КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТРА

на тему:

Реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні

Шокола Роман Васильович

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Предун К.М.

„___” _____20___ року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТРА

Реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні

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

Здобувач _____ Шокола Р.В.

Будівництво і цивільна інженерія

Теплогазопостачання і вентиляція

Група _____ зТВм - 23

Керівник _____ Франчук Ю.Й.

к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції

Рецензент _____

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Факультет інженерних систем та екології
Випускова кафедра: Кафедра Теплогазопостачання і вентиляції
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність:192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТРА

Шокола Роман Васильович

1. Тема роботи Реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні
затверджена наказом ректора КНУБА №2350/2 від 30 жовтня 2024 року

2. Керівник роботи Франчук Ю. Й. к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції

3. Строк подання студентом роботи до захисту_____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Розділ 1. Теоретичні аспекти систем газопостачання
Розділ 2. Розрахунки системи газопостачання
Розділ 3. Підбір, використання та монтаж обладнання
Розділ 4. Особливості монтажу дахових котелень
Розділ 5. Реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні
Розділ 6. Правила безпеки під час газових робіт
Розділ 7. Технологія та організація будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні

5. Графічний матеріал за розділами
Розділ 1. _____
Розділ 2. _____
Розділ 3. _____
Розділ 4. _____
Розділ 5. _____
Розділ 6. _____
Розділ 7. _____

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	
Розділ 2.	
Розділ 3.	
Розділ 4.	
Розділ 5.	
Розділ 6.	
Розділ 7.	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5.			
Розділ 6.			
Розділ 7.			

9. Дата видачі завдання_____

Зав. кафедри _____ Предун К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Франчук Ю.Й.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Шокола Р.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 7

РЕФЕРАТ 8

ABSTRACT 9

ВСТУП 10

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ 13

1.1 Загальні визначення щодо систем та установок газопостачання 13

1.2 Державно-будівельні норми систем газопостачання 18

1.3 Підземні газопроводи: характеристика, умови експлуатації, норми 24

1.4 Котельні: види, норми встановлення та умови використання 27

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ 32

2.1 Загальні положення та вихідні дані 32

2.2 Розрахунок річної теплоти на опалення 36

2.3 Розрахунок витрат газу 38

2.4 Розрахунок пікового навантаження на газову систему 41

2.5 Розрахунок підводної лінії середнього тиску 42

2.6 Розрахунок засувок середнього тиску 43

2.7 Розрахунок середнього тиску підйому на дах 44

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР, ВИКОРИСТАННЯ ТА МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ 46

3.1 Основне обладнання для газопостачання 46

3.2 Обладнання для установки та контролю за даховими котельнями 48

3.3 Кріплення газопроводів до стіни 51

3.4 Регулятори тиску: загальний опис, види, принцип роботи 52

3.5 Вибір лічильника з коректором залежно від тиску та температури 55

3.6 Електромагнітний клапан: особливості вибору, принцип роботи 56

3.7 Вибір плавкої вставки з метою уникнення пожежонебезпеки 57

3.8 Сигнальні комплекти: види, експлуатація, важливість застосування 59

3.9 Вибір ВОГ та індивідуального лічильника 60

3.10 Вибір фільтрів загального та індивідуального використання 63

3.11 Вибір системонадувочних та скидних пристроїв 64

РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ДАХОВИХ КОТЕЛЕНЬ 65
4.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні 65
4.2 Теплове навантаження на котельню 66
4.3 Вибір насоса в межах водогрійного котла..... 71
4.4 Розрахунок установки хімводоочистки 71
РОЗДІЛ 5. ОБЛАШТУВАННЯ ДАХОВОЇ КОТЕЛЬНІ..... 76
5.1 Загальні положення та вихідні дані..... 76
5.2 Оцінка та аналіз існуючої системи газопостачання м. Ірпінь 78
5.3 Методи реконструкції системи газопостачання м. Ірпінь 78
5.4 Розробка дахової котельні під час реконструкції газопостачання міста Ірпінь 81
РОЗДІЛ 6. ВИМОГИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ 83
6.1 Загальні правила безпеки під час газових робіт 83
6.2 Індивідуальний захист при роботі з газовими системами 84
6.3 Підготовка та навчання персоналу перед початком газових робіт..... 86
6.4 Особливості безпеки під час роботи зі встановлення котельні..... 87
6.5 Профілактика та безпека у надзвичайних ситуаціях..... 89
РОЗДІЛ 7. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПРИ СПОРУДЖЕННІ КОТЕЛЬНІ 91
7.1 Планування та організація будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні 91
7.2 Обґрунтування вибору механізмів та спорядження для виконання будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні..... 94
7.3 Втілення, нагляд та оцінювання виконання будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні 95
ВИСНОВКИ 96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 98
ДОДАТОК А..... 107
ДОДАТОК Б..... 109

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВЗУ	Виносний заправний вузол
ВОГ	Вузли обліку газу
ГБО	Газобалонне обладнання
ГПВ	Газові прилади внутрішні
ГРМ	Газорозподільча мережа
ГРП	Газорозподільчий пункт
ГРС	Газорозподільча система
ГРУ	Газорозподільча установка
ДБН	Державно-будівельні норми
ДНАОП	Державні нормативні акти про охорону праці
ДСТУ	Державні стандарти України
КЗ	Катодний захист
ККД	Коефіцієнт корисної дії
МГ	Мережа газорозподілення
НПАОП	Нормативно-правові акти з охорони праці
ПГП	Підземні газотранспортні системи
ПЛС	Підводна лінія середнього тиску
ПРП	Головний регуляторний пункт
ПУЕ	Правила улаштування електроустановок
ТЕЦ	Теплоелектроцентраль
ТУ	Технічні умови
ХВП	Холодне водопостачання

РЕФЕРАТ

ШОКОЛА Р.В. Реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 113 С., 18 РИС., 18 ТАБЛ., ФОРМУЛ 26, 85 ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

Головна мета роботи полягає в детальному аналізі теоретичних аспектів роботи систем газопостачання, оцінці обладнання цих систем і обґрунтуванні вибору технологій, що мінімізують теплові втрати й підвищують надійність енергопостачання в умовах зростаючих міських потреб.

Досліджено основні принципи функціонування систем газопостачання, враховуючи різноманітне газове обладнання та котли, зокрема ті, що використовуються в дахових котельнях. Увагу приділено критеріям вибору та характеристикам газових установок, а також особливостям їх монтажу і обслуговування, що забезпечують тривалу ефективність та безпеку. Важливим аспектом дослідження є охорона праці та дотримання відповідних стандартів і нормативів при встановленні дахових котелень.

Розглянуто технології будівельно-монтажних робіт, які враховують специфіку монтажу котелень у міських умовах, де слід дотримуватися вимог щодо шумових та екологічних стандартів. Розраховано оптимальні параметри системи газопостачання для підвищення енергоефективності та покращення постачання тепла. Розглянуті в роботі питання організації систем газопостачання з урахуванням технологічного розвитку та сучасних вимог дозволяють зробити висновок, що дахова котельня є перспективним напрямом реконструкції енергосистеми міста Ірпінь.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГАЗОПОСТАЧАННЯ, СИСТЕМА ГАЗОПОСТАЧАННЯ, ДАХОВА КОТЕЛЬНЯ, МОНТАЖНО-БУДІВЕЛЬНІ РОБОТИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ, МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ABSTRACT

SHOKOLA R.V. Reconstruction of the gas supply system in the city of Irpin with the development of a rooftop boiler house.

EXPLANATORY NOTE: 113 P., 18 FIG., 18 TABLE, 26 FORMULA, 85 LITERARY SOURCES.

The main goal of the work is a detailed analysis of the theoretical aspects of the operation of gas supply systems, an evaluation of the equipment of these systems and justification of the choice of technologies that minimize heat losses and increase the reliability of energy supply in the conditions of growing urban needs.

The basic principles of gas supply systems are studied, taking into account various gas equipment and boilers, in particular those used in rooftop boiler houses. Attention is paid to the selection criteria and characteristics of gas installations, as well as to the features of their installation and maintenance, which ensure long-term efficiency and safety. An important aspect of the study is labor protection and compliance with relevant standards and regulations when installing roof boilers.

The technologies of construction and installation work, which take into account the specifics of installing boiler rooms in urban conditions, where the requirements for noise and environmental standards should be observed, are considered. The optimal parameters of the gas supply system are calculated to increase energy efficiency and improve heat supply.

The issues of organization of gas supply systems considered in the work, taking into account technological development and modern requirements, allow us to conclude that the rooftop boiler house is a promising direction for the reconstruction of the energy system of the city Irpin.

KEY WORDS: GAS SUPPLY, GAS SUPPLY SYSTEM, ROOF BOILER, INSTALLATION AND CONSTRUCTION WORKS, TECHNOLOGICAL CALCULATIONS, INSTALLATION, OPERATION, LABOR PROTECTION.

ВСТУП

Реконструкція системи газопостачання у місті Ірпінь є важливою складовою частиною розвитку його інфраструктури. В останні роки це місто Київської області зазнало значного збільшення чисельності населення разом із активною забудовою, що значно вплинуло на потреби в енергетичних ресурсах і інженерних комунікаціях, зокрема у сфері газопостачання.

Гарантування безперебійного та безпечного постачання газу є критичною умовою для стабільної роботи міських установ та комфортного життя мешканців. Враховуючи це, реконструкція існуючих систем і розробка нових енергоефективних рішень, таких як використання дахових котелень, стають пріоритетними завданнями для міста.

Проєкт реконструкції газопостачання в Ірпені, що включає впровадження дахової котельні, спрямований на підвищення надійності постачання, зменшення залежності від зовнішніх джерел тепла та оптимізацію витрат на енергоресурси.

Використання дахових котелень як джерела теплової енергії є сучасним підходом у будівництві, оскільки вони дозволяють суттєво знизити втрати тепла під час транспортування енергії та забезпечують більшу незалежність в експлуатації.

Внаслідок цього, модернізація системи газопостачання разом з оновленням систем теплопостачання сприятиме не лише покращенню якості наданих послуг, але й відповідності високим екологічним стандартам.

Актуальність. Актуальність теми реконструкції системи газопостачання в місті Ірпінь із включенням дахової котельні вимагає особливої уваги у зв’язку з постійно зростаючими потребами міста у більш ефективній, екологічно чистій та економічно обґрунтованій системі енергопостачання.

Передусім, з огляду на стрімке зростання чисельності населення та активно розвиваючу забудову, існуючі газові мережі часто не спроможні забезпечити необхідні навантаження. Тому реконструкція та модернізація газових мереж

набувають критичного значення для гарантування надійного енергопостачання всіх споживачів.

Також слід зазначити, що діючі системи теплопостачання широко відомі своєю низькою ефективністю, що спричиняє значні енергетичні витрати та сприяє забрудненню довкілля через викиди, пов'язані зі згорянням палива. У цьому контексті дахова котельня виступає сучасним рішенням, яке може суттєво зменшити тепловтрати при транспортуванні енергії та впроваджувати інноваційні технології газоспалювання.

Ці зміни є критично важливими для зменшення загальної енергетичної залежності міста та забезпечення комфорту його мешканців. Окрім того, в умовах війни та нестабільності газових поставок, зростає значимість розробки систем теплопостачання, які забезпечують автономне функціонування.

З урахуванням ризиків щодо постійності постачання енергоресурсів, місту необхідні резервні системи, здатні забезпечити тепло та енергію в кризових ситуаціях.

Це дозволить знизити залежність від централізованих мереж і підвищить енергетичну безпеку. Використання сучасних газових технологій котелень також сприятиме досягненню високих рівнів енергоефективності і екологічної відповідальності, що є особливо важливим для міст, яким необхідно відновлюватись після ушкоджень.

Таким чином, реконструкція системи газопостачання з урахуванням встановлення дахової котельні є актуальною з технічної, економічної та соціальної перспектив.

Такий проект не лише покращить надійність і якість енергопостачання для мешканців Ірпеня, але також сприятиме посиленню стійкості міської інфраструктури у світлі зовнішніх викликів, особливо тих, що виникають у зв'язку з військовими діями та необхідністю швидкої реконструкції.

Метою роботи є розробка проекту реконструкції системи газопостачання м. Ірпінь з урахуванням інноваційних технологій та сучасних вимог до енергоефективності.

Важливим аспектом є проектування дахової котельні, що дозволить підвищити ефективність використання енергоресурсів та зменшити витрати на опалення.

Виконання кваліфікаційної роботи передбачає вирішення наступних **завдань:**

1. Дослідити теоретичні аспекти систем газопостачання.
2. Представити та розрахунки системи газопостачання.
3. Охарактеризувати обладнання для систем газопостачання та установок дахових котелень, провести його підбір та визначити особливості його використання та монтажу.
4. Вивчити особливості монтажу дахових котелень.
5. Розкрити поняття щодо облаштування дахової котельні.
6. Розглянути вимоги охорони праці під час виконання робіт.
7. Вивчити технологію та організацію будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні.

Об'єкт дослідження: реконструкція системи газопостачання м. Ірпінь з розробкою дахової котельні.

Предмет дослідження: система газопостачання, дахова котельня.

Структура роботи: Робота складається з переліку умовних позначень, реферату, вступу, 7 розділів, 36 підрозділів, висновків, списку використаних джерел який налічує 85 джерел та 2 додатки, у роботі налічується 18 рисунків та 18 таблиць. Загальний обсяг роботи складає — 110 сторінок.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

1.1 Загальні визначення щодо систем та установок газопостачання

Газопостачання являє собою складний та багатогранний процес, який охоплює видобуток, обробку, транспортування газу, а також його постачання кінцевим користувачам. Розподіл газу серед замовників здійснюється через розгалужену систему газопроводів. Спектр споживачів є надзвичайно широким і включає як промислові підприємства, які активно використовують газ у технологічних процесах, так і приватних осіб, що споживають газ у побутових цілях.

Система газопостачання структурно поділяється на дві основні підсистеми: газотранспортну та розподільну.

Незважаючи на їхню функціональну відокремленість, обидві підсистеми виконують спільну ключову задачу — забезпечення стабільного постачання газу кінцевим користувачам [52, с. 8].

Сучасні міські системи розподілу газу представляють собою складний комплекс споруд, до складу якого входять такі основні компоненти: газові мережі високого, середнього та низького тиску, газорозподільчі станції, пункти регулювання тиску та спеціалізовані установки.

На зазначених установках і станціях здійснюють зниження тиску газу до необхідних значень та автоматичне підтримання даного рівня постійним. Обладнання оснащено автоматичними запобіжними пристроями, що запобігають перевищенню допустимих норм тиску в мережах.

Управління й експлуатація цієї системи здійснюється спеціалізованою службою, яка забезпечена всіма необхідними інструментами для забезпечення безперебійного газопостачання.

Проектування систем газопостачання для регіонів, міст і селищ виконується на основі перспективних схем потоків газу, з врахуванням розвитку промислових галузей і проектів районного планування, а також генеральних

планів міст з урахуванням їх майбутнього розвитку. Газопостачальна система повинна бути безпечною в експлуатації, забезпечувати безперервне постачання газу споживачам, відзначатися простотою у використанні та обслуговуванні, і мати можливість відключення окремих ділянок або елементів для виконання ремонтних або аварійних робіт.

Різноманітність споруд, обладнання та вузлів, що використовуються в цій системі, є однотипними. Вибір конкретної системи повинен мати максимальну економічну ефективність і передбачати можливість поетапного будівництва та вводу в експлуатацію.

На сьогодні майже всі міста СНД газифіковані. Тому основним завданням при проектуванні міських систем газопостачання є їх реконструкція та розвиток у відповідності до росту міської інфраструктури та промисловості.

Практичне вирішення цієї задачі полягає у визначенні майбутнього навантаження на систему на підставі планів реконструкції міської забудови, рішень щодо тепло- і гарячого водопостачання та рівня побутового обслуговування.

Після визначення нових навантажень виявляються ділянки газопроводів, які залишаються у новій мережі, проектується нова інфраструктура і визначаються оптимальні діаметри трубопроводів.

З розвитком міста система газопостачання стає більш вимогливою до надійності функціонування; тому мережі повинні бути спроектовані із закладеними структурними і транспортними резервами, які необхідно підтвердити через проведення відповідних розрахунків [35, с. 13-14].

Система теплопостачання служить для надання споживачам необхідної кількості теплоти із задовільними якісними характеристиками, тобто теплоносієм, що відповідає заданим параметрам. Система опалення являє собою сукупність конструктивних елементів та зв'язків між ними, спеціально створених для генерації, транспортування та передачі потрібної кількості тепла до обігрівних приміщень.

Основні компоненти системи опалення включають:

1. Джерело тепла (наприклад, теплообмінник у випадку централізованого теплопостачання), що виконує функцію отримання теплової енергії.

2. Теплопровід, який забезпечує переміщення тепла від джерела до опалювальних приладів.

3. Опалювальний прилад, що здійснює передачу теплової енергії до приміщення. Зображення цієї системи представлено на рисунку 1.1.

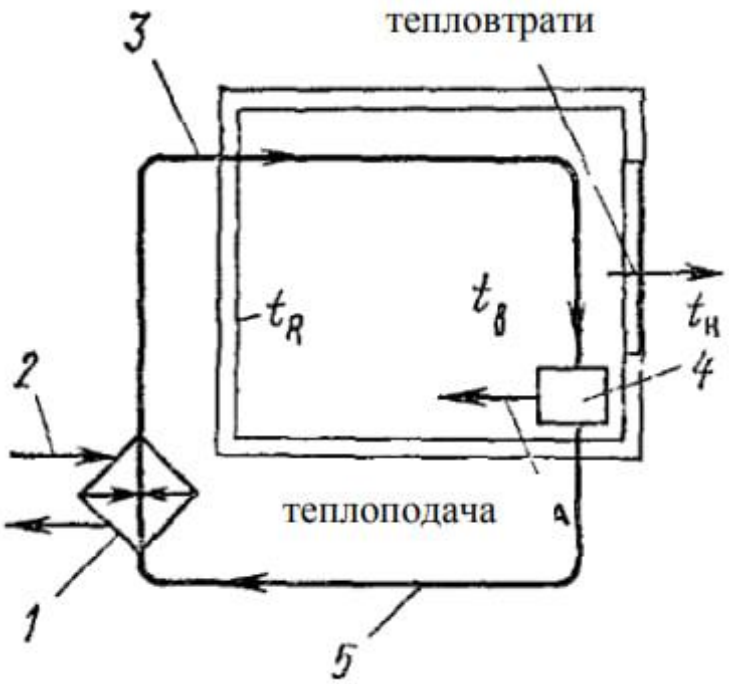

Рис. 1.1 Принципова схема системи опалення

Опалення приміщень може бути конвективним або променистим. Конвективне опалення характеризується тим, що температура повітря (t_B) підтримується вище, ніж радіаційна температура приміщення (t_R), де радіаційна температура визначається як середнє значення температур поверхонь, що оточують простір, обчислене з урахуванням людини, яка знаходиться всередині. Цей метод опалення широко використовується.

Променисте опалення передбачає, що радіаційна температура в приміщенні перевищує температуру повітря (t_R>t_B).

Такий вид опалення забезпечує приємніше самопочуття завдяки трохи зниженій температурі повітря в порівнянні з конвективним опаленням [32, с. 4].

Перед введенням систем газопостачання природного газу в експлуатацію газопроводи мають бути випробувані на міцність та герметичність. Перед початком функціонування (до запуску газу) необхідно провести контрольне опресовування обладнання та газопроводів [29, с. 10].

Газорозподільча система (ГРМ) являє собою складний технологічний комплекс, об'єднуючий організаційно та технологічно інтегровані елементи для постачання природного газу від газорозподільчих станцій до кінцевих користувачів. Ця система включає мережу розподілу газу і сервісну мережу.

Мережа газорозподілення (МГ) виступає як технологічний комплекс, організаційно і технологічно взаємопов'язаний, що відповідає за транспортування природного газу від газорозподільчих станцій до точок споживання [13, с. 4].

Газорегуляторна установка (ГРУ) являє собою складний комплекс обладнання, що виготовляється на виробничих потужностях з метою зниження та стабілізації тиску газу на встановленому рівні. Це обладнання монтується безпосередньо на місці і може бути розташоване всередині приміщення, в якому експлуатуються газові пристрої, або в суміжному приміщенні, що має відкритий прохід до основного приміщення [10, с. 4].

Газопроводи в межах системи газопостачання поділяються за кількома критеріями. Вони розрізняються за функціональним призначенням у газопостачальній системі: розподільчі, ввідні, продувальні, скидні, імпульсні, а також міжселищні газогони.

Локаційно, газопроводи поділяються на зовнішні, які можуть бути вуличними, внутрішньо квартальними, дворовими, або міжцеховими, та внутрішні, розміщені всередині будівель чи приміщень.

Щодо положення у просторі відносно земної поверхні, їх класифікують як підземні (або підводні), надземні (або надводні), і наземні.

Матеріал труб також служить критерієм розмежування: вони можуть бути металевими (наприклад, сталевими або мідними) або неметалевими (наприклад, поліетиленовими).

Згідно з нормами ДБН В.2.5-20-2001, класифікація газопроводів у системах газопостачання залежить від рівня транспортувального тиску газу і включає:

- високого тиску першої категорії (з робочим тиском понад 0,6 до 1,2 МПа для природного газу та газоповітряних сумішей, і до 1,6 МПа для зріджених вуглеводневих газів);

- високого тиску другої категорії (з робочим тиском від 0,3 до 0,6 МПа), середнього тиску (з робочим тиском від 500 даПа до 0,3 МПа);

- низького тиску (з робочим тиском до 500 даПа включно).

Тиск газу перед побутовими газовими приладами необхідно задавати відповідно до технічних паспортів пристроїв, але він не повинен перевищувати 300 даПа [23, с. 6].

У газових розподільних мережах населених пунктів може підтримуватися один тип тиску, наприклад низький, або бути кілька: середній і низький, високий і низький тощо. Залежно від цього виділяють такі системи розподілу газу:

- одноступенева, де розподіл і постачання газу до споживачів здійснюються на одному рівні тиску;

- двоступенева, що передбачає постачання газу від загальноміських газорозподільних станцій (ГРС) до розподільних пунктів району (ГРП) через газопроводи високого або середнього тиску, а потім до споживачів — через газопроводи низького тиску;

- триступенева (або багатоступенева), яка включає газопроводи високого, середнього і низького тисків.

Високий тиск зазвичай використовують для постачання газопроводів середнього тиску через головні регуляторні пункти (ПРП), а також для подачі газу великим промисловим підприємствам. На додаток до цих основних систем можливі їх комбінації.

Система газопостачання представляє собою багатоступеневу ієрархічну структуру з розподільною мережею різної складності на кожному рівні. Рівні пов'язані між собою регуляторами тиску газу (ГРС, ПРП, ГРП), які забезпечують установлені режими в мережі нижнього рівня. Це можна схематично представити на рисунку 1.2 [53, с. 16-17].

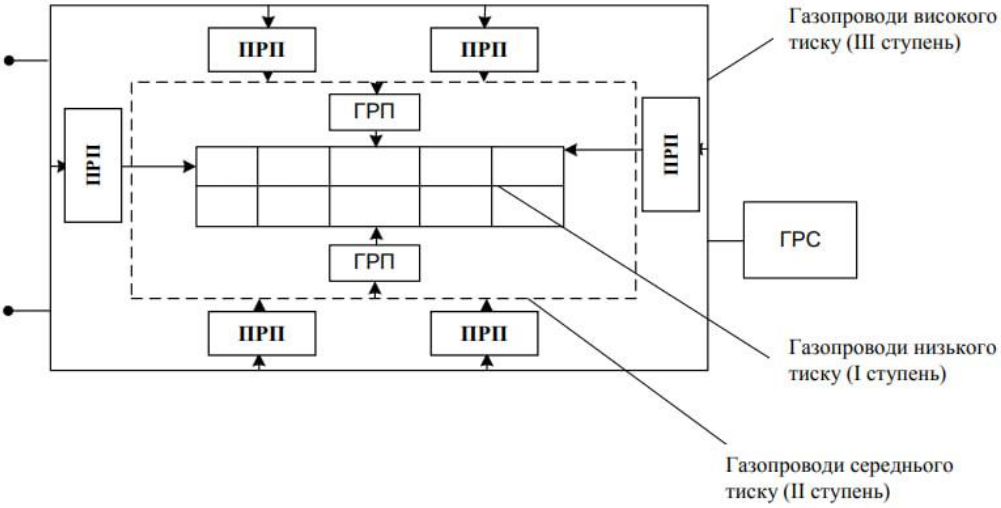

Рис. 1.2 Принципова схема триступінчатої системи розподілу газу у населеному пункті

1.2 Державно-будівельні норми систем газопостачання

Системи постачання газу в Україні регулюються державними будівельними нормами (ДБН), які встановлюють технічні вимоги та норми безпеки для проєктування, будівництва, реконструкції та експлуатації газових мереж і котелень.

Ключовими аспектами є безпека використання природного газу, установка та експлуатація трубопроводів, розташування об'єктів, а також технічні вимоги до обладнання, автоматизації та пожежної безпеки.

Наприклад, ДБН В.2.5-20:2018 охоплює проєктування нових і модернізацію існуючих систем газопостачання. Цей документ регулює безпечне

розміщення будівель, прокладання газопроводів різного класу, вимоги до опалення і вентиляції, а також автоматизацію виробничих процесів. Крім того, встановлені норми для резервуарних установок зі зрідженим газом, внутрішніх газових мереж і їхнього обслуговування.

Ці правила стосуються об'єктів з природним газом під тиском до 1,2 МПа або зрідженим газом до 1,6 МПа. Окремо регламентовано питання щодо дахових котелень. Відповідні ДБН включають вимоги до їхнього розташування, роботи, конструкційних особливостей та безпеки.

Наприклад, встановлено критерії вибору матеріалів, теплової ізоляції, а також параметри для котлів і теплогенераторів, у тому числі для водогрійних і парових котелень. Існують додаткові положення для проєктування котелень у сейсмічно активних районах, а також вимоги до енергоефективності та захисту довкілля [9].

Будь-яке будівництво передбачає дотримання вимог *Державних Будівельних Норм (ДБН)*. Це нормативно-правовий акт, затверджений відповідним центральним виконавчим органом, який регулює будівельну діяльність і архітектурні питання. ДБН встановлюють вимоги до проектування під час зведення нових споруд, реконструкції, капітального ремонту та технічного переоснащення існуючих систем [38, с. 25].

Даний нормативно-правовий акт охоплює норми, які регламентують такі сфери та об'єкти: житлові будинки, споруди, інклюзивність будівель, висотні споруди, проєктна документація для будівництва, містобудівна документація на державному та регіональному рівнях, детальні плани території, генеральні плани населених пунктів, містобудівний кадастр, планування та забудову територій, пожежну безпеку об'єктів, громадські будинки та споруди, а також Державні будівельні норми (ДБН) газопостачання.

ДБН щодо газопостачання представляє окремий правовий документ, вільно доступний на офіційному сайті державних установ України.

Цей документ містить всі вимоги і може бути ознайомлений усіма зацікавленими сторонами. Він включає основні вимоги та норми, яких необхідно

дотримуватися під час нового будівництва, реконструкції будівель з питань газопостачання, а також під час капітального ремонту або технічного переоснащення існуючих систем газопостачання.

Такі норми є обов'язковими до виконання для всіх суб'єктів, пов'язаних з будівництвом, реконструкцією будівель, їх проєктуванням та підключенням систем газопостачання. Порушення цих норм може призвести до адміністративної відповідальності у вигляді штрафу різного розміру.

Тому дотримання цих вимог є важливим, оскільки уникати штрафів легше, ніж змінювати вже побудовані споруди відповідно до встановлених стандартів. Проєкти, на які не поширюються ДБН щодо газопостачання:

1. Дослідні, пересувні та експериментальні установки.

2. Хімічні, нафтохімічні, нафтовидобувні, нафтопереробні підприємства і підприємства чорної металургії.

3. Установки автомобільного, залізничного, річкового, морського і повітряного суден.

4. Станції для заправлення автомобілів природним газом та іншими видами палива.

5. Газопроводи з поліетиленових труб.

Сім основних норм ДБН щодо газопостачання:

1. Зовнішні газопроводи

Зовнішні газопроводи – це газові мережі, що пролягають від основного джерела газопостачання до підприємств та інших об’єктів інфраструктури. Такі мережі обслуговуються місцевими комунальними службами, які забезпечують постачання газу споживачам.

У ДБН щодо зовнішніх газопроводів визначено такі ключові аспекти: загальні вимоги; підземні, надземні та наземні газопроводи; перетин з водяними перешкодами і транспортними шляхами; розміщення вимикаючих пристроїв; споруди на магістралях та захист від корозії [24, с. 11-12].

2. Пункти редукування газу

Редукування газу є критично важливим процесом, спрямованим на зниження та підтримання заданого рівня тиску газу з метою забезпечення його ефективного і безпечного транспортування. Для реалізації цього процесу використовується спеціальне обладнання, відоме як "вузол редукування газу" або "редуктор". У системах газопостачання згідно з визначеними вимогами Державних Будівельних Норм (ДБН) щодо газопостачання обов'язково слід передбачати пункти редукування газу.

Згідно з нормативними актами, основні вимоги до редукування газу охоплюють такі елементи: газорегуляторні пункти, блокові та шафові газорегуляторні пункти, газорегуляторні установки, підземні газорегуляторні пункти. Крім того, передбачено наявність обладнання для редукування газу, системи зниження тиску газу, механізмів захисту від підвищеного тиску, а також допоміжного обладнання [51, с. 274].

3. Внутрішнє влаштування і газопостачання

Внутрішнє влаштування та газопостачання стосуються внутрішніх газових мереж, які забезпечують подачу газу до житлових і громадських будівель. Це включає постачання газу безпосередньо до об'єктів та їхніх споживачів. Газопроводи встановлюються всередині будівель, забезпечуючи розподіл газу до різних точок або пристроїв, таких як газові плити, радіатори опалення, котли, бойлери та інше обладнання.

Згідно з нормами Державних будівельних норм (ДБН) щодо газопостачання, передбачено такі ключові положення, які стосуються вимог до внутрішнього влаштування та газопостачання: прокладання газопроводів, газопостачання житлових і громадських будівель, а також промислових установок і котелень.

Окрему увагу приділяють пальникам інфрачервоного випромінювання, інфрачервоним трубчастим газовим обігрівачам, а також газовому обладнанню, що використовується для газополум'яної обробки металу. Не менш важливим є облік споживання газу [9].

4. Системи газопостачання і норми тиску газу

Системи газопостачання є комплексом обладнання, що забезпечує транспортування та розподіл газу до споживачів. Цей процес має відбуватись у відповідності до встановлених стандартів. Норми тиску газу можуть варіюватися в залежності від типу споживача, наприклад, це може бути житловий будинок, промислове підприємство чи автостанція.

В рамках вимог ДБН з газопостачання висвітлюються очікування щодо характеристик систем газопостачання, принципи розподілу газу по тиску, різновиди та класифікація газопроводів, а також нормативні значення тиску для різних об'єктів споживання.

5. Додаткові вимоги до газопроводів у складних інженерно-геологічних умовах

У певних випадках, здійснення газопостачання відбувається в умовах складної інженерно-геологічної обстановки. Це може стосуватися територій з особливими типами ґрунтів, таких як просідаючі, забруднені або здимані ґрунти. Крім того, небезпека виникнення геологічних явищ, таких як зсуви або карстові процеси, також може бути актуальною.

Не менш важливе значення мають поверхневі водні шляхи або гірські породи, які зустрічаються на певних ділянках. Також необхідно враховувати кліматичні умови, які здатні впливати на довговічність системи газопостачання та її обладнання.

Згідно з Державними будівельними нормами (ДБН), наведені спеціалізовані стандарти та вимоги до проектування і реалізації газопостачання на зазначених територіях.

Сюди відносяться райони з підроблюваними площами, сейсмічно активні зони і місцевості зі здимальними, просідаючими та набухаючими ґрунтами, а також території з насиченими водою або зсувонебезпечними ґрунтами.

6. Матеріали та технічні вироби

Проєкти систем газопостачання включають положення, що стосуються вибору матеріалів та технічних виробів, які повинні відповідати чинним

державним будівельним нормам (ДБН) у галузі газопостачання. Пріоритетними характеристиками таких матеріалів і виробів є їх економічність, надійність, безпека та відповідність встановленим стандартам.

У цьому контексті ДБН газопостачання має спеціальний розділ, присвячений використанню матеріалів і технічних виробів під час процесу підключення об’єктів споживання до системи газопостачання. У цьому розділі наведено інформацію про різноманітні компоненти, зокрема сталеві труби та їх з'єднання, поліетиленові труби з відповідними системами стикування, гумові рукави, протикорозійні захисні матеріали, а також запірне та регулювальне обладнання.

Особлива увага приділяється матеріалам, що використовуються для газопроводів і арматури в умовах складних інженерно-геологічних викликів.

7. Експлуатація систем газопостачання

Експлуатація є процесом використання систем газопостачання та їх обладнання в об'єкті споживання газу. Цей процес має відповідати встановленим нормам і вимогам для забезпечення ефективного та безпечного газопостачання до споживача, без завдання шкоди навколишньому середовищу, будівлі та самому споживачеві [66].

ДБН з газопостачання підкреслює важливість організації своєчасного технічного обслуговування та ремонту газових об'єктів. Важливо розробляти та впроваджувати заходи для раціонального використання газу, здійснювати контроль за його витрачанням, а також застосовувати нові технології для підвищення економічності та ефективності систем.

Необхідно також проводити технічний нагляд під час будівництва і встановлення систем газопостачання та навчати персонал підприємств безпечному поводженню з газовим обладнанням [19].

1.3 Підземні газопроводи: характеристика, умови експлуатації, норми

Підземні трубопроводи є ключовим компонентом нафтогазового сектору України, маючи критичне значення для сучасного суспільства як основа енергетичної незалежності. Забезпечення безперебійного функціонування цього транспорту з урахуванням специфіки експлуатації, зокрема застосування захисних покриттів, контролю роботи катодних станцій та моніторингу стану трубопроводів, є першочерговим завданням для уникнення аварій і збоїв, що можуть призвести до порушення цілісності труб.

Більшість аварій (понад 80%) на трубопроводах спричинені різними формами корозії: загальна корозія, щілинна корозія під відшарованим покриттям, точкова корозія, корозійне розтріскування під напруженням та інші [34, с. 307].

Для оцінювання якості підземних газопроводів зосередимося на стані металу труб, основних параметрах, які визначають їх технічний стан, і методах оцінки, що характеризують експлуатаційні та граничні стани системи підземних газопроводів. Розглянемо зовнішню поверхню труби з діелектричним покриттям та корозійними дефектами, а також критерії міцності і пластичності металу.

Оцінюватимемо ресурс газопроводу, можливі ризики тощо. Якість системи підземних газотранспортних систем (ПГТ) розглядається з точки зору функціональності та надійності. Запровадимо інтегральний показник якості EF, який оцінює роботу системи моніторингу підземних газопроводів, доповнений параметрами системи управління якістю, за зразком наведеним у попередніх дослідженнях [28, с. 101-107]:

$$EF = f(F(R), F(D), F(Q), F(I_t, P_t), FB(X_i), UP) \Rightarrow opt. \quad (1.1)$$

Тут $F(R)$ – показник якості використання ресурсів з погляду моделі корозіометрії; $F(D)$ – показник якості діяльності структурних підрозділів, які мають відношення до ПГ; $F(Q)$ – показник якості процесів у результаті функціонування СУЯ; $F(I_t, P_t)$ – функція результативності, а також ефективності діяльності працівників (персоналу); I_t – індекс творчого потенціалу, кваліфікації та лояльності працівників; P_t – модель вибору поведінки працівників

(персоналу), включаючи якісні і кількісні параметри P_{ti}. $(i = 1, 2, \ldots n_P; n_P$ – загальна кількість параметрів відповідної моделі); $FB(X_i)$ – параметр, який характеризує обернений зв'язок; U_P – поляризаційний потенціал (характеристика системи катодного захисту (КЗ)) [62, с. 31].

Під час технічного огляду підземних газопроводів, включаючи ті, що виготовлені з поліетилену, необхідно ретельно перевіряти їхній технічний стан, герметичність і виявляти витоки газу як за візуальними ознаками, так і з використанням спеціальних пристроїв, таких як газоаналізатори чи газошукачі. Всі частини стояків, місця введення газопроводів, колодязі та контрольні трубки повинні бути перевірені на наявність газу.

Також підлягають перевірці колодязі, камери інших підземних комунікацій, підвали будівель, шахти, колектори, підземні переходи та інші споруди, розташовані на відстані до 15 метрів по обидва боки від осі газопроводу.

Виконується контроль за земляними та будівельними роботами в смузі 15 метрів з обох боків від осі газопроводу, щоб попередити можливе пошкодження [43, с. 14].

Прокладання підземних газопроводів представлено на рис. 1.3.

Рис. 1.3 Прокладання підземного газопроводу

На підземних газопроводах, як і на надземних, можуть траплятися витоки газу. Основні причини цих витоків включають:

1. Електрохімічну корозію металу труб в зонах анода та пошкоджених ділянках ізоляційного покриття.

2. Погану якість зварних швів, що під дією температурних та динамічних навантажень може викликати розриви. Газопроводи в геодинамічно небезпечних зонах зазнають впливу зовнішніх сил, які створюють додаткові напруження, особливо в стикових з’єднаннях. Вплив цих зовнішніх факторів складно точно визначити.

Непередбачувані збіги різних зовнішніх чинників можуть привести до стресів у металі, перевищуючи його межі міцності та спричиняючи розриви. Зазвичай, такі розриви виникають раптово, що ускладнює їх вчасне виявлення та усунення. Ці витоки особливо небезпечні взимку, коли промерзлий ґрунт створює перешкоди для виходу газу назовні, збільшуючи ризик проникнення в підвали та інші комунікації.

3. Механічні пошкодження під час земляних робіт через помилки у проектних документах та дії персоналу поблизу газопроводів.

Під час огляду трас підземних газопроводів забороняється:

- спускатися в шахти, колектори, колодязі чи інші підземні приміщення;
- використовувати відкритий вогонь поблизу таких споруд.

Технічний огляд у населених пунктах проводиться бригадою з не менше ніж двох працівників.

У незабудованих зонах або поза дорогами, без підземних споруд в 15-метровій зоні від газопроводу, допускається огляд одним працівником. Перед першим обходом працівники повинні ознайомитися з трасою на місцевості.

Надійність ущільнення вводів інженерних комунікацій перевіряє власник щороку восени, документуючи це актом із зазначенням технічного стану. Власник також зобов’язаний слідкувати за станом ввідного газопроводу та його кріпленням, оновлюючи фарбування не менше разу на п'ять років.

Металеві й поліетиленові підземні газопроводи, а також наземні структури підлягають технічному обстеженню відповідно до вимог порядку обстеження та паспортизації стану. Обстеження проводиться по всій довжині газопроводу, приділяючи особливу увагу корозійно небезпечним ділянкам, місцям перетину з іншими комунікаціями та конденсатозбірникам.

Пункти для контрольних шурфів визначаються газорозподільним підприємством або відповідною службою [5].

1.4 Котельні: види, норми встановлення та умови використання

Котельні установки виконують важливу роль у виробництві пари з необхідними характеристиками та гарячої води. Вони класифікуються на парові котли, водогрійні котли та пароводогрійні котли. Переважно, пара генерується завдяки тепловій енергії, що вивільняється при спалюванні органічного палива.

У цих системах можливе спалювання різноманітних видів палива, включаючи низькоякісне вугілля, відходи від збагачення вугілля, паливні відходи, гази промислових установок та тепло, отримане від охолодження високотемпературних елементів. Для отримання водяної пари зазвичай використовується оброблена природна вода, а також конденсат від паротурбінних агрегатів і технологічних установок.

До побічних продуктів виробництва пари входять охолоджені газоподібні залишки згоряння, а за використання твердого палива також мінеральні залишки у формі шлаку та золи.

Історично, перші парові котли на початку XIX століття виробляли пару при тиску 0,5–0,6 МПа та мали продуктивність у сотні кілограмів на годину.

Сучасні технології дозволяють використовувати парогенератори з тиском до 25 МПа (а іноді й до 31 МПа), температурою до 570 °C та продуктивністю до 4000 тонн на годину. Схематичне зображення котельної установки наведено на рисунку 1.4.

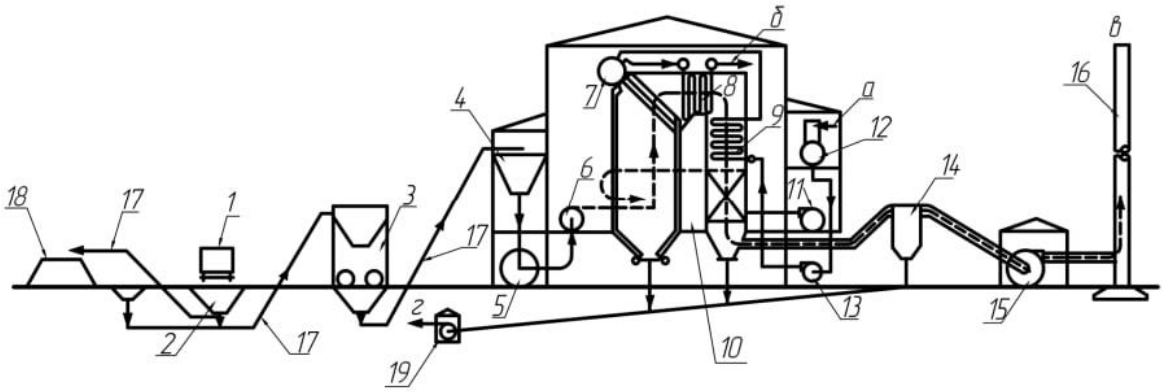

Рис. 1.4 Загальна технологічна схема котельної установки, яка працює на твердому паливі

Паливо з транспортного вагону *1* потрапляє в бункер *2* і за допомогою стрічкового конвеєра *17* подається в дробарку *3*, де подрібнюється на частинки розміром приблизно 1 мм і частки міліметрів. Потім паливо подається в бункер *4* за допомогою конвеєра *17*, звідки потрапляє в дробарку *5*, де подрібнюється до розмірів частинок від десятків до сотень мікрометрів. Вивантажений з дробарки 5 вугільний пил вдувається в топку за допомогою витяжної системи 6, в яку також подається нагріте повітря від повітронагрівача *10*.

У топці відбувається спалювання вугільного пилу з утворенням газоподібних продуктів згоряння і виділенням незгорілої частини палива у вигляді золи і шлаку.

Топка уловлює 5-10% утвореної золи і шлаку, решта переноситься потоком продуктів згоряння по горизонтальному димоходу і шахті (конвекція) котла і уловлюється в золовловлювачі *14*. Зола і шлак за допомогою води і насосів відкачуються на золовідвідну площадку. Котел живиться природною водою, яка після попереднього хімічного очищення подається в дегазатор *12*, де з розчинених газів виділяються O_2 і CO_2, які через економайзер *9* за допомогою живильного насоса *13* подаються в барабан 7 [16, с. 8-9].

У таблиці 1.1 наведено класифікацію котелень відповідно до їх класу.

Таблиця 1.1

Класифікація котелень

Класифікація	Характеристика
Залежно від типу теплоносія	Водяні. Використовують в якості теплоносія нагріту воду
	Парові. Використовують в якості теплоносія насичену або перегріту пару
Ефективність систем теплопостачання значною мірою визначається потужністю джерела теплоти, кількістю споживачів, що обслуговуються одним джерелом, а також взаємним розташуванням джерела та споживачів	Централізовані. Полягає у постачанні теплової енергії від одного потужного джерела до багатьох споживачів. У централізованій системі теплопостачання джерело тепла та його численні споживачі знаходяться на значній відстані один від одного, що обумовлює необхідність встановлення зовнішніх теплових мереж
	Децентралізовані. Мають обмежену потужність джерела тепла (котельні з теплопродуктивністю до 20 Гкал/год); невелику кількість споживачів, що користуються теплом від одного джерела; джерела й споживачі тепла розміщені близько один до одного, що іноді дозволяє обійтись без зовнішніх теплових мереж

Централізоване теплопостачання класифікується на основі характеру джерела тепла, зокрема на такі підвиди: постачання тепла від великих котелень, які виробляють понад 20 Гкал/год (еквівалентно 23,3 МВт або понад 20–25 МВт), а також від теплових електростанцій (ТЕЦ). Порівняно з децентралізованими системами, централізоване теплопостачання має кілька переваг.

По-перше, воно забезпечує ефективніше використання палива завдяки вищому коефіцієнту корисної дії великих котлів у великих котельнях порівняно з меншими установками.

По-друге, це надає можливість застосування палив низької якості, таких як вугілля з високим вмістом золи, завдяки використанню систем подрібнювання палива. Це можливо лише в великих котельнях, що використовують пиловугільне паливо.

По-третє, централізоване теплопостачання сприяє покращенню екологічної ситуації завдяки розміщенню джерел тепла (котельних установок і ТЕЦ) на відстані від житлових зон і локалізації процесу спалювання палива.

Крім того, такі системи дозволяють використовувати ефективні й сучасні методи очищення, які доступні тільки у великих котельнях і ТЕЦ.

Четверта перевага полягає у зниженні питомих капітальних та експлуатаційних витрат на виробництво теплової енергії. Це досягається за рахунок укрупнення джерел тепла.

П'яте— звільнення міських територій і промислових підприємств від зайвих невеликих котелень. Крім того, централізоване теплопостачання сприяє розвантаженню транспортних мереж, включаючи трубопроводи, завдяки централізованій доставці палива до великих джерел тепла.

Нарешті, воно дозволяє забезпечити споживачів більш комфортним теплопостачанням завдяки стратегічному розміщенню теплоносних установок поза межами будівель і далеко від об'єктів, що споживають тепло [15, с. 8-10].

Для котлів, які мають довжину колосникових грат (що обслуговується із фронту) не більше 1 м, а також для котлів, працюючих на рідкому і газоподібному паливі, ця відстань може бути зменшена до 2 м.

При цьому для котлів, обладнаних газовими пальниками і пальниками для рідкого палива, відстань від виступаючих частин пальників до протилежної стіни повинна бути не менше 1 м. Якщо фронт котлів або виступаючих частин топок розташований напроти один одного, то відстань між ними повинна становити не менше 5 м.

Для котельних, працюючих на рідкому або газоподібному паливі, відстань між фронтами котлів повинна бути не менше 4 м, а відстань між пальниками - не менше 2 м. Перед фронтом котлів допускається встановлювати насоси, вентилятори, а також зберігати запаси твердого палива не більш як для однієї зміни роботи котлів. При цьому ширина вільних проходів уздовж фронту котлів повинна бути не менше 1,5 м, а встановлене устаткування і паливо не повинні заважати обслуговуванню топок і котлів [40, с. 20].

Умови експлуатації дахових котелень визначаються низкою ключових чинників, серед яких особливу увагу слід приділити безпеці, ефективності та надійності функціонування в умовах різноманітних експлуатаційних вимог. Перш за все, монтаж дахової котельні має відбуватися з неухильним

дотриманням будівельних та протипожежних нормативів, адже розміщення на висоті та використання вибухонебезпечного газу підвищують потенційні ризики.

Для досягнення належного рівня безпеки котельню слід обладнати системами аварійної сигналізації та автоматичного відключення газопостачання, а також забезпечити ефективну вентиляцію для забезпечення необхідного потоку повітря для горіння та виведення продуктів згорання. Доступність дахової котельні для обслуговування та ремонту також є критично важливою.

Це передбачає наявність безпечних і зручних шляхів доступу на дах, а також дотримання вимог щодо ізоляції котельні від інших приміщень, аби мінімізувати ризики для мешканців нижніх рівнів будівлі. Котельня повинна бути встановлена на спеціалізованій платформі з належним захистом від погодних умов і вітрового навантаження, щоб запобігти корозії устаткування та його передчасному старінню.

Економічна рентабельність і енергоефективність є вагомими аспектами функціонування дахової котельні. Завдяки своєму розташуванню безпосередньо на будівлі тепло може ефективно передаватися до внутрішніх систем опалення, що мінімізує тепловтрати та підвищує ефективність використання енергоресурсів.

На додачу, сучасні котельні оснащені автоматизованими системами, які дозволяють оптимізувати споживання палива, підтримувати оптимальні режими горіння, а також мінімізувати викиди забруднюючих речовин, що сприяє зниженню екологічного навантаження [18].

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

2.1 Загальні положення та вихідні дані

Проект автоматизації котельні розроблений відповідно до технічного завдання.

Розділ: тепломеханічні рішення котельні /ТМК/, внутрішнє газопостачання /ГПС/, Електротехнічні рішення розроблені відповідно до /ETR/ та чинних норм, правил і стандартів.

Ця частина проекту виконана відповідно до вимог нормативних документів:

- ДБН В.2.5-20-2018 «Газопостачання»;
- НПАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок», «Електроустановки. Спеціалізоване обладнання»;
- «Правила будови електроустановок»

До складу проекту автоматизації ПУЕ входять наступні розділи:

1. автоматизація теплотехнічного обладнання;
2. автоматизація насосного обладнання;
3. автоматизація обладнання безпеки;
4. системи аварійної сигналізації;
5. технічні монтажні процедури.

Проекти автоматизації котелень включають в себе наступні розділи:

- захист обладнання (автоматика безпеки);
- автоматичне регулювання (управління) обладнанням котельні;
- оперативне управління обладнанням;
- аварійна сигналізація;
- управління технологічними процесами котельні.

Для локального управління обладнанням котельні планується встановлення локальних щитів управління. В даному проекті буде використано наступне обладнання та устаткування:

- Для вимірювання та контролю температури - рідинні термометри, біметалічні термометри біметалеві термометри, термометри опору та регулятори з електричним приводом;

- Для вимірювання тиску: манометри, реле тиску;

- Для вимірювання та контролю рівня: датчики рівня, сигналізатори рівня;

- Для перевірки вибухонебезпечної концентрації (20% від нижньої концентраційної межі поширення полум'я) паливного газу СН;

- Для перевірки вибухонебезпечної концентрації (20% від нижньої концентраційної межі поширення полум'я) паливного газу СН в повітрі котельні.

Сигналізатори загазованості:

- Газова сигналізація для контролю слідових концентрацій оксиду вуглецю СО в повітрі котельні.

Обладнання встановлюється в технічних установках, трубопроводах і щитах автоматизації.

Монтується на щиті автоматики. Автоматика теплогенератора поставляється в комплекті з агрегатом,

Автоматика теплогенератора поставляється в комплекті з агрегатом і не потребує додаткового проектування.

Управління внутрішнім контуром і теплогенеруючим пальником.

Контролер теплогенератора контролює роботу теплогенератора, насосів, регулюючих клапанів і пальника.

Керуючи регулювальним клапаном і пальником, теплогенератор працює автоматично і

Забезпечення автоматичної роботи теплогенератора, наявність всіх необхідних функцій регуляторного захисту і своєчасне відключення теплогенератора в разі неприпустимих

Забезпечення автоматичної роботи теплогенератора, наявність всіх необхідних функцій регулюючого захисту і своєчасне відключення теплогенератора в разі неприпустимих відхилень від заданого режиму роботи:

- Підвищення або зниження тиску газу перед пальником;

- Зменшення розрідження повітря над системою димовидалення;

- Погасання полум'я пальника;

- Підвищення температури теплоносія на виході з теплогенератора;

- Збільшення або зменшення тиску води на виході з теплогенератора.

Автоматика теплогенератора забезпечує своєчасне, надійне і автоматичне відключення в разі виходу з ладу пальника.

Автоматика теплогенератора забезпечує своєчасне і надійне автоматичне відключення пальника в разі відключення електроенергії.

Автоматика теплогенератора забезпечує своєчасне і надійне автоматичне відключення пальників у разі відключення електроенергії або несправності в ланцюзі захисту автоматики управління.

Котельня, призначена для роботи без постійного обслуговуючого персоналу, має наступні особливості

Світлова та звукова сигналізація розташована як в котельні, так і в загальній диспетчерській.

Світлова та звукова сигналізація Сигнали, для яких передбачена світлова та звукова сигналізація

- Вимкнення джерела тепла;

- Причина спрацювання захисного пристрою

- Підвищення або зниження тиску природного газу

- Падіння або підвищення тиску у зворотному трубопроводі тепломережі;

- Підвищення або зниження рівня води в резервуарі хімічної технологічної води;

- Спрацював тепловий захист насосів;

Сигнал «несправність котельного обладнання» надходить на пульт автоматики котельні SHA.

Сигнал передається на пульт автоматики котельні SHA.

Котельня обладнана автоматикою управління процесом горіння. Котел.

Підключається подаючий трубопровід для підтримки постійного тиску перед циркуляційним насосом.

Підключено подаючий трубопровід та встановлено електричний зливний клапан. Установка хімічного очищення води працює в автоматичному режимі. Це означає, що Фільтр автоматично відновлюється після очищення. Експлуатація установки хімводоочищення вимагає лише технічної заміни солі.

Заміні підлягають лише наступні частини теплоносій від мережі подається до споживача автоматично подається до споживача при заданій температурі на виході з котла. Тому для автоматизації процесу спалювання природного газу перед пальником може бути встановлений регулятор подачі природного газу може бути встановлений перед пальником.

Для контролю параметрів, необхідних для роботи котельні, передбачені Прилади індикації. Для перевірки параметрів, які можуть призвести до аварійної ситуації. Пристрої сигналізації передбачені для контролю параметрів, які можуть призвести до аварійної ситуації. Для контролю параметрів, необхідних для аналізу роботи обладнання та розрахунку бюджету домогосподарства, передбачені реєструючі та збираючі пристрої.

У проекті заплановані різноманітні вимірювальні та регулюючі прилади для забезпечення ефективності й безпеки роботи теплової мережі і котельної. Включено монітори температури і тиску в подаючих і зворотних трубопроводах, а також показники для насосних і водопідготовчих установок.

Це обладнання гарантуватиме безперебійну роботу системи за рахунок локального й автоматизованого управління, автоматичного переходу на резервні насоси та захисту від «сухого ходу».

Видимі й аудіо сигналізації на щитах автоматики інформують про нормальний та аварійний стан систем. Для точного регулювання температури теплосистеми буде використовуватися система автоматичного управління потужністю пальників на основі аналізу температури в трубопроводах. Інтегровані контрольні прилади й електроніка розміщені відповідно до технологічних і санітарних норм.

Система безпеки припиняє подачу природного газу до котельні у разі зникнення напруги, пожежі або небезпечного рівня загазованості, за допомогою

сигналів, що контролюються окремими автоматичними датчиками та руховими сенсорами для контролю несанкціонованого доступу.

Все обладнання прокладається з дотриманням діючих норм і стандартів, використовуючи надійний кабель КВВГнг і електропроводку в металорукавах та сталевих трубах. Це забезпечує надійність і безпеку в процесі експлуатації. Монтаж проводиться з урахуванням наявного технологічного й сантехнічного обладнання, а всі роботи виконуються згідно з вимогами ПУЕ та іншими нормативними актами.

2.2 Розрахунок річної теплоти на опалення

Річні витрати теплоти житловими та громадськими будівлями для житлових районів міста та інших населених пунктів визначаються за середніми витратами теплоти та тривалістю її споживання [20, с. 14].

Річну витрату теплоти, ГДж, можна визначити аналітичним методом за формулою:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{о}}^{\text{річ}} + Q_{\text{в}}^{\text{річ}} + Q_{\text{гв}}^{\text{річ}} \tag{2.1}$$

де $Q_{\text{о}}^{\text{річ}}, Q_{\text{в}}^{\text{річ}}, Q_{\text{гв}}^{\text{річ}}$– річні витрати на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, ГДж.

Річну витрату теплоти на опалення, ГДж розраховую за формулою:

$$Q_{\text{о}}^{\text{річ}} = Q_{\text{о}}^{\text{сер}} \cdot 3600 n_0 \tag{2.2}$$

де $Q_{\text{о}}^{\text{сер}}$ – середньо годині витрати теплоти на опалення, МВт;

n_0 – тривалість опалювального періоду, год.

Середньо годинні витрати теплоти на опалення за опалювальний період, ГДж:

$$Q_{\text{о}}^{\text{сер}} = Q_{\text{о}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{ср.о}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н.о}}} \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{о}}$ – розрахункова годинна витрата тепла на опалення, ГВт;

$t_{\text{н}}^{\text{ср.о}}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С.

Річна витрата тепла на вентиляцію, ГДж:

$$Q_{\text{в}}^{\text{річ}} = Q_{\text{в}} z_{\text{в}} \cdot \frac{3600 n_o}{24} + Q_{\text{в}}^{\text{сер}} z_{\text{в}} \cdot \frac{3600 \cdot (n_o - n_{\text{в}})}{24} \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{в}}$ – розрахункова годинна витрата тепла на вентиляцію, ГВт;

$n_{\text{в}}$ – число годин стояння температури зовнішнього повітря нижче $t_{\text{з.в}}$;

$z_{\text{в}}$ – число годин роботи вентиляції за добу.

Середньо годинні витрати теплоти на вентиляцію в період стояння температур зовнішнього повітря від +8 °С до $t_{\text{з.п.}}$:

$$Q_{\text{в}}^{\text{ср}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{ср.в}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н.о}}} \quad (2.5)$$

де $t_{\text{н}}^{\text{ср.в}}$– середня температура зовнішнього повітря в період стояння температур від +8 °С до $t_{\text{з.п}}$;

$Q_{в}$ – витрата теплоти на вентиляцію.

Річну витрату тепла на гаряче водопостачання, ГДж визначаю за формулою:

$$Q_{\text{гв}}^{\text{річ}} = Q_{\text{гв}}^{\text{ср}} \cdot 3600 n_o + Q_{\text{гв}}^{\text{ср.л}} \cdot 3600 \cdot (8700 - n_{\text{о}}) \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{гв}}^{\text{ср}}$, $Q_{\text{гв}}^{\text{ср.л}}$ – середньогодинні витрата теплоти за опалювальний і літній періоди, ГВт [26, с. 21-22].

Беручи усереднені загальні дані за формулою (1.2-1.7) представимо розрахунок річної витрати теплоти м. Ірпінь.

$$Q_{\text{о}}^{\text{річ}} = 90 \cdot 1000000 \cdot 4320 \cdot 1 = 388800000\ {}^{\text{Вт}}/_{\text{год}} = 1399680\ \text{Гдж}$$

$$Q_{\text{в}}^{\text{річ}} = 1399680 \cdot 0{,}12 = 167961{,}6\ \text{Гдж}$$

$$Q_{\text{гв}}^{\text{річ}} = 1399680 \cdot 0{,}25 = 349920\ \text{Гдж}$$

$$Q_{\text{річ}} = 1399680 + 167962 + 349920 = 1917562\ \text{Гдж}$$

2.3 Розрахунок витрат газу

Нормативні та виробничо-технологічні витрати природного газу, надалі — нормативні витрати, є об'ємом газу, що використовується під час процесів введення в експлуатацію новозбудованих, реконструйованих чи капітально відремонтованих газопроводів. Цей обсяг необхідний для заповнення газопроводів природним газом, здійснення продувки та налаштування обладнання на оптимальний режим функціонування.

Крім того, нормативні витрати охоплюють обсяг газу, необхідний для опалення та технологічного підігріву в газорегуляторних пунктах, у рамках встановлених нормативами допустимих меж [41, с. 3].

Річні витрати газу на побутові потреби визначають для кожного з мікрорайонів залежно від кількості мешканців у мікрорайоні *m* розрахуємо за формулою (2.7):

$$g_n^p = \frac{m(n_1 + n_2)}{Q_n^p}, \text{м}^3/\text{рік} \qquad (2.7)$$

де n_1 – норма витрат газу на приготування їжі на одну людину (додаток А.1);

n_2– норма витрати газу на приготування гарячої води для побутових потреб (якщо в мікрорайоні передбачене централізоване гаряче водопостачання n_2=*0*);

Q_n^p – калорійність газу, *ккал/м³* (задається у вихідних даних до розрахунків).

У додатку А.2 також наведено обслуговування населення.

Наприклад, річні потреби для лазні, пральні, хлібозаводу обчислюють відповідно за формулами (1.9-1.11):

$$g_n^p = N \cdot \frac{(n_3 \cdot 48)}{Q_n^p}, \text{м}^3/\text{рік} \tag{2.8}$$

де n_3 = 900 ккал/рік;

$$g_n^p = \frac{(n_4 \cdot \text{Б})}{Q_n^p}, \text{м}^3/\text{рік} \tag{2.9}$$

де Б $= {}^{0,1N}/_{2}$ – кількість білизни за рік;

$n_4 = 4800000$ *ккал/рік.*

$$g_x^p = \frac{(N \cdot n_6 \cdot P) \cdot 365}{Q_n^p}, \text{м}^3/\text{рік} \tag{2.10}$$

де $n_6 = 420000$ *ккал/т;*

$P = 0{,}0006$ *т/люд.*

У формулах (2.8-2.10) n_3, n_4, n_6 – норма витрати газу для відповідного закладу, $N = \sum m$ - сумарна кількість жителів у місті.

Годинні витрати газу, які потрібні для гідравлічного розрахунку газових мереж, для всіх видів споживачів визначають залежно від річних витрат газу і коефіцієнта годинного максимуму K_m за формулою (2.11):

$$g^{\text{г}} = g^p \cdot K_m, \tag{2.11}$$

Для житлових мікрорайонів коефіцієнт K_m обирають залежно від кількості жителів у мікрорайоні за додатком А.2, для інших споживачів – за додатком А.3.

Розрахунок годинних витрат газу для джерела теплопостачання (ТЕЦ або котельні) визначають за формулою (2.12):

$$g_m^{\text{г}} = \sum Q_{\text{ітп}} / \left(Q_n^p \cdot 1{,}16 \cdot \eta_{\text{к}}\right) g^p \cdot K_m, \qquad (2.12)$$

де $Q_{\text{ітп}}$ – теплове споживання міста (визначається відповідно до ДБН Д 2.2-24. Теплопостачання та газопостачання – зовнішні мережі);

$\eta_{\text{к}} = 0{,}85$ – коефіцієнт корисної дії котлів [57, с. 4-5].

У таблиці 1.2 представимо дані щодо обсягу споживання газу для населення та юридичних осіб м. Ірпінь [33].

Таблиця 1.2

Обсяг споживання для населення та юридичних осіб

Обсяг прийнятого газу	Населення всього	Середнє споживання на 1 абонента	Всього по юридичним особам	Фактичний розбаланс за 2021 р.	% загальних втрат до отриманого	ВТВ на один о/р
тис.м^3	тис.м^3	тис.м^3	тис.м^3	тис.м^3		тис.м^3
210,000	150,000	0,15	60,000	1,500	17%	0,02

Також у таблиці 1.3 надаємо дані щодо кількості споживачів та їх максимальні годинні витрати газу.

Таблиця 1.3

Кількість споживачів та їх максимальні годинні витрати газу

Рік	Кількість побутових споживачів	Кількість підприємств	Розрахункові навантаження побутових споживачів, м^3/год	Приєднана потужність підприємств, м^3/годину	Всього, м^3/год
2024	65167	3500	5000	2000	7000

Важливо, що дані вказані власне по місту Ірпінь без урахування територіальної громади.

2.4 Розрахунок пікового навантаження на газову систему

Розрахунок пікового навантаження на газову систему для міста, такого як Ірпінь, здійснюється за формулою, яка враховує максимальні погодинні витрати газу як для побутових споживачів, так і для юридичних осіб (підприємств).

Цей показник важливий для забезпечення надійності газопостачання в періоди пікових навантажень, особливо під час холодних місяців, коли споживання газу значно зростає [61].

Основна формула для розрахунку пікового навантаження ($Q_{\text{пік}}$) представлена далі (2.13):

$$Q_{\text{пік}} = \sum (N_i \cdot q_i) + \sum (N_j \cdot q_j), \tag{2.13}$$

де N_i – кількість побутових споживачів;

q_i – середнє споживання газу одним побутовим споживачем (в м³/год) ;

N_j – кількість підприємств або юридичних осіб;

q_j – приєднана потужність підприємства або юридичної особи (в м³/год) ;

Наприклад, якщо в Ірпені станом на 2024 рік налічується 65000 побутових споживачів із середнім споживанням 0,5 м³/год та 3500 підприємств із середньою приєднаною потужністю 4 м³/год, розрахунок виглядатиме так:

$$Q_{\text{пік}} = (65000 \cdot 0{,}5) + (3500 \cdot 4) = 32500 + 14000 = 46500 \text{м}^3/\text{год}$$

Цей аналіз дозволяє міським комунальним службам визначити необхідну потужність газорозподільної мережі, що забезпечує ефективне газопостачання в умовах зростаючого попиту.

2.5 Розрахунок підводної лінії середнього тиску

Розробка підводних ліній середнього тиску (ПЛС) є ключовою фазою в проектуванні газопроводів, що передбачає визначення технічних параметрів, необхідних для стійкого газопостачання.

ПЛС забезпечують транспортування газу від газорозподільних станцій до кінцевих споживачів, охоплюючи як приватний сектор, так і промислове споживання.

Цей розрахунок є складним процесом, але незамінним для забезпечення надійного постачання газу. Він вимагає знань у галузях газотехніки, інженерії та екології для створення безпечної та ефективної системи транспортування газу. Основні етапи проектування включають:

1. Визначення основних параметрів. Початковим кроком є збір інформації про передбачувану потужність системи (включаючи обсяги споживання газу), діаметр труб, довжину траси, а також про аналіз ґрунтових умов.

2. Вибір трубопровідних матеріалів. Виходячи з розрахованих параметрів, обирається матеріал і діаметр труб. Зокрема, для систем середнього тиску часто використовуються поліетиленові або сталеві труби через їхню високу стійкість до корозії.

3. Проведення гідравлічного розрахунку. Важливо здійснити гідравлічний аналіз всієї системи, враховуючи компоненти, такі як фільтри, засувки та редукційні станції.

4. Оцінка впливу на навколишнє середовище. Прокладання підводних трубопроводів вимагає врахування середовищних умов, зокрема гідрологічних та геологічних характеристик місцевості.

5. Обчислення втрат тиску. Один з центральних аспектів включає обчислення втрат тиску вздовж маршруту трубопроводу. Для цього використовуються формули, що враховують: довжину лінії (l), діаметр труби (d), швидкість потоку газу (v), в'язкість газу (μ) та інші відповідні характеристики.

Формула для визначення втрат тиску відображає ці параметри, дозволяючи точно оцінити ефективність трубопровідної системи (2.14):

$$\Delta P = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \tag{2.14}$$

де f – коефіцієнт тертя;

ρ – густина газу [25, 69].

2.6 Розрахунок засувок середнього тиску

Для здійснення розрахунків затворів середнього тиску в газовій системі необхідно врахувати кілька ключових аспектів, включаючи тип затвору, умови тиску та витрат, а також специфікації всієї системи.

1. Оцінка витрат. Першочергово важливо визначити витрати газу, які потребуються для експлуатації системи. Це визначається, виходячи з пікових навантажень, які можуть виникати.

2. Вибір типу затвору. Відповідно до рівня тиску та області застосування слід обрати відповідний тип затвору, наприклад, шиберний, глобусний, кулястий або зворотній. Кожен з цих типів характеризується своїми унікальними параметрами пропускної здатності та перепаду тиску.

3. Визначення розміру затвору. Виходячи з розрахованих витрат і перепаду тиску, використовуйте таблиці з розмірами або спеціалізовані рівняння для підбору оптимального розміру затвору.

4. Запобіжні фактори. Необхідно впроваджувати достатні фактори безпеки, щоб гарантувати здатність затвору витримувати раптові підвищення тиску або зміни у витратах.

5. Відповідність стандартам. Упевніться, що обрані затвори відповідають сучасним стандартам і нормативам, які регулюють експлуатацію газових систем.

6. Розрахунок перепаду тиску. Для обчислення перепаду тиску на затворі може бути використано певне рівняння чи формула, яка враховує всі змінні та параметри, представимо її далі (2.15):

$$\Delta Q = \frac{(V^2 \cdot K)}{C_d^2}, \tag{2.15}$$

де V – витрата (в м³/год або інших одиницях);

K –коефіцієнт засувки (який залежить від конструкції засувки);

C – коефіцієнт розподілу засувки [67].

2.7 Розрахунок середнього тиску підйому на дах

Щоб розрахувати середній тиск, необхідний для підйому газу на дах, слід врахувати кілька важливих параметрів: висоту підйому, щільність газу, температуру та можливі втрати тиску в системі. Основні етапи розрахунку включають:

1. Визначення висоти підйому: вимірюємо відстань від землі до верху даху. Наприклад, якщо висота будівлі становить h метрів.

2. Встановлення щільності газу: щільність може змінюватися в залежності від температури та тиску. Для природного газу за стандартних умов (0°C і 1 атм) ця величина дорівнює приблизно 0,717 кг/м³ [73, p. 57].

3. Конвертація одиниць: при потребі перетворюємо тиск з Паскалів у міліметри ртутного стовпа (мм рт. ст.) або в атмосферу, використовуючи відповідні коефіцієнти.

4. Врахування втрат тиску: додаємо можливі втрати, які можуть виникати через тертя, зіткнення з об'єктами або зміни у напрямку руху газу.

5. Розрахунок необхідного тиску підйому: скористайтеся формулою для обчислення тиску, потрібного для підйому газу на задану висоту h (2.16):

$$P = \rho \cdot g \cdot h, \tag{2.16}$$

де P – тиск у паскалях (Па);

ρ – щільність газу (кг/м^3);

g – прискорення вільного падіння (≈9,81 м/с^2) [36, с. 11];

h – висота підйому (м).

Представимо розрахунок для 5-типоверхвого будинку, висота якого в середньому становить 15 м:

$$P = 0{,}717 \cdot 9{,}81 \cdot 15 = 105{,}5 \text{ Па}$$

Аналогічні розрахунки надаємо для типової 9-типоверхівки, висота якої становить близько 30 м (максимальне значення):

$$P = 0{,}717 \cdot 9{,}81 \cdot 30 = 211{,}01 \text{ Па}$$

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР, ВИКОРИСТАННЯ ТА МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ

3.1 Основне обладнання для газопостачання

У світовій практиці нині використовуються наступні методи реконструкції зношених підземних розподільних газопроводів, що передбачають застосування різного обладнання:

1. Метод реконструкції із щільно прилеглою трубою. Цей підхід передбачає оновлення за допомогою поліетиленових труб, зовнішній діаметр яких дорівнює або перевищує діаметр сталевого газопроводу, що підлягає реконструкції.

2. Метод реконструкції за допомогою тканинно-поліетиленового рукава (технологія «Фенікс») передбачає облицювання внутрішньої поверхні газопроводу цілісними тканинними шлангами, виготовленими з поліефірних і нейлонових ниток.

3. Реконструкція відкритим способом, яка включає витягування існуючого газопроводу та укладку нового. Це традиційний метод, що вимагає викопування траншеї та заміни старої сталевої труби на нову сталеву.

Для з'єднання тягнутих відрізків поліетиленових труб із діаметром до 630 мм (включно) використовуються деталі згідно з нормами ДБН В.2.5-41:2009, а для діаметрів понад 630 мм потрібні компоненти із відповідним дозволом на застосування.

Дозволяється застосування деталей із трубними кінцями, які приєднуються до трубопроводу через муфти. Рівень очищення сталевих труб, що підлягають реконструкції, повинен бути мінімальним, щоб запобігти пошкодженню поліетиленової труби під час протягування.

На рис. 3.1 представлена технологія протягування поліетиленової труби без руйнування [21, с. 6-7].

Рис. 3.1 Технологія протягування поліетиленової труби без руйнування

До робочої документації системи газопостачання (основний комплект робочих креслень під маркою ГПВ - газові прилади внутрішні) входять наступні елементи:

- загальні відомості про робочі креслення; креслення, що включають плани, розрізи та види розташування газопроводів, контрольних приладів та газового обладнання;

схеми газопостачання; а також креслення та ескізи газових установок і конструкцій нестандартних пристроїв, зокрема загальні види систем газопостачання.

Деталізовані специфікації обладнання, комплектуючих і матеріалів складаються у відповідності до вимог державного стандарту ДСТУ Б А.2.4.10. На кресленнях газопроводи зображуються символічними графічними ілюстраціями відповідно до ДСТУ Б А.2.4-1. Зовнішній діаметр (умовний прохід) та товщина стінок газопроводу вказуються на полках лінії виносу.

Для сталевих водогазопровідних труб вказуються умовний прохід і товщина стінки, тоді як для сталевих електрозварювальних та інших труб зазначаються їх зовнішній діаметр і товщина стінки. У випадках використання літерно-цифрового позначення газопроводу, його діаметр і товщина стінок також вказуються під полицею лінії виносу [11, с. 5].

У комплекс обладнання для використання природного газу входять опалювальні котли, газові конвектори, проточні водонагрівачі та газові плити.

Вибір такого обладнання повинен базуватися на характеристиках приміщення, технічних умовах (ТУ) і місці придбання.

На початковому етапі слід отримати технічні умови від газопостачальної компанії. ТУ враховують об'єм приміщення, майбутнє розташування газового обладнання та інші деталі, необхідні для безпечної експлуатації. На основі цих умов розробляється проектна документація, де зазначаються параметри потрібних газових приладів.

При виборі обладнання важливо керуватися рекомендаціями, наведеними в проекті. Також важливо обрати підходяще місце покупки: краще зупинитися на спеціалізованих магазинах, які можуть надати сертифікат якості, технічний паспорт і гарантійне обслуговування. Придбання у сумнівних продавців, на ринках або вживаних товарів слід уникати.

Монтаж приладів мають здійснювати виключно сертифіковані фахівці з ліцензією на здійснення таких робіт. Неякісне обладнання або неправильна установка можуть призвести до серйозних наслідків, тому дотримуйтесь усіх рекомендацій і стандартів безпеки [7].

3.2 Обладнання для установки та контролю за даховими котельнями

Для встановлення та управління даховими котельнями використовують спеціалізоване обладнання, яке гарантує їхню безпечну та стабільну роботу. Одним із головних елементів є системи управління процесом горіння, які підтримують оптимальне співвідношення повітря та палива. Це сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин і підвищенню ефективності.

Існують різні методи контролю за процесом горіння, зокрема, паралельне управління, де регулюються потоки палива та повітря через різноманітні виконавчі механізми, що дозволяє досягати максимальної ефективності навіть на різних рівнях потужності [81, p. 2].

Для зменшення рівня шуму та вібрацій, які можуть негативно впливати на мешканців будівлі, застосовуються спеціальні звукоізоляційні матеріали. Вони ефективно поглинають вібрації та звукові хвилі.

Наприклад, у нових котельнях збільшують товщину даху і стін, що допомагає знизити рівень шуму до прийнятного для людей. Це особливо важливо в густонаселених міських районах, де потрібно мінімізувати вплив котельного устаткування на навколишню середовище [80, p. 1-2].

У процесі встановлення та функціонування дахових котелень критично важливим є використання різноманітного обладнання, яке сприяє забезпеченню безпеки, ефективності й зручності управління. Основні компоненти включають котли, обрані на підставі теплової потужності, виду пального (зазвичай газ або рідке паливо) та інших специфічних характеристик.

Зокрема, газові котли, призначені для дахових установок, можуть бути конденсаційними, що дозволяє значно підвищити ефективність шляхом використання тепла конденсації водяної пари. Для забезпечення контролю оперативної діяльності котлів інтегрується автоматизація та системи управління, до складу яких входять модулі контролю горіння, газові клапани, а також засоби моніторингу температури і тиску.

Наприклад, системи автоматичного контролю відповідають за підтримання потрібної температури води та запобігання перегріву. Газові клапани регулюють подачу пального до котлів, тоді як блоки безпеки негайно відключають газ у випадках аварій. Димовідвідне обладнання також є невід’ємною частиною дахових котелень; зазвичай воно складається з димоходів з нержавіючої сталі, вентиляторів для примусового видалення диму та теплообмінників для утилізації залишкового тепла димових газів.

Додатково встановлюються фільтри для очищення повітря від пилу та інших часток перед подачею в камеру згоряння, що забезпечує чистоту і максимальну ефективність згоряння пального. Насосне обладнання для циркуляції теплоносія є ще одним важливим елементом. Вибір насосів

здійснюється з урахуванням потужності котельні, характеристик теплоносія та висоти підйому.

У великих котельнях часто використовується додаткове обладнання для підготовки води, таке як фільтри для пом’якшення, яке сприяє зменшенню утворення накипу в теплообмінниках [17, с. 197].

Для здійснення ефективного нагляду за роботою дахових котелень використовується широкий спектр автоматизованого обладнання, яке сприяє підвищенню безпеки, ефективності та надійності функціонування всієї системи. Системи контролю оснащені датчиками, що безперервно фіксують робочі параметри котельні, такі як температура, тиск, витрати газу та рівень води.

Дані, зібрані датчиками, передаються на дисплеї панелей управління або в центральну систему моніторингу, що дозволяє операторам своєчасно реагувати на будь-які відхилення від заданих норм.

Для забезпечення стабільної роботи котлів використовуються мікропроцесорні системи контролю, здатні автоматично налаштовувати параметри горіння для досягнення оптимальної ефективності котла.

Наприклад, системи контролю горіння часто включають модулі, які регулюють подачу повітря і палива, підтримуючи необхідний рівень кисню для ефективного згоряння. Такі системи сприяють не лише підвищенню ефективності, але й зменшенню викидів шкідливих речовин.

Додатково, для забезпечення належної якості води та запобігання корозії або утворенню накипу застосовуються системи контролю хімічного складу води. Ці системи автоматично додають потрібні реагенти або коригують пропорції змішування води для підтримання стабільної якості теплоносія.

У випадку промислових котелень зазвичай використовується SCADA-система, яка інтегрує всі елементи контролю в єдину мережу.

Це дозволяє здійснювати дистанційне управління котельнею, безперервно відстежувати всі процеси в режимі реального часу та зберігати дані для подальшого аналізу.

Також суттєвим компонентом є газові детектори та датчики витоку газу, які автоматично переривають подачу газу при виявленні потенційної небезпеки, тим самим забезпечуючи максимальний рівень безпеки.

Важливою є і автоматизована система сигналізації та оповіщення, яка оперативно інформує персонал про будь-які несправності або необхідність у технічному обслуговуванні, що сприяє мінімізації ризику виникнення аварійних ситуацій [1, 65, 82, 83].

3.3 Кріплення газопроводів до стіни

На рисунку 3.2 представлено приклад кріплення газопроводу до стіни.

Рис. 3.2 Кріплення газопроводу до стіни

У місцях, де газопроводи проходять через зовнішні стіни котельні, їх слід розміщувати у сталевих футлярах. Кінці цих футлярів повинні виступати за межі

стіни щонайменше на 3 см. Простір між газопроводом і футляром необхідно ущільнювати матеріалами, такими як просмолене клоччя, гумові втулки або інші еластичні речовини.

Після завершення монтажних робіт газопроводи підлягають ретельному зовнішньому огляду та перевірці на щільність і герметичність із застосуванням пробного тиску, згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2018 "Газопостачання" та "Правилами безпеки систем газопостачання" [56, с. 11].

Недопустимо жорстке з'єднання трубопроводів із стінами будівель, споруд і обладнання.

У випадках, коли такі з'єднання є необхідними, слід забезпечити використання криволінійних вставок або компенсаційних пристроїв. Розміри та компенсаційні можливості цих елементів повинні бути визначені шляхом відповідних розрахунків [54, с. 55].

3.4 Регулятори тиску: загальний опис, види, принцип роботи

Регулятори, які забезпечують зниження високого або середнього тиску, автоматичне підтримання вихідного тиску на заданому рівні, незалежно від змін подачі та вхідного тиску, а також автоматичне відключення подачі газу при аварійному перевищенні або зниженні вихідного тиску за межі допустимих значень, призначені для впровадження у газорозподільчих пунктах (ГРП) та установках (ГРУ) систем газопостачання міських і сільських районів.

Експлуатаційні умови цих регуляторів повинні відповідати вимогам кліматичного виконання УХЛ 1 згідно з ГОСТ 15150-69, що передбачає роботу при температурі навколишнього середовища в діапазоні від -40°С до 50°С [49, с. 3].

На рис. 3.3 представимо зовнішній вигляд регулятора тиску газу.

Рис. 3.3 Регулятор тиску газу

Регулятор тиску складається з наступних компонентів:

1. Датчик: Безперервно здійснює моніторинг поточних значень контрольованого параметра та передає відповідний сигнал регулюючому органу.

2. Задатчик: Визначає бажане значення контрольованого параметра і надсилає цю інформацію регулюючому органу.

3. Регулюючий орган: Здійснює порівняння фактичного значення контрольованого параметра з заданим, передаючи отримані результати до виконавчого механізму.

4. Виконавчий механізм: Відповідальний за перетворення сигналу, отриманого від регулюючого органу, у відповідний регулюючий вплив, що змінює положення внаслідок дії робочого середовища.

У таблиці 3.1 представлено різновиди регуляторів тиску газу [48].

Таблиця 3.1

Типи регуляторів тиску газу

Класифікація	Опис
За тиском	Регулятори тиску класифікуються на три категорії, залежно від можливості налаштування вхідного та вихідного тиску: «високий-середній», «середній-низький» та «високий-низький». Незважаючи на наявність нормативних документів із чіткими визначеннями тиску в газопроводі, поділ тиску в регуляторах характеризується більш розмитими межами. Більшість експертів вважають, що тиск у діапазоні від 0,001 до 0,005 МПа належить до низького, від 0,05 до 0,3 МПа – до середнього, а понад 0,3 МПа – до високого
За призначенням	Регулятори тиску можна класифікувати на побутові та промислові, залежно від їхнього призначення. Основна сфера їх застосування визначається здебільшого можливістю регулювання тиску як на вході, так і на виході, а також обсягом споживання газу та іншими технічними параметрами. Ці характеристики, своєю чергою, впливають на варіанти конструктивного виконання цих пристроїв. Побутові регулятори зазвичай характеризуються обмеженою пропускною спроможністю і здатністю налаштовувати низький, іноді середній, тиск. Навпаки, промислові пристрої відрізняються високою пропускною спроможністю та спеціалізуються на регулюванні середнього або високого тиску
За конструктивним виконанням	Класифікація за конструктивними особливостями включає розподіл пристроїв залежно від кількості ступенів редукування: прості з однією ступінню, двоступінчасті та комбіновані варіанти. Залежно від типу задатчика вихідного тиску, вони можуть бути прямої або непрямої дії. Багато моделей мають вбудований запобіжно-скидний або запобіжно-запірний клапан, а в деяких пристроях можуть бути встановлені обидва типи клапанів

Принцип роботи газових регуляторів базується на балансуванні сили тиску газу з протидіючою силою пружинного чи діафрагмового механізму всередині пристрою. Метою є зниження і стабілізація тиску від високого вихідного рівня до більш керованого низького тиску [50].

3.5 Вибір лічильника з коректором залежно від тиску та температури

Щоб забезпечити точне вимірювання споживання газу і спостереження за параметрами, як-от тиск і температура, часто застосовують газові лічильники з коректорами. Коректори допомагають компенсувати зміни об’єму газу, що можуть відбуватися через коливання тиску та температури. Це є критично важливим для раціонального управління обсягами споживання, оскільки дозволяє отримати точніші вимірювання і підвищує прогнозованість витрат.

При виборі лічильника з коректором для конкретної системи треба враховувати діапазони тиску та температури в даній газопровідній лінії. Лічильники, що витримують високу температуру, можуть мати температурні обмеження, тому в деяких випадках необхідна спеціальна ізоляція або охолоджувальні елементи.

Наприклад, термодисперсійні технології використовують нагріті елементи для створення диференційованих температурних вимірювань, що забезпечує високу точність у випадках високої температури, коли інші лічильники менш ефективні. Серед основних вимог до коректорів є їх здатність функціонувати у широкому діапазоні тисків.

Наприклад, різні технології, такі як диференційно-термічні або оріфісні пластини, забезпечують різну точність та енергетичну ефективність. Оріфісні пластини гарантують високоточні вимірювання, але можуть створювати значні втрати тиску, що стає проблемою для низькотемпературних процесів. Альтернативні методи, такі як усереднюючі трубки або коректори на основі перепаду тиску, зменшують втрати тиску і забезпечують більш ефективне використання енергії.

Отже, вибір відповідного газового лічильника з коректором залежить від таких факторів, як вимоги до тиску і температури, тип газу та умови встановлення [74, 84].

3.6 Електромагнітний клапан: особливості вибору, принцип роботи

Електромагнітний клапан є пристроєм, що працює на основі електромеханічного принципу для регулювання потоку таких речовин, як вода, газ або масло, шляхом відкриття або закриття потоків [25].

Зовнішній вигляд електромагнітного клапану представлено на рисунку 3.4.

Рис. 3.4 Електромагнітний клапан

У середині такого клапана встановлено сервопривід, який перетворює електричні сигнали на пропорційні рухи механічних елементів регулювання. Цими елементами можуть бути, наприклад, сопло або заслінка. Зміщення регулюючого елемента дає можливість впливати на параметри подачі води чи газу.

Існують дві основні початкові стани сервоклапанів: нормально закриті та нормально відкриті. Їхня робота базується на подачі живлення на котушку, розташовану всередині клапана, яка відповідно відкриває або закриває потік, залежно від початкового стану. Мікроконтролер виступає в ролі керуючого компонента закриття, надсилаючи сигнал на котушку [58, с. 37].

Обираючи електромагнітний клапан, який відповідає нашим вимогам, важливо врахувати кілька ключових аспектів:

1. Вимоги до середовища. Насамперед, слід оцінити характеристики середовища, такі як витрата, тиск, температура, кислотність і лужність. Підбирайте клапани з матеріалів, що відповідають цим умовам. Наприклад, силіконові компоненти забезпечують легкість і високу хімічну стабільність, тоді як мідні елементи демонструють вищу стійкість до корозії і кращу теплопровідність.

2. Конструктивні особливості. Клапани мають різні структури і моделі, що визначає їхнє призначення. Обирайте їх відповідно до конкретних потреб: електромагнітні клапани прямої дії забезпечують контроль швидкості потоку та швидке реагування; поворотні клапани можуть управляти потоком, тиском і температурою в трубопроводах; дросельні клапани оптимізують регулювання потоку.

3. Вибір бренду. Якісні бренди електромагнітних клапанів заслуговують на довіру. Вибираючи перевірені марки, можна бути впевненим у надійності та довговічності обладнання. Не варто купувати дешеві безгарантійні моделі. Відомі виробники з високою якістю продукції та гарантійним обслуговуванням краще задовольняють сучасні вимоги до якості [63].

3.7 Вибір плавкої вставки з метою уникнення пожежонебезпеки

Вибір плавких вставок для запобігання загоряння є важливим фактором забезпечення електробезпеки в електричних мережах. Блок запобіжників повинен відповідати номінальним параметрам струму і напруги, щоб забезпечити своєчасне відключення при перевищенні допустимого струму.

Номінальний вхідний струм повинен бути трохи вище робочого струму лінії, але нижче максимально допустимого струму проводки, тому в разі короткого замикання або перевантаження блок запобіжників негайно відключить лінію і запобіжить перегрів. і займання дроти. Також важливо враховувати умови

навколишнього середовища - висока температура, вологість або пил можуть знизити ефективність плавкої деталі.

Плавкий запобіжник є ключовим елементом електричної системи, що виконує захисну функцію для електричних ланцюгів, оберігаючи їх від перевантажень та коротких замикань. Його головне завдання полягає в розриві електричного кола під час досягнення струмом критичних рівнів, що запобігає можливому пошкодженню обладнання та сприяє безпеці експлуатації [6].

Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані із зазначенням номінального струму на заводському клеймі, яке наноситься виробником або сертифікованою електротехнічною лабораторією.

Використання саморобних або некаліброваних плавких вставок суворо заборонено. Для виявлення несправного електрообладнання або такого, що не відповідає встановленим стандартам та нормативам електроустановок, здійснюються профілактичні електровимірювання [45, с. 21].

Зовнішній вигляд прикладу плавкої вставки представлено на рис. 3.5.

Рис. 3.5 Плавка вставка

3.8 Сигнальні комплекти: види, експлуатація, важливість застосування

Сигнальні комплекти є ключовими компонентами безпеки у газових мережах, оскільки вони забезпечують своєчасне виявлення витоків та попереджають про потенційні небезпеки. Їх застосування суттєво зменшує ризики аварій у системах газопостачання.

Основними типами сигналізації в газових системах є звукові та світлові сигналізатори, а також комбіновані системи з можливістю приєднання до інших безпекових систем за допомогою реле. Світлові індикатори повідомляють про витоки або зміну тиску, використовуючи кольори, які легко розпізнати.

Звукові сигналізатори спрацьовують при досягненні критичних рівнів, як-от надмірний чи недостатній тиск. Сигнальні комплекти підключаються до газопроводів і можуть інтегруватися з контрольними панелями, де розташовані ключові пристрої, такі як регулятори тиску та запірні клапани.

Це забезпечує контроль усіх параметрів роботи газопроводу та швидке реагування на будь-які зміни. Крім того, сигнальні комплекти можуть містити резервні джерела живлення, що дозволяє їм працювати навіть при відсутності основного електропостачання.

Застосування сигналізації важливе не тільки для безпеки, а й для дотримання нормативних вимог. Прилади сигналізації часто забезпечують контроль параметрів довкілля, таких як температура і вологість, що дає змогу оцінювати загальні умови експлуатації [68, 78].

Важливо уникати розміщення сигналізаторів у закритих чи обмежених просторах, безпосередньо над нагрівальними чи кухонними поверхнями, над раковинами, поряд з дверима, вікнами, електричними витяжками і вентиляційними каналами.

Також не слід встановлювати їх в зонах, де температура виходить за межі від –10°C до +40°C, або в місцях, де є пил і бруд [14].

3.9 Вибір ВОГ та індивідуального лічильника

Вузол обліку природного газу (ВОГ) являє собою комплекс вимірювальних технологій та допоміжних засобів, призначених для проведення вимірювання, реєстрації результатів і обчислення обсягу природного газу, приведеного до стандартних умов. Цей вузол може складатися з одного або кількох вимірювальних комплексів чи окремих елементів, таких як:

- газовий лічильник, забезпечений пристроями для реєстрації температури і тиску;
- газовий лічильник з приладами для візуального контролю температури та тиску;
- газовий лічильник, специфікації якого регламентуються відповідними нормативно-правовими та технічними документами.

Комерційний (приладовий) облік природного газу, надалі названий обліком природного газу, полягає у визначенні за допомогою ВОГ обсягів споживання або реалізації природного газу. Ці дані є основою для проведення взаєморозрахунків між споживачами газу та суб'єктами господарювання, що забезпечують постачання природного газу [39, с. 1].

На рис.3.6 наведено зовнішній вигляд вузла обліку газу.

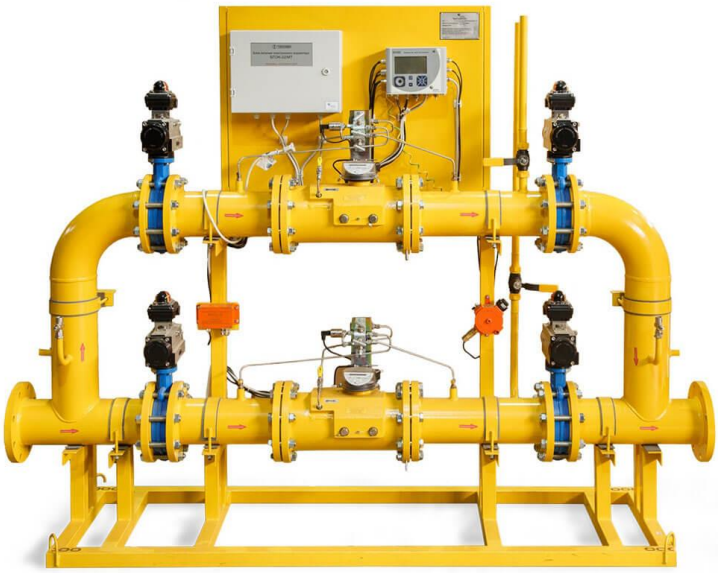

Рис. 3.6. Вузол обліку газу

Вибір вузла обліку газу залежить від кількох важливих факторів, що забезпечують точний і надійний облік споживання газу за різних умов експлуатації.

Основні моменти, які слід враховувати, включають тип газопроводу (низького, середнього або високого тиску), робочі умови (температура і вологість навколишнього середовища), кількість споживачів, а також потребу в додаткових функціях, як-от корекція об'єму газу відповідно до температури і тиску [47].

У таблиці 3.2 представимо особливості ВОГ в залежності від умов [4].

Таблиця 3.2

Особливості вибору лічильника

Критерій	Опис
Тип тиску	Вибір вузлів обліку газу здійснюється відповідно до тиску в газорозподільній системі. У випадках низького тиску застосовуються менш складні прилади, тоді як для середньо- і високотискових мереж потрібні спеціалізовані вузли, які забезпечують точний облік навіть при високих рівнях тиску.
Коректори тиску та температури	У ситуаціях, коли параметри газу можуть значно змінюватися, доцільно використовувати обліковий вузол з коректором об'єму. Такий пристрій автоматично враховує зміни тиску й температури, що підвищує точність вимірювання, особливо при великих коливаннях цих параметрів.
Типи приладів обліку	Вузли можуть містити лічильники різних типів: турбінні, роторні та мембранні. Турбінні лічильники оптимальні для великих обсягів газу при високому тиску, роторні підходять для середніх обсягів, а мембранні призначені для малих обсягів у побутових умовах. Вибір лічильника залежить від обсягу споживання та необхідної точності вимірювань
Монтаж і обслуговування	Слід брати до уваги умови встановлення та легкість обслуговування. Деякі вимірювальні вузли можуть потребувати регулярного налаштування, тому важливо забезпечити зручний доступ до обладнання для персоналу

Таким чином, обираючи вузол обліку газу, важливо оцінити технічні характеристики газопроводу, визначити необхідну точність і наявність

додаткових функцій, які можуть полегшити облік та зменшити втрати газу в процесі вимірювання.

Газовий лічильник зазвичай служить 20-25 років за ідеальних умов експлуатації, без впливу негативних чинників. Однак на практиці цей термін може змінюватись в обидві сторони. Протягом усього періоду експлуатації необхідно регулярно передавати лічильник оператору газорозподільних мереж для повірки.

Періодичність планової перевірки точності вимірювання варіюється залежно від моделі та згідно з чинним законодавством: її проводять один раз на 2 або 8 років залежно від класу пристрою [64].

На рисунку 3.7 наведено стаціонарний ВОГ.

Рис. 3.7 Стаціонарний вузол обліку газу

3.10 Вибір фільтрів загального та індивідуального використання

Фільтри газобалонного обладнання (ГБО) є важливими компонентами, що очищають газ від домішок перед подачею в камеру згоряння. Від якості фільтрації пального залежить тривалість роботи двигуна. Фільтри бувають двох видів: грубої і тонкої очистки.

Фільтри грубої очистки використовуються для відділення великих частинок у рідині перед редуктором. Тонке очищення від масла і вологи здійснює вузол, встановлений перед форсунками. Деякі автовласники встановлюють заправні фільтри для газового обладнання, які являють собою бронзову сітку з дрібними отворами, що очищується продуванням.

Цей агрегат розташовується безпосередньо за виносним заправним вузлом (ВЗУ). Вибираючи фільтр, слід враховувати рекомендації виробників, установників, а також відгуки інших автовласників. Через низьку ціну популярністю користується продукція на паперовій основі. Модель повинна відповідати характеристикам, зазначеним у керівництві.

Оптимальним є вибір фільтрів відомих виробників, адже якісний елемент ніколи не буде надто дешевим. Щоб уникнути підробок, звертайте увагу на якість збірки, упаковку та наявність логотипів і голограм виробника. Перевіряйте проклейку, щільність, рівномірність розподілу матеріалу. Іноді у нерозбірних конструкціях можуть бути відсутні внутрішні елементи [59].

При виборі фільтрів для індивідуального використання слід звернути увагу на вимоги щодо якості газу, який постачається до певного обладнання. Наприклад, для точного устаткування або турбін вкрай важливо видаляти навіть найдрібніші частинки, тому можуть використовуватись високоточні фільтри з багатошаровою системою фільтрації.

Також доцільно вибирати фільтри з автоматичною системою очищення, якщо вони зазнають частих забруднень, що значно підвищує їхню надійність в експлуатації [72].

3.11 Вибір системонадувочних та скидних пристроїв

Вибір систем надувних та скидних пристроїв є важливим етапом у розробці та обслуговуванні газових систем. Ці компоненти відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та безпеки, тому їх підбір має базуватися на детальному аналізі експлуатаційних вимог і технічних характеристик. Надувні пристрої, такі як вентилятори та компресори, призначені для підтримання потрібного тиску в газопроводах та забезпечення стабільної подачі газу.

Серед основних критеріїв їх вибору є продуктивність, тиск, енергоспоживання, а також рівень шуму. До прикладу, безмасляні компресори добре підходять для систем, що потребують високої продуктивності та надійності, оскільки вони гарантують чистоту газу й мінімізують ризики забруднення.

Скидні пристрої спеціалізуються на контролі тиску в газових мережах. Їх завдання — скидати надлишковий газ при перевищенні безпечного рівня тиску, запобігаючи аварійним ситуаціям. Під час вибору таких пристроїв варто враховувати максимальний допустимий тиск і швидкість реакції на зміни системи.

Електронно керовані скидні клапани можуть забезпечити точніше регулювання, хоча й потребують додаткових витрат на електропостачання та обслуговування. Завдяки впровадженню новітніх технологій, рішення для надувних і скидних пристроїв стали більш ефективними та здатними адаптуватися до змінних умов роботи.

Оцінка показників ККД, зносостійкості та енергоефективності є важливими критеріями для вибору найоптимальнішого обладнання [36].

РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ДАХОВИХ КОТЕЛЕНЬ

4.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні

Для забезпечення теплопостачання багатоквартирного житлового будинку з вбудованими нежитловими приміщеннями та підземним паркінгом заплановано встановлення проектної дахової газової котельні. Як теплоносій у системі використовується гаряча вода з температурою 80-60°C.

Проектом передбачено монтаж десяти котлів Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2, кожен з яких має потужність 100 кВт. Котельня розташована на даху житлового будинку, а саме на секції №1 (деталі дивіться в архітектурному розділі).

Приміщення котельні відділене від інших вогнестійкими, неспалимими стінами, що мають межу вогнестійкості не менше EI45 і забезпечують парогазоущільнення. Котельня не безпосередньо прилегла до житлових приміщень. Внутрішні стіни покриті штукатуркою та оздоблені керамічною плиткою на висоту 2 метри.

Для підлоги застосовано безіскрове покриття з гідроізоляцією висотою 10 см. Приміщення мають природнє освітлення через вікна, загальна площа яких становить мінімум 5,9 м² відповідно до об'єму приміщення (V=107 м³).

Вікна оснащені одинарним склінням товщиною 3 мм та металевою сіткою зовні для захисту під час аварій. Також заплановано встановлення протипожежних дверей УкрСЕПРО з межею вогнестійкості EI30.

За категорією пожежної безпеки приміщення класифікується як "Г". Ступінь вогнестійкості II: зовнішні стіни EI45, перекриття REI45MO.

Вихід з котельні веде безпосередньо назовні через тамбур-шлюз першого типу. Двері відкриваються у напрямку виходу та відповідають типу “Протипожежні двері утеплені”.

Димові труби, у кількості двох, діаметром $Д_у$ 200 мм, виготовлені з нержавіючої сталі; вони підтримуються металевими рамами і виступають на 2 метри вище даху.

Вентиляція забезпечується витяжним каналом на даху та природним припливом повітря через решітки у стінах або дверях [56, с. 11-14].

4.2 Теплове навантаження на котельню, опалення та вентиляція

Теплові навантаження котельні за теплоносіями зведені у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Теплове навантаження (система опалення, вентиляції та ГВП)

Будівля	Система водяного опалення, кВт	Система гарячого водопостачання, макс., кВт	Система гарячого водопостачання, сер., кВт
Секція №1	244,62	340,2	72,1
Секція №2	263,34		
Паркінг	10,0		

Виробіток тепла котельнею:

1. Середнє навантаження за опалювальний період (опалення) (4.1):

$$Q_O^p = Q_{O_{max}} \frac{t_i - t_p}{t_i - t_0} \quad (4.1)$$

де: $Q_{O_{max}}$ - максимальне навантаження на опалення;

t_i – середня температура внутрішнього повітря опалюваних приміщень, яка приймається +20°С;

t_p – середня температура зовнішнього повітря відповідного режиму, °С ;

t_o – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування. Для Київської області дорівнює -22°С.

$$Q_O^p = 518{,}96 \cdot 0{,}46 = 238{,}72 \text{ кВт}$$

2. Річне навантаження на систему опалення (4.2):

$$Q_O^{pii} = Q_O \cdot n \cdot 176 = 929{,}30 \text{ Гкал/рік} \quad (4.2)$$

де: Q - середньогодинна витрата тепла на опалення.

Згідно з кліматологічними даними середня температура зовнішнього повітря розрахункових режимів зведена в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Температура зовнішнього повітря розрахункових режимів

№ режимів	Найменування температурних режимів	Температура, °С
I	Максимально-зимовий режим	-22,0
III	Середньо зимовий режим	-0,1
IV	Режим перехідного періоду	+4,6
V	Літній режим	більше +8

Річна витрата газу складає (4.3):

$$B_{\text{рік}} = Q_{\text{отп}} \cdot 1000/h_{\text{ка}} \cdot Q_{\text{р.низ}} = 184{,}3 \text{ тис. нм}^3 \quad (4.3)$$

де $h_{\text{ка}}$- коефіцієнт корисної дії теплоагрегата, а саме мін. 0,92 (т.б. 92%);

$Q_{\text{р.низ.}}$ – теплотворна здатність палива нижча мін., 8100 ккал/нм³.

Потреба в умовному паливі (4.4):

$$B_{\text{ум.р}} = Q_{\text{год}} \cdot \text{Е} = 0{,}21 \text{ тис. т. у. п.} \quad (4.4)$$

де E - відношення $Q_{р.низ.}$ до теплотворної здатності 1 кг у.п. 7000 ккал/кг, а саме 1,156.

Годинна максимальна витрата газу на котельну:

$$B_{год} = 102{,}4\ нм^3/год$$

Опис характеристик району будівництва: Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування:

1. В холодний період року для опалення та вентиляції – -22 ºС.

2. В теплий період року для вентиляції – 28 ºС.

Середня температура під час опалювального сезону становить мінус 0,1 ºС. Тривалість опалювального періоду складає 176 днів. Розрахункова швидкість вітру становить 4,2 м/с в холодний період року та 1 м/с – в теплий.

Обігрів котельного залу здійснюється за рахунок теплових надходжень від обладнання та технологічних трубопроводів, а також за допомогою встановленого опалювального приладу.

Котельня функціонує без обслуговуючого персоналу, а під час зими температура в залі підтримується на рівні +10 ºС. Припливна та витяжна вентиляція базуються на природному спонукання. Геометричні параметри приміщення котельні по зовнішньому контуру такі: площа становить 35,95 м², а об'єм – 107,0 м³.

Повітрообмін спроектований таким чином, щоб забезпечити трикратну зміну повітря за годину з урахуванням необхідного для підтримання горіння палива. Проектні рішення відповідають ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» стосовно природної загальнообмінної вентиляції.

Кількість повітря, необхідного для спалювання природного газу, розраховується як (4.5):

$$Q = (Q_1 + Q_2), м^3/годину \qquad (4.5)$$

де Q_1 – кількість повітря, потрібного для спалювання природного газу, м³/годину;

Q_2 - кількість повітря, яке необхідне для створення норамтивного трикратного повітрообміну, м³/годину.

$$Q_1 = B \cdot V_0 \cdot \alpha \quad (4.6)$$

де B - годинна витрата газу на котли;

α - коефіцієнт надлишку повітря;

V_0 - теоретична кількість сухого повітря, необхідна для повного згоряння палива (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1$).

$$Q_1 = 102{,}4 \cdot 9{,}96 \cdot 1{,}2 = 1223 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_2 = 3 \cdot V \quad (4.7)$$

де V - об′єм приміщення, м³.

$$Q_2 = 3 \cdot 107 = 321 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким чином, необхідна кількість припливного повітря для приміщення дахової котельні складає (4.5):

$$Q = (1223 + 321) = 1544 \text{ м}^3/\text{годину}$$

Площа припливної решітки розраховується за формулою (4.8):

$$f = \frac{V_{\text{пов}}}{3600 \cdot w}, \text{м}^2 \quad (4.8)$$

де w – швидкість повітря, яке проходитиме через решітку на вході в котельню 1,0 м/сек;

$$f = \frac{1544}{3600 \cdot 1} = 0{,}43 \text{ м}^2$$

Приток передбачений через вентиляційні металічні решітки, розміщених в стіні мінімум $F_{\text{ж.п.}} = 0{,}43$ м² сумарно.

Площа витяжних пристроїв при швидкості повітря 1,0 м/с:

$$f = \frac{351}{3600 \cdot 1} = 0{,}1 \text{ м}^2$$

Витяжна вентиляція здійснюється через приставний вентканал Ø315 мм.

Площа легкоскидних конструкцій прийнята з розрахунку 0,05 м² на 1,0 м³ об'єму приміщення котельного залу. Відповідно при об'ємі приміщення котельні 107,0 м³ мінімальна площа легкоскидних конструкцій складе 5,4 м².

Для забезпечення такої площі легкоскидних конструкцій передбачено встановлення вікон з загальною мінімальною площею $S = 5{,}4$ м² з одним склом і металевою решіткою (сіткою) зовні для захисту від розкидування скла.

Проектом передбачається самостійна витяжна механічна (настінний вентилятор типу Вентс) вентиляція В1 з приміщення санвузла (туалет). Витрата тепла на нагрів повітря від температури -22°С до +10°С складе (4.9):

$$Q_{\text{пов}}^{\text{год}} = \sum L \cdot C \cdot \Delta t \tag{4.9}$$

$$Q_{\text{пов}}^{\text{год}} = 1544 \cdot 0{,}315 \cdot 32 = 15563 \frac{\text{кал}}{\text{год}} = 18{,}1 \text{ кВт}$$

Надходження теплової енергії в котельному залі забезпечується передусім теплими поверхнями котельного обладнання і трубопроводів. Згідно з нормативними показниками, тепловиділення від котлів становлять приблизно 2% від їхньої теплопродуктивності, що в даному випадку дорівнює приблизно 20 кВт.

Окрім цього, тепловиділення від іншого теплотехнічного обладнання та газоходів становлять приблизно 0,6 кВт. Витрати тепла відбуваються через зовнішні огороджувальні конструкції, що дорівнюють приблизно 1 кВт. Баланс теплоповітряного обміну котельні наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Теплоповітряний баланс котельні

Наймену-вання примі-щення коте-льні	Об'єм, м^3	Період року, t,°C	Витрати тепла по котельні, кВт			Тепловий баланс котельні, кВт			Приплив повітря, м³/год	Т-ра робочої зони, t,°C
			опалення	Вентиляція	Разом	Виділення	Покриття	Залишок		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
котел. зал	107,0	-22	1,0	18,1	19,1	20,0	22,0	-2,0	1544	+10

Враховуючи тепловий баланс у котельному залі та відповідно до пункту 18.5 ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», передбачено аварійне опалення за допомогою електричного обігрівача потужністю 1,0 кВт.

Цей обігрівач автоматично вмикається, коли температура в котельному приміщенні падає нижче +10 ^{O}C, забезпечуючи обігрів і прогрів робочої зони біля апаратури ХВП. Такий підхід враховує тепловий баланс та не вимагає постійного опалення, але за необхідності обігрів здійснюється за допомогою того ж електричного обігрівача, якщо температура знижується до +5 ^{O}C.

4.3 Вибір насоса в межах водогрійного котла

Проєкт передбачає використання насосних груп від Wilo. Насоси Wilo можна додатково обладнати частотними перетворювачами, що дозволяє регулювати швидкість обертання відповідно до тиску.

Серед конструктивних переваг насосів Wilo TOP-S варто зазначити:

- стійкість до блокування струму двигуна та наявність системи аварійної сигналізації;

- вбудований трьохпозиційний перемикач швидкостей роботи двигуна, завдяки якому користувач може обрати найбільш підходящий режим для свого конкретного завдання;

- здатність забезпечувати циркуляцію теплоносія, нагрітого до +140 °С (в короткочасному режимі);

- високий коефіцієнт корисної дії двигуна за відносно низького споживання електроенергії [85, с. 3].

4.4 Розрахунок установки хімводоочистки

Процеси хімічної водопідготовки служать для пом'якшення підживлювальної води, яка використовується в закритих системах теплопостачання. Вибір відповідної схеми хімічної водопідготовки визначається максимальним режимом експлуатації котельні.

Для зменшення фактичної кількості підживлення в системі котельні була встановлена якісна засувно-регулююча арматура.

Якість мережної і підживлювальної води, що постачається до водогрійних котлів, регламентується відповідно до показників, наведених у таблиці 4.4, п. 13.5 "Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа, а також водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115°С", що зафіксовані в нормативному документі НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» [22, 44].

Таблиця 4.4

Якість мережної і підживлювальної води водогрійних котлів

Показник	Значення
Жорсткість карбонатна, мг-екв/кГ	не більше 0,7
Завислі речовини, мг/кГ	не більше 5,0
Вміст розчиненого кисню, мг/кГ	не більше 0,05
Концентрація водневих іонів, pH	6,5-8,5
Залишкова загальна жорсткість, мг-екв/кГ	0,1

Уся хімічно очищена вода, необхідна для котельні, включає витрати на підживлення тепломереж і вологе прибирання приміщення.

Згідно з нормативами ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі", розрахункова витрата води для підживлення теплових мереж становить 0,75% від обсягу води в системі. При цьому, об'єм води розраховується виходячи з 16,8 м³ на 1,0 МВт потужності.

Відповідно, для загальної опалювальної потужності споживачів об'єм води складає 0,5338 х 16,8 = 8,0 м³.

Отже, загальна потреба в хімічно очищеній воді для котельні становить приблизно 0,03 м³/год. Для пом'якшення сирої води передбачається встановлення установки хімводопідготовки від компанії "LWT" і резервного бака пом'якшеної води об'ємом 300 літрів.

Такі параметри відповідають паспортним вимогам нагрівачів та нормам НПАОП 0.00-1.81-18 і є достатніми для підживлення тепломережі.

Загальна карбонатна жорсткість у водопровідній воді становить 4,7 мг-екв/кг. Робота установки, включаючи процеси регенерації та відновлення смоли, повністю автоматизована і не потребує обслуговуючого персоналу. Завантаження баксолерозчинника здійснюється вручну.

Усі елементи установки виготовлені з полімерних матеріалів, що запобігає корозії. Процес пом’якшення та контроль параметрів води на вході й виході виконуються автоматично за допомогою електронного регулятора. Підготовлена вода надходить у резервний бак, а звідти підживлювальними насосами (робочий і резервний) автоматично підживлює систему при зниженні тиску. Технічні характеристики наведені в таблицях 4.5-4.7 розділу ВК котельні [56, с. 16-18].

Таблиця 4.5

Реальні потреби в воді

№	Потреби води по видам виробництва	Розрахункові витрати				Примітка
		$м^3$/год	$м^3$/добу	$м^3$/міс	$м^3$/рік	
1	Регенерація ХВП	0,05	0,1	0,91	5,3	0,3 реген. на добу
2	Підживлення	0,029	0,685	20,56	120,6	Регулярно
3	Мокре прибирання приміщення F=35,0 м²	0,01	0,01	0,3	3,6	1 раз на добу на протязі року (12 міс.) норма 0,0004 м³/м²
4	Всього Σ	0,089	0,795	21,77	129,5	

Таблиця 4.6

Каналізація та стоки по котельні

№	Потреби води по видам виробництва	Розрахункові витрати				Примітка
		$м^3$/год	$м^3$/добу	$м^3$/міс	$м^3$/рік	
1	Регенерація ХВП	0,05	0,1	0,91	5,3	0,3 реген. на добу
2	Мокре прибирання приміщення	0,01	0,01	0,3	3,6	1 раз на добу
3	Можливі розливи та дренажі	0,05	0,1	0,3	1,8	до 3-х раз в місяць в опалюв. сезон
4	Всього Σ	0,11	0,21	1,51	10,7	

Таблиця 4.7

Забруднення стоків котельні хлоридами

№	Найменування	Од.вим.	Кіл-ть
1	Кількість солей жорсткості які скидаються в дренаж за одну регенерацію	гр-екв/рег	9,5
2	Надлишок солі NaCl, який скидається за одну регенерацію	кг/рег	0,544
3	Кількість NaCl, яка викидається в дренаж за добу	кг/добу	0,163
4	Кількість $CaCl_2$, яка скидається за одну регенерацію	гр-екв/рег	0,527
5	Кількість $CaCl_2$, яка викидається в дренаж за добу	кг/добу	0,158
6	Загальна кількість хлоридів NaCl та $CaCl_2$, що скидається за добу	кг/добу	0,321

Продовження табл.4.7

7	Годинна витрата води на ХВП	м³/год	0,01
8	Добова витрата води на ХВП	м³/добу	0,1
9	Добова кількість стоків по об’єкту з якими змішуються стоки котельні	м³/добу	33
10	Кінцева концентрація хлоридів в стоках по об’єкту	(кг/м³)/(мг/л)	9,7х10-3/9,7

Установка хімводопідготовки працює в автоматичному режимі, що забезпечує автоматичне відновлення фільтрів після їх використання. Для ефективної роботи системи хімічного очищення потрібно лише замінювати технічну сіль для регенерації фільтрів.

Теплоносій подається до споживачів автоматично, з підтримкою заданої температури на виході з котельні.

Щоб автоматизувати процес спалювання природного газу, встановлюються регулятори подачі газу перед пальником [56, с. 22].

РОЗДІЛ 5. ОБЛАШТУВАННЯ ДАХОВОЇ КОТЕЛЬНІ

5.1 Загальні положення та вихідні дані

Проект газової дахової котельні багатоквартирного житлового будинку, який містить вбудовані нежитлові приміщення та підземний паркінг за адресою вул. Українська, 1-г у місті Ірпінь, був розроблений у відповідності до національних будівельних норм і згідно з завданням на проектування.

Проект дахової котельні побудований на основі таких нормативних документів:

- ДБН А.2.2-3:2014, який регулює склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва;
- ДБН В.2.5-67:2013, що стосується систем опалення, вентиляції та кондиціювання;
- ДБН В.2.2-15:2019, що визначає основні положення для житлових будинків;
- ДСТУ Б А.2.4:2009, що містить основні вимоги до проектної та робочої документації;
- ДБН В.2.2-28:2010, що адресує стандарти для будівель адміністративного та побутового призначення;
- ДБН В.2.5-77:2014, який охоплює питання проектування котелень;
- ДБН В.2.5-20:2018, що регулює систему газопостачання;
- НПАОП 0.00-1.76-15, де зазначені правила безпеки систем газопостачання;
- технічні умови ТУ АТ "Київоблгаз".

Ці документи разом формують нормативну основу для реалізації проекту відповідно до сучасних стандартів безпеки та ефективності.

Аналіз кліматичних умов будівельного району включає такі аспекти:

1. У зимовий період загальний обмін повітря здійснюється при середній температурі -22°C, тоді як у теплий період вона піднімається до +27,0°C.

2. Середня температура протягом опалювального сезону становить -0,1°С.

3. Під час холодних місяців максимальна розрахункова швидкість вітру досягає 2,9 м/сек., тоді як у літній період вона знижується до 1,0 м/сек.

4. Період, протягом якого середньодобова температура повітря дорівнює або нижче 8°С, триває 176 діб.

5. Середньорічна кількість опадів складає 528 мм.

Глибина промерзання ґрунтів досягає 0,9 метра. Цей регіон знаходиться у перехідній зоні між помірно теплим західноєвропейським і континентальним східноєвропейським кліматичними типами. Він відзначається відносно м'якою зимою, тривалою вологою весною, нежарким літом і теплою, відносно сухою осінню. Відповідно до кліматичної класифікації регіон належить до Району І згідно з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» та ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

У таблиці 5.1 представлено техніко-економічні показники для дахової газової котельні.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники для дахової газової котельні

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3	4
1	Площа котельні	$м^2$	35,95
2	Будівельний об’єм	$м^3$	107,0
3	Кількість котлів	шт	10
4	Річний виробіток тепла, в т.ч. на: - опалення: - ГПВ	Гкал/рік Гкал/рік	1340,0 929,30 410,7
5	Встановлена продуктивність котельні	МВт (Гкал/годину)	0,874 (0,7515)
6	Річна витрати природного газу	тис. $нм^3$	208,40
7	Річна витрата умовного палива	тис. т у.п.	0,21
8	Питомі витрати умовного палива на 1,0 Гкал випущеного тепла	кг у.п./ 1 Гкал	184,3

5.2 Оцінка та аналіз існуючої системи газопостачання м. Ірпінь

Місто Ірпінь забезпечене постачанням води, каналізацією, теплопостачанням, газопостачанням та електропостачанням. Водні ресурси Ірпінського регіону ґрунтуються на підземних водах бучакського та сеноманського водоносних горизонтів.

Водопостачання здійснюється як централізованою комунальною водопровідною системою, так і певними локальними системами господарсько-питного і технічного водопостачання, які обслуговують окремі підприємства на їх території.

Щодо газопостачання, місто Ірпінь повністю інтегроване у мережу природного газу, чому сприяють дві ключові газорозподільні станції: ГРС «Ірпінь» на південній околиці міста, яка під'єднана до магістрального газопроводу І-го класу «Дашава-Київ», та ГРС «Берковець».

Газова система міста значною мірою залежить від природного мережного газу, що становить уразливість, роблячи питання встановлення дахової котельні актуальним для покращення інфраструктури. До проблемних аспектів можна також віднести морально зношене обладнання теплових мереж та систем теплопостачання й газопостачання [55].

5.3 Методи реконструкції системи газопостачання м. Ірпінь

Проєкт передбачає встановлення дахової газової котельні з такими параметрами теплоносія: гаряча вода 80-60 °С для контуру системи опалення та теплопостачання, і гаряча вода 55 °С для системи гарячого водопостачання.

Основні принципи проєкту включають: економію палива; збереження довкілля; безпеку та надійність експлуатації; компактність установки; загальний комфорт. Рішення для реалізації цих принципів включають такі заходи:

1. Для забезпечення теплових навантажень теплопостачання буде встановлено 10 котлів Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2 (потужність100 кВт).

2. Відведення димових газів здійснюється через окремі газоходи до двох вертикальних утеплених димоходів.

3. Пом'якшення підживлювальної води автоматизованою системою натрій-катіонування типу LWT.

4. Управління котлами автоматичне, з системами протиаварійного захисту, які перекривають подачу газу під час загазованості, пожежі чи відключення електропостачання. Попередження виводяться на диспетчерські пости з постійним чергуванням персоналу.

Котельня оснащена природною припливно-витяжною вентиляцією, опаленням, електропостачанням, водопостачанням і каналізацією. Система вентиляції припливно-витяжного типу з трикратним повітрообміном забезпечує надходження повітря для згоряння палива.

Котли Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2 мають переваги: висока продуктивність через конденсаційні технології; високі екологічні показники завдяки сучасній технології спалювання; значно нижчі витрати на монтаж і техобслуговування; можливість роботи на природному або зрідженому газі Комплектація містить електронний датчик тиску, конденсаційний теплообмінник з нержавіючої сталі, вентилятор з регульованими обертами, та інші сучасні технології.

Кожен котел оснащений ЖК-дисплеєм для відстеження роботи та модуляції потужності через електронну плату з мікропроцесором. Тиск у контурі опалення підтримується між 0,8 і 6,0 бар. Котельня призначена для обігріву, забезпечення гарячої води та вентиляції, підключається до проєктних мереж водо-, електропостачання і каналізації [56, с. 11-13].

Характеристика котла типу Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2 представлена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.2

Характеристика котла типу Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2

Загальна інформація	Од.вим.	Показник
1	2	3
Номінальна теплопродуктивність G20 (50/30 °C) [P_n cond]	кВт	20,8 – 99,5
Номінальна теплопродуктивність G20 (80/60 °C) [P_n]	кВт	19,0 – 94,5
Номінальне теплове навантаження G20 (UW) [Q_n (Hi)]	кВт	19,3 – 96,5
Номінальне теплове навантаження G31, (UW) [Q_n (Hi)]	кВт	17,6 – 92,4
Коефіцієнт корисної дії G20 (37/30 °C) при мінімальному навантаженні 30%	%	107,9
Коефіцієнт корисної дії G20 (80/60 °C) при максимальному навантаженні	%	97,0
Залишкова величина напору вентилятора (P_{max})	Па	220
Ступінь захисту IP		IP X4D ($B_{23(p)}$, B_{33}: X0D)
Мережева напруга, частота [U]		230 В, 50 Гц
Допустима температура навколишнього середовища	°C	0 – 40
Максимальна температура лінії подачі [$T_{макс.}$]	°C	90
Максимальний допустимий тиск води в газовому настінному конденсаційному котлі [PMS]	бар	4
Максимальна кількість конденсату	л/год.	11,0
З'єднувальні патрубки		
Патрубок для відведення відпрацьованих газів/подачі повітря (концентричний)	мм	110/160
Труба лінії подачі/зворотної лінії контуру опалення (газовий настінний конденсаційний котел	Дюйм	G 1½
Підключення газу (газовий настінний конденсаційний котел)	Дюйм	R1
Відведення конденсату (гнучкий шланг стоку)	мм	24
Температура відпрацьованих газів за температури 80/60 °C, мін / макс навантаження	°C	57 / 68
Температура відпрацьованих газів за температури 50/30 °C, мін / макс навантаження	°C	34 / 53
Розміри та маса		
Висота х ширина х глибина	мм	980 х 520 х 465
Висота х ширина х глибина (разом з насосною групою	мм	1300 х 520 х 465
Вага	кг	70

5.4 Розробка дахової котельні під час реконструкції газопостачання міста Ірпінь

Теплова схема передбачає передачу тепла з параметрами теплоносія 80-60°С для забезпечення систем опалення, гарячого водопостачання та припливної вентиляції. Детальна теплова схема котельні та супутні її складові представлені у додатках Б.1–Б.6.

Використання котлів Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2 дозволяє досягти:

1. Надійного та безперебійного теплопостачання.

2. Покриття теплових навантажень як у розрахунковому режимі, так і під час інших характерних умов.

3. Можливості плавного переходу між режимами роботи.

4. Забезпечення економічно ефективних умов експлуатації обладнання шляхом підтримання постійної температури зворотнього теплоносія на вході до котла та плавного температурного регулювання за тепловим навантаженням протягом року.

Система опалення інтегрується в теплову мережу через залежну схему з використанням циркуляційних насосів на знижувальному трубопроводі. Система управління оснащена "погодним" контролером, що забезпечує автоматичне регулювання роботи теплогенератора відповідно до зовнішньої температури та теплового навантаження споживачів, враховуючи режим теплоспоживання.

Базове обладнання керування поставляє один комплект, що включає регулятор для настінного монтажу, стандартний датчик та датчик температури зовнішнього повітря.

Котел Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2 завдяки своїм конструктивним характеристикам не залежить від низької температури зворотнього теплоносія, тому вузол рециркуляції гарячої води перед котлом не передбачений. Гаряче водопостачання передбачається здійснювати за допомогою водоводяного теплообмінника з баком-накопичувачем.

Проект охоплює дві системи гарячого водопостачання (перша та друга секції). Підживлення тепломережі відбувається через установку хімічної водопідготовки з баком запасу пом'якшеної води об'ємом 0,3 м³. З цього бака очищена вода подається підживлюючим насосом у зворотну магістраль мережі котельні в автоматичному режимі, активуючи при зниженні тиску у зворотному трубопроводі мережної води.

Цей агрегат також застосовується при заповненні системи перед запуском. Передбачено аварійне підживлення необробленою водою з водопроводу. Для компенсування теплових розширень у трубопроводах передбачено встановлення запобіжних клапанів та мембранних розширювальних баків, без визначеної категорії трубопроводів для води. Розрахунковий строк експлуатації трубопроводів відповідає терміну служби нагрівачів і становить мінімум 10 років.

Теплова схема забезпечує облік витрати вхідної води з питного водопроводу та води яку використовують для підживлення. Окрім того, теплова схема обладнана необхідними контрольно-вимірювальними приладами, такими як манометри, термометри і термоманометри, а також засобами автоматизації й регулювання.

Проект передбачає використання насосних груп Wilo, які можуть бути додатково обладнані частотними перетворювачами для регулювання швидкості обертів згідно тиску.

Насоси Wilo TOP-S характеризуються стійкістю до струмів блокування двигуна, наявністю аварійної сигналізації та вбудованим трьохпозиційним перемикачем швидкостей для налаштування оптимального режиму. Вони здатні підтримувати циркуляцію теплоносія з температурою до +140 °C у короткочасному режимі з високою ефективністю двигуна при низькому споживанні електроенергії [56, с. 15-16].

РОЗДІЛ 6. ВИМОГИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ

6.1 Загальні правила безпеки під час газових робіт

Правила безпеки систем газопостачання визначають вимоги для проектування, будівництва та експлуатації систем, які використовують природні гази, газоповітряні суміші та зріджені вуглеводневі гази з певними межами тиску.

Ці вимоги поширюються на нові проекти, розширення, реконструкцію, капітальний ремонт та експлуатацію існуючих систем газопостачання. До зварювання сталевих газопроводів допускаються лише зварники, які пройшли атестацію згідно з Правилами атестації зварників, затвердженими відповідним наказом [42, с. 2-4].

Покращення умов праці сприяє зростанню продуктивності та якості виробленої продукції, підвищує трудову дисципліну, знижує плинність кадрів, зменшує кількість аварій, травматизму та професійних захворювань, а також скорочує економічні втрати, пов'язані з цими проблемами [2, с. 38].

Котельня класифікується як приміщення 3-ї категорії за небезпекою електротравматизму, що відносить її до особливо небезпечних середовищ. Це зумовлено наявністю більше ніж двох факторів, які значно збільшують ризик виникнення небезпеки для людини [37].

Тип електричної сіті, від якої живиться устаткування (електродвигуни насосів, димососа і вентилятора; освітлювальні системи, які включають робоче, аварійне, штучне та зовнішнє освітлення, а також котельні установки, функціонують на основі трифазної, чотиридротової електромережі з напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю, що відповідає системі захисту TN-C.

Запропоновані технічні рішення спрямовані на запобігання електротравм при контакті з провідними частинами електрообладнання:

1. Ізоляція провідних елементів електроустаткування повинна відповідати стандартам нормативних документів, гарантуючи опір ізоляції нового обладнання не менше ніж 1 кОм на кожен вольт напруги.

2. Провідні елементи, що не мають ізоляції, повинні бути недоступні. Це досягається шляхом їх розміщення на недоступній висоті, у важкодоступних місцях, приміщеннях з обмеженим доступом, або в металевих шафах.

Додатково передбачене обгородження металевими сітками та закриття клемних з'єднань для підвищення безпеки [3, с. 69].

6.2 Індивідуальний захист при роботі з газовими системи

Перед початком робіт у замкнених просторах працівники повинні бути оснащені необхідними засобами індивідуального захисту та іншими ресурсами, включаючи:

1. Спеціальний одяг і взуття, яке відповідає специфічним умовам роботи, забезпечуючи належний рівень захисту.

2. Захисні каски.

3. Два рятувальних пояси з надійними страхувальними канатами, довжина яких перевищує глибину закритого простору на два метри.

4. Акумуляторний ліхтар з живленням не понад 12 В.

5. Протигаз шлангового типу марки ПШ-1 або ПШ-2 з набором масок і шлангом, довжина якого на два метри більша за глибину простору; загальна довжина шланга не повинна перевищувати 12 метрів.

6. Ручний вентилятор.

7. Газоаналізатор або лампа ЛБВК.

8. Переносні попереджувальні знаки безпеки.

9. Спеціальні пристрої для відкривання кришок люків та перевірки надійності скоб для спуску і підйому.

Відповідні засоби індивідуального засобу наведено на рисунку 6.1.

Рис. 6.1 Засоби індивідуального захисту при роботі з газом

До виконання робіт із підвищеною небезпекою допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, не мають протипоказань до виконання цього типу робіт, навчені безпечним методам і прийомам, використанню засобів індивідуального захисту, а також правилам надання першої допомоги потерпілим. Крім того, вони повинні пройти перевірку знань відповідно до встановленого порядку.

Під час виконання робіт відкриті люки мають бути огороджені та оснащені попереджувальними знаками безпеки, оснащені освітленням у нічний час.

Особа, відповідальна за організацію газонебезпечних робіт, призначається з числа інженерно-технічних працівників, котрі пройшли навчання і перевірку знань з питань охорони праці, знайомі з порядком підготовки та проведення цих робіт, а також забезпечують повноту і послідовність виконання всіх заходів, визначених нарядом-допуском або інструкціями на робочому місці [8].

6.3 Підготовка та навчання персоналу перед початком газових робіт

Працівники, які займаються будівництвом, налаштуванням і експлуатацією газових об'єктів, повинні пройти навчання з безпеки перед початком самостійної роботи, а також скласти відповідні іспити. Перевірка знань щодо безпечного виконання газонебезпечних робіт може проводитися разом із перевіркою знань цих Правил. У такому випадку оформляється загальний протокол, де враховується можливість допуску до виконання таких робіт.

Документуючи результати перевірки знань, зазначають вид робіт, до яких допустили особу. Тим, хто склав іспит, видається посвідчення з підписами голови комісії та інспектора.

Працівники з незадовільними результатами повинні повторно пройти перевірку знань протягом місяця. Якщо й друга спроба буде невдалою, їхнє працевлаштування визначатиметься згідно із законодавством.

Навчальні плани й програми для підготовки зварників та працівників, зайнятих у будівництві, обслуговуванні та експлуатації газопроводів, газоспоживальних установок, а також поводженню з вентиляційними каналами й димопроводами, повинні обов'язково бути узгоджені з Державною інспекцією з охорони праці України.

Відповідальні за проведення перевірки знань особи зобов'язані письмово повідомити місцевий підрозділ Держнаглядохоронпраці щонайменше за п'ять днів до запланованої дати перевірки. Перевірку знань з виконання робіт в умовах підвищеної газонебезпеки можна поєднати з оцінюванням знань, передбачених даними Правилами.

У таких випадках складається єдиний протокол, що фіксує не лише результати перевірки знань Правил, а й висновок комісії щодо можливості допуску кандидата до здійснення відповідних робіт.

Протокол перевірки знань містить конкретизацію виду робіт, виконання яких дозволено особам, що успішно пройшли іспит. На основі цього протоколу видається відповідне посвідчення, підписане головою комісії та інспектором

Держнаглядохоронпраці. Працівники, які показали незадовільні результати, повинні протягом місяця пройти повторну перевірку.

У разі повторного незадовільного результату їх мають працевлаштувати згідно з діючим законодавством. Позачергова перевірка знань зазначених Правил для посадових осіб та спеціалістів, включаючи робітників, здійснюється за певних обставин: при введенні нових чи оновлених нормативних актів; при запуску нового обладнання або запровадженні нових технологічних процесів; при переведенні працівника на іншу посаду, яка вимагає додаткових знань таких Правил; на вимогу інспектора Держнаглядохоронпраці у випадку виявлення недостатніх знань у працівників з питань охорони праці [42, с. 2-4].

6.4 Особливості безпеки під час роботи зі встановлення котельні

Під час встановлення котлів у виробничих приміщеннях необхідно забезпечити їхнє відокремлення конструкціями, які мають досягати повної висоти котла, але не бути нижчими за 2 метри, оснащеними дверима для доступу. Вибір місця встановлення та напрямки відчинення дверей вирішується проектним органом.

Перегородки повинні виготовлятися з вогнетривких матеріалів. У котельнях передбачаються побутові та службові приміщення для обслуговуючого персоналу згідно з чинними санітарними нормами.

Розміщення інших приміщень, окрім тих, що призначені для ремонту котельного обладнання, заборонено. На кожному поверсі котельні повинні бути не менше двох виходів, розміщених на протилежних кінцях приміщення.

Допускається один вихід у приміщеннях з площею поверху меншою за 200 квадратних метрів, але за умови наявності другого евакуаційного виходу на зовнішні сходи. В одноповерхових котельнях допустима довжина приміщення до 22 метрів.

Виходом з котельні вважається прямий вихід назовні або вихід через сходову клітку чи тамбур. Вихідні двері повинні відкриватися назовні без запорів з боку котельні; під час роботи котлів двері мають залишатися незамкненими. Двері до службових та побутових приміщень з котельної повинні оснащуватися пружинами і відкриватися в сторону котельні. На кожних вхідних дверях до котельної ззовні має бути попереджувальний напис "Стороннім вхід заборонено".

Біля воріт, через які здійснюється подача палива та виведення золи, повинні бути встановлені тамбури або повітряно-теплові завіси відповідно до нормативних вимог. Котельня забезпечується відповідним природним освітленням, а також штучним освітленням у нічний час.

Аварійне освітлення обов'язкове для фронту котлів, проходів між і позаду них, пультів управління, зольних приміщень, вентиляторних майданчиків, обладнання водопідготовки, а також сходів та насосних приміщень.

Освітлювальні системи повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), а світильники в загальному освітленні, якщо вони розташовані на висоті менше 2,5 метра над підлогою, повинні бути закритого типу.

Роботи всередині котлів і газоходів вимагають використання ручних світильників з напругою не вище 22 В або переносних ліхтарів. Відстань від фронту котлів до протилежної стіни має становити не менше 3 метрів.

Ширина проходів між котлами або між котлом і стінами приміщення має бути не менш як 2 метри, а для проходів між виступаючими частинами котлів та конструкцій — не менш ніж 0,7 метра. Приямки повинні бути обнесенні поруччям висотою не нижче 0,9 метра.

Для парових котлів з продуктивністю 2 тонни на годину і більше та водогрійних потужністю від 2,26 МВт подання палива і видалення шлаку мають бути механізованими. При ручному видаленні золи зольні бункери оснащуються пристроями для поливу водою золи безпосередньо в бункерах або вагонах, із забезпеченням належних умов ізоляції та вентиляції. Ширина проїздів у

зольному приміщенні мусить перевищувати ширину застосованої вагонетки не менш ніж на 0,7 метра з кожного боку, допускаючи звуження винятково в місцях між колон фундаменту котлів.

У разі видалення золи та шлаку з топки безпосередньо на робочу площадку, необхідно облаштувати витяжну вентиляцію в котельні над ділянкою, де здійснюється цей процес. Котельня має бути оснащена засобами гасіння відповідно до діючих норм протипожежного обладнання, встановлених Правилами пожежної безпеки в Україні (ДНАОП 0.02-2.02-95).

Приміщення, де розташовані котли, зольні відсіки та всі допоміжні й побутові приміщення повинні бути забезпечені як природною, так і механічною вентиляцією, а у разі потреби, опаленням. Вентиляційна система котельні повинна забезпечувати ефективне видалення шкідливих газів і пилу, постачання свіже повітря та підтримання температурного режиму, відповідно до вимог санітарних норм.

Котельне приміщення, котли та все обладнання потрібно утримувати у справному стані та чистоті. Проходи в приміщенні котельної, а також виходи повинні завжди залишатися вільними для безперешкодного доступу [12].

6.5 Профілактика та безпека у надзвичайних ситуації

Відповідальність за організацію та реалізацію навчальних заходів з охорони праці та перевірку знань працівників відповідно до вимог типової політики покладається на керівника підприємства. У структурних підрозділах, таких як цехи, ділянки, лабораторії або майстерні, ця відповідальність покладається на керівників відповідних підрозділів.

Контроль функцій здійснює служба з охорони праці. Усі приміщення обладнані протипожежними датчиками, здатними сигналізувати про зміни повітря, а освітлення відповідає санітарним нормам, згідно з інструкціями з

охорони праці для офісних працівників. Приміщення забезпечені засобами протипожежного захисту.

Пожежна безпека являє собою стан об'єкта, в якому виключається можливість виникнення або розвитку пожежі та впливу її небезпечних факторів на людей, а також гарантується захист матеріальних цінностей. Класифікація приміщень за пожежною небезпекою, згідно з ОТНП 24-86, відбувається на підставі кількісного та якісного аналізу речовин, що містяться в приміщенні.

Категорії приміщень (від А до Д) визначаються залежно від вибухонебезпечних властивостей речовин та надмірного тиску в разі загоряння. Засоби первинного пожежогасіння включають вогнегасники, пожежні крани, ручні насоси тощо. Ці засоби розміщуються на території об’єктів із розрахунку: один пожежний щит на 5000 м². Для забезпечення організованої евакуації на території повинні бути встановлені освітлення, плани евакуації та знаки розміщення первинних засобів пожежогасіння. Евакуаційні маршрути не повинні проходити через ліфтові холи, приміщення з обмеженим доступом або мати інші перешкоди.

Системи пожежної сигналізації складаються з датчиків, що формують сигнал про пожежу і передають його через сигнальні лінії до контрольних пристроїв [31, с. 65-67; 80].

РОЗДІЛ 7. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПРИ СПОРУДЖЕННІ КОТЕЛЬНІ

7.1 Планування та організація будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні

Під час розробки та спорудження котельні, планування виступає як ключовий етап, що сприяє успішному виконанню будівельних і монтажних процесів, знижує ризики і дозволяє ефективно розподіляти ресурси.

Процес планування включає в себе декілька важливих фаз, кожна з яких є критично значущою для досягнення остаточної цілі — створення безпечної, ефективної та екологічно прийнятної котельні.

На початковому етапі планування відбувається збір початкових даних та підготовка проектної документації. Цей етап охоплює аналіз потреб у тепловій енергії, вивчення кліматичних умов і специфічних вимог об'єкта, який котельня обслуговуватиме.

Також важливо визначити тип палива, що буде використовуватися, з огляду на його доступність, економічність та екологічні наслідки. Вибір між природним газом, рідким паливом чи біомасою залежить не лише від фінансових аспектів, але й від рівня викидів забруднюючих речовин та необхідних умов обслуговування. Усі ці дані узагальнюються у вигляді технічного завдання, що є основою для подальшого проектування.

На наступному етапі відбувається проектування котельні. Вибирається найбільш відповідний тип котлового обладнання та технологічна схема. Наприклад, для сучасних котелень можуть бути рекомендовані конденсаційні котли, що забезпечують високу ефективність через утилізацію тепла від конденсації водяної пари в димових газах.

Проект повинен враховувати вимоги до систем відведення продуктів згорання, вентиляції та підготовки води, що є ключовим для тривалої експлуатації котлів.

Також значна увага приділяється проектуванню автоматизованих систем керування, які сприяють стабільній роботі котельні та оптимізують витрати палива і мінімізують викиди шкідливих речовин. Розроблений проект має пройти узгодження з державними контролюючими органами, особливо якщо йдеться про використання природного газу або рідкого палива.

Проект повинен відповідати екологічним стандартам та нормам безпеки. Узгодження передбачає отримання дозвільної документації для проведення будівельно-монтажних робіт та дозволів на експлуатацію обладнання після його встановлення. Необхідно також забезпечити відповідність проекту вимогам протипожежної безпеки через високі температури і потенційно небезпечні умови експлуатації обладнання.

Будівельно-монтажні роботи починаються з підготовчих процесів на майданчику. Проводяться земляні роботи для підготовки ділянки і формування котловану для фундаменту котельні, який має бути здатний витримати вагу обладнання та забезпечити стійкість до вібрацій. На цьому етапі важливим є дотримання проектних вимог, щоб уникнути подальших витрат на виправлення або переобладнання.

По завершенню будівництва фундаменту виконується монтаж котлів і допоміжного обладнання. Це включає встановлення трубопроводів для подачі і відведення води, газу та димових газів. Необхідно дотримуватись технічних вимог щодо забезпечення герметичності з'єднань і відповідності трубопроводів чинним стандартам тиску й температури.

Заключним етапом монтажу є установки теплообмінників, насосного обладнання та автоматизованих регуляторів тиску й температури для забезпечення енергоефективності та надійності роботи системи.

Наступний крок передбачає підключення системи електричного живлення та автоматизації. Це включає установку і підключення котлів до системи управління та контролю. Система автоматизації відіграє важливу роль, оскільки дозволяє економити паливо та мінімізувати ризик від людського втручання.

Наприклад, автоматична система може регулювати потужність котла відповідно до температури зовнішнього повітря, забезпечуючи необхідний рівень тепла з мінімальними витратами. Після завершення монтажу проводиться тестування всієї системи.

На першому етапі здійснюються гідравлічні випробування, щоб перевірити герметичність труб та здатність системи витримувати робочий тиск. Далі йдуть теплові випробування, щоб оцінити роботу котлів при різних рівнях потужності. Особлива увага приділяється перевірці автоматизованої системи управління, аби упевнитися в її надійності і точності.

Наприклад, сучасні системи котелень оснащені функцією дистанційного управління, що дозволяє контролювати роботу з будь-якої точки і значно спрощує обслуговування.

Останній етап включає введення котельні в експлуатацію. Перед запуском проводиться інструктаж персоналу щодо безпеки та обслуговування обладнання. Також проводяться навчання з дій у надзвичайних ситуаціях, таких як витік газу чи зупинка котла.

Після введення в експлуатацію, котельня переходить на обслуговування відповідних служб, які здійснюють регулярний контроль роботи, технічне обслуговування та своєчасну заміну зношених елементів.

Процес планування та реалізації будівельно-монтажних робіт при будівництві котельні охоплює широкий спектр заходів, що потребують уважного підходу і дотримання встановлених норм та стандартів.

Залежно від умов та вимог об’єкта ці заходи можуть мати свої особливості, але загальні принципи завжди залишаються: безпека, ефективність та відповідність екологічним нормам [70, 77].

7.2 Обґрунтування вибору механізмів та спорядження для виконання будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні

Вибір механізмів та оснащення для здійснення будівельно-монтажних робіт у процесі зведення котельні є критично важливим етапом, що впливає на ефективність і безпеку всього виробничого процесу.

Для забезпечення надійного встановлення котельного обладнання необхідно ретельно підбирати відповідну техніку та інструменти, з огляду на специфічні потреби проекту, тип котельні, вид використовуваного пального та вимоги до експлуатації.

Серед ключових механізмів, що застосовуються у таких проектах, виділяються підйомні крани для монтажу котлів, зварювальні апарати для з'єднання трубопровідних систем, інструментарій для ізоляції швів та їх герметизації, а також устаткування для перевірки та випробування систем після завершення монтажних робіт.

Крім цього, до необхідного обладнання можуть входити системи вентиляції та контролю температурного режиму, установки для очищення води, що постачається до котлів, і засоби автоматизації технологічних процесів, що сприяють ефективному управлінню котельнею. Важливо враховувати екологічні стандарти та заходи, спрямовані на зниження викидів забруднюючих речовин.

Для відповідності нормативам безпеки необхідно впровадження систем моніторингу, які забезпечують контроль якості води, тиску, температурних режимів та рівнів викидів. Правильний вибір обладнання дозволяє знизити витрати на обслуговування і продовжити термін експлуатації котельної установки.

Ці заходи вимагають ретельного планування, врахування умов експлуатації та суворого дотримання нормативних стандартів, що регулюють функціонування котельнь. Це забезпечує ефективну та безпечну експлуатацію котельного обладнання в майбутньому [76, 79].

7.3 Втілення, нагляд та оцінювання виконання будівельно-монтажних робіт при спорудженні котельні

Початок будівництва котельні вимагає вдумливого планування кожного етапу, що охоплює підготовку майданчика, розробку фундаменту, встановлення інженерних мереж і систем обслуговування.

Усі етапи повинні відповідати технічним нормам і стандартам безпеки. Зазвичай основні роботи стартують із закладки фундаменту, після чого здійснюється монтаж металевих конструкцій, установлення обладнання і прокладання трубопроводів згідно з проектними вимогами та специфікаціями.

Технічний нагляд відіграє ключову роль у забезпеченні належної якості виконуваних робіт. Цей процес здійснюють незалежні інженери або інженери замовника, які повинні перевіряти відповідність робіт високим стандартам якості.

До їхніх обов'язків входить контроль за дотриманням встановленого графіку, коректним використанням матеріалів, а також ефективною співпрацею з підрядниками.

Процедури забезпечення якості можуть включати проведення візуальних інспекцій та виконання лабораторних випробувань, де це необхідно, зокрема під час тестування бетонних або металевих конструкцій.

По завершенні будівництва проводиться ретельна оцінка реалізованих робіт з метою забезпечення відповідності проекту. Цей процес передбачає аналіз документації, результати тестувань обладнання та систем, якості монтажу, а також перевірку дотримання плану безпеки.

Перед введенням котельні в експлуатацію здійснюються заключні випробування. Така оцінка покликана гарантувати, що все обладнання функціонує відповідно до проектних вимог та стандартів техніки безпеки [71].

ВИСНОВКИ

У процесі роботи було ретельно досліджено особливості існуючих систем газопостачання, їхню структуру та принципи функціонування. Це дало змогу краще зрозуміти механізми роботи системи та виявити можливі проблеми в поточній конфігурації газопостачання в місті Ірпінь. Таким чином, було створено основу для розробки плану реконструкції з урахуванням підвищення енергоефективності та безпеки.

Здійснено повний розрахунок необхідних параметрів для належного теплопостачання будівель із використанням нової конфігурації з даховою котельнею. Було обрано десять котлів Buderus Logamax Plus GB 162-100 V2, кожен потужністю 100 кВт, щоб забезпечити відповідну потужність для опалення та гарячого водопостачання.

Ці розрахунки підтвердили, що обране обладнання відповідає потребам міста з урахуванням теплових навантажень.

Під час вибору обладнання для дахової котельні враховувалися ефективність, надійність та відповідність сучасним екологічним стандартам. Було запроваджено автоматичну систему натрій-катіонування для пом'якшення підживлювальної води, щоб підвищити ефективність роботи котлів і зменшити кількість накипу.

Насосні групи Wilo забезпечують стабільну роботу системи. Не менш важливими є автоматизовані системи котлів із захистом від аварій, що суттєво підвищує рівень безпеки експлуатації.

Монтажні роботи були організовані відповідно до специфіки установки дахових котелень, включаючи монтаж утеплених димоходів для ефективного відведення димових газів.

Для цього застосовано два вертикальні утеплені димоходи, що мінімізують тепловтрати та покращують відведення газів з кожного котла.

Особливу увагу приділено герметичності з'єднань і безпеці розміщення обладнання на даху.

Проект передбачав розміщення котельного обладнання на даху з метою зниження навантаження на конструкцію будівлі. Переваги такого розташування включають економію простору на землі та більш ефективне відведення продуктів згоряння.

Також були враховані конструкційні та будівельні особливості для забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування котлів. Особлива увага була приділена охороні праці на всіх етапах будівельно-монтажних робіт, особливо під час підйомних операцій на даху та роботи з обладнанням під високим тиском.

Автоматичні системи захисту котлів були встановлені для запобігання аварійним ситуаціям при загазованості або пожежі.

Диспетчерська система контролю з постійним чергуванням персоналу забезпечує швидке реагування на можливі надзвичайні ситуації. Проект будівництва дахової котельні включав детальне планування кожного етапу монтажу та пусконалагоджувальних робіт.

Були розглянуті сучасні методи організації будівельного процесу, які охоплюють інтеграцію технологій автоматизації та контролю якості.

Це дозволило досягти високої ефективності в монтажних роботах та дотримання всіх необхідних норм і стандартів. Загалом, результати виконаної роботи засвідчують раціональність та ефективність реконструкції системи газопостачання в місті Ірпінь із застосуванням дахової котельні.

Встановлене обладнання гарантує оптимальні умови для надійного та безпечного теплопостачання міста, підвищує енергоефективність системи і знижує експлуатаційні витрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизована система керування котельнею - Житлово-комунальне господарство - Галузеві рішення - Рішення - СВ АЛЬТЕРА. *Електродвигун, редуктор, витратомір, пускач, датчик...* URL: https://www.svaltera.ua/solutions/typical/water_supply/7705.php (дата звернення: 17.10.2024).

2. Батина Б. О. Котельня цеху з виробництва овочевої продукції в с. Димер Київської області : Дипломний проект. Київ, 2019. 52 с.

3. Варламов Г.Б. Автономна котельня житлово-офісного комплексу по провулку Кленовому, м.Київ : Магістерська дисертація. Київ, 2019. 97 с.

4. Види газових лічильників та їх відмінності | Мембранні, роторні, турбінні та ультразвукові. *ПОЛТАВАСЕРВІСГАЗ*. URL: https://www.poltavaservicegas.shop/vidi-gazovih-lichilnikiv-ta-yihni-vidminnosti-mizh-soboyu/ (дата звернення: 17.10.2024).

5. Вимоги безпечної експлуатації газопроводів і споруд - Охорона праці і пожежна безпека. *Охорона праці і пожежна безпека*. URL: https://oppb.com.ua/news/vymogy-bezpechnoyi-ekspluataciyi-gazoprovodiv-i-sporud (дата звернення: 16.10.2024).

6. Вимоги пожежної безпеки до плавких вставок запобіжників. *ТОВ "Техноспектр-Сервіс"*. URL: https://ts.kiev.ua/vymohy-pozhezhnoyi-bezpeky-do-plavkykh-vstavok-zapobizhnykiv/ (дата звернення: 17.10.2024).

7. Газове обладнання – Акціонерне товариство "Оператор газорозподільної системи "Луганськгаз". *Акціонерне товариство "Оператор газорозподільної системи "Луганськгаз"* URL: https://luggas.com.ua/2014/04/25/gazove-obladnannya/ (дата звернення: 17.10.2024).

8. Газонебезпечні роботи: основні вимоги безпеки - Охорона праці і пожежна безпека. *Охорона праці і пожежна безпека*. URL: https://oppb.com.ua/news/gazonebezpechni-roboty-osnovni-vymogy-bezpeky (дата звернення: 17.10.2024).

9. Газопостачання житлових будинків. *StudFiles*. URL: https://studfile.net/preview/5486048/page:18/ (дата звернення: 16.10.2024).

10. Газопостачання : ДБН В.2.5-20:2018 від 15.12.2018 № 305. 115 с.

11. Газопостачання. Внутрішні пристрої. робочі креслення : ДСТУ Б А.2.4-25:2008 від 27.06.2004 № 280. 14 с.

12. Газопостачання. Пристрій газопроводу. Статті компанії «Газобалонне обладнання». *"Газобалонне обладнання" - поставщик качественных комплектующих газобаллонного оборудования автомобилей по выгодным ценам*. URL: https://gbodru.com.ua/ua/a96262-gazosnabzhenie-ustrojstvo-gazoprovoda.html (дата звернення: 17.10.2024).

13. Газорозподільчі системи : Кодекс від 18.11.2021 № 445. 92 с.

14. Газосигналізатор – безпека у ваших руках - Masteram. *masteramua*. URL: https://masteram.com.ua/uk/articles-and-video/gas-detectors/?srsltid=AfmBOoqKustGGf7Dqz1IdV7nzm727pAHVU54BhtzUcpwKVOjxe5oLMzT#gas-detectors (дата звернення: 17.10.2024).

15. Гічов Ю.О. Джерела теплопостачання промислових підприємств : конспект лекцій. Дніпро : Нац. металург. акад. України, 2011. 53 с.

16. Глущенко О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств»для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 – Теплоенергетика очної та заочної форм навчання. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 103 с.

17. Гуденко В.І., Гуденко В.М. Санітарно-технічне обладнання будівель: Навчальний посібник. Київ, 2010. 303 с.

18. Дахова котельна – це сучасне та економічне рішення у нових житлових комплексах | Manhattan UP. *Manhattan UP*. URL: https://manhattan-up.com.ua/news/dahova-kotelna-cze-suchasne-rishennya/ (дата звернення: 16.10.2024).

19. ДБН газопостачання: ТОП-7 найважливіших норм в Україні. *Well Spring - монтаж газопостачання, котельні, насосні станції*.

URL: https://www.well-spring.com.ua/dbn-hazopostachannia-top-7-norm-v-ukraini/ (дата звернення: 16.10.2024).

20. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина І “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. Киї: Кондор, 2007. 244 с.

21. Зборовський О.Ю. Моделювання та оптимізація газопостачання житлового комплексу [Електронний ресурс] : [презентація]; Вінницький національний технічний університет ; Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання ; Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури. Вінниця, 2020. 23 сл.

22. Зміни до Правил будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/кв.см), водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115 град.С, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 23.07.96 N 125, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 05.11.96 за N 655/1680 : Наказ Держ. ком. України з пром. безпеки, охорони пр. та гірн. нагляду від 01.10.2007 № 231 : станом на 25 трав. 2018 р. 3 с.

23. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання : ДБН В.2.5-20-2001 від 01.08.2001 № 101. 207 с.

24. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання : ДБН. 151 с.

25. Клапан електромагнітний CEME 8324 - купити | Watton. *WATTON*. URL: https://watton.ua/ceme-8324.html (дата звернення: 17.10.2024).

26. Кольвах В.А. Теплопостачання мікрорайону міста : Розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проекту. Полтава, 2022. 59 с.

27. Котельні : ДБН В.2.5-77:2014 від 01.01.2015 № 339. 55 с.

28. Микийчук, М. Контроль якості підземних газопроводів з урахуванням корозійної втоми, міцності та нормативної документації. *Вимірювальна техніка та метрологія* : міжвід. науково-технічний збірник, вид. з 1965 р. Львів. політех. Львів : Львівська політехніка, 2017. Вип. 78. С. 101-107.

29. Нечушкіна А.В Яременко М.В. Реконструкція будівлі готельно-оздоровчого комплексу " Добродій" з прибудовою готелю і кафе по вул. Миколи Амосова,7а в м. Вінниці : Робочий проект. Вінниця, 2021. 90 с.

30. Ономаренко П.П., Якуніна Н.О. Фізика-1. Загальна Фізика 1. Лабораторний практикум . Навч. посібник. Київ : Вид-во «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. 16 с.

31. Пасічник В.Р. Моделювання вибору оптимальної фінансової стратегії розвитку газотранспортного підприємства в умовах зовнішніх ризиків : Магістерська робота. Тернопіль, 2022. 75 с.

32. Петухова О.А., Горносталь С.А. Інженерні мережі та комунікації. Частина ІІ. Теплогазопостачання. Конспект лекцій. Харків: УЦЗУ, 2009. 89 с.

33. Питання споживання природного газу : Постанова від 27.02.2019 № 143. 4 с.

34. Побережний Л.Я Яворський А.В. Корозія підземних газопроводів низького тиску під дією змінного струму. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26.3. С. 306–311.

35. Пономарчук І.А., Слободян Н.М. Газопостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2023. 103 с.

36. Поршневі чи гвинтові компресори: що важливо враховувати - Atlas Copco. *Atlas Copco*. URL: https://www.atlascopco.com/uk-ua/compressors/air-compressor-blog/piston-vs-screw-compressor (дата звернення: 17.10.2024).

37. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28:2018 від 03.10.2018 № 264. 137 с.

38. Про будівельні норми : Закон України від 05.11.2009 № 1704-VI : станом на 9 черв. 2022 р. 257 с.

39. Про забезпечення комерційного обліку природного газу : Закон від 16.06.2011 № 3533-VI. 5 с.

40. Про затвердження "Правил будови та безпечної експлуатації парових котлів, що працюють під тиском не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2),

водогрійних котлів та водопідігрівачів з температурою води не вище 115 град.С : Наказ від 05.11.1996 № 655/1680. 53 с.

41. Про затвердження Методики визначення розмірів нормативних та виробничо-технологічних втрат/витрат природного газу при здійсненні розподілу природного газу та Змін до деяких постанов НКРЕКП : Постанова від 06.11.2020 № 2033. 34 с.

42. Про затвердження Правил безпеки систем газопостачання України (НПАОП 0.00-1.20-98) : Наказ Держ. ком. України по нагляду за охорон. пр. від 01.10.1997 № 254 : станом на 7 лип. 2015 р. 88 с.

43. Про затвердження Правил безпеки систем газопостачання : Наказ від 08.06.2015 № 674/27119. 61 с.

44. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : Наказ М-ва соц. політики України від 05.03.2018 № 333. 56 с.

45. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : Наказ від 30.12.2014 № 252/26697. 107 с.

46. Про затвердження Типового положення про навчання з питань охорони праці : Наказ від 21.04.1999 № 248/3541. 41 с.

47. Про ринок природного газу : Закон України від 09.04.2015 № 329-VIII : станом на 18 верес. 2024 р. 102 с.

48. Регулятор тиску газу: пристрій, види, підбір. ІТАЛГАЗ. *Італгаз - промислове обладнання, проектування, монтаж*. URL: https://www.italgaz.com.ua/ua/wiki/gas-pressure-regulators.html (дата звернення: 17.10.2024).

49. Регулятори тиску газу типу РДГ. Паспорт (інструкція з експлуатації). Могилів-Подільский : Могилів-Под. З-д Газприлад. 22 с.

50. Регулятори тиску газу. Основні компоненти та принцип роботи. *Меркурій*. URL: https://tkm.kiev.ua/regulyatory-tysku-gazu/ (дата звернення: 17.10.2024).

51. Редукування природного газу високого тиску у вихрових трубах. *Збірник тез доповідей 80 наукової конференції викладачів академії* : Зб. тез, м. Одеса, 7 трав. 2020 р. Одеса, 2020. С. 274.

52. Редько А.О., Редько О.Ф. Конспект лекцій з дисципліни «Газопостачання підприємств і раціональне використання природного газу» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» другого (магістерського) рівня. Харків: ХНУБА, 2021. 149 с.

53. Сідак В. С. Курс лекцій з дисципліни «Спецкурс з газопостачання» (для студентів 2-5 курсів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти з напряму підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво», спеціальності 7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»). Харків: ХНАМГ, 2010. 224 с.

54. Спорудження та захист газонафтопроводів. Конспект лекцій. 124 с.

55. Стратегічний план економічного розвитку Ірпінського регіону на період до 2020 року. Ірпінь. 2015. 34 с.

56. Турушев В.С., Андріяка М.О. Будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованими нежитловими приміщеннями та підземним паркінгом по вул. Українська 1-г у м. Ірпінь Київської області : Проект. Київ, 2020. 62 с.

57. Усик Г.А., Ковальов Д.О., Бобловський О.В. Методичні вказівки до розрахунково-графічного завдання з дисципліни "Газопостачання" (для студентів 2 курсу денної і 2 та 5 курсів заочної форм навчання напряму 6.060101 "Будівництво" спеціальності "Міське будівництво та господарство" спеціалізації "Технічне обслуговування, ремонт і реконструкція будівель") / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. 20 с.

58. Фецак В. Р. Система «SmartHouse» на базі Arduino Uno R3 : Кваліфікаційна робота. Тернопіль, 2023. 81 с.

59. Фільтри ГБО. *LPG Gas*. URL: *https://lpg-gas.com.ua/ua/remkomplekty-filtra-uk/filtry-uk/* (дата звернення: 17.10.2024)

60. Шурубура Є.А. Процеси управління якістю послуг на газотранспортних підприємствах : Магістерська. Київ, 2020. 109 с.

61. Що таке коефіцієнт навантаження? Важливість, розрахунок та вдосконалення-Постачальник універсальних FM/телевізійних трансляцій Electron-FMUSER. *FMUSER FM / TV трансляція Одноразовий постачальник*. URL: https://uk.fmuser.net/content/?21037.html (дата звернення: 17.10.2024).

62. Юзевич Л.В. Удосконалення нормативного забезпечення якості підземних газопроводів : Дисертація. Львів, 2018. 188 с.

63. Як вибрати відповідний електромагнітний клапан - Знання. *Китай Соленоїдний клапан водного повітря, соленоїдний клапан для повітряного повітря, фабрика електромагнітного клапана, виробник та постачальник - Yuyao No.4 Instrument Factory*. URL: http://ua.chinasolenoidvalve.com/info/how-to-choose-the-appropriate-solenoid-valve-94567516.html (дата звернення: 17.10.2024).

64. Як вибрати лічильник газу. НафтоГаз. Газопостачальна компанія. *НафтоГаз – Магазин побутової, газової та енергоефективної техніки.* URL: https://tech.gas.ua/blog/19?fbclid=IwAR31yT7nxgNcLW2qH5OX5MBpceegz74PHjvyclY1DbED19enSg8BFe7R9u4 (дата звернення: 17.10.2024).

65. Як і чим краще регулювати горіння твердопаливного котла?. *centr-tepla.com.ua*. URL: https://centr-tepla.com.ua/ua/kak-y-chem-luchshe-rehulyrovat-horenye-tverdotoplyvnoho-kotla/ (дата звернення: 17.10.2024).

66. Який порядок прийняття в експлуатацію об’єктів систем газопостачання? – Управління інспекційної діяльності у Черкаській області Центрального міжрегіонального управління Державної служби з питань праці. *Управління інспекційної діяльності у Черкаській області Центрального міжрегіонального управління Державної служби з питань праці – Управління інспекційної діяльності у Черкаській області Центрального міжрегіонального управління Державної служби з питань праці*. URL: https://ck.dsp.gov.ua/news/iakyi-poriadok-pryiniattia-v-ekspluatatsiiu-ob-iektiv-system-hazopostachannia/ (дата звернення: 16.10.2024).

67. American Society of Mechanical Engineers. Gas transmission and distribution piping systems. 3rd ed. New York : American Society of Mechanical Engineers, 2004. 194 p.

68. Application Guide. Gas Distribution Systems. 28 p.

69. B31.8 - Gas Transmission & Distribution Piping Systems - ASME. *The American Society of Mechanical Engineers - ASME*. URL: https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-8-gas-transmission-distribution-piping-systems (date of access: 16.10.2024).

70. Back to basics: Boilers and hot water systems | Consulting - Specifying Engineer. *Consulting - Specifying Engineer*. URL: https://www.csemag.com/articles/back-to-basics-boilers-and-hot-water-systems/ (date of access: 17.10.2024).

71. Construction and installation supervision in the manufacture and assembly of water-tube boilers and associated systems in thermal power plants - ebook. *vgbe energy*. URL: https://www.vgb.org/shop/s013e-ebook.html (date of access: 17.10.2024).

72. Design and engineering practice. Gas/liquid separators - type selection and design rules. Manual. December 2007. Gen. 100 p.

73. F. Matiko, H. Matiko, V. Roman, I. Stasiuk. Techniques for Natural Gas Physical Properties Definition for Flow Rate and Volume Metering Systems. Energy Eng. Control Syst., 2016, Vol. 2, No. 2, pp. 49 – 58.

74. Fluid Components International LLC. Flow Meter Selection for Improved Gas Flow Measurements: Comparison of Differential Pressure and Thermal Dispersion Technologies. *Technical Publication*. 6 p.

75. Gas Distribution. Technical standards for gas distribution. 2021. 4 p.

76. Karl Kolmetz. Boiler systems selection, sizing and troubleshooting. *Engineering Solutions*. 2011. 63 p.

77. Maximising safety in the boiler house - Plant & Works Engineering. *Plant & Works Engineering magazine for maintenance engineers*. URL: https://pwemag.co.uk/news/fullstory.php/aid/4273/Maximising_safety_in_the_boiler_house.html (date of access: 17.10.2024).

78. National instruments. The Engineer's Guide to Signal Conditioning. 12 p.

79. Oland C. B. Guide to low-emission boiler and combustion equipment selection. Oak Ridge, Tenn : Oak Ridge National Laboratory, 2002. 172 p.

80. Plotnikov A., Zhilina T. Criteria of choosing building structures for rooftop boiler rooms. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 143. P.

81. Procidia Control Solutions Boiler Control Overview : AD353-132 of 01.04.2012 no. 2. 9 p.

82. SCADA Systems | Empowered Automation Solutions LLC. *Software Real-Time Automation | Chicago, IL | 630-553-0411*. URL: *https://www.empoweredautomation.com/scada-system* (date of access: 17.10.2024).

83. The ins and outs of gas detection. *Everything for your gas business in one place*. URL: *https://makeengasequipment.com/blog/the-ins-and-outs-of-gas-detection* (date of access: 17.10.2024).

84. WIKA Handbook, Pressure & Temperature Measurement, U.S. Edition / Beckerath Alexander von et al. GA : Corporate Printers, 2008. 436 p.

85. WILO. Насосні установки WILO для систем циркуляції, водопостачання та пожежогасіння. 2023. 25 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Норми споживання газу

Споживання газу	Показник споживання газу	Норма витрати теплоти, ккал/рік
1	**2**	**3**
1. Житлові будинки: - приготування їжі (за наявністю газової плити та централізованого гарячого водопостачання від ЦТП); - приготування їжі та гарячої води без прасування білизни (за наявністю газової плити та газового водонагрівача); - прасування білизни в домашніх умовах.	на одну людину за рік на одну людину на рік на 1 т сухої білизни	640×10^3 1270×10^3 2100×10^3
2. Комунально-побутові підприємства: - механізовані пральні; - лазні: - миття без ванн; - миття з ваннами.	на 1 т сухої білизни 1 відвідування 1 відвідування	4800×10^3 9000 12000
3. Заклади охорони здоров'я: - лікарня; - приготування їжі; - приготування гарячої води (без прасування).	на 1 ліжко	760×10^3 2220×10^3
4. Заклади громадського харчування: - приготування обіду; - приготування сніданку чи вечері.	1 обід 1 сніданок чи вечеря	1000 500
5. Хлібозавод: - випікання хліба; - випікання булок; - кондвироби.	на 1 т виробів на 1 т виробів на 1 т виробів	420×10^3 950×10^3 1450×10^3

Таблиця А.2

Показники обслуговування населення

Заклад	Показники
Їдальні, кафе, ресторани	Обсяг обслуговування 25-30% всього населення
Лікарні	Загальна місткість з розрахунку 8-9 ліжок на 1000 жителів
Поліклініки	З розрахунку 10-12 відвідувань за рік
Механізовані пральні	Обсяг обслуговування 50% населення. Норма 100 кг сухої білизни на людину за рік; для дитячих ясел – 480 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; для дитячих садків – 360 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; поліклініки – 0,125 кг на 1 відвідування; лазні – 0,075 кг сухої білизни на 1 відвідування.
Лазні	Обсяг обслуговування 100% всього населення з урахуванням душових і ванних пристроїв у житлових та інших будинках.
Хлібозавод	З розрахунку 0,6-0,8 т виробів за добу на 1000 жителів.

Таблиця А.3

Коефіцієнт годинного максимум споживання газу на побутові потреби

Кількість жителів, чол.	**5000**	**10000**	**20000**	**30000**	**40000**
Коефіцієнт годинного максимуму споживання газу на побутові потреби, K_m	1/2100	1/2200	1/2300	1/2400	1/2500

Таблиця А.4

Коефіцієнт годинного максимуму споживання газу на потреби громадських закладів

Заклад	Коефіцієнт годинного максимум
Лазні	1/1600+1/2300
Пральні	1/2300+1/3000
Лікарні	1/2300+1/3000
Заклади громадського харчування	1/1800+1/2200
Хлібозавод	1/2100+1/2500

ДОДАТОК Б

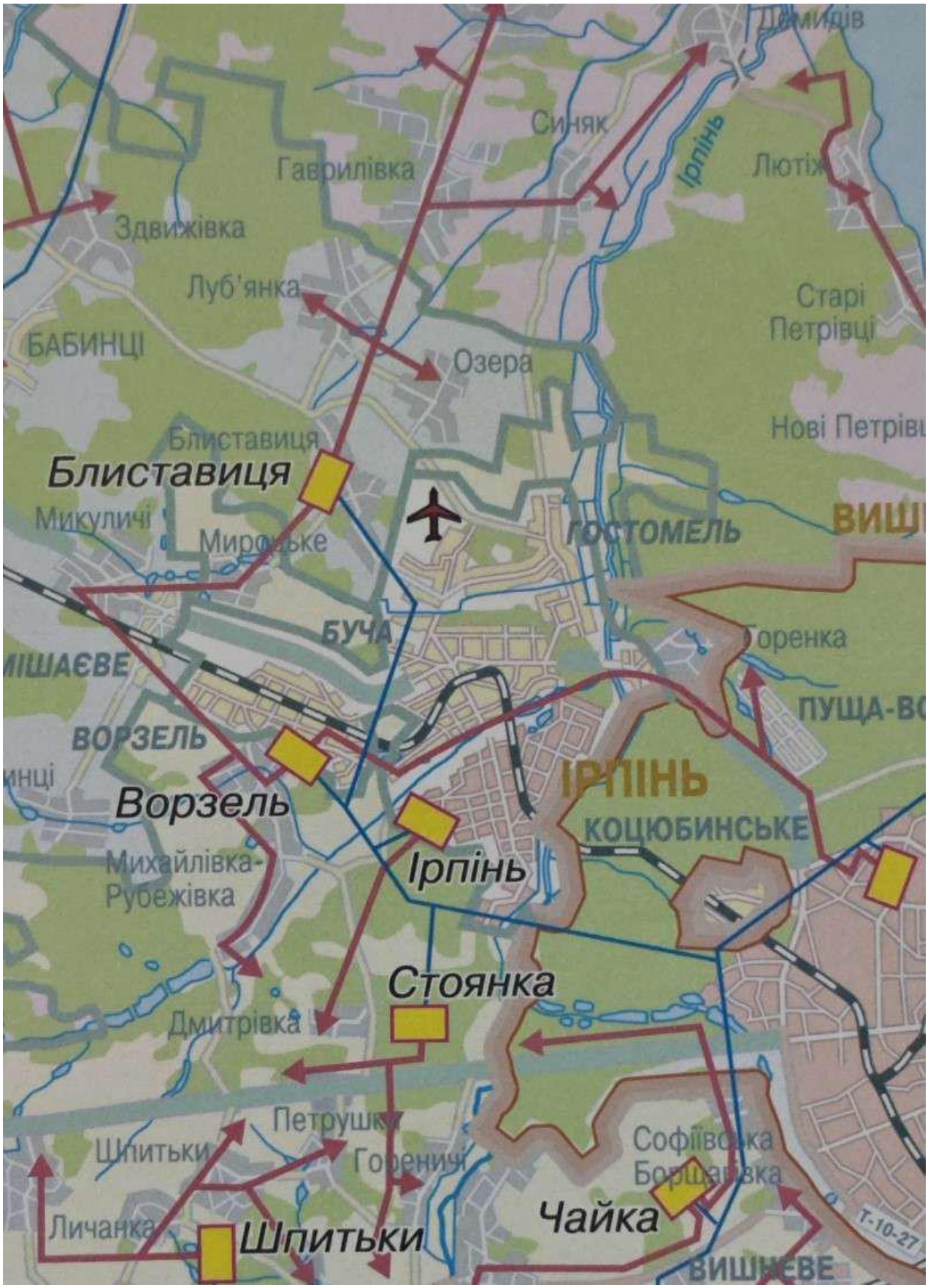

Рис. Б.1. Генеральний план міста Ірпінь

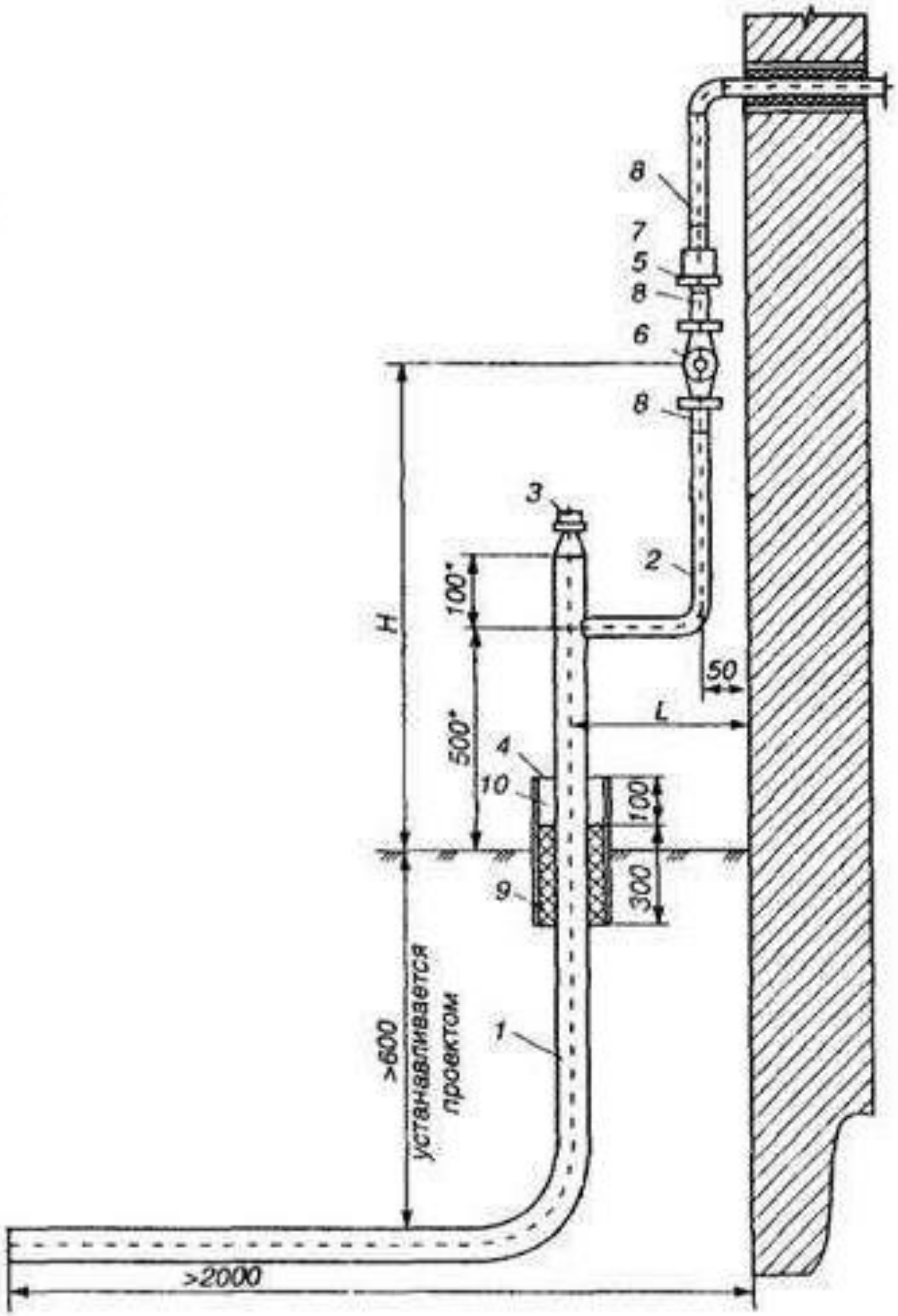

Рис. Б.2. Перехід з поліетилену на сталь

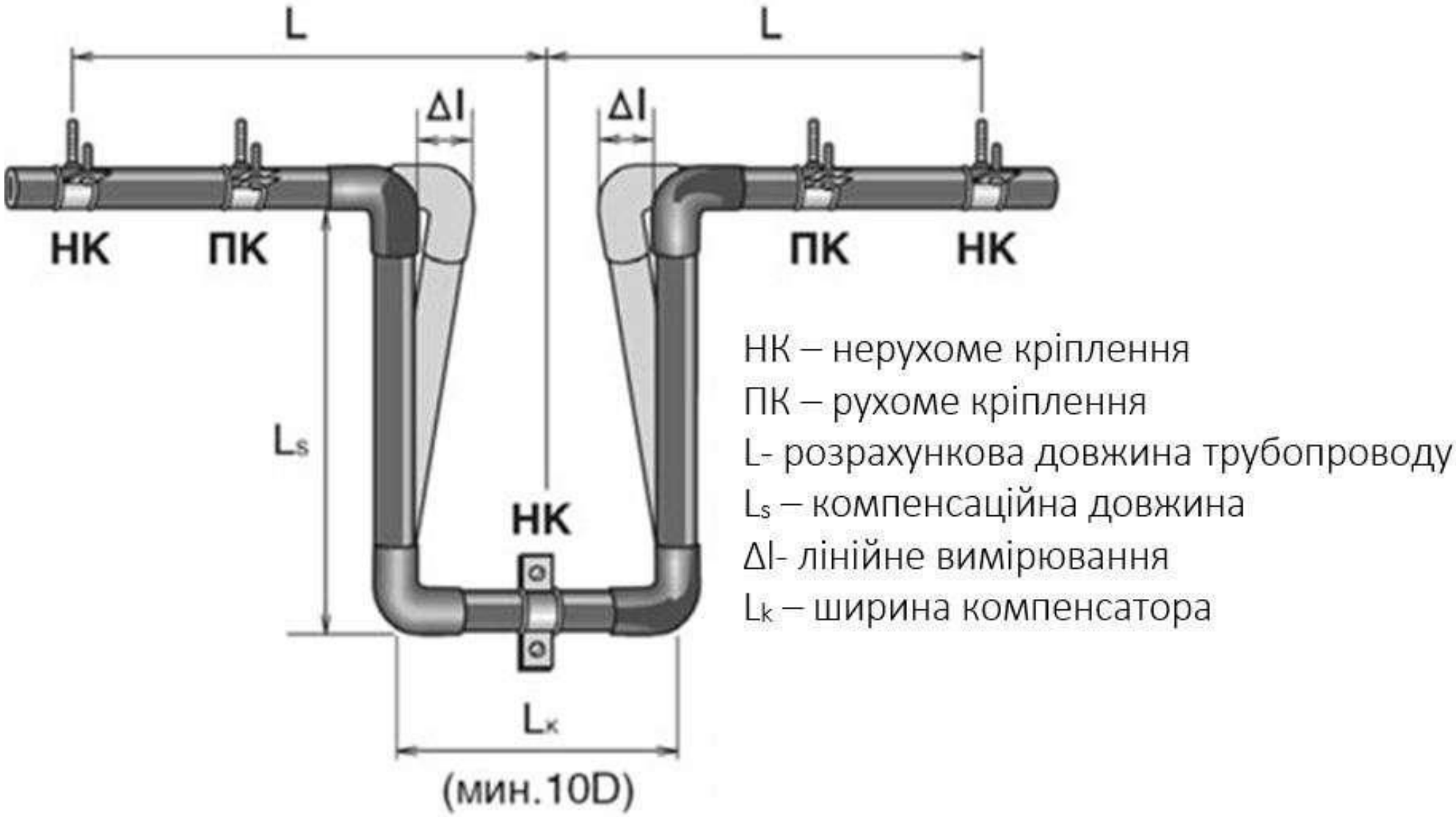

Рис. Б.3. Зовнішнє кріплення газопроводів

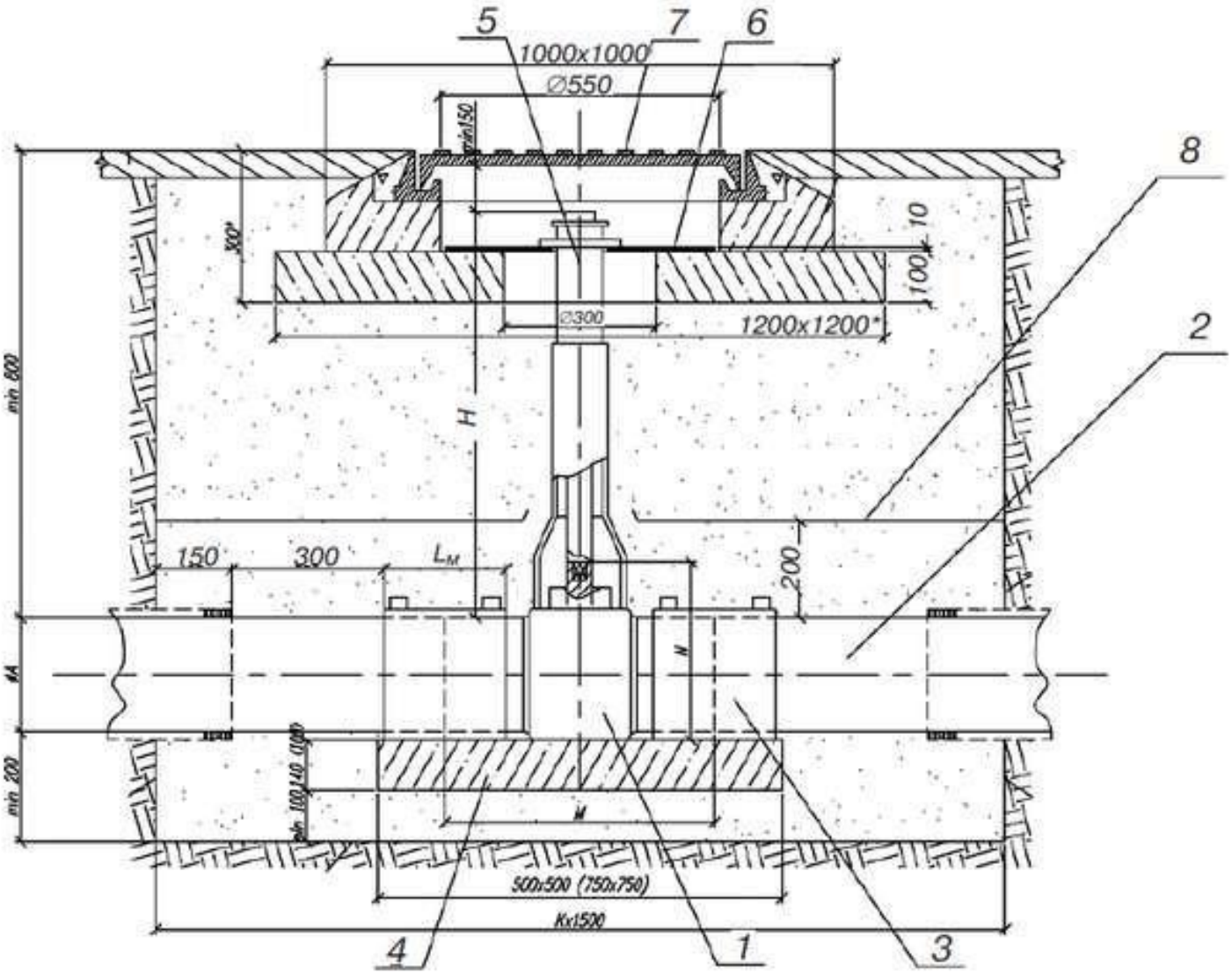

Рис. Б.4. Ковер в місці підключення біля будинку 1

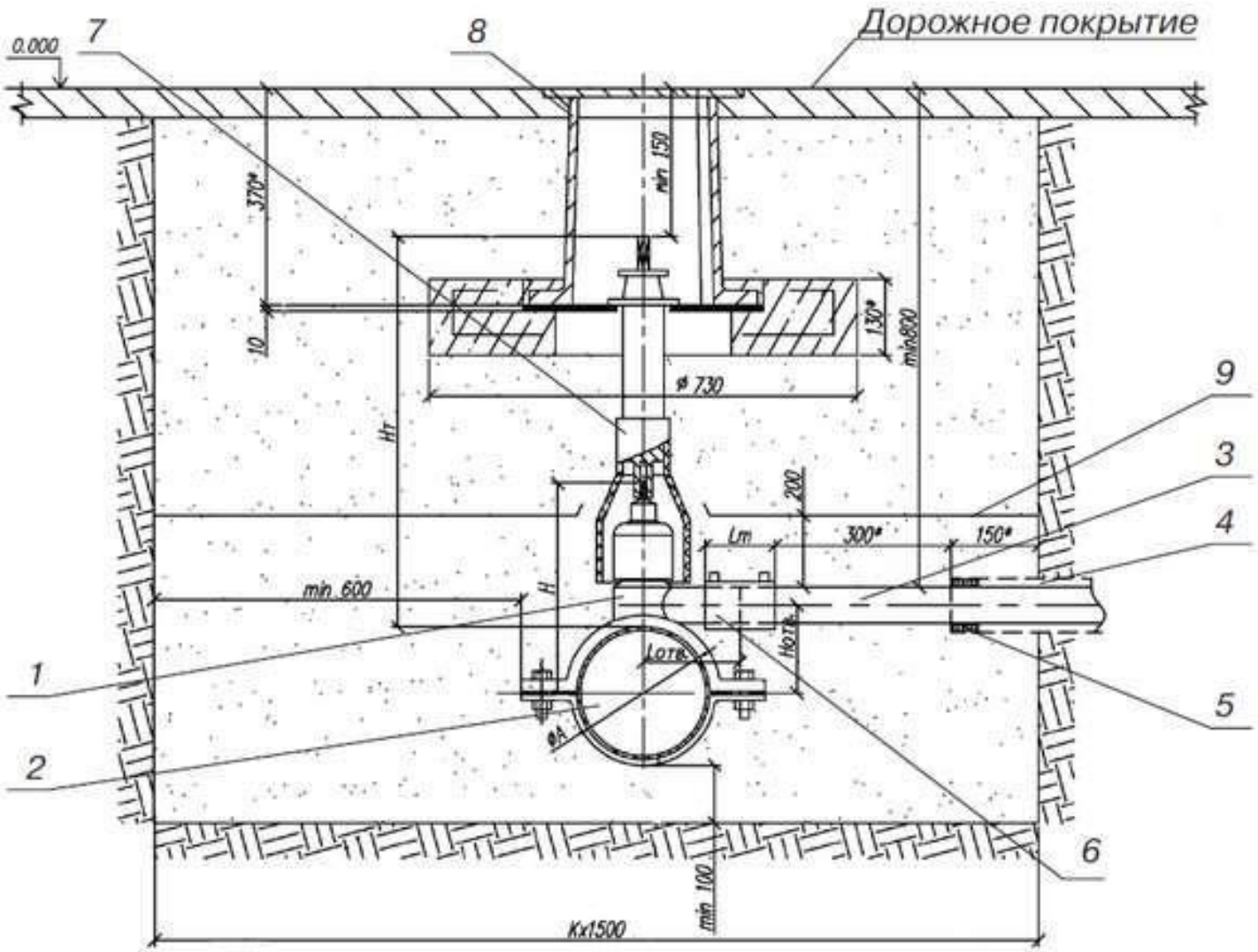

Рис. Б.5. Ковер в місці підключення біля будинку 2