КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

«Реконструкція газорозподільних мереж з метою підвищення надійності енергопостачання»

ЛАПІКОВА МАРІЯ МИКОЛАЇВНА

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____ Костянтин ПРЕДУН
«___» _____2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

«Реконструкція газорозподільних мереж з метою підвищення надійності енергопостачання»

Виконала студентка групи зТВм-24
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма: теплогазопостачання і вентиляція
Лапікова Марія Миколаївна

Керівник Предун Костянтин Миронович,
д.е.н., професор

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: інженерних систем і екології
Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції
Освітній рівень: магістр за ОПП
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____Костянтин ПРЕДУН
„___”_____2025 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Лапіковій Марії Миколаївні

1. Тема роботи: Реконструкція газорозподільних мереж з метою підвищення надійності енергопостачання
затверджена наказом ректора КНУБА №_____ від _____2025 р.

2. Керівник роботи Предун Костянтин Миронович, д.е.н., професор

3. Строк подання студентом роботи до захисту 20.12.2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Розділ 1. Надійність енергопостачання населених пунктів.
Розділ 2. Енергозабезпечення кінцевих споживачів котеджного містечка.
Розділ 3. Розрахунки вуличних енергорозподільних мереж.
Розділ 4. Біометановий завод. Вихідна сировина. Технології отримання тощо.
Розділ 5. Біосферосумісність систем енергопостачання.
Розділ 6. Заходи з охорони праці.
5. Графічний матеріал за розділами
Розділ 2. Генплан котеджного містечка. Експлікація будівель і споруд. Характеристика кінцевих споживачів
Розділ 3. Варіантне проектування. Розрахункові схеми газорозподільних мереж. Відомість труб. Розрахункові схеми електрокабельних мереж. Специфікація матеріалів.

Розділ 4. Технології отримання, зберігання і використання біометану.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Надійність енергопостачання населених пунктів.	
Розділ 2. Енергозабезпечення кінцевих споживачів котеджного містечка.	
Розділ 3. Розрахунки вуличних енергорозподільних мереж.	
Розділ 4. Біометановий завод. Вихідна сировина. Технології отримання тощо.	
Розділ 5. Біосферосумісність систем енергопостачання.	
Розділ 6. Заходи з охорони праці.	
Висновки	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1-5.	Предун К.М., д.е.н., професор		
Розділ 6.	Клімова І.В., к.т.н., доцент		

8. Дата видачі завдання_____

Керівник _____ Костянтин Предун

Студент _____ Марія Лапікова

<table>
<tr><td colspan="2">РЕЗЮМЕ (summary)
до кваліфікаційної роботи студента:</td><td colspan="5">Марія Миколаївна Лапікова</td></tr>
<tr><td>Заклад вищої освіти</td><td colspan="6">Київський національний університет будівництва і архітектури</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тема</td><td colspan="6">Реконструкція газорозподільних мереж з метою підвищення надійності енергопостачання</td></tr>
<tr><td colspan="6">Reconstruction of gas distribution networks in order to increase the reliability of energy supply</td></tr>
<tr><td>Освітній ступень</td><td colspan="6">Магістр за освітньо-професійною програмою навчання</td></tr>
<tr><td>Факультет</td><td colspan="6">Факультет інженерних систем та екології</td></tr>
<tr><td>Кафедра</td><td colspan="6">Теплогазопостачання та вентиляції</td></tr>
<tr><td>Спеціальність</td><td colspan="6">Будівництво та цивільна інженерія</td></tr>
<tr><td>Освітньо-наукова програма</td><td colspan="6">Теплогазопостачання та вентиляції</td></tr>
<tr><td>Керівник</td><td colspan="6">Предун К.М., д.е.н., професор</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Обсяг роботи:</td><td colspan="4">Пояснювальна записка</td><td rowspan="2">Аркушів</td></tr>
<tr><td>сторінок</td><td>розділів</td><td>таблиць</td><td>рисунків</td></tr>
<tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Розділ 1.</td><td colspan="6">Надійність енергопостачання населених пунктів.</td></tr>
<tr><td>Розділ 2.</td><td colspan="6">Енергозабезпечення кінцевих споживачів котеджного містечка.</td></tr>
<tr><td>Розділ 3.</td><td colspan="6">Розрахунки вуличних енергорозподільних мереж.</td></tr>
<tr><td>Розділ 4.</td><td colspan="6">Біометановий завод. Вихідна сировина. Технології отримання тощо.</td></tr>
<tr><td>Розділ 5.</td><td colspan="6">Біосферосумісність систем енергопостачання.</td></tr>
<tr><td>Розділ 6.</td><td colspan="6">Заходи з охорони праці.</td></tr>
<tr><td>Висновки по роботі:</td><td colspan="6">За результатами аналізу літературних джерел визначено елементи теорії надійності, які характеризують спроможність систем енергопостачання (газо- і електропостачання) населених пунктів виконувати закладені у них функції. Виконано варіантне проектування розподільних вуличних мереж енергопостачання котеджного містечка. Обрано критерії оптимізації: матеріалоємність, вартість первинного палива та енергії, податкові зобов’язання за викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферу. Визначено природний газ</td></tr>
</table>

	як найбільш дешевий та екологічний енергоносій, а також газорозподільні мережі як такі, що мають найбільшу перспективу розвитку/реконструкції тощо. В умовах воєнного стану та руйнацією власного газовидобутку запропоновано використовувати біометан як альтернативне паливо, яке дозволить підтримувати існуючі газові мережі в робочому стані. Розроблено заходи з охорони праці, які унеможливлюють виникнення аварійних ситуацій під час будівництва та експлуатації систем газопостачання.
Ключові слова: надійність, роботоздатність, системи енергопостачання, варіантне проектування, газорозподільні мережі, електричні мережі, природний газ, біометан, забруднювальні речовини, парникові гази, вартість палива, податкові зобов'язання за забруднення довкілля. Key words: reliability, efficiency, energy supply systems, variant design, gas distribution networks, electric networks, natural gas, biomethane, pollutants, greenhouse gases, fuel cost, tax obligations for environmental pollution.	

Керівник _____ Костянтин Предун

Студент _____ Марія Лапікова

20 грудня 2025 р.

ЗМІСТ

1.	**Надійність енергопостачання населених пунктів**	
1.1.	Загальні поняття теорії надійності інженерних систем	
1.2.	Надійність газопостачання населених пунктів	
2.	**Енергозабезпечення кінцевих споживачів котеджного містечка**	
2.1.	Варіанти енергозабезпечення населених пунктів України	
2.2.	Характеристика забудови котеджного містечка	
2.3.	Характеристика інженерних систем	
2.4.	Розрахунок витрат теплоти для потреб теплопостачання	
2.5.	Розрахунок витрат природного газу	
2.6.	Розрахунок витрат електроенергії	
3.	**Розрахунки вуличних енергорозподільних мереж**	
3.1.	Гідравлічний розрахунок газопроводів	
3.2.	Розрахунки перерізу і кількості електрокабелів	
4.	**Біометановий завод. Вихідна сировина. Технології отримання тощо**	
4.1.	Біометанова галузь України	
4.2.	Можливі варіанти використання біометану	
4.3.	Можливий потенціал отримання біогазів в Україні	
5.	**Біосферосумісність систем енергопостачання**	
5.1.	Викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря	
5.2.	Висновки	
6.	**Заходи з охорони праці**	
6.1.	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні робіт	
6.2.	Заходи профілактики виявлених факторів	
6.3.	Розрахунок блискавко захисту будівлі	
	Література	

ЗМІСТ

1.	**ГАЗОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ УКРАЇНИ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ**	
1.1.	Становлення газової промисловості в Україні	
1.2.	Сучасний стан	
1.3.	Перспективи	
2.	**ГАЗОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ**	
2.1.	Вихідні дані	
2.2.	Джерело постачання природним мережним газом	
2.3.	Існуюче становище	
2.4.	Основні проектні рішення	
2.5.	Гідравлічний розрахунок газопроводів	
2.6.	Газопроводи і споруди на них	
2.7.	Норми випробувань газопроводів	
2.8.	Вимикаючі пристрої	
2.9.	Комбіновані будинкові регулятори тиску газу	
2.10.	Заходи із захисту навколишнього середовища	
2.11.	Заходи зі зниження кошторисної вартості будівництва	
3.	**ГАЗОПОСТАЧАННЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ**	
3.1.	Основні проектні рішення	
3.2.	Джерело газопостачання	
3.3.	Структурна схема газопостачання	
3.4.	Гідравлічний розрахунок газопроводів	
3.5.	Газорегуляторний пункт	
3.6.	Вузол комерційного обліку газу	
3.7.	Газопроводи і споруди на них	
3.8.	Норми випробувань газопроводів	
3.9.	Вимикаючі пристрої	
3.10.	Газообладнання котельні	
4.	**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЗОПОСТАЧАННЯ**	
4.1.	Структурна схема системи газопостачання	
4.2.	Поліетиленові газопроводи газорозподільної системи	
4.3.	Використання газів штучного походження	
5.	**ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ**	
5.1.	Монтажно-виробничий розділ	
5.2.	Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об’єктів систем газопостачання	
6.	**ОХОРОНА ПРАЦІ**	
6.1.	Вимоги до посадових осіб і обслуговуючого персоналу	
6.2.	Відовідальність за порушення правил з охорони праці	
6.3.	Аналіз проекту щодо небезпечних і шкідливих факторів	
6.4.	Заходи з профілактики виявлених факторів	

Системи газопостачання є одним із основних елементів інженерної інфраструктури енергозабезпечення населених пунктів України. У порівнянні з іншими інженерними комунікаціями систем енергопостачання – мережами тепло- і електропостачання – газопроводи і споруди на них знаходяться в значно кращому технічному стані, характеризуються мінімальними втратами енергії при транспортуванні тощо. Таким чином, існуючі системи газопостачання мають перспективи подальшої експлуатації та розвитку при підтриманні їх роботоздатності на належному рівні.

До складу газорозподільних мереж населених пунктів України наразі входять приблизно 300 тис. км газопроводів тиском до 1,2 МПа, 50 тис. газорегуляторних пунктів і установок. З них близько 10 і 15 %, відповідно, відпрацювали гарантійний термін експлуатації. Майже 60 % газопроводів, як правило, підземного прокладання, експлуатуються від 10 до 35 і більше років [1]. На сьогоднішній день на об'єктах систем газопостачання спостерігається зростання кількості надзвичайних ситуацій з негативними наслідками. Достовірні величини надійності параметрів структурних елементів системи газопостачання відсутні або параметри мають велику невизначеність.

Триваюча війна з російською федерацією лише поглиблює складне становище газотранспортної/газорозподільної структур нашої держави. Одним із нових факторів, що впливають на надійність газопостачання, – це наявність необхідних ресурсів природного газу, відповідність їх фізико-хімічних властивостей вимогам чинних в Україні нормативно-правових актів.

1.1. Загальні поняття теорії надійності інженерних систем

Надійність є однією з ключових проблем сучасної техніки, яка визначається на всіх етапах життєвого циклу технічних засобів – від моменту виникнення ідеї до їхньої утилізації [2-4]. Інженерний аналіз показників надійності дозволяє виявляти слабкі місця під час проектування, виконання будівельно-монтажних робіт, пуско-налагоджувальних випробувань, експлуатації та ремонту технологічного обладнання та устаткування газорозподільних систем населених пунктів України.

Надійність загалом відображає властивість як окремого структурного елемента, так і системи газопостачання загалом зберігати необхідні якісні показники на протязі всього періоду експлуатації (для газорозподільних мреж – це не менше 20-25 років [1]).

Надійність будь-яких технічних об'єктів є комплексною величиною, яка об'єднує поняття чотирьох властивостей: довговічність, безвідмовність, ремонтопридатність, збережуваність.

Безвідмовність – властивість обладанання безперервно зберігати працездатність на протязі заданого проміжку часу. *Ремонтопридатність* – це його (обладнання) властивість бути пристосованим до попередження, виявлення та усунення відмов за допомогою технічного обслуговування та ремонту. *Довговічність* – властивість системи чи її структурного елемента тривалий час зберігати працездатність до настання граничного стану при встановлених правилах обслуговування і ремонту. *Збережуваність* – здатність устаткування зберігати показники довговічності, безвідмовності і ремонтопридатності на протязі часу зберігання та транспортування.

Наука про надійність вивчає закономірності зміни показників якості, технічних пристроїв і систем на основі цього розробляє методи, що забезпечують необхідну тривалість їх роботи з найменшими затратами часу і ресурсів. Специфічними особливостями питань надійності є:

- фактор часу, оскільки зміна початкових параметрів технологічного обладнання оцінюється в процесі його експлуатації;
- прогнозування поведінки об’єкта з точки зору збереження його вихідних параметрів.

Зміни показників якості будь-якого устаткування можуть бути абсолютними і відносними. Абсолютна зміна якості пов’язана з різноманітними процесами і впливами, які змінюють властивості і стан матеріалів, з яких виготовлене устаткування, Наприклад, вплив електрохімічної корозії на матеріал стінки сталевих підземних газопроводів і споруд на них з плином часу. Це не що інше як фізичне старіння. Відносна зміна якості пов’язана з появою нового обладнання і устаткування з аналогічними функціями, проте з більш досконалими характеристиками. Наприклад, заміна обліку природного газу з одиниць об’єму на енергетичні: з $м^3$ на кВт-год. Це не що інше як моральний знос існуючих лічильників об’ємного типу. Наука про надійність вивчає зміни показників якості технологічного устаткування від впливу лише тих причин, які призводять тільки до абсолютних змін його якісних показників.

Наука про надійність базується на фундаментальній математиці та інших науках. Математичні методи теорії надійності на основі теорії ймовірності і математичної статистики дають можливість вирішувати основні аспекти проблеми надійності будь-якого технічного виробу. Математика – це інструмент, ефективність використання якого залежить від ступеня відповідності його можливостей поставленому завданню.

Терміни та визначення в науці про надійність стандартизовані.

Працездатність – це такий стан технологічного устаткування, при якому воно виконує задані функції, зберігаючи значення вихідних параметрів

у межах, встановлених нормативно-технічною документацією. Наприклад, розглянемо регулятор тиску газу (РТГ). Технічна документація передбачає рівень зовнішніх впливів, методи технічного обслуговування і ремонтів, норми і допустимі відхилення від встановлених параметрів. Тому, працездатність пов'язана не лише з можливістю працювати (зменшувати тиск газу), а перед усім з тим, щоби при цьому вихідний параметр – тиск газу після регулятора – знаходився у допустимих межах (підтримувався на заданому рівні незалежно від зміни зовнішніх і внутрішніх факторів). Відмова – це подія, яка полягає у порушенні працездатності виробу чи системи загалом. Приклади: поломка РТГ, засмічення фільтра, порушення герметичності газопроводу, які спричиняють витоки вибухонебезпечного середовища – природного газу тощо. Різні відмови тягнуть за собою різноманітні наслідки: від незначних відхилень в роботі обладнання до виникнення аварійних ситуацій (наприклад, загазованості приміщення, в якому встановлено газовикористовуюче обладнання). Будь яка відмова може виникнути через певний проміжок часу, що є випадковою величиною. Тут може бути два основних випадки. Перший – коли час оцінюється календарною тривалістю роботи виробу. Це характерно для таких причин порушення працездатності як електрохімічна корозія (для підземних сталевих газопроводів), вплив зовнішніх факторів (підвищена температура, сонячне опромінення – для, наприклад, поліетиленових труб). Час роботи до відмови у цьому випадку називають терміном служби до відмови. Однак, для більшості технологічного обладнання і устаткування основне значення при оцінюванні втрати працездатності має не календарний термін, а тривалість роботи виробу або відповідний обсяг виконаної роботи (число циклів, шлях, продуктивність). Термін роботи виробу до відмови, виражений в годинах, називається в цьому випадку напрацюванням до відмови. Термін служби або напрацювання виробу до відмови – це час досягнення граничного значення будь-яким з його вихідних параметрів. Напрацювання або термін служби до граничного регламентованого стану називаються відповідно ресурсом або допустимим терміном служби. Необхідно відзначити, що час роботи виробу до відмови – випадкова величина, а ресурс – регламентована.

Надійність – це властивість будь-якого технологічного устаткування зберігати у часі свою працездатність. Надійність виробу – узагальнене поняття, що включає в себе поняття безвідмовності і довговічності.

Безвідмовність – це властивість виробу безперервно зберігати працездатність на протязі певного проміжку часу або певного напрацювання.

Довговічність – це властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану, тобто на протязі всього періоду експлуатації при

встановленій системі технічних оглядів і ремонтів. Наприклад, для газорегуляторних пунктів (ГРП) періодичність виконання і види робіт вказані у табл.1.

Таблиця 1

Періодичність виконання робіт з регулювання, технічного обслуговування, поточного і капітального ремонтів обладнання ГРП [5]

№ з/п	Вид обслуговування	Періодичність обслуговування
1	2	3
1.	Регулювання обладнання ГРП	Не рідше 1 разу на 2 місяці, а також після ремонту обладнання
2.	Перевірка параметрів спрацювання запобіжного-запірного і запобіжно-скидного клапанів	Не рідше 1 разу на 2 місяці, а також після ремонту обладнання
3.	Технічне обслуговування обладнання ГРП	Не рідше 1 разу на 6 місяців
4.	Технічне обслуговування комбінованих будинкових регуляторів тиску газу	Не рідше 1 разу на 3роки або за заявкою власника
5.	Поточний ремонт обладнання ГРП	Не рідше 1 разу на рік при умові, якщо завод-виготовлювач технологічного устаткування ГРП не вимагає виконання робіт у більш стислі терміни
6.	Капітальний ремонт обладнання ГРП	Виконується на основі дефектних відомостей, які складені комісією з філії «ГРМ України» за результатами оглядів

Основні причини, що визначають надійність виробу, пов’язані, як правило, з випадковими явищами, для опису яких застосовується математичний апарат теорії ймовірності. Так, відмова – це випадкова подія, термін служби або напрацювання до відмови – випадкова величина, а процес, що призводить до втрати працездатності – випадкова функція. Тому показники, що застосовуються для оцінки надійності мають імовірнісну природу.

Сьогодні можна виділити чотири групи станів технологічних об’єктів, які відрізняються показниками та методами оцінки надійності. Об’єкт системи, який підлягає обслуговуванню, – об’єкт, для якого проведення технічного обслуговування передбачено регламентами або вимогами, відповідно, нормативно-технічної або конструкторсько-проектної документації (див. табл.1.1, наприклад). Об’єкт, який може не обслуговуватись, – це об’єкт, для якого проведення технічного обслуговування не передбачено вимогами такої документації. Ремонтований об’єкт – це об’єкт, ремонт якого передбачений та можливий. Неремонтований об’єкт – це об’єкт, ремонт якого не передбачений відповідними вимогами/регламентами. Відновлюваний об’єкт – це ремонтований об’єкт, який після настання відмови і, відповідно, усунення несправностей, знову стає

здатним виконувати вказані функції, які задані кількісними показниками надійності. Готовність – властивість об’єкта виконувати потрібні функції в даних умовах протягом заданого інтервалу часу за умови забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами.

Технологічне устаткування, обладнання або інженерна система загалом можуть бути охарактеризовані зі сторони надійності технічним станом об’єкту. Виділяють декілька основних станів технічного об’єкту, системи тощо: працездатна/непрацездатна, справна/несправна та граничний/ критичний стани. Кожен з них характеризується сукупністю значень параметрів та якісних ознак, які встановлюються вимогами нормативно-технічної або конструкторсько-проектної документації.

Справний стан – це такий стан устаткування, за яким воно здатно виконувати всі передбачені, наприклад, вимогами «Правил безпеки систем газопостачання» [5] функції. Несправний стан – це стан обладнання, при якому воно не здатне виконувати хоча б одну із заданих функцій. Несправність може бути: незначною, частковою, значною, повною, прихованою, маскованою. Працездатний стан – це стан структурної одиниці системи газопостачання, при якому вона відповідає усім вимогам, викладеним у нормативно-правових актах з охорони праці, газопостачання тощо [5-8] і проектно-кошторисній документації.

Непрацездатний стан – це стан об’єкта, при якому він не відповідає хоча б одному параметру, які характеризує його здатність виконувати задані функції. Працездатний об'єкт, на відміну від справного, задовольняє лише вимогам нормативно-технічної документації, виконання яких забезпечує його здатність виконувати задані функції.

У зв’язку з цим поняття «справний стан» ширше, ніж поняття «працездатний стан». Об'єкт може бути несправним, але працездатним. Наприклад: лічильник газу нормально функціонує (наприклад, похибка не виходить за межі допустимої, параметри навколишнього середовища ввідповідають вимогам щодо області застосування), але на корпусі приладу є механічні подряпини (але цілісність корпусу не порушена). Ці дефекти не впливають на виконання заданих функцій, але параметри об’єкту не відповідають всім нормам нормативно-технічної документації – ДСТУ [9]. Таким чином прилад працездатний, але несправний.

Критичний стан – це стан об’єкта, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків та інших неприйнятних наслідків (наприклад, внаслідок порушення герметичності системи відбулися витоки природного газу, утворилась газоповітрянва суміш і в результаті стався вибух). Граничний стан – це такий стан обладнання, за яким його подальша

експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи економічно недоцільне. Як вже зазначалося, саме з настанням граничного стану пов'язано закінчення етапу експлуатації виробу.

Загалом перехід з одного стану в інший пов'язаний з певними подіями: відмовами, збоями та ушкодженнями.

1.2. Надійність газопостачання населених пунктів

Під надійністю систем газопостачання розуміють їх здатність транспортувати кінцевим споживачам необхідну (розрахункову) кількість газу із збереженням заданих параметрів (тиску і температури, фізико-хімічних властивостей тощо) в нормальних умовах експлуатації протягом певного періоду. Надійність газопостачання має значне економічне і соціальне значення, оскільки аварії спричиняють значні збитки і, що особливо трагічно, – забирають людські життя [1, 10].

Мережі газопостачання виконуються з труб із різних матеріалів, але всі вони підвласні старінню і корозії [8]. Так, наприклад, поліетиленові труби, якими наразі надається перевага при транспортуванні і розподілу блакитного палива у населених пунктах, корозостійкі (на відміну від сталевих), але за певних умов втрачають механічну міцність і стійкість з плином часу. Такими факторами, які пришвидшують деструкцію труб, можуть бути: окиснення матеріалу, дія ультрафіолетового оромінення при неякісному укладанні труб, або дія на них теплоти. І хоча мінімальний гарантійний термін складає 50 років [1, 10, 11] старіння може відбутися набагато швидше. Те ж саме стосується і сталевих труб – захист (активний і пасивний [1]) від електрохімічної корозії з часом може погіршуватись або зовсім зникати, особливо, якщо газорозподільні мережі експлуатують значно довше від зазначеного гарантійного терміну, що може мати в результаті руйнівні наслідки. Через порівняно повільну дію корозії пошкодження газопроводів зазвичай виявляють, коли вони ще не досягли великих розмірів, хоча є окремі випадки, коли їхні розміри досягають значної величини [11, 12]. Особливо слабкими місцями є зварний шов, який більш вразливий до корозії порівняно з металом основної частини труби. Також негативно впливає на надійність довготривала експлуатація труб, іншго обладнання газорозподільних систем без технічного обслуговування, необхідної реконструкції тощо. На даний момент близько 29 % газопроводів відпрацювали свій амортизаційний термін, майже 60 % експлуатуються від 10 до 33 років [11, 12].

Важливе місце мають застосовані інженерні рішення при проектуванні мереж, наприклад: секціонування на окремі ділянки, закільцьованість,

дублювання ділянок, можливість використання аварійних, у т.ч. альтернативних джерел енергії і палив (біометану, газоповітряних сумішей на основі пропан-бутану, біогазів звалищ твердих побутових відходів тощо) [1, 11], і власне розміри самої газорозподільної системи населеного пункту.

В холодний період року при експлуатації трубопроводів збільшуються шанси проникнення газу в підвальні приміщення навколишніх будинків, прохідні/непрохідні канали/колектори для прокладання інших інженерних комунікацій у зв'язку з замерзанням верхнього шару ґрунту. Збільшується також кількість утворень кристалогідратних закупорок в газопроводах, тому що більш інтенсивно конденсується водяна пара на стінках сталевих труб (при недостатньо осушеному паливі у відповідності з вимогами [6]) і випадають смоли та нафталін, присутні у газах штучного походження, особливо на недостатньо утеплених надземних ділянках газопроводів [13].

В роботі [11] запропоновано ієрархічну класифікацію та формалізацію проектних, будівельно-монтажних та експлуатаційних кількісних та якісних факторів, які впливають на технічний стан системи газопостачання, і є визначальними при забезпеченні здатності газорозподільних мереж середнього тиску виконувати покладені на неї функції в повному обсязі за умов дотримання нормативних вимог щодо експлуатації. Недостатнє врахування дії факторів впливу на технічний стан системи газопостачання призводить до виникнення на них аварійних ситуацій, що підтверджено натурними дослідженнями, виконаними авторами. Покращення технічного стану газопроводів середнього тиску вимагає аналізу та систематизації великої кількості статистичних даних про виникнення надзвичайних ситуацій на газових мережах та причин їх появи. Показано необхідність дослідження та накопичення інформації про фактори впливу на технічний стан газопроводів. Проаналізовано практичний досвід з організаційно-технологічного забезпечення надійності трубопроводів газорозподільних мереж, який свідчить, що основними причинами виникнення аварійних ситуацій є корозійне руйнування підземних сталевих трубопроводів.

Незважаючи на високу цінність природного газу для потреб економіки держави в Україні практично відсутній системний підхід до оцінювання його якості. Якість газу – це ступінь відповідності показників природного газу встановленим вимогам, яка визначається його складом і фізичними властивостями. Вимоги щодо фізико-хімічних властивостей природного газу встановлені низкою нормативно-технічних документів [6, 8].

Відповідно до Закону України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного

Співтовариства» [14] наша держава долучилася до єдиного простору регулювання торгівлі газом та взяла на себе зобов'язання виконувати всі рішення та процедурні акти, прийняті під час застосування Договору. Тобто, кількість спожитого природного газу повинна виражатись в одиницях енергії.

Із виконаного аналізу наукових досліджень [15-18], вимог чинних нормативно-технічних документів [6, 19] випливає висновок, що визначенню якості природного газу приділяється значна увага, однак здебільшого йдеться про вдосконалення вимірювання окремих його параметрів без комплексного аналізу функціональних або кореляційних зв'язків між ними. В той же час, фізико-хімічні властивості газу, визначені у точках прийому-передачі, наприклад, на газорозподільних станціях (ГРС), можуть зазнавати змін при його транспортуванні газорозподільними мережами населеного пункту.

В роботі [20] розглянуто ієрархічну класифікацію факторів, які впливають на якість природного газу та наведено лінгвістичні змінні, що описують якість природного газу на системному рівні. Представлено оціночні терми відповідно до експертної оцінки для кожної з лінгвістичних змінних і виконано фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Якість природного газу знаходиться під впливом ряду збурюючих кількісних та якісних чинників зовнішнього і внутрішнього характеру. Теорія нечітких множин і основана на ній логіка дозволяють описувати неточні категорії, уявлення і знання, оперувати ними і робити відповідні висновки. Наявність таких можливостей для формування моделей різноманітних об`єктів, процесів і явищ на якісному рівні визначає інтерес до організації інтелектуального управління на основі використання методів нечіткої логіки [11, 21, 22]. Однією із особливостей якості природного газу є великий ступінь невизначеності зміни великої кількості збурюючих факторів впливу і постійно мінливими параметрами функціонування системи газопостачання.

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між факторами, що впливають на якість природного газу ($A_{ЯПГ}$) з фізико-хімічними властивостями видобутого з родовища природного газу (X), якістю підготовки (очищення) природного газу для транспортування (Y) та технічними умовами експлуатації газорозподільної системи населеного пункту (Z), виконана з використанням системи терм-множини:

Лінгвістичну змінну $A_{ЯПГ}$, що характеризує якість природного газу на системному рівні, авторами [20] представлена у вигляді співвідношення

$$A_{ЯПГ} = f(X;Y;Z). \qquad (1.1)$$

За результатами розгляду факторів, що характеризують фізико-хімічні властивості видобутого з родовища природного газу, якість його підготовки

до транспортування та технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту, отримано нечітку множину для визначення якості палива. Відповідно до етапу дефазифікації за методом «центр ваги» нечіткій множині відповідає кількісна оцінка, що знаходиться в запропонованому діапазоні від одного до п’яти балів. Як приклад, для природного газу з граничними значеннями параметрів згідно з Кодексом газотранспортної системи [6] якість оцінена в 3,1 бали. Модель нечіткого логічного висновку разом з процедурою дефазифікації забезпечує можливість спостереження за змінами вихідного показника – якості природного газу – залежно від зміни кількісних та якісних факторів на шляху від родовища газу до споживача. Використовуючи пропоновану математичну модель в комплексі для всіх рівнів та підрівнів, можна отримати прогнозовану оцінку впливу наведених факторів на якість палива. При цьому отримане значення приймається за результатами віртуального експерименту, який ґрунтується на експертній базі знань.

Адекватність запропонованої математичної моделі та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення для реалізації проекту оцінювання якості природного газу із застосуванням нечіткої логіки та лінгвістичних змінних потребує перевірки одним із відомих незалежних методів. Розв’язання цієї задачі можливе з використанням математичної моделі прийняття управлінських рішень, розробленої з використанням методу парних порівнянь Т. Сааті [26]. Цей метод дозволяє при моделюванні враховувати кількісні та якісні збуджувальні параметри, які впливають на якість природного газу, оскільки він є одним з методів аналітичного моделювання ієрархічних процесів і аналітичних мережевих процесів підтримки прийняття управлінських рішень [11, 23, 24].

Використання методів Парето та АВС-аналізу [25] при моделюванні управління якістю природного газу дозволяють розподілити зусилля експерта проекту з оцінювання і прогнозування якості природного газу і встановити пріоритетність факторів, та виявити з яких необхідно починати діяти з метою постачання газу до споживачів на високому рівні.

Моделювання управління якістю природного газу з використанням функцій належності лінгвістичних змінних, якими є фактори впливу методом Парето, яке було виконано на основі експертно-теоретичних даних, дозволить варіювати найбільш суттєвими чинникам, які забезпечують захист від найбільш впливових факторів впливу, відкладаючи у часі менш впливові, що тим самим покращить газоспоживання за рахунок виділення актуальних проблем.

З діаграми, що була побудована за допомогою методу Парето, видно, що найбільш впливовим фактором на якість природного газу та на виникнення

проблем з газоспоживанням є теплота згоряння вища при стандартних умовах, тому він є ключовим фактором і підлягає розгляду в першу чергу.

Розробка комплексного інструменту по оцінюванню і прогнозуванню якості природного газу можливе з використанням програмного забезпечення, яке дозволяє оперативно враховувати зміну його складу при прийнятті організаційно-технічних рішень, що виникають при появі збуджуючих факторів в системі [27]. Використання ієрархічного підходу до побудови системи підтримки прийняття рішень із застосуванням теорії нечітких множин та нечіткої логіки дозволяє суттєво зменшити об’єм нечітких баз правил, тим самим підвищити чутливість системи до впливу вхідних факторів. Включення системи підтримки прийняття рішень в режим роботи експерта з оцінки та прогнозування якості природного газу, дозволить спостерігати за важливими параметрами газоспоживання та своєчасно їх змінювати з урахуванням рекомендацій баз знань, що підвищить ефективність технології цього процесу.

Література

1. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. Газопостачання населених пунктів і об’єктів природним газом. – К.: Логос, 2002. – 198 с.

2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25034. – Чинний від 01.01.1996 (дата звернення: 04.11.2025 р.).

3. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64009. – Чинний від 01.01.97 (дата звернення: 04.11.2025 р.).
4. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунків показників надійності. Загальні вимоги. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=53946. – Чинний від 01.01.97 (дата звернення: 04.11.2025 р.).
5. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60957. – Чинний від 07.07.2015 (дата звернення: 04.11.2025 р.).
6. Кодекс газотранспортної системи. Документ z1378-15, чинний, поточна редакція. – Редакція від 15.09.2025, підстава - v1182874-25. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1378-15#Text (дата звернення: 04.11.2025 р.).
7. Кодекс газорозподільних систем. Документ z1379-15, чинний, поточна редакція.– Редакція від 15.05.2025, підстава - v0707874-25. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1379-15#Text (дата звернення: 04.11.2025 р.).
8. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. З урахуванням зміни №1. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 109 с. – Чинна з 2020-06-01.
9. ДСТУ 3336-96. Лічильники газу побутові. Загальні технічні вимоги. Зі Зміною № 2. – К.: Держстандарт України, 1996. – 12 с. – Чинна від 2014-11-01.
10. Охримюк Б. Газопостачання населених пунктів: Навчальний посібник / Б.Охримюк, Т.Манцнєва – Рівне: НУВГП, 2012. – 242 с.
11. Ратушняк Г. С. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж : монографія / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 130 с.
12. Семчук Я. М. Причини відмов систем газопостачання / Я. М. Семчук, О. С. Балан [Електронний ресурс]. – URL: http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/5197/1/5769p.pdf (дата звернення: 04.11.2025 р.).
13. Предун К.М. Автономні системи газопостачання: конспект лекцій / К.М. Предун. – К.: Видавництво Ліра_К, 2025. – 86 с.
14. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства: закон України: станом 1.01.2019 р. – № 2787-VI (2787-17) від 15.12.2010. – К.: ВВР, 2011, №24, ст.170.
15.Гордієнко А.І. До питання переходу на облік природного газу як енергоносія / А.І.Гордієнко, І.Г.Богомолець, М.В.Чуб // Нафтова і газова промисловість – 2001. – №3. – с.42-43.
16. Капцова Н.І. Підвищення ефективності експлуатації та ремонту міських газопроводів: автореф. дис. ... канд.. техн. наук.: 05.23.03 / Капцова Н.І.; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет

будівництва і архітектури. – Харків, 2018. – 20 с.
17. Козій В.М. Якість газу родовищ України / В.М.Козій, А.І.Лур'є, І.А.Рубанова // Питання розвитку газової промисловості України: Збірн. наук. праць УкрНДІгаз. – Вип. 28. – 2000. – с.66-68.
18. Мотало А.В. Аналіз основних проблем методології оцінювання якості вуглеводневих газі / А.В.Мотало, Б.І.Стадник, В.П.Мотало // Науковий вісник НЛТУ України: Збірн. наук.-техн. праць. 2. Екологія та довкілля. – 2015. – Вип.25.10. – с. 178-183.
19. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 29 с.
20. Франчук Ю.Й. Оцінка якості природного газу як енергоносія на основі лінгвістичної інформації /Ю.Й.Франчук, О.І.Ободянська, К.М.Предун // Управління розвитком складних систем: наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2019. – Вип.38. – с.143-150.
21. Ратушняк Г. С. Модель багатофакторної оцінки технічного стану системи газопостачання / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2010. – № 1. – с. 125–131.
22. Митюшкин Ю. И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн. – Винница : УНИВЕРСУМ–Винница, 2002. – 145 с.
23. Zadeh L. Knowledge representation in fuzzy logic. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 1989. – № 1. – p. 89-98.
24. Ратушняк Г. С., Ободянська О.І. Моделювання процесу інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо оцінки стану системи газопостачання методом парних порівнянь. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – № 1(17). – с.52-56.
25. Предун К.М. Моделювання управління якістю природного газу з використанням функцій належності лінгвістичних змінних методом Парето / К.М. Предун, Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2021. – Вип.76. – с. 235-249.
26. Предун К.М. Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття рішень щодо оцінки якості природного газу методом парних порівнянь / К.М. Предун, Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки. – Том 30 (69). – №6. – Част.2. – К.: ВД «Гельветика», 2019. – С.195-201.

27. Предун К.М. Використання елементів нечіткої логіки для оцінки якості природного газу / К.М. Предун, Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська // The scientific heritage (Budapest, Hungary). – Vol 1, No 73 (73). – 2021. – p.45-52.
28. Паризька угода: Угоду ратифіковано Законом України 14.07.2016 р. № 1469-VIII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61 (дата звернення: 04.11.2025)
29. Сталий розвиток. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA (дата звернення: 04.11.2025).
30. Програма дій «Порядок денний на XXI століття»: Ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт «Планета Земля», 1992 р.): Пер. з англ. 2-ге вид. – Київ : Інтелсфера, 2000. – 360 с.
31. Цілі сталого розвитку. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D1%96%D0%BB%D1%96_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83 (дата звернення: 04.11.2025).
32. Глава ООН об изменении климата: нынешнее столетие может оказаться для человечества последним. URL: https://news.un.org/ru/story/2020/10/1388012 (дата звернення: 04.11.2025).
33. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Мінрегіонбуд України. – К. Мінрегіонбуд України, 2011.− 123 с.
34. Правила улаштування електроустановок. – К: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.
35. ДБК Б.2.2-12:2019. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Мінбудархітектури України, 2019. – 65 с. Чинний від 01.10.2019.
36. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.
37. Енин П.М., Шишко Г.Г., Пилюгин Г.В. Газификация сельской местности: Справ. пособие. − К.: Урожай, 1992. − 200 с.
38. Тугай А.М., Орлов В.О. Міські інженерні мережі та споруди: підручник. – Київ: Укргеліотех, 2010. – 256 с.
39. Інженерні мережі в інфраструктурі населених пунктів: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт / Уклад. К.М. Предун, Г.В. Жук, В.Р. Вахула. – К.: КНУБА, 2018. – 44 с.
40. Городжа А.Д., Кравченко І.М. Електропостачання промислових виробництв та комунальних господарств: методичні вказівки до виконання курсової роботи. – К.: КНУБА, 2007. – 72 с.

41. Інвестори почнуть будівництво ще 10 заводів із виробництва біометану у 2025 році. InVenture. URL: https://share.google/EWIAAX2i4iskn6OxP (дата звернення: 22.11.2025).
42. ДСТУ EN ISO 6976:2020. Природний газ. Обчислення теплоти згоряння, густини, відносної густини та числа Воббе на основі компонентного складу (EN ISO 6976:2016, IDT; ISO 6976:2016, IDT). [Чинний від 01.10.2021]. URL: URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91598 (дата звернення: 22.11.2025).
43. ДСТУ EN ISO 6974-1:2021. Природний газ. Визначення складу та пов'язаної з ним непевності методом газової хроматографії. Частина 1. Загальні засади та обчислювання складу(EN ISO 6974-1:2012, IDT; ISO 6974-1:2012, IDT). [Чинний від 01.07.2021]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page. html?id_doc=93465 (дата звернення: 22.11.2025).
44. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – К.: Вид-цтво «КВІЦ», 2002. – 29 с.
45. Еколого-економічні розрахунки систем енергозабезпечення будівель і споруд: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи / уклад. К.М. Предун, О.А. Дудніков, О.Б Почка. – К.: КНУБА, 2023. – 60 с.
46. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. Мінрегіонбуд України. − Київ. 2008, − 72с.
47. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Мінрегіонбуд України. − Київ, 2012. − 94 с.

2.1. Варіанти енергозабезпечення населених пунктів України

Сучасна структура інженерних обладнання і систем населених пунктів України передбачає:

1. Газопостачання:

а) житлових будинків;

б) комунально-побутових підприємств;

в) джерел теплоти: як поквартирних генераторів, так і систем централізованого теплопостачання;

г) промислових будівель і споруд.

2. Теплопостачання:

а) будівель і споруд різного призначення (задоволення потреб опалення, вентиляції і гарячого водопостачання);

б) промислових будівель і споруд (забезпечення виробничих потреб).

3. Електропостачання:

а) житлових будинків (задоволення господарсько-побутових потреб мешканців);

б) освітлення внутрішнє (будівель і споруд) та зовнішнє (територій населених пунктів)

в) промислових будівель і споруд (забезпечення виробничих потреб);

г) будівель і споруд різного призначення (задоволення потреб опалення, вентиляції і гарячого водопостачання).

У даній роботі розглянуті такі варіанти енергозабезпечення споживачів котеджного містечка у Київській області, генплан якого з експлікацією будівель і споруд наведено на арк.1 графічної частини:

1. Проектується газорозподільна система, одноступенева середнього тиску газу з використанням ПЕ труб. У кожному котеджі встановлені побутові газові прилади і автономні теплогенеруючі установки, які споживають природний газ низького тиску, для задоволення господарсько-побутових потреб і потреб у теплопостачанні. Для зниження тиску з середнього до низького будинкова система газопостачання оснащена регулятором тиску газу, і побутовим лічильного для обліку спожитого палива. Для газопостачання кожного з комунально-побутових об'єктів, а також таунхаузів проектується газорегуляторна установка, за рахунок якої задовольняються потреби у тепло- (дахова котельня) та газопостачанні кінцевих споживачів.

У випадку відсутності мережного природного газу, особливо у теплий період року, розглядається можливість використання в якості палива біометану, який поступає в об'єднану газову систему містечка від біогазової станції, яка працює на відходах сільськогосподарського виробництва.

2. Для спорткомплексу, в якому існує потреба в електроенергії протягом року, передбачається влаштування міні-ТЕС на основі когенераційних установок «Caterpillar»(США). Теплова потужність ТЕС визначена з умови забезпечення потреб спорткомплексу в тепловій енергії. Електроенергія, що виробляє ТЕС в холодний період року, надходитиме, у т.ч. для потреб теплопостачання найближчих мікрорайонів забудови – А5, А6, а у теплий період року – до об'єднаної енергосистеми Обухівського району Київської області. Для потреб опалення і теплопостачання у кожному із вказаних вище районів будуть встановлені електричні опалювальні прилади. В якості палива міні-ТЕЦ використовується мережний природний газ.

3. Проектується електророзподільна мережа напругою 10 кВ з прокладанням електрокабеля з алюмінієвими жилами підземно в ПЕ трубах. В кожному мікрорайоні буде розміщена трансформаторна підстанція, в якій наруга знижується з 10 до 0,4 кВ і надходить до електрощитової кожної з будівель. Прокладання електрокабелів також підземне в ПЕ трубах. В електрощитові до системи електропостачання приєднуються усі категорії споживачів будинку. Тобто, система електропостачання задовольняє усі потреби кінцевих споживачів котеджного містечка. Джерело енергії – Трипільська ДРЕС, яка в якості палива використовує вугілля.

Критерієм порівняння запропонованих варіантів енергопостачання котеджного містечка виступають податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря під час згоряння палив, захоронення відходів сільськогосподарського виробництва тощо. «Теплове» забруднення довкілля – це наразі глобальний виклик перед людством, і в Україні, зокрема [30].

Фахівці ООН [28-31] дійшли висновку, що глобальне потепління розвивається швидше, ніж передбачалося, і в цьому майже повністю винне людство. **Провідні вчені світу в 2021 році випустили масштабний звіт ООН, в якому проаналізували тисячі досліджень з питань клімату за останні роки і спрогнозували ймовірні наслідки кліматичних змін.** Автори, наприклад, кажуть, що від 1970 року глобальні температури поверхні зростали швидше, ніж у будь-який інший 50-річний період за останні 2 тисячі років.

У звіті йдеться, що температура на Землі стала максимальною за 120 тисяч років, і винні в цьому, передусім люди.

Вчені вважають, що глобальне потепління викликало збільшення обсягів парникових газів. Обсяги вуглекислого газу в повітрі стали рекордними за останні 14 мільйонів років, обсяги метану – рекордними за 800 тисячоліть. Атмосфера Землі пропускає сонячну енергію з космосу, але

вуглекислий газ і метан не дають теплу повернутися назад. Як результат – Земля нагрівається як в парнику.

Дослідники ще з 80-х років кажуть про загрозу кліматичної катастрофи, і відтоді найгірші побоювання справдилися. Протягом останніх 70 років був порушений баланс, який зберігався протягом тисяч років. Середня температура Землі тільки за кілька десятиліть виросла більш, ніж на градус і продовжує зростати прискореними темпами.

Але в доповіді ООН є й оптимістичний сценарій: температура Землі підніметься на критичні 1,5 градуса, після чого планета почне охолоджуватися. Але для реалізації такого сценарію люди повинні до 2030 року відмовитися від спалювання викопних енергоносіїв і припинити вирубувати ліси. Як ми розуміємо, цей сценарій малоймовірний.

Крім того, останні п'ять років були найспекотнішими за всю історію спостережень з 1850 року. За песимістичним сценарієм, до 2100 р. глобальна температура підвищиться на 3,3-5,7 градуса за Цельсієм.

Щоб утримати підвищення температури в заданих межах – 1,5-2 градуси – до 2030 року потрібно зменшити глобальні викиди вуглекислого газу на 45 %, а до 2050 року – взагалі до нуля.

Мета України до 2030 року скоротити викиди парникових газів на 65 % (від рівня 1990-го), а не пізніше 2060 року – досягти кліматичної нейтральності [30].

2.2. Характеристика забудови котеджного містечка

Об’єктом будівництва є системи енергопостачання котеджного містечка з гольф клубом. Забудова знаходиться в с. Старі Безрадичі, Обухівського району, Київської області. Клімат помірно-континентальний з помірно-холодною зимою і теплим літом. Розрахункові параметри зовнішнього повітря визначаються по м. Київ згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [33]. Данні зводяться до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби, $t_{х.д.}$, °С	Температура найхолоднішої п’ятиденки t_5, °С	Опалювальний сезон			Кліматична зона
				Середня температура $t_{о.с.}$, °С	Тривалість Z, діб	Кількість градусо-діб, $S_{о.с.}$	
Київ	Н	-26	-22	-1,1	187	3572	І

Територія розбита на мікрорайони, для кожного з яких вказана загальна площа будівель, характер забудови (житлова чи громадська) та її поверховість. Данні зведено до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристика забудови

Номер мікро-району	Площа мукро-району, $м^2$	Загальна площа будівель, $м^2$	Призначення будівель	Кількість будівель	Кількість мешканців
A1	72 889	72 889	готель (6 000) таунхаузи (63 289) госп. приміщення (3 600)	1 316	250 948 -
A2	35 087	10 526	котеджі	18	72
A3	4 199	1 260	котеджі	3	12
A4	100 470	30 141	котеджі	50	200
A5	23 260	18 608	таунхаузи	93	279
A6	28 804	23 043	таунхаузи	115	345
A7	27 957	13 979	школа	1	-
B3	43 493	13 048	котеджі	22	88
G9	419 930	12 174	поле для гольфа клубний будинок і спорткомплекс* (3 474) тенісні корти (4 350) підземний паркінг (4 350)	1	100
УСЬОГО	756 089	195 667		619	2 294

*Примітка: до складу спорткомплексу входять басейн 25х12,5 м; басейн 12,5х6,5м; сауни; SPA; фітнес-зал; кафе; адміністрація і тех. приміщення.

2.3. Характеристика інженерних систем

2.3.1. Газопостачання

Газорозподільна система вибирається з урахуванням джерел, обсягу та призначення газопостачання, розміру і планування населеного пункту. На підставі генерального плану виконується схема прокладки газопроводів, на схемі вказуються газопроводи, їх діаметр, а також відзначаються місця встановлення вимикальних пристроїв. При виборі місця прокладання газопроводу враховуються спосіб прокладання, характер проїзду та забудови, конструкція дорожнього покриття, наявність інших підземних споруд і комунікацій, зручності експлуатації газопроводу тощо.

2.3.1.1. Тупикова газорозподільна система

Тупикове прокладання газопроводів допускається, як виняток, у випадках явної недоцільності і неекономічності кільцювання газопроводів; наприклад, це можливо для невеликих населених пунктів чи газопостачання промислових підприємств, котелень.

До недавнього часу мережі низького тиску, так як і високого (середнього) виконували переважно закільцьованими. Певну роль у такому підході до проектування газорозподільної системи низького тиску зіграла аналогія з водопровідною мережею, де найбільш розповсюджена і переважає кільцева структура. Такі системи найбільш металомісткі та дорогі із всіх можливих варіантів побудови газорозподільної мережі.

З іншого боку, розгалужена (тупикова) система, в якій потоки розділяються тільки внаслідок особливостей трасування, потребує мінімальної витрати металу. Проте рекомендувати тупикові мережі для універсального використання недоцільно. Тому при проектуванні розподільної мережі газопроводів завдання зводиться до відшукування такої системи, яка б поєднувала в собі економічність тупикової і експлуатаційні якості закільцьованої мережі.

Такою системою є закільцьована газорозподільна мережа, в якій напрямки потоків газу вибирають так, щоб кількість безтранзитних ділянок була максимальною, а транзитні витрати транспортувались нечисленними магістралями (так звані «головні напрямки), за можливості без розгалужень. Очевидно, що така схема за витратами металу наближується до тупикової, а з точки зору ремонтопридатності, електрозахисту від корозії, надійності тощо практично не відрізняється від класичної закільцьованої.

Незакільцьовані схеми знаходять застосування при газопостачанні сільської місцевості, невеликих селищ тощо. Більше того, у випадку невеликої густини забудови, планування населеного пункту у вигляді декількох паралельних вулиць зі значним віддаленням однієї вулиці від іншої і за відсутності вулиць, перпендикулярних до них, організація розгалуженої тупикової мережі є виправданою.

Для систем середнього тиску також рекомендується проектувати змішані розподільні системи, в яких безпосередньо біля джерела живлення – головного газорегуляторного пункту котеджного містечка газопроводи кільцюють, а найбільш віддалені ділянки являють собою тупики.

Розрахункова схема газорозподільної мережі вказана на арк. 2.

2.3.1.2. Кільцева газорозподільна система

Проектується кільцева одноступенева система середнього тиску газу з підземним прокладанням поліетиленових газопроводів. Переходи газопроводів через водні перешкоди слід виконати над ними сталевими трубами у футлярах з максимально можливим використанням мостових конструкцій. Переходи під автошляхами – з поліетиленових труб у сталевих

футлярах. Максимальний діаметр газопроводу – d_y = 250 мм, в середньому на території містечка не перевищує d_y = 100 мм.

При підключенні системи газопостачання котеджу низького тиску до вуличного газопроводу середнього тиску передбачено встановлення будинкового регулятора тиску газу пропускною здатністю до 20 м^3/год. (оскільки при зниженні тиску газу у системі газопостачання Обухівського району, а, відповідно, і котеджного містечка, регулятор, який розрахований на максимально-годинну витрату 10 м^3/год., не забезпечить потребу системи теплопостачання котеджу).

Для громадської забудови, наприклад, школи, а також житлової – таунхауси – для зниження тиску природного газу проектуються газорегуляторні установки шафового типу за умови, якщо максимально годинна розрахункова витрата кожним з об'єктів перевищує 150-200 м^3/год.

Облік природного газу передбачається лічильниками об'ємного типу (житлові котеджі) і ротаційними – великі витрати природного газу (громадські об'єкти і загалом для котеджного містечка).

Вимикальні пристрої слід встановлювати у підземних колодязях, виконаних зі збірного залізобетону.

Підключення дворових газопроводів до вуличних виконують, як правило, підземними з поліетиленових труб і встановленням вимикальних кранів. Вводи газопроводів у будівлі, розподільні газопроводи всередині будівель – сталеві зі звичайних водогазопровідних труб (при діаметрах до d_y = 40 мм) або електрозварних прямошовних (для більших значень діаметрів).

2.3.1.3. Кільцева газорозподільна мережа з підключенням когенераційних установок

Подача газу до когенераційних установок (міні-ТЕЦ) здійснюється від міського газопроводу середнього тиску, через ГРП.

Система газопостачання ТЕЦ складається з таких основних елементів:

- вводу газопроводів на територію ТЕЦ;
- газорегуляторних установок ГРП, ГРУ, ШРП;
- пунктів обліку витрат газу;
- міжцехових газопроводів;
- газопроводів ТЕЦ з обв'язкою агрегатів.

Згідно із завданням на проектування прийнято одноступеневу систему газопостачання. При одноступеневій системі газопостачання на території ТЕЦ влаштовують головний газорегуляторний пункт (ГГРП), функції якого:

1) очистка газу від механічних домішок;

2) підтримання тиску газу на заданому рівні;

3) комерційний облік природного газу, спожитого ТЕЦ;

4) зниження тиску газу і підтримання його на сталому рівні.

Газопроводи на території ТЕЦ прокладають надземно по окремих опорах, або по стінах будівель і споруд на висоті $h \geq 4{,}5\text{-}5$м від рівня землі. Вимикаючі пристрої встановлюються на виході з ГГРП і перед вводом газопроводу в приміщення міні-ТЕЦ для відключення окремих відгалужень міжцехової мережі.

2.3.1.3. Використання біометану (горючих газів штучного походження)

У теплий період року для певних споживачів (у першу чергу абонентів житлових будинків) запропоновано замінити мережний природний газ повністю або частково альтернативним паливом – біометаном походженням з відходів сільськогосподарського виробництва.

З своїми фізико-хімічними властивостями він повністю відповідає вимогам Кодексу газотранспортної системи [6] щодо якості палива.

2.3.2. Електропостачання

Струмоведучі провідники електрокабелів силових кабелів напругою 1-35 кВ, які прокладають підземно, виконують, як правило,алюмінієвими. Розрізняють кабелі з ізоляцією із паперових стрічок зі спеціальним просоченням, з гуми і з пластмаси. При прокладці кабелів у місцях з можливими механічним впливами використовують бронезахист. Броня виконується із сталевої стрічки або дроту. У грунтах, що містять речовини, які руйнівно діють на оболонку кабелів, а також у зонах, небезпечних через вплив електрохімічної корозії, знайшли застосування кабелі із свинцевою оболонкою й посиленими захисними покривами типів $Б_Д$ й $Б_{2Л}$ або з алюмінієвою оболонкою й особливо посиленими (у суцільному вологостійкому пластиковому корпусі) захисними покривами типів $Б_В$ й $Б_Н$.

У сучасній практиці, як правило, застосовують кабелі з алюмінієвими жилами в алюмінієвій або пластиковій (з прошивного поліетилену) оболонці.

Вибір перетину кабельної лінії роблять за нормованим значенням щільності струму. Перетин жили силового кабелю повинен задовольняти умовам допустимого нагрівання при нормальному експлуатаційному режимі. Для кожної кабельної лінії визначають припустимі струмові навантаження, обумовлені по ділянці траси з найгіршими тепловими умовами при довжині ділянки не менше 10 м.

При прокладці траси необхідно уникати ділянок з агресивними грунтами, високим рівнем грунтових вод (особливо на території котеджного містечка). Укладають кабелі із запасом по довжині з урахуванням можливих зсувів грунту й температурних деформацій самого кабелю. Особлива увага приділяється захисту від можливих механічних пошкоджень кабелю й дотриманню температурного режиму.

З'єднання відрізків кабелю й закладення кабелю роблять за допомогою кінцевих сполучних муфт. Число сполучних муфт ліній, що прокладають знову, на 1 км повинно бути не більше 4-6 штук, залежно від напруги і поперечного перерізу кабелю. Прокладати кабелі рекомендується з дотримання наступних основних правил:

1. Контрольні кабелі й кабелі зв'язку розміщуються під або над силовими кабелями і відокремлюються перегородками.
2. Рекомендується прокладати силові кабелі напругою до 1 кВ вище кабелів з напругою від 1кВ.
3. Кабелі живлення електроприймачів I категорії рекомендується прокладати на різних горизонтальних рівнях і розділяти перегородками.

При прокладці кабельних ліній у землі відповідно до правил влаштування електроустановок (ПУЕ) [34] встановлюються охоронні зони над кабелем:

- для КЛ вище 1кВ – по 1 м від крайніх кабелів;
- для КЛ до 1 кВ – по 1 м від крайніх кабелів убік проїжджої частини й 0,6 м у бік споруд.

При влаштуванні електрокабельних ліній безпосередньо в землі кабелі прокладають у траншеях, дно яких має або піщану основу, або з насипного грунту. Засипка траншеї відбувається грунту, що не містить каменів. Захист електромереж від механічних ушкоджень полягає в установці залізобетонних плит товщиною не менше 50 мм – для напруги не вище 35 кВ. При напрузі менше 35 кВ – за рахунок укладання поверх кабелю звичайної цегли в один шар поперек траси.

Зменшення глибини прокладання до 0,5 м допускається для вводів у будинки і промислові споруди.

При зміні конфігурації траси радіуси вигину кабелів варто вибирати залежно від конструкції кабелю або точніше – від матеріалу ізоляції й оболонки кабелю. При низьких температурах навколишнього повітря прокладку кабелів допускається робити тільки після прогріву. Якщо траса кабельної лінії проходить через ділянки, що насичені різними комунікаціями, а також існує необхідність захисту кабелів від механічних ушкоджень і блукаючих струмів, то використовують трубну каналізацію із ПЕ труб.

Інший можливий спосіб прокладання кабелів – у кабельних каналах й колекторах. Його застосовують при кількості електрокабелів в одному напрямку не менше 20. Такі конструкції виконують зі збірного залізобетону й засипають поверх зйомник плит перекриття шаром грунту не менше 30 см.

Загалом значення мінімально допустимих відстаней у просвіті між будь-якими інженерними комунікаціями при підземному прокладанні фундаментами будівель тощо, між суміжними інженерними комунікаціями тощо вказані у нормативному документі [35].

2.4. Розрахунок витрат теплоти для потреб теплопостачання

2.4.1. Опалення і вентиляція

Котеджні мікрорайони

Котеджі розташовані в мікрорайонах А2, А3, А4, В3. На підставі аналізу вихідних даних встановлено, що загальна площа кожного з котеджів знаходиться в межах 400-600 м^2, поверховість становить 2 поверхи.

Мікрорайон А2

Житлова площа котеджу дорівнює

$$F_1 = \frac{F_{ð-íó}}{N} = \frac{10526}{18} = 585\,\text{м}^2,$$

де F_1 – житлова площа котеджу, м^2; $F_{ð-íó}$ – загальна житлова площа мікрорайону (див. табл.1.2), м^2; N – кількість котеджів у мікрорайоні (див. табл.1.2), шт.

Навантаження для потреб опалення визначається за формулою:

$$Q_o = q_o \cdot F_1 = 86 \cdot 585 = 50,31\,\text{кВт},$$

де Q_o – теплове навантаження для потреб опалення, кВт; q_o – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1м^2 загальної площі, Вт/м^2.

Для І кліматичної зони та двоповерхової забудови приймаємо $q_o = 86$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як

$$Q_B = 0,337 \cdot F_1 \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0,337 \cdot 585 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 24,71\,\text{кВт},$$

де Q_B – теплове навантаження на підігрів вентиляційного повітря, Вт; h – висота стелі котеджу, м, приймаємо $h = 3$ м; $t_{âí.}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; $t_{çí â.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Питомі витрати теплоти для опалення прийнято на підставі даних ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [36]. При розрахунку витрат теплоти для потреб вентиляції у приміщеннях котеджу передбачено однократний повітрообмін.

Мікрорайон А3:

Розрахунок виконано аналогічно мікрорайону А2.

Житлова площа котеджу дорівнює:

$$F_1 = \frac{F_{ð-í ó}}{N} = \frac{1260}{3} = 420\,\text{м}^2,$$

де F_1 – житлова площа котеджу, м^2; $F_{ð-í ó}$ – загальна житлова площа мікрорайону, м^2; N – кількість котеджів у мікрорайоні, шт.

Навантаження для систем опалення визначається за формулою:

$$Q_o = q_o \cdot F_1 = 86 \cdot 420 = 36{,}12\,\text{кВт}.$$

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як:

$$Q_B = 0{,}337 \cdot F_1 \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0{,}337 \cdot 420 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 17{,}74\,\text{кВт}.$$

Мікрорайон А4:

Житлова площа котеджу дорівнює:

$$F_1 = \frac{F_{ð-í ó}}{N} = \frac{30141}{50} = 603\,\text{м}^2,$$

Навантаження для потреб опалення:

$$Q_o = q_o \cdot F_1 = 94 \cdot 603 = 56{,}682\ \text{кВт}.$$

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря:

$$Q_B = 0{,}337 \cdot F_1 \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0{,}337 \cdot 603 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 25{,}473\,\text{кВт}.$$

Мікрорайон В3:

Житлова площа котеджу дорівнює:

$$F_1 = \frac{F_{ð-í ó}}{N} = \frac{13048}{22} = 593\,\text{м}^2,$$

де F_1 – житлова площа котеджу, м^2; $F_{ð-í ó}$ – загальна житлова площа мікрорайону, м^2; N – кількість котеджів у мікрорайоні, шт.

Навантаження для потреб опалення:

$$Q_o = q_o \cdot F_1 = 86 \cdot 593 = 50{,}998\,\text{кВт}.$$

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря:

$$Q_B = 0{,}337 \cdot F_1 \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0{,}337 \cdot 593 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 25{,}051\,\text{кВт}.$$

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.3.

Таунхаузи

Таунхаузи розташовані в мікрорайонах А1, А5, А6. Площа одного помешкання для 3 осіб становить F=200 м^2. Загальна поверховість будівель не перевищує 5 поверхів. Теплова мережа задовольняє потреби систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Мікрорайон А1

Навантаження для потреб опалення визначається аналогічно, як для котеджів, за формулою:

$$Q_o = q_o \cdot F_{ð-í ó} = 55 \cdot 63289 = 3480,9 \text{ кВт},$$

де Q_o – теплове навантаження для потреб опалення, кВт; q_o – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м^2 загальної площі, Вт/м^2, $F_{0\text{-}A1}$ – загальна площа приміщень танхаузів у мікрорайоні (див. табл.1.2), м^2.

Для І кліматичної зони та п’ятиповерхової забудови приймаємо $q_o = 55$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як

$$Q_B = 0,337 \cdot F_{ð-í ó} \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çî â.}) = 0,337 \cdot 63289 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 2665,59 \text{ кВт},$$

де Q_B – теплове навантаження на підігрів вентиляційного повітря, Вт; h – висота стелі квартири, м, приймаємо $h = 3$ м; $t_{âí.}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; $t_{çî â.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Сумарне теплове навантаження для потреб опалення та вентиляції:

$$\sum Q_{A1}^{òàõí.} = Q_o + Q_B = 3480,9 + 2665,59 = 6146,49 \text{ кВт}.$$

Питомі витрати теплоти для опалення прийнято на підставі даних ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» При розрахунку витрат теплоти для потреб вентиляції у приміщеннях таунхауза передбачено однократний повітрообмін.

Мікрорайон А5

Навантаження для потреб опалення:

$$Q_o = q_o \cdot F_{ð-í ó} = 55 \cdot 18608 = 1023,44 \text{ кВт}.$$

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря:

$$Q_B = 0,337 \cdot F_{ð-í ó} \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çî â.}) = 0,337 \cdot 18608 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 786,07 \text{ кВт},$$

Сумарне теплове навантаження для опалення та вентиляції:

$$\sum Q_{A1}^{òàõí.} = Q_o + Q_B = 1023,44 + 786,07 = 1809,51 \text{ кВт}.$$

Мікрорайон А6

Навантаження систем опалення:

$Q_o = q_o \cdot F_{ð-í ó} = 55 \cdot 23043 = 1267,37$ кВт.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря:

$Q_B = 0,337 \cdot F_{ð-í ó} \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0,337 \cdot 23043 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 973,42$ кВт.

Сумарне теплове навантаження для опалення та вентиляції:

$\sum Q_{À1}^{ò àáí õ.} = Q_o + Q_B = 1267,37 + 974,42 = 2241,79$ кВт.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.3.

Готель

Готель розташований в мікрорайоні А1. Загальна опалювана площа готелю $F_{ãí ò åë} = 6000$ м^2. Розрахований на $N = 150$ номерів. Загальна кількість мешканців та обслуговуючого персоналу не перевищує $N_2 = 250$ осіб.

Навантаження для потреб опалення визначається за формулою:

$Q_o = q_o \cdot F_{ãí ò åë} = 62 \cdot 6000 = 372,0$ кВт.

Для І кліматичної зони та чотириповерхової забудови приймаємо $q_o = 62$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як

$Q_B = 0,337 \cdot F_{ãí ò åë} \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0,337 \cdot 6000 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 253,46$ кВт.

Сумарне теплове навантаження для потреб опалення та вентиляції:

$\sum Q_{À1}^{ãí ò åë} = Q_o + Q_B = 372,0 + 253,46 = 625,46$ кВт.

При розрахунку витрат теплоти для потреб вентиляції у приміщеннях готелю передбачено однократний повітрообмін.

Школа

Школа розташована в мікрорайоні А7. Загальна площа будівлі становить $F_{ø êî ëà} = 13979$ м^2. Умовно прийнято, що сумарна кількість учнів і медпрацівників становить $N_2 = 500$ осіб. Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання.

Навантаження для потреб опалення визначається за формулою:

$Q_o = q_o \cdot F_{ø êî ëà} = 44 \cdot 13979 = 615,076$ кВт.

Для І кліматичної зони та триповерхової забудови приймаємо $q_o = 44$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як

$Q_B = 0,337 \cdot F_{ø êî ëà} \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çí â.}) = 0,337 \cdot 13979 \cdot 4 \cdot (20 - (-22)) = 787,368$ кВт.

Сумарне теплове навантаження:

$\sum Q_{\grave{A}7}^{\text{ø êî ëà}} = Q_o + Q_B = 615,076 + 787,368 = 1402,44$ кВт.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.3.

Клубний будинок і спорткомплекс

Клубний будинок і спорткомплекс розташовані у мікрорайоні G9.

Загальна площа будівель становить F=3474 м^2. Одночасно перебуває не більше $N_2 = 100$ осіб. Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання, у т.ч. і підігріву води у басейнах. При розрахунку витрат теплоти прийнято, що у приміщеннях спорткомплексу забезпечується трикратний повітрообмін, а у ваннах басейну – 10% зміна води щогодини.

Навантаження систем опалення:

$Q_o = q_o \cdot F = 65 \cdot 3474 = 250,810$ кВт.

Для I кліматичної зони та забудови даного типу приймаємо $q_o = 65$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря враховуючи трикратний повітрообмін визначається як

$Q_B = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{\text{âí.}} - t_{\text{çî â.}}) = 0,337 \cdot 3474 \cdot 3 \cdot 5 \cdot (20 - (-22)) = 733,774$ кВт,

де Q_B – теплове навантаження на підігрів вентиляційного повітря, Вт; h – висота стелі спорткомплексу, м, приймаємо $h = 5$ м; $t_{\text{âí.}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; $t_{\text{çî â.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Сумарне навантаження:

$\sum Q_{G9}^{\text{êë.}^3\text{.ñï.êî ì.}} = Q_o + Q_B = 250,810 + 733,774 = 984,58$ кВт

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9.

Підземний паркінг

Підземний паркінг розташований у мікрорайоні G9. Температура повітря у приміщеннях прийнята 10 ^{0}С, системи вентиляції забезпечують двократний повітрообмін.

Навантаження на опалення визначається за формулою:

$Q_o = q_o \cdot F = 20 \cdot 4350 = 87$ кВт,

$q_o = 20$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря, враховуючи двократний повітрообмін, визначається як

$Q_B = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{\text{âí.}} - t_{\text{çî â.}}) = 0,337 \cdot 4350 \cdot 3 \cdot 2 \cdot (10 - (-22)) = 280,016$ кВт.

Сумарне навантаження на опалення та вентиляцію дорівнює:

$\sum Q_{G9}^{ï\,àðêª\acute{i}\,\tilde{a}} = Q_o + Q_B = 287 + 280,016 = 367,02$ кВт

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.3.

Тенісний корт

Тенісний корт розташований в мікрорайоні G9. Температура повітря у приміщеннях прийнята 16^0С, системи вентиляції забезпечують однократний повітрообмін.

Навантаження на опалення визначається за формулою:

$Q_o = q_o \cdot F = 65 \cdot 4350 = 282,75$ кВт,

$q_o = 65$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як

$Q_B = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{\hat{a}\acute{i}.} - t_{\hat{c}\hat{i}\,\hat{a}.}) = 0,337 \cdot 4350 \cdot 6 \cdot 38 = 332,519$ кВт.

Сумарне навантаження на опалення та вентиляцію дорівнює:

$\sum Q_{G9}^{\grave{o}\,\hat{a}\acute{i}.\hat{e}\hat{i}\,\partial\grave{o}} = Q_o + Q_B = 282,75 + 332,519 = 615,27$ кВт.

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.3.

2.4.2. Гаряче водопостачання

Котеджні мікрорайони

Котеджі розташовані в мікрорайонах А2, А3, А4, В3. На підставі аналізу вихідних даних встановлено, що загальна площа кожного з котеджів знаходиться в межах 400-600 м^2, поверховість – 2 поверхи.

Мікрорайон А2

Навантаження на гаряче водопостачання 1 котеджу визначається за формулою:

$Q_{\tilde{a}.\hat{a}.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{\tilde{a}.\hat{a}.} = 2,4 \cdot 4 \cdot 305 = 2,928$ кВт,

де $Q_{\tilde{a}.\hat{a}.}$ – теплове навантаження на гаряче водопостачання, Вт; K_2 – коефіцієнт, який враховує добову нерівномірність розбору гарячої води: на стадії розробки проекту газопостачання району, населеного пункту – K_2 = 2,4; N_2 – кількість мешканців одного котеджу.

На підставі вихідних даних (див. табл. 1.2) маємо N_2 = 4; $q_{\tilde{a}.\hat{a}.}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання, Вт/люд., приймається в залежності від норми витрати води на гаряче водопостачання однією людиною на добу, $q_{\tilde{a}.\hat{a}.}$ = 305 Вт/люд.

Мікрорайони А3, А4, В3

Навантаження для потреб гарячого водопостачання 1-ого котеджу визначається аналогічно мікрорайону А2.

$$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 4 \cdot 305 = 2,93 \text{ кВт.}$$

Таунхаузи

Таунхаузи розташовані в мікрорайонах А1, А5, А6. Площа одного помешкання для 3 осіб становить F=200 м^2. Загальна поверховість будівель не перевищує 5 поверхів. Теплова мережа від дахової котельні задовольняє потреби систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Мікрорайон А1

Кількість квартир у мікрорайоні можна визначити таким чином:

$$N = \frac{F_{ð-í ó}}{f} = \frac{63289}{200} \approx 316 .$$

де N – кількість квартир у районі; f – площа 1-єї квартири, 200м^2; $F_{ð-í ó}$ – загальна житлова площа мікрорайону, (див. табл. 1.2), м^2.

Кількість осіб N_2, що проживають у районі визначається:

$$N_2 = 3 \cdot N = 3 \cdot 316 = 948 .$$

Навантаження на гаряче водопостачання визначається за формулою:

$$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 948 \cdot 305 = 693,94 \text{ кВт,}$$

де $Q_{ã.â.}$ – теплове навантаження на гаряче водопостачання, Вт; K_2 – коефіцієнт, який враховує добову нерівномірність розбору гарячої води: на стадії розробки проекту газопостачання району, населеного пункту – K_2 = 2,4; $q_{ã.â.}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання, Вт/люд., приймається в залежності від норми витрати води на гаряче водопостачання однією людиною на добу, $q_{ã.â.}$ = 305 Вт/люд.

Мікрорайон А5

Розрахунки виконують аналогічно.

Кількість квартир:

$$N = \frac{F_{ð-í ó}}{f} = \frac{18608}{200} \approx 93 .$$

Кількість осіб N_2, що проживають у районі:

$$N_2 = 3 \cdot N = 3 \cdot 93 = 279 .$$

Навантаження на гаряче водопостачання:

$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 279 \cdot 305 = 204,228$ кВт.

Мікрорайон А6

Кількість квартир:

$N = \frac{F_{ðí ó}}{f} = \frac{23043}{200} \approx 115$.

Кількість осіб N_2:

$N_2 = 3 \cdot N = 3 \cdot 115 = 345$.

Навантаження на гаряче водопостачання:

$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 345 \cdot 305 = 252,54$ кВт

Готель

Готель розташований в мікрорайоні А1. Загальна опалювана площа готелю $F_{ãîò åëþ} = 6000$ м^2. Розрахований на $N = 150$ номерів. Загальна кількість мешканців та обслуговуючого персоналу не перевищує $N_2 = 250$ осіб.

Навантаження на гаряче водопостачання:

$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 948 \cdot 250 = 183,0$ кВт.

Школа

Школа розташована в мікрорайоні А7. Загальна площа будівлі становить $F_{øêîëà} = 13979$ м^2. Умовно прийнято, що сумарна кількість учнів і медпрацівників становить $N_2 = 500$ осіб. Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання. Джерело теплоти – автономна газова модульна котельня розрахунковою тепловою потужністю Q_m=1490 кВт.

Навантаження на гаряче водопостачання:

$Q_{ã.â.} = K_2 \cdot N_2 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 500 \cdot 73 = 87,60$ кВт,

де $q_{ã.â.}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання, Вт/люд., приймається в залежності від норми витрати води на гаряче водопостачання однією людиною на добу, $q_{ã.â.}$ = 73 Вт/люд.

Клубний будинок і спорткомплекс

Клубний будинок і спорткомплекс розташовані у мікрорайоні G9.

Загальна площа будівель становить F=3474 м^2. Одночасно перебуває не більше $N_2 = 100$ осіб. Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання, у т.ч. і підігріву води у басейнах. При розрахунку витрат теплоти прийнято, що у приміщеннях спорткомплексу забезпечується трикратний повітрообмін, а у ваннах басейну – 10-% зміна води щогодини.

Навантаження на гаряче водопостачання визначається для душових кабін сауни а також для двох басейнів розмірами:

1) 25х12,5 м глибиною h = 1,5 м об'ємом V = 468,75м^3;
2) 12,5х6,5 м глибиною h = 1,5 м об'ємом V = 120 м^3.

Навантаження на гаряче водопостачання 1-го басейну враховуючи 10-% зміну води щогодини, тобто $G' \approx 50$ м^3 розраховується за формулою:

$$Q_{\text{áàññåéí 1}} = 1{,}163 \cdot G' \cdot \Delta t = 1{,}163 \cdot 50 \cdot 25 = 1453{,}75 \text{ кВт},$$

де $\Delta t = 25\,^\circ$C – підігрів води в басейнах в холодний період року.

Навантаження на гаряче водопостачання 2-го басейну враховуючи 10-% зміну води щогодини, тобто $G' \approx 12$ м^3 розраховується за формулою:

$$Q_{\text{áàññåéí 2}} = 1{,}163 \cdot G' \cdot \Delta t = 1{,}163 \cdot 12 \cdot 25 = 348{,}9 \text{ кВт}.$$

Навантаження на гаряче водопостачання сауни враховуючи, що в сауні встановлено 20 душових кабін витратою 15 л/год. кожна, або сумарною витратою G' = 7,2 м^3/год. дорівнює :

$$Q_{\text{ñàóíà}} = 1{,}163 \cdot G' \cdot \Delta t = 1{,}163 \cdot 7{,}2 \cdot 55 = 460{,}55 \text{ кВт},$$

Різниця температур $\Delta t = 60 - 5 = 55\,^\circ$C.

Сумарне навантаження на гаряче водопостачання спорткомплексу визначається як сума

$$Q_{\text{ã.â.}} = Q_{\text{áàññåéí 1}} + Q_{\text{áàññåéí 2}} + Q_{\text{ñàóíà}} = 1453{,}75 + 348{,}9 + 460{,}55 = 2263{,}2 \text{ кВт}.$$

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.3.

2.5. Розрахунок витрат природного газу

2.5.1. Котеджі

Котеджі розташовані в мікрорайонах А2, А3, А4, В3. Природний газ планується використовувати для господарсько-побутових потреб мешканців (прийнято, що одночасно в одному будинку може перебувати до 4 осіб), опалення, вентиляції і гарячого водопостачання. В кожному будинку встановлюють побутову чотирипальникову газову плиту типу ПГ-4 тепловою потужністю $Q_{ПГ}$ = 10,65 кВт, двоконтурний (опалення+гаряче водопостачання) водогрійний газовий котел. Розрахунок теплової потужності котла виконується за укрупненими показниками навантажень на опалення, вентиляцію та ГВП.

Мікрорайон А2

Для одного котеджу максимально-годинну витрату природного газу можна знаходити так:

$$V^{O}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot Q_o}{Q^{\acute{I}}_{\eth}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot 50310}{34\cdot 0,9} = 5,92 \text{ м}^3\text{/год},$$

де $V^{O}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.}$ – годинна витрата природного газу на опалення одного котеджу, м^3/год/; Q_0 – теплова потужність системи опалення, Вт; $Q^{\acute{I}}_{\eth}$ – нижча теплота спалювання природного газу, МДж/м^3, за відсутності даних про хімічний склад газу необхідно приймати $Q^{\acute{I}}_{\eth}$ = 34 МДж/м^3; η – коефіцієнт корисної дії котла, приймаємо η = 0,9.

Максимально-годинна витрата газу на підігрів вентиляційного повітря $V^{\hat{A}}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.}$ дорівнює:

$$V^{\hat{A}}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\hat{A}}}{Q^{\acute{I}}_{\eth}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot 24712}{34\cdot 0,9} = 2,91 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Максимально-годинна витрата газу на потреби гарячого водопостачання $V^{\tilde{A}.\hat{A}.}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.}$ дорівнює:

$$V^{\tilde{A}.\hat{A}.}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\tilde{a}.\hat{a}.}}{Q^{\acute{I}}_{\eth}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot 2928}{34\cdot 0,9} = 0,35 \text{ м}^3\text{/год}.$$

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання для одного котеджу дорівнює:

$$V^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}}_{\hat{e}\hat{i}\,\grave{o}\,\mathring{a}\ddot{a}\text{æ}} = V^{O}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} + V^{\hat{A}}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} + V^{\tilde{A}.\hat{A}.}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} = 5,92 + 2,91 + 0,35 = 9,18 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Сумарна максимально-годинна витрата природного газу одним котеджем з урахуванням витрат палива для господарсько-побутових потреб мешканців становить:

$$V^{\text{Æ}.\acute{A}.}_{\grave{A}2} = V^{O}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} + V^{\hat{A}}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} + V^{\tilde{A}.\hat{A}.}_{\tilde{a}\hat{i}\,\ddot{a}.} + V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} = 5,92 + 2,91 + 0,35 + 1,13 = 10,31 \text{ м}^3\text{/год},$$

де $V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}$ – годинна витрата газу побутовою 4-пальниковою газовою плитою типу ПГ-4, м^3/год.

Приймаємо $V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} = 1,13$ м^3/год.

Сумарна годинна витрата природного газу районом А2 визначається з урахуванням ймовірності одночасної дії газових побутових приладів і водогрійних котлів так:

$$\sum V_{\grave{A}2} = N\cdot\left(V^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}}_{\hat{e}\hat{i}\,\grave{o}\,\mathring{a}\ddot{a}\text{æ}} + K_{sim}\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}\right) = 18\cdot\left(9,18 + 0,237\cdot 1,13\right) = 170,06 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V^{\grave{o}\,/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.}_{\grave{A}2} = N\cdot V^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}}_{\hat{e}\hat{i}\,\grave{o}\,\mathring{a}\ddot{a}\text{æ}} = 18\cdot 9,18 = 165,24 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V^{\tilde{a}\hat{i}\,\tilde{n}\ddot{\imath}\,.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.}_{\grave{A}2} = N\cdot\left(K_{sim}\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}\right) = 18\cdot\left(0,237\cdot 1,13\right) = 4,82 \text{ м}^3\text{/год.},$$

де $\sum V_{\grave{A}2}$ – сумарна годинна витрата природного газу районом А2, м^3/год; $V^{\grave{o}\,/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.}_{\grave{A}2}$ – годинна витрата природного газу районом А2 на потреби теплопостачання, м^3/год.; $V^{\tilde{a}\hat{i}\,\tilde{n}\ddot{\imath}\,.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.}_{\grave{A}2}$ – годинна витрата природного газу районом А2 на господарсько-побутові потреби; K_{sim} – коефіцієнт одночасності,

значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,237$.

Мікрорайон А3

Сумарна годинна витрата природного газу на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

$$V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} = V_{ãîä.}^{O} + V_{ãîä.}^{Â} + V_{ãîä.}^{Ã.Â.} = 4,24 + 2,09 + 0,35 = 6,68 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна максимально-годинна витрата природного газу одним котеджем:

$$V_{À3}^{Æ.Á.} = V_{ãîä.}^{O} + V_{ãîä.}^{Â} + V_{ãîä.}^{Ã.Â.} + V_{ÏÃ-4} = 4,24 + 2,09 + 0,35 + 1,13 = 7,81 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна годинна витрата природного газу районом А3:

$$\sum V_{À3} = N \cdot \left(V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} + K_{sim} \cdot V_{ÏÃ-4} \right) = 3 \cdot \left(6,68 + 0,45 \cdot 1,13 \right) = 21,57 \text{ м}^3/\text{год.},$$

$$V_{À3}^{ò/ïîñòà÷.} = N \cdot V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} = 3 \cdot 6,68 = 20,04 \text{ м}^3/\text{год.},$$

$$V_{À3}^{ãîñï.ïîá.} = N \cdot \left(K_{sim} \cdot V_{ÏÃ-4} \right) = 3 \cdot \left(0,45 \cdot 1,13 \right) = 1,53 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $\sum V_{À3}$ – сумарна годинна витрата природного газу районом А3, м^3/год.; $V_{À3}^{ò/ïîñòà÷.}$ – годинна витрата природного газу районом А3 на потреби теплопостачання, м^3/год.; $V_{À3}^{ãîñï.ïîá.}$ – годинна витрата природного газу районом А3 на господарсько-побутові потреби; K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,45$.

Мікрорайон А4

Сумарна годинна витрата природного газу на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

$$V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} = V_{ãîä.}^{O} + V_{ãîä.}^{Â} + V_{ãîä.}^{Ã.Â.} = 6,67 + 2,99 + 0,35 = 10,01 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна максимально-годинна витрата природного газу одним котеджем

$$V_{À4}^{Æ.Á.} = V_{ãîä.}^{O} + V_{ãîä.}^{Â} + V_{ãîä.}^{Ã.Â.} + V_{ÏÃ-4} = 6,67 + 2,99 + 0,35 + 1,13 = 11,14 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна годинна витрата природного газу районом А4:

$$\sum V_{À4} = N \cdot \left(V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} + K_{sim} \cdot V_{ÏÃ-4} \right) = 50 \cdot \left(10,01 + 0,223 \cdot 1,13 \right) = 513,10 \text{ м}^3/\text{год.},$$

$$V_{À4}^{ò/ïîñòà÷.} = N \cdot V_{êîòåäæ}^{ÎÂ+ÃÂ} = 50 \cdot 10,01 = 500,50 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$V_{À4}^{ãîñï.ïîá.} = N \cdot \left(K_{sim} \cdot V_{ÏÃ-4} \right) = 50 \cdot \left(0,223 \cdot 1,13 \right) = 12,60 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $\sum V_{À4}$ – сумарна годинна витрата природного газу районом А4, м^3/год; $V_{À4}^{ò/ïîñòà÷.}$ – годинна витрата природного газу районом А4 на потреби теплопостачання, м^3/год; $V_{À4}^{ãîñï.ïîá.}$ – годинна витрата природного газу районом

А4 на господарсько-побутові потреби; K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,223$.

Мікрорайон В3

Сумарна годинна витрата природного газу на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

$$V_{\hat{e}\hat{i}\grave{o}\,\mathring{a}\mathring{a}\acute{c}\ae}^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}} = V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{O} + V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{\hat{A}} + V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{\tilde{A}.\hat{A}.} = 6,00 + 2,94 + 0,35 = 9,29 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Сумарна максимально-годинна витрата природного газу одним котеджем:

$$V_{\hat{A}3}^{\text{Æ}.\acute{A}.} = V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{O} + V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{\hat{A}} + V_{\tilde{a}\tilde{i}\,\ddot{a}.}^{\tilde{A}.\hat{A}.} + V_{\hat{I}\,\tilde{A}-4} = 6,00 + 2,94 + 0,35 + 1,13 = 10,42 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Сумарна годинна витрата природного газу районом В3 визначається так

$$\sum V_{\hat{A}3} = N \cdot \left(V_{\hat{e}\hat{i}\grave{o}\,\mathring{a}\mathring{a}\acute{c}\ae}^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}} + K_{sim} \cdot V_{\hat{I}\,\tilde{A}-4} \right) = 22 \cdot \left(9,29 + 0,234 \cdot 1,13 \right) = 210,20 \text{ м}^3\text{/год,}$$

$$V_{\hat{A}3}^{\grave{o}/\ddot{i}\,\hat{i}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} = N \cdot V_{\hat{e}\hat{i}\grave{o}\,\mathring{a}\mathring{a}\acute{c}\ae}^{\hat{I}\,\hat{A}+\tilde{A}\hat{A}} = 22 \cdot 9,29 = 204,38 \text{ м}^3\text{/год.,}$$

$$V_{\hat{A}3}^{\tilde{a}\tilde{i}\,\tilde{n}\ddot{i}.\ddot{i}\,\hat{i}\,\acute{a}.} = N \cdot \left(K_{sim} \cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} \right) = 22 \cdot \left(0,234 \cdot 1,13 \right) = 5,82 \text{ м}^3\text{/год.,}$$

де $\sum V_{\hat{A}3}$ – сумарна годинна витрата природного газу районом В3, м^3/год.; $V_{\hat{A}3}^{\grave{o}/\ddot{i}\,\hat{i}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.}$ – годинна витрата природного газу районом В3 на потреби теплопостачання, м^3/год; $V_{\hat{A}3}^{\tilde{a}\tilde{i}\,\tilde{n}\ddot{i}.\ddot{i}\,\hat{i}\,\acute{a}.}$ – годинна витрата природного газу районом В3 на господарчо-побутові потреби; K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,237$.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

2.5.2. Таунхауз

Таунхаузи розташовані в мікрорайонах А1, А5, А6. Природний газ використовується лише для господарсько-побутових потреб мешканців (в кухнях встановлено газові побутові плити типу ПГ-4). Теплопостачання відбувається від автономних газових модульних котелень, можливо, дахових або розміщених в окремій будівлі чи прибудованих до таунхаузів.

Котельні задовольняють потреби систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Мікрорайон А1

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу таунхаузами району А1 визначається так:

$$\sum V_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{i}\,\tilde{o}.} = V_{\grave{A}1}^{\grave{o}/\ddot{i}\,\hat{i}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} + K_{sim} \cdot N \cdot V_{\hat{I}\,\tilde{A}-4} = 684,04 + 1,13 \cdot 316 \cdot 0,1884 = 751,31 \text{ м}^3\text{/год.,}$$

$$V_{\grave{A}1}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot \sum Q_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.}}{Q_{\eth}^{\acute{I}}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 0,85\cdot 6840,43}{34\cdot 0,9} = 684,04 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V_{\grave{A}1}^{\tilde{a}\hat{\imath}\,\tilde{n}\ddot{\imath}.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.} = N\cdot\left(K_{sim}\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}\right) = 316\cdot\left(0,1884\cdot 1,13\right) = 67,27 \text{ м}^3\text{/год.},$$

де $\sum V_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.}$ – сумарна годинна витрата природного газу таунхаузами району А1, м^3/год.; $V_{\grave{A}1}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.}$ – годинна витрата природного газу районом А1 на потреби теплопостачання, м^3/год.; $V_{\grave{A}1}^{\tilde{a}\hat{\imath}\,\tilde{n}\ddot{\imath}.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.}$ – годинна витрата природного газу районом А1 на господарсько-побутові потреби; $V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}$ – годинна витрата газу побутовою чотирипальниковою газовою плитою типу ПГ-4, м^3/год., приймаємо $V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} = 1,13$ м^3/год.; K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,1884$.

Мікрорайон А5

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу таунхаузами району А5 визначається так:

$$\sum V_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.} = V_{\grave{A}5}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} + K_{sim}\cdot N\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} = 201,37 + 93\cdot 0,21\cdot 1,13 = 223,44 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V_{\grave{A}5}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot \sum Q_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.}}{Q_{\eth}^{\acute{I}}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 0,85\cdot 2013,74}{34\cdot 0,9} = 201,37 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V_{\grave{A}5}^{\tilde{a}\hat{\imath}\,\tilde{n}\ddot{\imath}.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.} = N\cdot\left(K_{sim}\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}\right) = 93\cdot\left(0,21\cdot 1,13\right) = 22,07 \text{ м}^3\text{/год.},$$

де K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,21$.

Мікрорайон А6

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу таунхаузами району А6 визначається так:

$$\sum V_{\grave{A}6}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.} = V_{\grave{A}6}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} + K_{sim}\cdot N\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4} = 249,33 + 1,13\cdot 115\cdot 0,209 = 276,49 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V_{\grave{A}6}^{\grave{o}/\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\tilde{n}\grave{o}\,\grave{a}\div.} = \frac{3,6\cdot 10^{-3}\cdot \sum Q_{\grave{A}1}^{\grave{o}\,\grave{a}\acute{o}\acute{\imath}\,\tilde{o}.}}{Q_{\eth}^{\acute{I}}\cdot\eta} = \frac{3,6\cdot 0,85\cdot 2493,33}{34\cdot 0,9} = 249,33 \text{ м}^3\text{/год.},$$

$$V_{\grave{A}6}^{\tilde{a}\hat{\imath}\,\tilde{n}\ddot{\imath}.\ddot{\imath}\,\hat{\imath}\,\acute{a}.} = N\cdot\left(K_{sim}\cdot V_{\ddot{I}\,\tilde{A}-4}\right) = 115\cdot\left(0,209\cdot 1,13\right) = 27,16 \text{ м}^3\text{/год.},$$

де K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого приймається в залежності від виду і кількості приладів у комбінації, приймаємо $K_{sim} = 0,209$.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

2.5.3. Готель

Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання (опалення, вентиляції та гарячого водопостачання). Джерело теплоти –

автономна газова модульна котельня розрахунковою тепловою потужністю Q_m=810 кВт.

Сумарна годинна витрата природного газу готелю району А1 визначається так:

$$V_{A1}^{год/рік} = \frac{3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{A1}^{опал}}{Q_н^р \cdot \eta} = \frac{3,6 \cdot 808,46}{34 \cdot 0,9} = 95,11 \text{ м}^3/\text{год.},$$

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

2.5.4. Школа

Школа розташована в мікрорайоні А7. Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання. Джерело теплоти – автономна газова модульна котельня розрахунковою тепловою потужністю Q_m=1490 кВт.

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу школи району А7 визначається так:

$$\sum V_{A7}^{школа} = V_{A7}^{год/рік} = 175,3 \text{ м}^3/\text{год.},$$

$$V_{A7}^{год/рік} = \frac{3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{A7}^{школа}}{Q_н^р \cdot \eta} = \frac{3,6 \cdot 1490,044}{34 \cdot 0,9} = 175,3 \text{ м}^3/\text{год.},$$

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5

2.5.5. Клубний будинок і спорткомплекс

Клубний будинок і спорткомплекс розташовані у мікрорайоні G9.

Природний газ використовується лише для потреб теплопостачання, у т.ч. і підігріву води у басейнах. Джерело теплоти – автономна газова модульна котельня розрахунковою тепловою потужністю Q_m=3250 кВт.

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу клубного будинку і спорткомплексу району G9 визначається так:

$$V_{G9}^{год/рік} = \frac{3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{G9}^{клуб.-спорт.комп.}}{Q_н^р \cdot \eta} = \frac{3,6 \cdot 3247,784}{34 \cdot 0,9} = 382,35 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

2.5.6. Підземний паркінг

Підземний паркінг розташований у мікрорайоні G9. Природний газ використовується лише для потреб опалення і вентиляції. Джерело теплоти – автономна газова модульна котельня розрахунковою тепловою потужністю Q_m=370 кВт. Можливий варіант – підключення даного навантаження до котельні клубного будинку і спорткомплексу.

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу паркінгу району G9 визначається так:

$$\sum V_{G9}^{\text{ï àðê³í ã}} = V_{G9}^{\text{ò /ï î ñò à÷.}} = 43{,}18 \text{ м}^3\text{/год},$$

$$V_{G9}^{\text{ò /ï î ñò à÷.}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{G9}^{\text{ï àðê³í ã}}}{Q_{\text{ð}}^{\text{í}} \cdot \eta} = \frac{3{,}6 \cdot 367{,}02}{34 \cdot 0{,}9} = 43{,}18 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

2.5.7. Тенісний корт

Тенісний корт розташований в мікрорайоні G9. Природний газ використовується лише для потреб опалення і вентиляції.

З урахуванням вище викладеного сумарна годинна витрата природного газу тенісного корту району G9 визначається так:

$$\sum V_{G9}^{\text{ò åí .êî ðò}} = V_{G9}^{\text{ò /ï î ñò à÷.}} = 72{,}38 \text{ м}^3\text{/год},$$

$$V_{G9}^{\text{ò /ï î ñò à÷.}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{G9}^{\text{ò åí .êî ðò}}}{Q_{\text{ð}}^{\text{í}} \cdot \eta} = \frac{3{,}6 \cdot 615{,}27}{34 \cdot 0{,}9} = 72{,}38 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.4. та табл. 2.5.

При визначенні витрат природного газу прийнято вказані у експлікаціях генплану значення загальних площ, а також можливе інженерне обладнання, що встановлюють в аналогічних за функціональним призначенням будівлях.

2.6. Розрахунок витрат електроенергії

2.6.1. Котеджі

Котеджі розташовані в мікрорайонах А2, А3, А4, В3. Електроенергію планується використовувати для господарсько-побутових потреб мешканців (прийнято, що одночасно в одному котеджі може перебувати до 4 осіб), опалення, вентиляції і гарячого водопостачання. В кожному будинку встановлюють побутову електричну плиту тепловою потужністю $Q_{ПЕ}$ = 10 кВт, водогрійний електричний котел для опалення і гарячого водопостачання. Розрахунок теплової потужності теплогенератора виконано за укрупненими показниками навантажень на опалення, вентиляцію та ГВП. Також додаються навантаження систем внутрішнього та зовнішнього електроосвітлення, побутові потреби.

Мікрорайон А2

Побутові навантаження на електроприлади:

$$q_{Å.Ï\ ð} = F_1 q^1_{î\ ñâ} + q_{âë.ï\ ë.} = 585 \cdot 0,01 + 10 = 15,85 \text{ кВт}$$

де: $q^1_{î\ ñâ}$ – витрата електроенергії на освітлення та побутові потреби будинку, $q^1_{î\ ñâ} = 0,01$ кВт/м^2; $q^1_{à.á.}$ – витрата електроенергії однією електроплитою, $q^1_{âë.ï\ ë.} = 10$ кВт.

Сумарна витрата електроенергії на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електроприлади і освітлення для одного котеджу становить:

$$q_\Sigma = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï\ ð} = 50,31 + 24,84 + 2,93 + 15,85 = 93,93 \text{ кВт.}$$

Сумарна витрата електроенергії в мікрорайоні:

$$Q_{À2} = N \cdot q_\Sigma = 18 \cdot 93,93 = 1690,71 \text{ кВт.}$$

Мікрорайон А3

Розрахунки потреби у електроенергії виконують аналогічно як для мікрорайону А2 .

Навантаження на електроприлади:

$$q_{Å.Ï\ ð} = F_1 q^1_{î\ ñâ} + q_{âë.ï\ ë.} = 420 \cdot 0,01 + 10 = 14,2 \text{ кВт}$$

Сумарна витрата електроенергії на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та побутові потреби і освітлення для одного котеджу дорівнює:

$$q_\Sigma = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï\ ð} = 36,12 + 17,83 + 2,93 + 14,2 = 71,08 \text{ кВт.}$$

Сумарна витрата електроенергії у мікрорайоні:

$$Q_{À3} = N \cdot q_\Sigma = 3 \cdot 71,08 = 213,24 \text{ кВт.}$$

Мікрорайон А4

Побутові навантаження та потреби електроосвітлення:

$$q_{Å.Ï\ ð} = F_1 q^1_{î\ ñâ} + q_{âë.ï\ ë.} = 603 \cdot 0,01 + 10 = 16,03 \text{ кВт}$$

Сумарна витрата електроенергії на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електроприлади для одного котеджу дорівнює:

$$q_\Sigma = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï\ ð} = 56,68 + 25,6 + 2,93 + 16,03 = 101,24 \text{ кВт.}$$

Сумарна витрата у мікрорайоні:

$$Q_{À4} = N \cdot q_\Sigma = 50 \cdot 101,24 = 5062 \text{ кВт.}$$

Мікрорайон В3

Навантаження на електроприлади:

$$q_{Å.Ï\ ð} = F_1 q^1_{î\ ñâ} + q_{âë.ï\ ë.} = 594 \cdot 0,01 + 10 = 15,94 \text{ кВт}$$

Сумарна витрата електроенергії на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електроприлади для одного котеджу дорівнює:

$q_{\Sigma} = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï\,ð} = 51,08 + 25,22 + 2,93 + 15,94 = 95,17$ кВт.

Сумарна витрата мікрорайону:

$Q_{Â3} = N \cdot q_{\Sigma} = 22 \cdot 95,17 = 2093,84$ кВт.

2.6.2. Таунхауз

Таунхаузи розташовані в мікрорайонах А1, А5, А6. Площа одного помешкання для 3 осіб становить f=200 м^2.

Мікрорайон А1

Потреби енергії для теплопостачання однієї квартири:

Навантаження на опалення визначається за формулою:

$q_O = q_o^1 \cdot f = 55 \cdot 200 = 11$ кВт,

де: q_O – теплове навантаження на опалення, Вт; q_o^1 – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м^2 загальної площі, Вт/м^2; f – площа однієї квартири, м^2.

Для І кліматичної зони та п’ятиповерхової забудови приймаємо $q_o^1 = 55$ Вт/м^2.

Навантаження на підігрів вентиляційного повітря визначається як:

$q_B = 0,337 \cdot f \cdot h \cdot (t_{âí.} - t_{çî â.}) = 0,337 \cdot 200 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) = 8,09$ кВт,

де: q_B – теплове навантаження на підігрів вентиляційного повітря, Вт; h – висота стелі квартири, м, приймаємо $h = 3$ м; $t_{âí.}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; $t_{çî â.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Навантаження на гаряче водопостачання визначається за формулою:

$q_{ÃÂÏ} = K_2 \cdot N_1 \cdot q_{ã.â.} = 2,4 \cdot 3 \cdot 305 = 2,2$ кВт,

де: $q_{ÃÂÏ}$ – теплове навантаження на гаряче водопостачання, Вт; K_2 – коефіцієнт, який враховує добову нерівномірність розбору гарячої води: на стадії розробки проекту газопостачання району, населеного пункту – K_2 = 2,4; $q_{ã.â.}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання, Вт/люд., приймається в залежності від норми витрати води на гаряче водопостачання однією людиною на добу, $q_{ã.â.}$ = 305 Вт/люд.

Потреба в електроенергії для освітлення і побутові навантаження:

$q_{Å.Ï\,ð} = f q_{î\,ñâ}^1 + q_{âë.ï\,ë.} = 200 \cdot 0,01 + 10 = 12$ кВт

Сумарна витрата електроенергії на потреби теплопостачання, освітлення і побутові потреби для однієї квартири дорівнює:

$q_{\Sigma} = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï.ð} = 11 + 8,09 + 2,2 + 12 = 33,29$ кВт.

Сумарна витрата у мікрорайоні:

$Q_{À1} = N \cdot q_{\Sigma} = 316 \cdot 33,29 = 10519,6$ кВт.

Мікрорайон А5

Витрати електроенергії на потреби теплопостачання, освітлення та побутові потреби для однієї квартири приймаємо аналогічними як для мікрорайону А1, оскільки площі квартир однакові. Різниця полягає в кількості квартир.

Сумарна витрата електроенергії в мікрорайоні:

$Q_{À5} = N \cdot q_{\Sigma} = 93 \cdot 33,29 = 3095,97$ кВт.

Мікрорайон А6

Витрати електроенергії на потреби теплопостачання, освітлення та побутові потреби для однієї квартири приймаємо аналогічними як для мікрорайону А1, оскільки площі квартир однакові. Різниця полягає в кількості квартир.

Сумарна витрата електроенергії в мікрорайоні:

$Q_{À6} = N \cdot q_{\Sigma} = 115 \cdot 33,29 = 3828,35$ кВт.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.6.

2.6.3. Готель

Готель розташований в мікрорайоні А1. Загальна опалювана площа готелю $F = 6000\,м^2$. Розрахований на $N = 150$ номерів. Загальна кількість мешканців та обслуговуючого персоналу не перевищує $N_2 = 250$ осіб.

Освітлення та побутові навантаження:

$q_{Å.Ï.ð} = Fq^1_{î ñâ} + nq_{âë.ï ë.} + q_{ä} = 6000 \cdot 0,01 + 6 \cdot 10 = 120$ кВт.

Витрати електроенергії на потреби теплопостачання, освітлення та побутові потреби:

$q_{\Sigma} = q_{î} + q_{Á} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï.ð} = 372 + 254,77 + 183 + 120 = 929,77$ кВт.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.6.

2.6.4. Школа

Школа розташована в мікрорайоні А7. Загальна площа будівлі становить $F = 13979\,м^2$. Умовно прийнято, що сумарна кількість учнів і медпрацівників становить $N_2 = 500$ осіб.

Освітлення та побутові навантаження:

$q_{Å.Ï\ ð} = Fq^1_{î\ ñâ} + nq_{åë.ï\ ë.} = 13979 \cdot 0,01 + 6 \cdot 10 = 199,79$ кВт.

Сумарна витрата електроенергії:

$q_{\Sigma} = q_{Î} + q_{Â} + q_{ÃÂÏ} + q_{Å.Ï\ ð} = 615,08 + 791,44 + 87,6 + 199,79 = 1693,9$ кВт.

Результати розрахунків зводяться до табл. 2.6.

2.6.5. Клубний будинок і спорткомплекс

Клубний будинок і спорткомплекс розташовані у мікрорайоні G9.

Освітлення та побутові навантаження, електрообладнання:

$Q_{Å.Ï\ ð} = Fq^1_{î\ ñâ} + Ð_{î\ àñ} = 3474 \cdot 0,01 + 20 = 54,74$ кВт.

Сумарна витрата електроенергії:

$\Sigma Q = Q_{Î} + Q_{B} + Q_{ÃÂÏ} + Q_{Å.Ï\ ð} = 225,81 + 442,54 + 2263,2 + 54,74 = 2986,29$ кВт.

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.6.

2.6.6. Підземний паркінг

Підземний паркінг розташований у мікрорайоні G9.

Електроенергія для потреб освітлення:

$Q_{Å.Ï\ ð} = Fq^1_{î\ ñâ} = 4350 \cdot 0,01 = 43,5$ кВт.

Сумарна витрата електроенергії:

$\Sigma Q^{ï\ àðêí\ ã}_{G9} = Q_{o} + Q_{B} + Q_{Å.Ï\ ð} = 87 + 281,46 + 43,5 = 411,96$ кВт.

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.6.

2.6.7. Тенісний корт

Тенісний корт розташований в мікрорайоні G9. Електроенергія використовується для потреб опалення і вентиляції, електроосвітлення.

Електроосвітлення:

$Q_{Å.Ï\ ð} = Fq^1_{î\ ñâ} = 4350 \cdot 0,01 = 43,5$ кВт

Сумарна витрата електроенергії:

$\Sigma Q^{ò\ ðí\ .êî\ ðò}_{G9} = Q_{o} + Q_{B} + Q_{Å.Ï\ ð} = 282,75 + 334,24 + 43,5 = 660,49$ кВт.

Результати розрахунків складаються з відповідними значеннями інших споживачів району G9 та зводяться до табл. 2.6

3. Розрахунки розподільних вуличних енергомереж

3.1. Газопроводи

Ввід газопроводу на територію котеджного містечка запроектовано в мікрорайоні А7 поряд із заїздом на територію містечка. Абсолютний тиск газу у точці підключення до існуючої мережі згідно технічних умов становить P_1=0,2 МПа. Система газопостачання – одноступенева середнього тиску газу, з використанням поліетиленових труб. На території містечка газопроводи прокладають вздовж доріг підземно згідно з архітектурно-планувальним вирішенням забудови для мікрорайонів:

а) А2, В3 – за кільцевою схемою;

б) для усіх інших – за тупиковою.

У найвіддаленішого споживача – будинкового регулятора тиску газу котеджу на південній околиці мікрорайону А4 значення тиску газу прийнято P_{30}= 0,15 МПа.

Сумарна довжина ділянок т.зв. головної магістралі дорівнює 2975 м.

Споживачі природного газу в мікрорайонах:

1) А1 – 6 однотипних газорегуляторних установок шафового типу ГРУ-8-13 з максимально-годинною витратою природного газу $V_{8...13}$=127 м^3/год. кожна, які є джерелами газу для котелень К-8-13 таунхаузів, а також будинкових мереж низького тиску газу, до яких підключені побутові газові прилади – плити типу ПГ-4 для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців. Окрім того, ГРУ-7 котельні К-7 готелю з максимально-годинною витратою природного газу V_7=95 м^3/год.;

2) А2 – 18 будинкових регуляторів тиску газу з максимально-годинною витратою V=10,3 м^3/год. кожний, які є джерелами газу для внутрішньобудинкових газопроводів низького тиску, до яких підключено газобладнання котеджу – плита типу ПГ-4 і автономна теплогенеруюча установка;

3) А3 – 3 будинкових регулятори тиску газу з максимально-годинною витратою V=7,8 м^3/год. кожний, які є джерелами газу для внутрішньо будинкових газопроводів низького тиску, до яких підключено газобладнання котеджу – плита типу ПГ-4 і автономна теплогенеруюча установка;

4) А4 – 50 будинкових регуляторів тиску газу з максимально-годинною витратою V=11,1 м^3/год. кожний, які є джерелами газу для внутрішньо-будинкових газопроводів низького тиску, до яких підключено газобладнання котеджу – плита типу ПГ-4 і автономна теплогенеруюча установка;

5) А5 – 2 однотипні газорегуляторні установки шафового типу ГРУ-3 і ГРУ-4 з максимально-годинною витратою природного газу $V_{3,4}$=113 м^3/год.

кожна, які є джерелами газу для котелень К-3 і К-4 таунхаузів, а також будинкових мереж низького тиску газу, до яких підключені побутові газові прилади – плити типу ПГ-4 для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців;

6) А6 – 2 однотипні газорегуляторні установки шафового типу ГРУ-5 і ГРУ-6 з максимально-годинною витратою природного газу $V_{5,6}$=139 м^3/год. кожна, які є джерелами газу для котелень К-5 і К-6 таунхаузів, а також будинкових мереж низького тиску газу, до яких підключені побутові газові прилади – плити типу ПГ-4 для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців;

7) А7 – ГРУ-1 опалювальної котельні К-1 школи з максимально-годинною витратою природного газу V_1=175 м^3/год.;

8) В3 – 22 будинкових регулятори тиску газу з максимально-годинною витратою V=10,4 м^3/год. кожний, які є джерелами газу для внутрішньо-будинкових газопроводів низького тиску, до яких підключено газобладнання котеджу – плита типу ПГ-4 і автономна теплогенеруюча установка;

9) G9 – газорегуляторна установка шафового типу ГРУ-2 з максимально-годинною витратою природного газу V_2=498 м^3/год. опалювальної котельні К-2 для задоволення потреб у тепловій енергії клубного будинку і спорткомплексу.

Будинкові регулятори тиску газу кожного з котеджів до вуличних розподільних газопроводів підключають т.зв. дворовими газопроводами діаметром $d_з$xS=32x3 мм.

Газорегуляторні установки котелень К-1, К-5-13 приєднують до вуличних газопроводів трубами діаметром $d_з$xS=40x3,6 мм, котелень К3 і К-4 – газопроводами $d_з$xS=63x5,8 мм, котельні К-2 – $d_з$xS=75x6,8 мм.

В якості газопроводів прийняті труби поліетиленові ДСТУ Б В.2.7-73-98 для транспортування газу тиском до 0,6 МПа.

У даній кваліфікаційній роботі для гідравлічного розрахунку вуличних газопроводів середнього тиску була застосована комп’ютерна програма «HYDRA». Розглянуто такі варіанти виконання одноступеневої кільцевої схеми газопостачання:

1. Варіант 1. Тупикова схема газопроводів.

2. Варіант 2. Передбачається кільцювання споживачів у районах В3 та А2, а також районів А1 та А2 між собою. В районах А4, А5, А6, А7, G9 виконано тупикову схему.

3. Варіант 3. Аналогічно варіанту 2, але в районі G9 передбачається спорудження газогенераторної станції – міні-ТЕЦ, яка покриє навантаження на опалення та комунально-побутові потреби районів А5 та А6 виробленою

електроенергією. Споживачами газу в приміщенні міні-ТЕЦ є три газопоршневі електрогенератори типу G3532 «Катерпіллар» (США) потужністю по 2090 кВт кожен.

Розрахункові схеми газопроводів наведені на арк. 2 і 3. Результати розрахунку зведені до табл. 3.1, 3.3.

Відомості труб за результатами гідравлічного розрахунку вуличних газопроводів середнього тиску газу наведені, відповідно, у табл. 3.2, 3.4.

Таблиця 3.1

Гідравлічний розрахунок газопроводів. Варіант 1

Отдел: KNUBA
Исполнитель: Predun KM
Договор: 010
Обьект: StaryBezrad
Вариант: с/д (в/д)
Район: 1
Дата заказа: 15.10.2025
M

Nп/п	Исходные данные об участке			РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА			
	Начало	Конец	Длина	Расход	Давления в начале	Давления в конце	Размер трубы
1	1	2	210	3024.4	2.04	2.00	225
2	2	3	240	2849.1	2.00	1.95	225
3	3	4	700	1850.3	1.95	1.84	200
4	4	5	290	1485.9	1.84	1.81	200
5	5	6	55	1390.8	1.81	1.79	160
6	6	7	130	1136.6	1.79	1.77	160
7	7	8	110	882.4	1.77	1.74	140
8	8	9	160	628.2	1.74	1.70	125
9	9	10	40	153.8	1.70	1.70	75
10	10	11	25	133.0	1.70	1.69	75
11	11	12	25	112.2	1.69	1.69	63
12	12	13	20	91.4	1.69	1.68	63
13	13	14	55	70.6	1.68	1.66	50
14	14	15	50	49.8	1.66	1.65	50
15	15	16	30	29.0	1.65	1.64	40
16	16	17	25	8.2	1.64	1.64	32
17	18	17	30	12.6	1.65	1.64	32
18	19	18	30	33.4	1.67	1.65	32
19	19	20	130	555.0	1.67	1.65	125
20	20	21	55	310.8	1.65	1.64	110
21	21	22	90	266.4	1.64	1.62	90
22	22	23	90	222.0	1.62	1.60	90
23	23	24	90	177.6	1.60	1.58	75
24	24	25	90	133.2	1.58	1.56	75
25	25	26	45	88.8	1.56	1.55	63
26	26	27	50	46.1	1.55	1.54	50
27	27	28	50	23.9	1.54	1.53	40
28	28	29	35	22.2	1.53	1.53	40
29	29	30	25	11.1	1.53	1.53	32
30	3	35	50	998.8	1.95	1.93	125
31	35	34	350	860.1	1.93	1.79	125
32	34	33	200	362.1	1.79	1.70	90
33	33	32	320	223.4	1.70	1.56	75
34	32	31	70	111.7	1.56	1.54	63
35	4	48	220	364.4	1.84	1.81	110
36	48	49	30	323.2	1.81	1.80	90

37	49 - 50	80	150.9	1.80	1.78	75
38	50 - 51	50	130.3	1.78	1.78	75
39	51 - 52	50	109.7	1.78	1.76	63
40	52 - 53	50	89.1	1.76	1.75	63
41	53 - 54	30	220.2	1.75	1.75	90
42	54 - 9	400	179.0	1.75	1.70	90
43	5 - 41	80	95.1	1.81	1.65	40
44	6 - 42	50	127.1	1.79	1.61	40
45	6 - 43	80	127.1	1.79	1.70	50
46	7 - 44	50	127.1	1.77	1.59	40
47	7 - 45	70	127.1	1.77	1.69	50
48	8 - 46	40	127.1	1.74	1.59	40
49	8 - 47	80	127.1	1.74	1.65	50
50	2 - 37	80	175.3	2.00	1.84	50
51	35 - 36	50	138.7	1.93	1.73	40
52	34 - 38	105	498.0	1.79	1.57	75
53	33 - 39	50	138.7	1.70	1.63	50
54	32 - 40	50	111.7	1.56	1.54	63
55	49 - 183	80	172.3	1.80	1.78	75
56	183 - 191	65	151.7	1.78	1.77	75
57	191 - 53	80	131.1	1.77	1.75	75
58	48 - 175	35	20.6	1.81	1.80	32
59	175 - 174	25	10.3	1.80	1.80	32
60	175 - 176	25	10.3	1.80	1.80	32
61	48 - 178	35	20.6	1.81	1.80	32
62	178 - 177	25	10.3	1.80	1.80	32
63	178 - 179	25	10.3	1.80	1.80	32
64	183 - 181	35	20.6	1.78	1.77	32
65	181 - 180	25	10.3	1.77	1.77	32
66	181 - 182	25	10.3	1.77	1.77	32
67	50 - 204	35	20.6	1.78	1.77	32
68	204 - 203	25	10.3	1.77	1.77	32
69	204 - 205	25	10.3	1.77	1.77	32
70	191 - 188	35	20.6	1.77	1.75	32
71	188 - 187	25	10.3	1.75	1.75	32
72	188 - 190	25	10.3	1.75	1.75	32
73	51 - 185	35	20.6	1.78	1.76	32
74	185 - 184	25	10.3	1.76	1.76	32
75	185 - 186	25	10.3	1.76	1.76	32
76	52 - 193	35	20.6	1.76	1.75	32
77	193 - 192	25	10.3	1.75	1.75	32
78	193 - 194	25	10.3	1.75	1.75	32
79	54 - 199	35	20.6	1.75	1.74	32
80	199 - 198	25	10.3	1.74	1.73	32
81	199 - 200	25	10.3	1.74	1.73	32
82	54 - 196	35	20.6	1.75	1.74	32
83	196 - 195	25	10.3	1.74	1.73	32
84	196 - 197	25	10.3	1.74	1.73	32
85	9 - 55	65	653.4	1.70	1.70	140
86	55 - 56	75	632.6	1.70	1.69	140
87	56 - 19	55	604.0	1.69	1.67	125
88	55 - 169	35	20.8	1.70	1.68	32
89	169 - 168	25	10.4	1.68	1.68	32
90	169 - 170	25	10.4	1.68	1.68	32
91	56 - 172	35	20.8	1.69	1.67	32
92	172 - 171	25	10.4	1.67	1.67	32
93	172 - 173	25	10.4	1.67	1.67	32
94	10 - 166	35	20.8	1.70	1.68	32
95	166 - 167	25	10.4	1.68	1.68	32
96	166 - 165	25	10.4	1.68	1.68	32
97	11 - 163	35	20.8	1.69	1.68	32
98	163 - 164	25	10.4	1.68	1.68	32
99	163 - 162	25	10.4	1.68	1.68	32
100	12 - 160	35	20.8	1.69	1.67	32

101	160 - 161	25	10.4	1.67	1.67	32
102	160 - 159	25	10.4	1.67	1.67	32
103	13 - 157	35	20.8	1.68	1.67	32
104	157 - 158	25	10.4	1.67	1.67	32
105	157 - 156	25	10.4	1.67	1.67	32
106	14 - 154	35	20.8	1.66	1.65	32
107	154 - 155	25	10.4	1.65	1.64	32
108	154 - 153	25	10.4	1.65	1.64	32
109	15 - 151	35	20.8	1.65	1.64	32
110	151 - 150	25	10.4	1.64	1.63	32
111	151 - 152	25	10.4	1.64	1.63	32
112	16 - 145	35	20.8	1.64	1.63	32
113	145 - 144	25	10.4	1.63	1.63	32
114	145 - 146	25	10.4	1.63	1.63	32
115	17 - 148	35	20.8	1.64	1.63	32
116	148 - 147	25	10.4	1.63	1.63	32
117	148 - 149	25	10.4	1.63	1.63	32
118	18 - 142	35	20.8	1.65	1.63	32
119	142 - 141	25	10.4	1.63	1.63	32
120	142 - 143	25	10.4	1.63	1.63	32
121	19 - 139	35	15.6	1.67	1.67	32
122	139 - 138	25	7.8	1.67	1.66	32
123	139 - 140	25	7.8	1.67	1.66	32
124	56 - 206	35	7.8	1.69	1.68	32
125	20 - 57	75	244.2	1.65	1.63	90
126	57 - 58	110	210.9	1.63	1.61	90
127	58 - 59	60	177.6	1.61	1.60	75
128	59 - 60	60	155.4	1.60	1.58	75
129	60 - 61	110	122.1	1.58	1.57	75
130	61 - 62	55	88.8	1.57	1.56	63
131	62 - 63	20	38.6	1.56	1.55	40
132	63 - 64	55	27.5	1.55	1.54	40
133	64 - 65	40	5.3	1.54	1.53	32
134	65 - 66	40	33.3	1.53	1.53	50
135	62 - 76	25	50.2	1.56	1.55	50
136	76 - 65	70	28.0	1.55	1.53	40
137	66 - 67	35	11.1	1.53	1.53	32
138	66 - 68	35	22.2	1.53	1.53	40
139	68 - 69	25	11.1	1.53	1.52	32
140	68 - 70	25	11.1	1.53	1.52	32
141	64 - 201	35	22.2	1.54	1.52	32
142	201 - 71	25	11.1	1.52	1.52	32
143	201 - 72	25	11.1	1.52	1.52	32
144	76 - 74	35	22.2	1.55	1.53	32
145	74 - 73	25	11.1	1.53	1.53	32
146	74 - 75	25	11.1	1.53	1.53	32
147	63 - 202	35	11.1	1.55	1.54	32
148	61 - 80	35	11.1	1.57	1.56	32
149	61 - 78	35	22.2	1.57	1.55	32
150	78 - 77	25	11.1	1.55	1.55	32
151	78 - 79	25	11.1	1.55	1.55	32
152	60 - 84	35	11.1	1.58	1.58	32
153	60 - 82	35	22.2	1.58	1.57	32
154	82 - 81	25	11.1	1.57	1.56	32
155	82 - 83	25	11.1	1.57	1.56	32
156	59 - 86	35	22.2	1.60	1.58	32
157	86 - 85	25	11.1	1.58	1.58	32
158	86 - 87	25	11.1	1.58	1.58	32
159	58 - 91	35	11.1	1.61	1.61	32
160	58 - 89	35	22.2	1.61	1.60	32
161	89 - 88	25	11.1	1.60	1.60	32
162	89 - 90	25	11.1	1.60	1.60	32
163	57 - 95	35	11.1	1.63	1.63	32
164	57 - 93	35	22.2	1.63	1.62	32

165	93 - 92	25	11.1	1.62	1.61	32
166	93 - 94	25	11.1	1.62	1.61	32
167	26 - 137	60	42.7	1.55	1.54	50
168	137 - 136	65	20.5	1.54	1.53	40
169	28 - 136	45	1.7	1.53	1.53	32
170	21 - 97	35	22.2	1.64	1.63	32
171	97 - 96	25	11.1	1.63	1.62	32
172	97 - 98	25	11.1	1.63	1.62	32
173	21 - 100	35	22.2	1.64	1.63	32
174	100 - 99	25	11.1	1.63	1.62	32
175	100 - 101	25	11.1	1.63	1.62	32
176	22 - 103	35	22.2	1.62	1.60	32
177	103 - 102	25	11.1	1.60	1.60	32
178	103 - 104	25	11.1	1.60	1.60	32
179	22 - 106	35	22.2	1.62	1.60	32
180	106 - 105	25	11.1	1.60	1.60	32
181	106 - 107	25	11.1	1.60	1.60	32
182	23 - 109	35	22.2	1.60	1.59	32
183	109 - 108	25	11.1	1.59	1.58	32
184	109 - 110	25	11.1	1.59	1.58	32
185	23 - 112	35	22.2	1.60	1.59	32
186	112 - 111	25	11.1	1.59	1.58	32
187	112 - 113	25	11.1	1.59	1.58	32
188	24 - 115	35	22.2	1.58	1.56	32
189	115 - 114	25	11.1	1.56	1.56	32
190	115 - 116	25	11.1	1.56	1.56	32
191	24 - 118	35	22.2	1.58	1.56	32
192	118 - 117	25	11.1	1.56	1.56	32
193	118 - 119	25	11.1	1.56	1.56	32
194	25 - 121	35	22.2	1.56	1.54	32
195	121 - 120	25	11.1	1.54	1.54	32
196	121 - 122	25	11.1	1.54	1.54	32
197	25 - 124	35	22.2	1.56	1.54	32
198	124 - 123	25	11.1	1.54	1.54	32
199	124 - 125	25	11.1	1.54	1.54	32
200	27 - 127	35	22.2	1.54	1.54	40
201	127 - 126	25	11.1	1.54	1.53	32
202	127 - 128	25	11.1	1.54	1.53	32
203	137 - 130	35	22.2	1.54	1.54	40
204	130 - 129	25	11.1	1.54	1.53	32
205	130 - 131	25	11.1	1.54	1.53	32
206	136 - 134	35	22.2	1.53	1.53	40
207	134 - 133	25	11.1	1.53	1.53	32
208	134 - 135	25	11.1	1.53	1.53	32
209	29 - 132	25	11.1	1.53	1.53	32
Общий расход	3024.4					

Таблиця 3.3

Гідравлічний розрахунок газопроводів. Варіант 3.

Отдел: KNUBA
Исполнитель: PredunKM
Договор: 010
Обьект: StaryBezrad
Вариант: с/д (в/д)
Район: 1
Дата заказа: 15.10.2025
М

Nп/п	Исходные данные об участке			Р Е З У Л Ь Т А Т Ы Р А С Ч Е Т А			
	Начало	Конец	Длина	Расход	Д а в л е н и я в начале	в конце	Размер трубы
1	1 - 2		210	3189.6	2.04	1.99	225

2	2 - 3	240	3014.3	1.99	1.94	225
3	3 - 4	700	1574.6	1.94	1.86	200
4	4 - 5	290	1279.4	1.86	1.79	160
5	5 - 6	55	1184.3	1.79	1.78	160
6	6 - 7	130	930.1	1.78	1.76	160
7	7 - 8	110	675.9	1.76	1.73	125
8	8 - 9	160	421.7	1.73	1.70	110
9	9 - 10	40	146.7	1.70	1.69	75
10	10 - 11	25	125.9	1.69	1.69	75
11	11 - 12	25	105.1	1.69	1.68	63
12	12 - 13	20	84.3	1.68	1.67	50
13	13 - 14	55	63.5	1.67	1.65	50
14	14 - 15	50	42.7	1.65	1.63	40
15	15 - 16	30	21.9	1.63	1.62	32
16	16 - 17	25	1.1	1.62	1.62	32
17	18 - 17	30	19.7	1.63	1.62	32
18	19 - 18	30	40.5	1.67	1.63	32
19	19 - 20	130	279.3	1.67	1.63	90
20	20 - 21	55	310.8	1.63	1.62	110
21	21 - 22	90	266.4	1.62	1.60	90
22	22 - 23	90	222.0	1.60	1.59	90
23	23 - 24	90	177.6	1.59	1.57	90
24	24 - 25	90	133.2	1.57	1.56	75
25	25 - 26	45	88.8	1.56	1.55	63
26	26 - 27	50	46.1	1.55	1.54	50
27	27 - 28	50	23.9	1.54	1.53	40
28	28 - 29	35	22.2	1.53	1.53	40
29	29 - 30	25	11.1	1.53	1.52	32
30	4 - 48	220	295.2	1.86	1.80	90
31	48 - 49	30	254.0	1.80	1.79	90
32	49 - 50	80	115.2	1.79	1.77	63
33	50 - 51	50	94.6	1.77	1.76	63
34	51 - 52	50	74.0	1.76	1.76	63
35	52 - 53	50	53.4	1.76	1.74	50
36	53 - 54	30	151.0	1.74	1.74	90
37	54 - 9	400	109.8	1.74	1.70	75
38	5 - 41	80	95.1	1.79	1.63	40
39	6 - 42	50	127.1	1.78	1.60	40
40	6 - 43	80	127.1	1.78	1.69	50
41	7 - 44	50	127.1	1.76	1.58	40
42	7 - 45	70	127.1	1.76	1.68	50
43	8 - 46	40	127.1	1.73	1.58	40
44	8 - 47	80	127.1	1.73	1.64	50
45	3 - 34	400	1439.7	1.94	1.82	160
46	34 - 66	950	275.7	1.82	1.74	110
47	2 - 37	80	175.3	1.99	1.84	50
48	34 - 38	105	1164.0	1.82	1.67	110
49	49 - 183	80	138.8	1.79	1.78	75
50	183 - 191	65	118.2	1.78	1.76	63
51	191 - 53	80	97.6	1.76	1.74	63
52	48 - 175	35	20.6	1.80	1.79	32
53	175 - 174	25	10.3	1.79	1.79	32
54	175 - 176	25	10.3	1.79	1.79	32
55	48 - 178	35	20.6	1.80	1.79	32
56	178 - 177	25	10.3	1.79	1.79	32
57	178 - 179	25	10.3	1.79	1.79	32
58	183 - 181	35	20.6	1.78	1.77	32
59	181 - 180	25	10.3	1.77	1.77	32
60	181 - 182	25	10.3	1.77	1.77	32
61	50 - 204	35	20.6	1.77	1.76	32
62	204 - 203	25	10.3	1.76	1.76	32
63	204 - 205	25	10.3	1.76	1.76	32
64	191 - 188	35	20.6	1.76	1.75	32
65	188 - 187	25	10.3	1.75	1.75	32

66	188 - 190	25	10.3	1.75	1.75	32
67	51 - 185	35	20.6	1.76	1.75	32
68	185 - 184	25	10.3	1.75	1.75	32
69	185 - 186	25	10.3	1.75	1.75	32
70	52 - 193	35	20.6	1.76	1.74	32
71	193 - 192	25	10.3	1.74	1.74	32
72	193 - 194	25	10.3	1.74	1.74	32
73	54 - 199	35	20.6	1.74	1.73	32
74	199 - 198	25	10.3	1.73	1.73	32
75	199 - 200	25	10.3	1.73	1.73	32
76	54 - 196	35	20.6	1.74	1.73	32
77	196 - 195	25	10.3	1.73	1.73	32
78	196 - 197	25	10.3	1.73	1.73	32
79	9 - 55	65	384.8	1.70	1.69	110
80	55 - 56	75	364.0	1.69	1.67	110
81	56 - 19	55	335.4	1.67	1.67	110
82	55 - 169	35	20.8	1.69	1.67	32
83	169 - 168	25	10.4	1.67	1.67	32
84	169 - 170	25	10.4	1.67	1.67	32
85	56 - 172	35	20.8	1.67	1.66	32
86	172 - 171	25	10.4	1.66	1.66	32
87	172 - 173	25	10.4	1.66	1.66	32
88	10 - 166	35	20.8	1.69	1.68	32
89	166 - 167	25	10.4	1.68	1.67	32
90	166 - 165	25	10.4	1.68	1.67	32
91	11 - 163	35	20.8	1.69	1.67	32
92	163 - 164	25	10.4	1.67	1.67	32
93	163 - 162	25	10.4	1.67	1.67	32
94	12 - 160	35	20.8	1.68	1.67	32
95	160 - 161	25	10.4	1.67	1.66	32
96	160 - 159	25	10.4	1.67	1.66	32
97	13 - 157	35	20.8	1.67	1.66	32
98	157 - 158	25	10.4	1.66	1.65	32
99	157 - 156	25	10.4	1.66	1.65	32
100	14 - 154	35	20.8	1.65	1.64	32
101	154 - 155	25	10.4	1.64	1.64	32
102	154 - 153	25	10.4	1.64	1.64	32
103	15 - 151	35	20.8	1.63	1.62	32
104	151 - 150	25	10.4	1.62	1.61	32
105	151 - 152	25	10.4	1.62	1.61	32
106	16 - 145	35	20.8	1.62	1.60	32
107	145 - 144	25	10.4	1.60	1.60	32
108	145 - 146	25	10.4	1.60	1.60	32
109	17 - 148	35	20.8	1.62	1.60	32
110	148 - 147	25	10.4	1.60	1.60	32
111	148 - 149	25	10.4	1.60	1.60	32
112	18 - 142	35	20.8	1.63	1.61	32
113	142 - 141	25	10.4	1.61	1.61	32
114	142 - 143	25	10.4	1.61	1.61	32
115	19 - 139	35	15.6	1.67	1.66	32
116	139 - 138	25	7.8	1.66	1.66	32
117	139 - 140	25	7.8	1.66	1.66	32
118	56 - 206	35	7.8	1.67	1.67	32
119	57 - 20	75	31.5	1.64	1.63	50
120	58 - 57	110	64.8	1.65	1.64	63
121	59 - 58	60	98.1	1.66	1.65	63
122	60 - 59	60	120.3	1.68	1.66	63
123	61 - 60	110	153.6	1.71	1.68	75
124	62 - 61	55	186.9	1.71	1.71	90
125	63 - 62	20	16.0	1.72	1.71	32
126	64 - 63	55	27.1	1.72	1.72	50
127	65 - 64	40	49.3	1.73	1.72	50
128	66 - 65	40	242.4	1.74	1.73	90
129	76 - 62	25	170.9	1.72	1.71	75

130	65 - 76	70	193.1	1.73	1.72	90
131	66 - 67	35	11.1	1.74	1.73	32
132	66 - 68	35	22.2	1.74	1.72	32
133	68 - 69	25	11.1	1.72	1.72	32
134	68 - 70	25	11.1	1.72	1.72	32
135	64 - 201	35	22.2	1.72	1.71	32
136	201 - 71	25	11.1	1.71	1.70	32
137	201 - 72	25	11.1	1.71	1.70	32
138	76 - 74	35	22.2	1.72	1.71	32
139	74 - 73	25	11.1	1.71	1.70	32
140	74 - 75	25	11.1	1.71	1.70	32
141	63 - 202	35	11.1	1.72	1.71	32
142	61 - 80	35	11.1	1.71	1.70	32
143	61 - 78	35	22.2	1.71	1.69	32
144	78 - 77	25	11.1	1.69	1.69	32
145	78 - 79	25	11.1	1.69	1.69	32
146	60 - 84	35	11.1	1.68	1.68	32
147	60 - 82	35	22.2	1.68	1.67	32
148	82 - 81	25	11.1	1.67	1.67	32
149	82 - 83	25	11.1	1.67	1.67	32
150	59 - 86	35	22.2	1.66	1.65	32
151	86 - 85	25	11.1	1.65	1.65	32
152	86 - 87	25	11.1	1.65	1.65	32
153	58 - 91	35	11.1	1.65	1.65	32
154	58 - 89	35	22.2	1.65	1.63	32
155	89 - 88	25	11.1	1.63	1.63	32
156	89 - 90	25	11.1	1.63	1.63	32
157	57 - 95	35	11.1	1.64	1.63	32
158	57 - 93	35	22.2	1.64	1.62	32
159	93 - 92	25	11.1	1.62	1.62	32
160	93 - 94	25	11.1	1.62	1.62	32
161	26 - 137	60	42.7	1.55	1.54	50
162	137 - 136	65	20.5	1.54	1.53	40
163	28 - 136	45	1.7	1.53	1.53	32
164	21 - 97	35	22.2	1.62	1.61	32
165	97 - 96	25	11.1	1.61	1.61	32
166	97 - 98	25	11.1	1.61	1.61	32
167	21 - 100	35	22.2	1.62	1.61	32
168	100 - 99	25	11.1	1.61	1.61	32
169	100 - 101	25	11.1	1.61	1.61	32
170	22 - 103	35	22.2	1.60	1.59	32
171	103 - 102	25	11.1	1.59	1.58	32
172	103 - 104	25	11.1	1.59	1.58	32
173	22 - 106	35	22.2	1.60	1.59	32
174	106 - 105	25	11.1	1.59	1.58	32
175	106 - 107	25	11.1	1.59	1.58	32
176	23 - 109	35	22.2	1.59	1.57	32
177	109 - 108	25	11.1	1.57	1.57	32
178	109 - 110	25	11.1	1.57	1.57	32
179	23 - 112	35	22.2	1.59	1.57	32
180	112 - 111	25	11.1	1.57	1.57	32
181	112 - 113	25	11.1	1.57	1.57	32
182	24 - 115	35	22.2	1.57	1.56	32
183	115 - 114	25	11.1	1.56	1.56	32
184	115 - 116	25	11.1	1.56	1.56	32
185	24 - 118	35	22.2	1.57	1.56	32
186	118 - 117	25	11.1	1.56	1.56	32
187	118 - 119	25	11.1	1.56	1.56	32
188	25 - 121	35	22.2	1.56	1.54	32
189	121 - 120	25	11.1	1.54	1.54	32
190	121 - 122	25	11.1	1.54	1.54	32
191	25 - 124	35	22.2	1.56	1.54	32
192	124 - 123	25	11.1	1.54	1.54	32
193	124 - 125	25	11.1	1.54	1.54	32

194	27 - 127	35	22.2	1.54	1.54	40
195	127 - 126	25	11.1	1.54	1.53	32
196	127 - 128	25	11.1	1.54	1.53	32
197	137 - 130	35	22.2	1.54	1.54	40
198	130 - 129	25	11.1	1.54	1.53	32
199	130 - 131	25	11.1	1.54	1.53	32
200	136 - 134	35	22.2	1.53	1.53	40
201	134 - 133	25	11.1	1.53	1.52	32
202	134 - 135	25	11.1	1.53	1.52	32
203	29 - 132	25	11.1	1.53	1.52	32

Общий расход 3189.6

3.2. Розрахунки перерізу і кількості електрокабелів

3.2.1. Розрахунок електричних розподільних мереж напругою U=0,4 кВ

Для варіанту енергопостачання об’єктів котеджного містечка з використанням електроенергії у розд.2 даної кваліфікаційної роботи визначені електричні навантаження кожного із мікрорайонів. Розрахункові схеми електрокабельних ліній вказані на арк. 4-6 графічної частини. Довжини електророзподільних мереж визначено за генпланом і наведено у табл.3.5.

3.2.1.1.Визначення місця розміщення трансформаторної підстанції

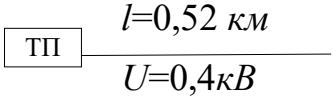
Після проставлення на генплані електричних потужностей вводів у всі будинки переходимо до вибору місцезнаходження трансформаторної підстанції (ТП) і схеми електропостачання споживачів електроенергії. При виборі місця ТП необхідно приймати до уваги наступне:

1. ТП повинна знаходитись у центрі навантаження.
2. До ТП повинен бути забезпечений вільний доступ обслуговуючого персоналу, вона не повинна піддаватися впливу механічних, термічних, хімічних та інших шкідливих для її нормальної експлуатації факторів.

3.2.1.2. Розрахунок електричних мереж

Мережі котеджного містечка є радіальними, замкнутими в залежності від категорії надійності. Споживачів поділено на групи в залежності від довжини мереж. Електронавантаження кожного із житлових обраховано у розділі 2.4., а також наведено у табл.2.6 Для живильних мереж вибрано 4-жильний кабель марки АВВГ з алюмінієвими жилами, які прокладають в поліетиленових трубах. Методика розрахунку вказана у роботах [38, 39].

1) Розрахунок низьковольтної електричної мережі від транформаторної підстанції ТП-10/0,4 кВ - №10 до будинку №1 довжиною l=0,52 *км* виконується за наступною схемою.



$S_{Ц5} = 93 + j_{Нь} \cdot 18{,}6$, *кВ·А*

Струм навантаження визначається за формулою:

$$I_P = \frac{93}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4 \cdot 0.98} = 136{,}8, \quad A$$

$$\cos\varphi = \frac{93}{\sqrt{93^2 + 18{,}6^2}} = 0{,}98$$

Економічну густину струму для кабелю з гумовою ізоляцією та алюмінієвими жилами вибирається з додатку 4 [39] з тривалістю використання максимуму навантаження 5000-8760 годин/рік та $j_{ек}$ =2,7 *А/мм*^{2}. Площа перерізу кабелю з економічною густиною струму

$$S_{ек} = \frac{136{,}8}{2{,}7} = 50{,}6, \; мм^2.$$

З додатку 5 [39] вибираємо переріз кабелю ***S***-185*мм*^{2} для трифазної лінії електропередачі з алюмінієвими жилами та гумовою ізоляцією (I=210A>I_p=94,86A).

Для цього кабелю з додатку 6 [39] визначаємо значення активного та реактивного питомих опорів для перевірки його на допустиму втрату напруги.

R_0 = 0,160 Ом/км, де R_x=0,16· 0,52=0,083 Ом.

X_0 = 0,07 Ом/км, де X_x= 0,07·0,52=0,036 Ом.

Визначаємо

$$\sin\varphi = \frac{18{,}6}{\sqrt{93^2 + 18{,}6^2}} = 0{,}196$$

Втрата напруги від ТП-10/0,4 кВ - №10 до будинку №1:

$$\Delta U = \sqrt{3}(136{,}8 \cdot 0{,}218 \cdot 0{,}089 + 136{,}8 \cdot 0{,}196 \cdot 0{,}036) \cdot 10^{-3} = 0{,}022 кВ$$

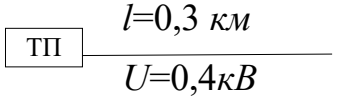
Звідки

$\Delta U_в$=0,022/0,4·100=5% =5%

Оскільки втрати напруги на ділянці від ТП до будинку дорівнюють допустимій втраті напруги для дворових мереж, то переріз електрокабелю підібрано вірно.

Аналогічним чином розраховують переріз електричних дворових мереж до інших житлових котеджів.

2) Розрахунок низьковольтної електричної мережі від транформаторної підстанції ТП-10/0,4 кВ до будинку №7 довжиною l=0,3 *км* виконується за наступною схемою.



ТП l=0,3 *км* $S_7 = 93 + j_{Њђ} \cdot 18{,}6$, $кВ \cdot А$

U=0,4*кВ*

Струм навантаження визначається за формулою:

$$I_P = \frac{93}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4 \cdot 0.98} = 136{,}8, \quad A$$

$$\cos\varphi = \frac{93}{\sqrt{93^2 + 18{,}6^2}} = 0{,}98$$

$$S_{ек} = \frac{136{,}8}{2{,}7} = 50{,}6, \ мм^2$$

З додатку 5 [39] вибираємо переріз кабелю ***S***-120*мм*^{2} для трифазної лінії електропередачі з алюмінієвими жилами та гумовою ізоляцією (I=210A> I_p=94,86A).

R_0 = 0,240 Ом/км, де R_x=0,24· 0,3=0,072 Ом.

X_0=0,07 Ом/км, де X_x= 0,07·0,3=0,021 Ом.

Визначаємо

$$\sin\varphi = \frac{18{,}6}{\sqrt{93^2 + 18{,}6^2}} = 0{,}196$$

Втрата напруги від ТП-10/0,4 кВ до будинку №7:

$$\Delta U = \sqrt{3}(136{,}8 \cdot 0{,}218 \cdot 0{,}072 + 136{,}8 \cdot 0{,}196 \cdot 0{,}021) \cdot 10^{-3} = 0{,}0176 кВ$$

Звідки

$\Delta U_в$=0,0176/0,4·100=4% =5%

Оскільки втрати напруги на ділянці від ТП до будинку менші за значення максимально допустимих втрат – 5 %, то переріз електрокабелю підібрано вірно.

Результати розрахунку наведено у табл.3.7

3.2.2. Розрахунок електричних мереж напругою U=10кВ

Радіальні високовольтні мережі розраховуємо наступним чином:

ЦРП S=P+jQ

Ȯ----------↑

1) Вибираємо площу перерізу кабельної трифазної радіальної мережі з алюмінієвими жилами (U=10кВ, P=1160кВт, ΔU=5%)

Струм навантаження:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

$$I = \frac{1160}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0{,}98} = 68{,}4A$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\cos\varphi = \frac{1160}{\sqrt{1160^2 + 232^2}} = 0{,}98$$

Економічну щільність струму для кабелю з паперовою ізоляцією й алюмінієвими жилами вибираємо при постійному навантаженні $J_{ек}$=1,2 А/ мм^2.

Площа перерізу кабелю за економічною щільністю струму:

$$S_{ек} = \frac{I}{J_{ек}} = \frac{68{,}4}{1{,}7} = 40{,}2мм^2$$

Вибираємо кабель А-50мм^2.

2) Вибираємо площу перерізу кабельної трифазної радіальної мережі з алюмінієвими жилами (U=10кВ, P=2257кВт, ΔU%=5%)

Струм навантаження:

$$I = \frac{2257}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0{,}98} = 133{,}2A$$

$$\cos\varphi = \frac{2257}{\sqrt{2257^2 + 232^2}} = 0{,}98$$

Економічну щільність струму для кабелю з паперовою ізоляцією й алюмінієвими жилами вибираємо при постійному навантаженні $J_{ек}$=1,2 А/ мм^2.

Площа перерізу кабелю за економічною щільністю струму:

$$S_{ек} = \frac{I}{J_{ек}} = \frac{133{,}2}{1{,}7} = 78{,}5мм^2$$

Вибираємо кабель А-95мм^2.

Результати розрахунку наведено у табл.3.7

Розділ 4.
Біометановий завод. Вихідна сировина. Технології отримання тощо

4.1. Біометанова галузь України

Становлення біометанової галузі в Україні розпочалось у 2021 р., коли ціна на природний газ у Європі доходила до 2100 EUR/1000 м^3, а собівартість виробництва біометану становила (в залежності від виду сировини) – від 600 до 900 EUR/1000 м^3 [41]. І тому на перших етапах її розвитку найбільш ймовірним сценарієм є експорт переважної більшості виробленого біометану в країни ЄС (ціна реалізації такого палива складає від 1200 до 1500 EUR/1000 м^3). В Україні наразі (з економічної точки зору) для використання на внутрішньому ринку виробництво нерентабельне – на Українській енергетичній біржі середньозважена ціна природного газу місячного ресурсу на листопад 2025 р. становить 20551,67 грн. або 419,64 EUR за 1000 м^3.

У 2025 р. в країні повинно запрацювати 7 біометанових заводів, а інвестори розпочали будівництво ще як мінімум 10, кожний з яких може виробляти 5 млн. м^3 газу на рік. Наразі в державі нараховується близько 80 біогазових потужностей, 20 з яких рентабельно модернізувати до біометанових (з очищенням від домішок – вуглекислого газу, сірководню, азоту та інш.) [41]. Фізико-хімічні властивості такого газу, отриманого на одному із підприємств у Хмельницькій області, згідно з протоколом якості від ТОВ «Оператор ГТС України» за результатами хроматографічного аналізу, а також розраховані у відповідності з вимогами чинних в Україні нормативно-технічних документів наведено у табл.4.1. Для порівняння там же вказано характеристику мережного природного газу, який надходить у м. Київ, згідно з сертифікатом відповідності.

Таблиця 4.1

Показники якості горючих газів [6, 42, 43]

Показник	Значення		
	біометан	природний газ	вимоги Кодексу ГТС [6]
1. Вміст компоненту, %:			
- метан	98,1251	89,5161	≥90,00
- етан	-	5,0357	≤7,00
- пропан	-	1,2027	≤3,00
- бутан	-	0,3518	≤2,00
- пентан	-	0,6099	≤1,00
- гексан та інші	-	0,0571	
- кисень	0,0340	0,0073	≤0,02
- азот	1,0595	1,6745	≤5,00
- діоксид вуглецю	0,6814	2,0498	≤2,00
2. Густина (20/25 ^{0}C; 0,101 МПа), кг/м^3	0,6821	0,7545	0,555-0,7*

3. Теплота згоряння, МДж/м^3:			
- вища	36,3990	38,26	36,20-38,30
- нижча	32,8013	34,58	32,66-34,54
4. Число Воббе, МДж/м^3:			
- вище	43,5865	48,35	44,9-53,7
- нижче	48,3671	-	**
5. Вміст домішок, г/м^3:			
- сірководень	< 0,006	< 0,006	< 0,006
- меркаптанові сірка	< 0,02	< 0,02	< 0,02
- механічні	<0,0005	відсутні	відсутні

Примітки: * - відносна густина газу. ** - показники не нормуються.

Аналіз даних, вказаних у табл.4.1, яскраво демонструє, що якість біометану є не нижчою (а за деякими параметрами і перевищує) показники для мережного природного газу. Загалом, фізико-хімічні властивості зазначених палив відповідають вимогам нормативних документів, зокрема Кодексу газотранспортної системи [6].

4.2. Можливі варіанти використання отриманого біометану

Після отримання біометану постає питання щодо визначення шляхів його можливого використання, наприклад, для підвищення надійності існуючих систем газопостачання населених пунктів. Обсяги генерації палива, регулярність його поставок накладають умови щодо способів його транспортування до споживачів.

У першу чергу біометан може надходити до населених пунктів у сільській місцевості, значна частина яких підключена до існуючих газорозподільних мереж високого тиску (0,6-1,2 МПа) – т.зв. міжселищних газопроводів мережного газу [1, 8]. Пріоритетним і основним споживачем є населення, яке використовує газ для задоволення господарсько-побутових потреб і потреб у теплопостачанні. Велика промисловість зазвичай відсутня. Відповідно, у сільській місцевості, газифікованій мережним природним газом, характерна сезонна нерівномірність споживання блакитного палива: у теплий період року відпадає необхідність у теплопостачанні будівель і споруд різного призначення. Таким чином, у цей період газоспоживання становить до 15 % від сумарної витрати газу в опалювальний період. Визначення діаметрів труб газорозподільної мережі, розрахунок і вибір обладнання газорегуляторних установок, вузлів обліку газу тощо виконують для максимально-годинних витрат [8]. Відповідно, у теплий період року можна використовувати акумулюючу здатність газорозподільної мережі для зберігання палива. Якщо поряд знаходяться великі агропромислові холдинги, вони можуть стати підприємствами для генерації біогазу з наступним

перетворенням у біометан. У цьому випадку доцільним є підключення біометанового заводу до існуючої газорозподільної мережі з наступною перевіркою пропускної здатності, при необхідності – слід виконати її реконструкцію. У теплий період року, при відповідних розрахунках, мережний природний газ може бути цілком заміщений біометаном.

Якщо поряд з біометановим заводом відсутня мережа міжселищних газопроводів, то найкращим варіантом є його транспортування у рідкому стані (використовується властивість будь-якого газоподібного середовища при зниженні температури і підвищенні тиску змінювати свій агрегатний стан – перетворюватись на рідину), що робить зручним і подальше зберігання біометану (об'єм зменшується в 600 р.). Таким чином, може бути створена інфраструктура, аналогічна як для транспортування, зберігання і використання скраплених вуглеводневих (пропан-бутан) газів. Основна відмінність полягає лише у параметрах енергоносіїв. В європейських країнах гази у скрапленому вигляді є найпопулярнішими порівняно з іншими видами палив.

Такі установки автономного газопостачання складаються з наступних структурних елементів: ємність для зберігання біометану у скрапленому вигляді (кріогенні резервуари в залежності від режиму газоспоживання об'ємом від 1 до 60 м^3), випарники атмосферного типу для регазифікації (в холодний період року – підігрівом), контрольно-вимірювальні прилади, системи управління та регулювання.

Для індивідуального котеджу, побудованого поблизу м. Києва для сім'ї із 4 осіб, в якому встановлені побутова газова плита для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців, водогрійний котел для опалення і гарячого водопостачання, в холодний період року сумарна максимально-годинна витрата газу складе 11, а у теплий – 1,5 м^3/год. Таким чином у теплий період року відбувається зменшення газоспоживання на 86 %. Для котеджного містечка, забудованого 50 подібними будинками, це, відповідно, 438 і 27,5 м^3/год., або зменшення споживання на 93 % (враховано значення коефіцієнтів нерівномірності одночасної дії газових приладів і водогрійних котлів) [8].

Середній обсяг споживання палива газобладнанням котеджу протягом місяця в опалювальний/неопалювальний період складе, відповідно, 3410/174 м^3/місяць. У теплий період для забезпечення індивідуального будинку підійде газорезервуарна установка об'ємом 3 м^3 з продуктивністю випарника не менше 1,5 м^3/год. Для безперебійного постачання газу споживачеві протягом неопалювального періоду (6 місяців активного споживання) необхідно наповнювати резервуар вказаного об'єму не менше 1 разу на 6

місяців, в опалювальний період – не менше 2 разів на місяць, збільшивши одночасно продуктивність випарника за рахунок встановлення підігрівача.

Для житлової групи у селищі міського типу із п'яти 5-поверхових будинків на 65 квартир кожний, у кухнях яких встановлено проточні водонагрівачі і побутові плити, для автономного газопостачання необхідно підключити резервуар ємкістю 60 м^3 з продуктивністю випарника не менше сумарної максимально-годинної витрати газу – 170 м^3/год. при цілодобовій роботі. Потреби опалення в холодний період року забезпечуються від альтернативних джерел, наприклад, грунтових теплонасосних установок. Протягом року резервуар слід наповнювати не менше 9 раз. Відстань від такої газорезервуарної установки при підземному розміщенні до найближчого будинку повинна бути не менше 40 м [8].

Для невеликих сільськогосподарських підприємств, наприклад з переробки молока, виробництва масла та сиру, в яких природний газ використовується для технологічних потреб і опалення, а для обліку спожитого палива встановлено лічильник типорозміру G16, середньомісячна кількість газу в холодний/теплий періоди року становить, відповідно, 12580/1520 м^3/місяць. Для автономного газопостачання слід використати газорезервуарну установку об'ємом 5 м^3, яку слід наповнювати в опалюваний період – не менше 4 раз/місяць, а у теплий – 1 раз на 2 місяці.

Для резервного газопостачання при виникненні аварійних ситуацій поблизу головних газорегуляторних пунктів, невеликих газорозподільних станцій, які забезпечують паливом населені пункти з кількістю мешканців до 5000 осіб, необхідно встановлювати мобільні установки з резервуарами об'ємом від 40-60 м^3, оснащені випарниками продуктивністю (при цілодобовій роботі) від 200 м^3/год.

4.3. Можливий потенціал отримання біогазів в Україні

Таблиця 4.2

Енергетичний потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси в Україні

№ з/п	Області	Біомаса зернобобових культур, тис. т у.п./рік	Біомаса соняш-ника, тис. т у.п./рік	Рослинні відходи кукурудзи, тис. т у.п./рік	Рослинні відходи овочів відкритого і закритого грунту, тис. т у.п./рік
1.	Вінницька	295	147	342	54
2.	Волинська	25	0	21	25
3.	Дніпропетровська	128	767	731	101
4.	Донецька	44	645	410	130
5.	Житомирська	58	1	39	37

6.	Закарпатська	9	3	87	26
7.	Запорізька	81	703	391	71
8.	Івано-Франківська	19	0	44	23
9.	Київська	177	11	188	112
10.	Кіровоградська	117	535	440	38
11.	Луганська	101	531	257	70
12.	Львівська	33	0	33	38
13.	Миколаївська	91	443	181	60
14.	Одеська	143	552	438	105
15.	Полтавська	225	350	450	62
16.	Рівненська	25	0	38	28
17.	Сумська	138	60	159	41
18.	Тернопільська	137	0	82	30
19.	Харківська	143	549	368	71
20.	Херсонська	70	278	283	86
21.	Хмельницька	182	1	306	41
22.	Черкаська	214	180	437	74
23.	Чернівецька	36	1	183	28
24.	Чернігівська	86	9	117	44
25.	АР Крим	16	14	118	90
	ВСЬОГО	2593	5780	6143	1485

Таблиця 4.3

Енергетичний потенціал тваринницької біомаси в Україні

№ з/п	Області	Кількість гною, млн. т/рік	Вихід біогазу, млн. $м^3$/рік	Заміщення орг. палива, тис. т у.п./рік
1.	Вінницька	5,3	277	144
2.	Волинська	3,6	184	94
3.	Дніпропетровська	3,8	238	122
4.	Донецька	3,6	234	120
5.	Житомирська	4,7	242	125
6.	Закарпатська	2,0	114	58
7.	Запорізька	2,7	159	82
8.	Івано-Франківська	3,0	158	80

9.	Київська	4,4	276	143
10.	Кіровоградська	2,5	138	72
11.	Луганська	2,4	138	69
12.	Львівська	5,3	282	144
13.	Миколаївська	2,4	128	69
14.	Одеська	6,9	274	141
15.	Полтавська	4,4	237	134
16.	Рівненська	3,6	188	96
17.	Сумська	3,4	179	93
18.	Тернопільська	3,4	181	92
19.	Харківська	4,4	145	126
20.	Херсонська	2,4	134	68
21.	Хмельницька	4,8	235	121
22.	Черкаська	3,8	212	109
23.	Чернівецька	1,9	105	38
24.	Чернігівська	4,3	234	121
25.	АР Крим	3,2	187	96
	ВСЬОГО			

Розділ 5.
Біосферосумісність систем енергопостачання

5.1. Викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря

При використанні горючих газів в якості органічного палива в теплогенеруючих установках в атмосферне повітря надходять:

1) забруднюючі речовини:
   - оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксид NO_2;
   - оксид вуглецю CO;
2) парникові гази:
   - діоксид вуглецю CO_2;
   - метан CH_4;
   - оксид діазоту N_2O.

У даній роботі валові викиди визначені розрахунковим методом на основі даних про витрати палива, його склад, характеристики теплогенеруючого устаткування та пилогазоочисних установок [44, 45].

5.1.1. Оксиди азоту NO_X

Під час спалювання органічного палива утворюються оксиди азоту NO_X (оксид азоту NO та діоксид азоту NO_2), викиди яких визначаються в перерахунку на NO_2. Показник емісії оксидів азоту k_{NOx}, г/ГДж з урахуванням заходів зі скорочення викиду розраховується як

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_o \cdot (\frac{Q_ф}{Q_н})^z \cdot (1 - \eta_I)\,(1 - \eta_{II}\beta) \qquad (5.1)$$

де $(k_{NOx})_0$ – показник емісії оксидів азоту в залежності від технологій спалювання без урахування заходів зі скорочення викиду, приймають згідно [44, додаток Д, табл.Д.5]; $Q_ф$ – фактична теплова потужність енергетичної установки, МВт; $Q_н$ – номінальна теплова потужність енергетичної установки, МВт; z – емпіричний коефіцієнт згідно [44, додаток Д, табл.Д.6]; η_I – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів скорочення викиду оксидів азоту згідно [44, додаток Д, табл.Д.7]; η_{II} – ефективність вторинних заходів (наявність азотоочисної установки), приймають згідно [44, додаток Д, табл.Д.8]; β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки згідно [44, додаток Д, табл.Д.8].

Значення ефективності η_{II} та коефіцієнта роботи азотоочисної установки (відношення часу роботи азотоочисної установки до часу роботи енергетичної установки) визначаються під час випробувань, а за їх відсутності – згідно з даними табл. Д.8 (додаток Д [44]).

При факельному спалюванні газоподібного палива газу в котлах з тепловою потужністю до 300 кВт показник емісії оксидів азоту без урахування первинних заходів $(k_{NOx})_o$ згідно даних табл. Д.5 додатка Д [45] дорівнює 100 г/ГДж.

Котлоагрегати котельні працюють із запасом потужності. Відповідно, співвідношення $Q_ф / Q_o = 0,75$ [45].

Значення емпіричного коефіцієнта z згідно даних табл. Д.6 додатка Д для водогрійних котлів, які в якості палива використовують природний газ, складає $z = 1,25$ [45].

Ефективність первинних заходів η_I зі скорочення викидів оксидів азоту в котлах з малотоксичними пальниками зі ступеневою подачею повітря і рециркуляцією димових газів становить $\eta_I = 0,5$ [45].

Таким чином, показник емісії оксидів азоту k_{NOx}, г/ГДж в перерахунку на діоксид NO_2, розрахований за формулою (4.1), дорівнює:

$$k_{NOx} = 100 \cdot 0,75^{1,25}(1 - 0,5) = 34,90 \text{ г/ГДж}.$$

5.1.2. Оксид вуглецю *CO*

Утворення оксиду вуглецю *CO* є результатом неповного згоряння вуглецю органічного палива. Зі зменшенням потужності енергетичної установки концентрація *CO* в димових газах зростає. Основним методом визначення викидів оксиду вуглецю є вимірювання його концентрації.

Значення узагальненого показника емісії оксиду вуглецю залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання визначаються з табл. Е.1 (додаток Е [44]).

Показник емісії оксиду вуглецю при факельному спалюванні горючих газів згідно з даними табл. Е.1 додатка Е становить $k_{CO} = 17,0$ г/ ГДж [45].

5.1.3. Діоксид вуглецю CO_2

Діоксид вуглецю (вуглекислий газ CO_2) відноситься до парникових газів і є основним газоподібним продуктом окислення вуглецю органічного палива. Обсяг викиду CO_2 безпосередньо пов'язаний із вмістом вуглецю в паливі та ступенем окислення вуглецю палива в енергетичній установці.

Показник емісії діоксиду вуглецю k_{CO2}, г/ГДж під час спалювання органічного палива визначається за формулою

$$k_{CO2} = \frac{44}{12}\frac{C^r}{100}\frac{10^6}{Q_i^r}\varepsilon_C = 3,67 \cdot k_C \cdot \varepsilon_C, \qquad (5.2)$$

де C^r – масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %; Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; ε_C – ступінь окислення вуглецю палива (додаток А [44]); k_C – показник емісії вуглецю палива, г/ГДж.

Масовий вміст вуглецю в паливі визначається на основі елементного аналізу палива, що спалюється (див. табл.4.1).

Специфічний показник емісії вуглецю k_C, г/ГДж – це відношення вмісту вуглецю палива до його теплоти згоряння:

$$k_C = \frac{C^r}{100}\frac{10^6}{Q_i^r}. \quad (5.3)$$

За відсутності даних про вміст вуглецю в паливі та його теплоту згоряння необхідно користуватись узагальненим показником емісії вуглецю, наведеним у табл. Е.2 (додаток Е [44]).

Під час спалювання органічного палива в енергетичній установці може утворюватись монооксид вуглецю, але в атмосфері він неодмінно перетвориться в діоксид вуглецю. Отже, при розрахунку показника емісії CO_2 вважають, що весь вуглець палива, яке згоріло, перетворюється у вуглекислий газ. Для горючих газів рекомендоване значення ε_C становить 0,995 [44].

5.1.4. Перерахунок характеристик газоподібного палива

Для газоподібного палива, як правило, відомі його об'ємні характеристики:

- якісний і кількісний склад компонентів;
- теплота згоряння кожного із компонентів;
- об'ємна витрата;
- об'єм використаного палива за певний проміжок часу.

У методиці та додатку А [44] для визначення величин викидів та питомого об'єму використовуються масові характеристики палива – масовий елементний склад, масова теплота згоряння, маса використаного палива. Тому для газоподібного палива об'ємні характеристики необхідно перерахувати в масові.

Питома маса кожного індивідуального газу в сухому стані газоподібного палива визначається за формулами:

$$m_{CH4} = 0{,}716 \cdot 0{,}01(CH_4)_v \quad (5.4)$$

$$m_{C2H6} = 1{,}342 \cdot 0{,}01(C_2H_6)_v \quad (5.5)$$

$$m_{C3H8} = 1{,}967 \cdot 0{,}01(C_3H_8)_v \quad (5.6)$$

$$m_{C4H10} = 2{,}593 \cdot 0{,}01(C_4H_{10})_v \quad (5.7)$$

$$m_{C5H12} = 3{,}219 \cdot 0{,}01(C_5H_{12})_v \quad (5.8)$$

$$m_{N2} = 1{,}250 \cdot 0{,}01(N_2)_v \quad (5.9)$$

$$m_{CO2} = 1{,}964 \cdot 0{,}01(CO_2)_v \quad (5.10)$$

де m_i – питома маса i-го індивідуального газу в 1 м^3 сухого газоподібного палива, кг/м^3; $(i)_v$ – об'ємний вміст i-го індивідуального газу, %.

Масовий елементний склад сухого палива визначають за формулами, %:

$$\mathrm{C}^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}}\left(\Sigma \frac{12\text{p}}{12\text{p}+q} m_{C\text{p}\text{H}q} + 0{,}429 \cdot m_{CO} + 0{,}273 \cdot m_{CO2}\right), \quad (5.11)$$

$$\mathrm{H}^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}}\left(\Sigma \frac{q}{12\text{p}+q} m_{C\text{p}\text{H}q} + 0{,}059 m_{\text{H}2S}\right) \quad (5.12)$$

$$N^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}} m_{N2} \quad (5.13)$$

$$O^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}}(0{,}571 m_{CO} + 0{,}727 m_{CO2}) \quad (5.14)$$

де C^{daf} – масовий вміст вуглецю в паливі на горючу масу, %; H^{daf} – масовий вміст водню в паливі на горючу масу, %; N^{daf} – масовий вміст азот в паливі на горючу масу,%; O^{daf} – масовий вміст кисню в паливі на горючу масу, %; $\rho_н$ – густина сухого газоподібного палива, кг/нм^3.

Густина сухого газоподібного палива $\rho_н$, кг/м^3, визначається як сума питомих мас індивідуальних газів, що входять до складу палива:

$$\rho_{\text{н}} = \Sigma m_i. \quad (5.15)$$

Отже, отримано значення, % масового елементного складу газоподібного палива:

Вуглець – $C^r = C^{daf}$

Водень – $H^r = H^{daf}$

Кисень – $O^r = O^{daf}$

Азот – $N^r = N^{daf}$

Масова нижча теплота згорання Q_i^r, МДж/ кг визначається за формулою:

$$Q_i^r = \frac{Q_{\text{p}}^{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}}. \quad (5.16)$$

Масова витрата газоподібного палива B_2, визначається за формулою, т/рік:

$$B_2 = B_1 \cdot \rho_н. \quad (5.17)$$

Попередньо визначають масовий вміст вуглецю у природному газі.

Питому масу кожного інгредієнта в сухому стані газоподібного палива, кількісний і якісний склад якого вказаний у вихідних даних, обраховують за формулами (5.4) - (5.10).

$m_{CH4} = 0{,}716 \cdot 0{,}01 \cdot 89{,}5161 = 0{,}6409$ кг/м^3;

$m_{C2H6} = 1{,}342 \cdot 0{,}01 \cdot 5{,}0357 = 0{,}0676$ кг/м^3;

$m_{C3H8} = 1{,}967 \cdot 0{,}01 \cdot 1{,}2027 = 0{,}0237$ кг/м^3;

$m_{C4H10} = 2{,}593 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}3518 = 0{,}0091$ кг/м^3;

$m_{C5H12} = 3{,}219 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}667 = 0{,}0215$ кг/м^3;

$m_{N2} = 1{,}250 \cdot 0{,}01 \cdot 1{,}6745 = 0{,}0209$ кг/м^3;

$m_{CO2} = 1{,}964 \cdot 0{,}01 \cdot 2{,}0498 = 0{,}0402$ кг/м^3.

Густину природного газу в сухому стані $\rho_н$, кг/м^3 визначають як суму питомих мас індивідуальних газів, що входять до складу палива:

$$\rho_{\text{н}} = 0{,}6109 + 0{,}0676 + 0{,}0237 + 0{,}0091 + 0{,}0215 + 0{,}0209 + 0{,}0402 = 0{,}8239.$$

Теплота згоряння газу як суміші горючих компонентів за стандартних умов згоряння і вимірювання 25/20 ^{0}С становить [45]

$$Q_{\text{р}}^{\text{н}} = 0{,}01 \cdot (89{,}5161 \cdot 33{,}365 + 5{,}0357 \cdot 59{,}39 + 84{,}93 \cdot 1{,}2027 + 110{,}47 \cdot 0{,}3518 + 136{,}01 \cdot 0{,}667) = 35{,}17 \text{ МДж/м}^3.$$

Масовий елементний склад сухого природного газу знаходять за формулами (5.11) – (5.14):

$$\text{C}^{daf} = \frac{100}{0{,}8239}\left(\frac{12}{12+4}0{,}6409 + \frac{12\cdot 2}{12\cdot 2+6}0{,}0676 + \frac{12\cdot 3}{12\cdot 3+8}0{,}0237 + \right.$$
$$\left. + \frac{12\cdot 4}{12\cdot 4+10}0{,}0091 + \frac{12\cdot 5}{12\cdot 5+12}0{,}0215 + 0{,}273 \cdot 0{,}0402\right) = 71{,}68\ \%;$$

$$\text{H}^{daf} = \frac{100}{0{,}8239}\left(\frac{4}{12+4}0{,}6409 + \frac{6}{12\cdot 2+6}0{,}0676 + \frac{8}{12\cdot 3+8}0{,}0237 + \right.$$
$$\left. + \frac{10}{12\cdot 4+10}0{,}0091 + \frac{12}{12\cdot 5+12}0{,}0215\right) = 22{,}23\ \%;$$

$$N^{daf} = \frac{100}{0{,}8239}0{,}0209 = 2{,}54\ \%;$$

$$O^{daf} = \frac{100}{0{,}8239}0{,}727 \cdot 0{,}0402 = 3{,}55\ \%.$$

Масову нижчу теплоту згорання природного газу знаходять за формулою:

$$Q_i^r = \frac{35{,}17}{0{,}8239} = 42{,}69 \text{ МДж/кг}.$$

Для природного газу рекомендоване значення ступеню окислення вуглецю палива ε_C становить 0,995.

Таким чином, показник емісії вуглекислого газу при згорянні палива, обрахований за формулою (5.2), дорівнює

$$k_{CO2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{71.68}{100} \cdot \frac{10^6}{42{,}69} \cdot 0{,}995 = 61258 \text{ г/ГДж}.$$

Для біометану розрахунки виконують аналогічно.

m_{CH4} = 0,716 · 0,01 · 98,1251= 0,7026 кг/м^3;

m_{N2} =1,250 · 0,01 · 1,0595 = 0,0132 кг/м^3;

m_{CO2} = 1,964 · 0,01 · 0,6814 = 0,0134 кг/м^3.

$\rho_{\text{н}} = 0{,}7026 + 0{,}0132 + 0{,}0134 = 0{,}7292$ кг/м^3.

$Q_{\text{р}}^{\text{н}} = 0{,}01 \cdot 98{,}1251 \cdot 33{,}365 = 32{,}739$ МДж/м^3.

$$\text{C}^{daf} = \frac{100}{0{,}7292}\left(\frac{12}{12+4}0{,}7026 + 0{,}273 \cdot 0{,}0134\right) = 72{,}76\ \%;$$

$$\text{H}^{daf} = \frac{100}{0{,}7292}\left(\frac{4}{12+4}0{,}7026\right) = 24{,}09\ \%;$$

$$N^{daf} = \frac{100}{0{,}7292}0{,}0132 = 1{,}81\ \%;$$

$$O^{daf} = \frac{100}{0{,}7292} 0{,}727 \cdot 0{,}0134 = 1{,}34\ \%.$$

$$Q_i^r = \frac{32{,}739}{0{,}7292} = 44{,}9 \text{ МДж/кг}.$$

$$k_{CO2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{72{,}76}{100} \cdot \frac{10^6}{44{,}9} \cdot 0{,}995 = 59121 \text{ г/ГДж}.$$

5.1.5. Оксид діазоту N_2O

Оксид діазоту (або оксид азоту (II)) N_2O відноситься до парникових газів. Значення узагальненого показника емісії N_2O залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання наведено в табл. Е.3 (додаток Е [44]).

При факельному спалюванні горючих газів згідно даних табл. Е.3 додатка Е k_{N2O} = 0,1 г/ГДж [45].

5.1.6. Метан CH_4

Метан CH_4 також відноситься до парникових газів. Утворення метану під час спалювання органічного палива в енергетичних установках дуже незначне. Воно пов'язане з неповним згорянням органічного палива і зменшується з підвищенням температури згоряння та масштабу енергетичної установки. Значення узагальненого показника емісії метану залежно від виду палива наведено в табл. Е.4 (додаток Е [44]).

При використанні природного газу показник емісії метану k_{CH4} дорівнює згідно даних табл. Е.4 додатка Е k_{CH4} = 1,0 г/ГДж [45].

Отримані за результатами виконаних розрахунків значення показників емісії інгредієнтів, які надходять в атмосферне повітря при спалюванні природного газу і біометану, наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Викиди забруднювальних речовин і парникових газів
в атмосферу при спалюванні газоподібних палив

Інгредієнт	Показник емісії, г/ГДж		Викид в атмосферу, кг/год.		Податкові зобов'язання за викиди, грн./год.	
	природний газ	біометан	природний газ	біометан	природний газ	біометан
1	2	3	4	5	6	7
А. Забруднювальні речовини						
Діоксид азоту NO_2	34,90	34,90	5,460	5,303	14,054	13,652
Оксид вуглецю CO	17,0	17,0	2,659	2,583	0,258	0,251
Разом			8,119	7,886	14,312	13,903
Б. Парникові гази						
Діоксид вуглецю CO_2	61258	59121	9582,8	8984,0	287,484	269,520

Оксид діазоту N_2O	0,1	0,1	0,016	0,015	0,067	0,063
Метан CH_4	1,0	1,0	0,156	0,152	0,675	0,633
Разом			9583,0	8984,2	288,226	270,216
Всього			9591,1	8992,1	302,538	284,119

4.3.7. Викиди продуктів згоряння в атмосферне повітря

Витрату первинного палива визначають з урахуванням втрат при генерації, транспортуванні, розподілі та використанні. Значення коефіцієнтів корисної дії зазначених вище підсистем вказані у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Коефіцієнти корисної дії системи газопостачання
(з урахуванням технологічних витрат та втрат газу) [45]

Споживач: побутовий газовий прилад ПГ (ВПГ)	ГРП (ГРУ)	Газорозподільна мережа населеного пункту	Джерело: ГРС
0,75	0,95	0,98	0,98

Для централізованої системи газопостачання мережним природним газом приведений коефіцієнт корисної дії дорівнює:

$$\eta_{г/п} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 = 0{,}75 \times 0{,}95 \times 0{,}98 \times 0{,}98 = 0{,}68.$$

Відповідно, витрата первинного палива становить:

$V = \frac{V_1}{\eta_{г/п}} = \frac{3024{,}4}{0{,}68} = 4447{,}6$ м^3/год. або

$B = V \cdot \rho = 4447{,}6 \cdot 0{,}8239 = 3664{,}4$ кг/год.

Валовий викид *j*-ї забруднювальної речовини/парникового газу E_j, т, що надходить у атмосферу разом із димовими газами за проміжок часу *P*, визначається за формулою (3.24) [45]:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \cdot \sum k_{ji} \cdot B_i \cdot (Q_i^r)_i, \qquad (5.18)$$

де E_{ji} – валовий викид *j*-ї речовини/газу під час спалювання *i*-го палива за проміжок часу *P*, т; k_{ji} – показник емісії *j*-ї забруднювальної речовини/ парникового газу для *i*-го палива, г/ГДж; B_i – витрата *i*-го палива за проміжок часу *P*, т; $(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згоряння *i*-го палива, МДж/кг.

Наприклад, викиди діоксиду азоту становлять:

$E_{NOx} = 10^{-6} \cdot 34{,}9 \cdot 3664{,}4 \cdot 42{,}69 = 5{,}46$ кг/год.

Для інших інгредієнтів розрахунки виконують аналогічно. Результати наведені у табл. 5.1.

Систему газопостачання об’єктів котеджного містечка можна розглядати як автономну систему. Відповідно, приведений коефіцієнт корисної дії становить

$$\eta_{г/п} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_4 = 0{,}75 \times 0{,}95 \times 0{,}98 = 0{,}70.$$

Витрату альтернативного палива – біометану – знаходять з рівняння теплового балансу

$$V_2 = V_1 \frac{Q_2}{Q_1} = 3024{,}4 \frac{35{,}17}{32{,}74} = 3248{,}9 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Витрата первинного палива – біогазу – становить:

$$V = \frac{V_2}{\eta_{г/п}} = \frac{3248{,}9}{0{,}7} = 4641{,}2 \text{ м}^3\text{/год. або}$$

$$B = V \cdot \rho = 4641{,}2 \cdot 0{,}7292 = 3384{,}4 \text{ кг/год.}$$

Розрахунок викидів в атмосферне повітря виконують аналогічно. І, наприклад, для оксидів азоту вони складають

$$E_{NOx} = 10^{-6} \cdot 34{,}9 \cdot 3384{,}4 \cdot 44{,}9 = 5{,}303 \text{ кг/год.}$$

Для інших інгредієнтів розрахунки виконують аналогічно. Результати наведені у табл. 4.2.

5.1.8. Податкові зобов'язання за забруднення довкілля

При спалюванні горючих газів в атмосферне повітря разом з продуктами згоряння надходять лише 2 забруднювальні речовини (діоксид азоту NO_x, оксид вуглецю CO) і 3 інгредієнти, які утворюють групу парникових газів (діоксид вуглецю CO_2, діазоту оксид N_2O, метан CH_4).

Ставки податку за забруднення навколишнього природного середовища вказані у табл. 5.3, а викиди продуктів згоряння при спалюванні зазначених палив наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.3

Ставки податку на викиди забруднювальних речовин і парникових газів [45]

Речовина	NO_x	CO	SO_2	Тверді частки	CO_2	N_2O	CH_4
Ставка податку, грн./т	2574,43	96,99	2574,43	96,99	30,00	4216,92	145,50

Наприклад, при спалюванні природного газу в атмосферне повітря щогодини надходить 5,460 кг оксидів азоту в перерахунку на NO_2. При ставці податку 2574, 43 грн./т податкові зобов'язання становитимуть

$$\text{С}_{NOx} = 5{,}46 \cdot 2{,}574 = 14{,}054 \text{ грн./год.}$$

Для інших інгредієнтів розрахунок виконують аналогічно. Результати вказано у табл.5.1. Сумарні економічні збитки довкіллю від спалювання природного газу складають 302,538 грн. щогодини. Використання в якості палива біометану для потреб енергопостачання котеджного містечка дещо зменшує збитки – 284,119 грн./год. (на 6,1 %).

5.2. Висновки

5.2.1. Забруднення довкілля

При використанні горючих газів в якості палива для теплогенеруючих установок найбільший вклад у забруднення довкілля вносить діоксид вуглецю – основний парниковий газ. Його частка перевищує 95 %.

Під час згоряння горючих газів за шкідливістю викидів серед забруднювальних речовин на перше місце виходять оксиди азоту. В атмосфері діоксид азоту зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що надходить на Землю. Це призводить до виникнення т.зв. смогів. Крім того, він може бути також причиною «кислотних дощів».

До основних методів придушення утворення NO_x можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрації реагуючих речовин, наприклад, двостадійне спалювання, зменшення коефіцієнта надлишку повітря тощо. Очищення викидів від оксидів азоту відбувається, як правило, за допомогою спеціальних каталізаторів (правда, слід відмітити, що невеликих за потужністю теплогенераторів їх встановлення економічно недоцільне).

Окрім того, більшість методів придушення утворення оксидів азоту призводять до підвищення концентрації оксиду вуглецю в димових газах. Винятком є подавання води або пари в зону горіння.

Питомі викиди *CO* при спалюванні в котлах малої потужності достатньо високі у порівнянні з роботою великих котлоагрегатів. Це викликає збільшення концентрації оксидів вуглецю в густонаселених пунктах, особливо при децентралізованому теплопостачанні. Загалом оксид вуглецю – високотоксична речовина, яка добре реагує з гемоглобіном, що призводить до отруєння організму включно зі смертельними випадками.

5.2.2. Переваги використання альтернативних палив (біометану)

Наразі Україна, незважаючи на повномасштабну агресію російської федерації, реалізує свій стратегічний курс – набуття повноправного членства у Європейському Союзі, що окрім іншого передбачає декарбонізацію економіки (підвищення енергоефективності, утилізація накопичених відходів, розвиток відновлюваних джерел енергії й циркулярної економіки та синхронізацію із ініціативою «Європейський Зелений Курс»). Задекларувавши відданість принципам сталого розвитку Україна визнала, що освоєння відновлюваних джерел енергії, зменшення споживання традиційних

органічних палив тощо є важливими факторами підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу економіки на навколишнє природне середовище. Заміщення природного газу біометаном, отриманим внаслідок утилізації побутових відходів і відходів сільськогосподарського виробництва, сприятиме підвищенню надійності газопостачання кінцевих споживачів, використанню існуючого потенціалу газової інфраструктури, продовженню її безаварійної роботи тощо.

Розділ 6. Заходи з охорони праці

6.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні робіт

Виробничі фактори залежно від наслідків, до яких може привести їх дія, прийнято підрозділяти на небезпечні та шкідливі. Небезпечний виробничий фактор – фактор, вплив якого на працюючого у певних умовах приводить до травми або різкого погіршення здоров'я. Шкідливий виробничий фактор – фактор, вплив якого на працюючого у певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності. В залежності від рівня та тривалості впливу шкідливий фактор може стати небезпечним.

Класифікацію небезпечних та шкідливих виробничих факторів наведено в табл.6.1.

Таблиця 6.1

Шкідливі та небезпечні фактори

№ з/п	Шкідливі та небезпечні виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	Обвалення грунту	Земляні роботи	Грунт - піщаний; Крутість укосу-0,5(63); Глибина h=1,5 м	ДБН А.3.2-2-2009
2	Розташування робочого місця на висоті 1,3 м і більше відносно підлоги	Монтажні роботи	Висота h = 3,0 м	ДБН А.3.2-2-2009
3	Підвищена температура теплоізоляційного матеріалу	Ізоляційні роботи	Температура $t \leq 180\ ^oC$	ДБН А.3.2-2-2009
4	Електричний струм	Електрозварювальні, електромонтажні, випробувальні, експлуатаційні роботи	Напруга U = 220 В	ДБН А.3.2-2-2009
5	Підвищений рівень шуму	Системи вентиляції	Шум L < 50 дБа	ДСН 3.3.6.037-99
6	Підвищена запиленість робочої зони	Зварювальні, монтажні	Аргон ГДК = 5 мг/м^3	ГОСТ 12.1.005-88
7	Недостатнє освітлення робочої зони	Виконання робіт з монтажу, експлуатації, ремонту інженерних системи	Освітленість $E \geq 30$ лк	ДСТУ Б.А 3.2-15:2011

8	Атмосферна електрика	Захист будівель від блискавки	Незалежно від N К = 3	ДСТУ Б.В 2.5-38:2008
9	Обладнання, яке працює під тиском	Індивідуальний тепловий пункт	Тиск $P \leq 2,5$ МПа	НПАОП 0.00-1.59-87
10	Пожежна безпека	Монтаж, випробування, експлуатація і ремонт інженерних систем	$К_{п/б}$ - $К_{вогнестійкість}$ - II	ДБН В. 1.1-7-2016 ДБН В. 1.2-7-2008

6.2. Заходи профілактики виявлених факторів

Заходи встановлюються на час виконання будівельно-монтажних, санітарно-технічних робіт або під час експлуатації будівель, інженерних систем і мереж, технологічного устаткування тощо.

1. Обвалення грунту:

- встановлення відкосів згідно ДБН А.3.2-2-2009 при глибині виїмки до 5 м в однорідних грунтах ;
- встановлення вертикальних відкосів без кріплення на глибину до 1,5 м в нескальних, незамерзаючих грунтах вище рівня грунтових вод ;
- встановлення пристроїв механічних кріплень траншеї глибиною до 5 м із інвентарних та типових деталей;
- розміщення грунта, який виймається, інструментів для монтажу і будівельно-дорожніх машин на безпечній відстані від підошви виїмки ;
- організувати нагляд за безпечністю виконання робіт і за станом стійкості бортів виїмок.

2. Розташування робочого місця на висоті 1,3 м і більше відносно рівня підлоги/землі:

- робоче місце повинно бути вільним від сторонніх предметів і матеріалів;
- монтувати трубопроводи на висоті всередині виробничого приміщення слід з риштування, лісів, колисок, настилів, виготовлених з міцного матеріалу;
- працюючи на висоті (монтуючи труби і прилади, пробиваючи отвори тощо), слід користуватися запобіжним поясом, справність котрого кожен раз перевіряє керівник робіт;
- приставні драбини повинні мати врізані східці, внизу – нековзні наконечники, а вгорі – захвати; встановлюючи приставні драбини на висоті, необхідно прикріплювати їх верх і низ до міцних елементів конструкцій;

працювати з них дозволяється на висоті не більше 3 м; підйом обладнання, устаткування і матеріалів з драбин не допускається;

- розсувні драбини-стрем'янки повинні мати пристосування, яке не дозволяє їм довільно розсуватися під час роботи; для забезпечення стійкості тятиви сходів повинні розходитися донизу;
- міцність риштування і лісів слід перевіряти до початку роботи (це робить майстер або виконавець робіт);
- забороняється класти інструмент на край робочого настилу лісів, вести роботи з випадкових опор, використовувати в якості тимчасових опор або підставок випадкові предмети (нагрівальні прилади, дошки, ящики, сходи тощо).

3. Електричний струм:

- забезпечити електроустановки надійною ізоляцією;
- обов'язково створювати захисне заземлення, автоматичнее відключення, занулення, автоматичне відключення ;
- працювати з електрикою тільки із застосуванням спеціальних захисних засобів;
- виключити можливість випадкового дотику до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

4. Підвищений рівень шуму:

- для зниження шуму силових установок застосовують стаціонарні глушники шуму після вентиляційної установки на припливному повітропроводі і на витяжному повітропроводі;
- використання засобів індивідуального захисту від шуму для робітників (протишумні шоломи, навушники і вкладиші);
- використання будівельно-архітектурних рішень для зменшення шуму на шляху його розповсюдження;
- ізолювати джерела звукопоглинальними матеріалами.

5. Підвищена запиленість робочої зони:

- для захисту очей і обличчя використовуються зварювальні маски, захисні окуляри і спеціальні щитки; Популярним і поширеним засобом захисту органі зору при проведенні робіт є зварювальна маска хамелеон ;
- для захисту органів дихання використовують респіратор, який зручно одягати під маску зварника; на практиці добре зарекомендували себе респіратори з вуглецевим покриттям: вони захищають органи дихання від зварювального диму, аерозолів, пилу та органічних запахів нижче гранично

допустимих концентрацій; наявність клапанів видиху полегшує дихання і дозволяє успішно застосовувати такі респіратори при підвищених температурах;

- для захисту від попадання бризок розплавленого металу або контакту з розпеченими поверхнями використовують спецодяг зварника: область рук добре захищають краги, для інших частин тіла ефективні спеціальні куртки, костюми, комбінезони, штани, а на ноги прийнято взувати черевики зварника.

6. Недостатнє освітлення робочої зони:

- потрібно створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частої переадаптації органів зору;
- не створювати засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- не створювати на робочій поверхні різних та глибоких тіней ;
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що висвітлюються;
- освітлення повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

7. Атмосферна електрика:

- захист об'єктів від прямих ударів блискавки забезпечується шляхом влаштування блискавковідводів; вони можуть окремо встановленими, що забезпечує розтікання струму блискавки, минаючи об'єкт, та де розтікання струму здійснюється контрольованими шляхами, що, відповідно, забезпечує низьку ймовірність ураження людей, вибуху чи пожежі. Окрім того, можуть бути використані сітчасті блискавковідводи на неметалевому покритті даху, або безпосередньо сам металевий дах. В обох випадках влаштовують струмовідводи через кожні 50-80 м за периметром будівлі, але не ближче ніж 3 м від входів чи місць, які доступні для дотику людей;
- захист від електростатичної індукції (вторинний прояв блискавки) здійснюється приєднанням устаткування до заземлювачів з метою відведення електростатичних зарядів, індукованих блискавкою, в грунт. Захист від електромагнітної індукції полягає у влаштуванні приварних перемичок між значними за довжиною суміжними металоконструкціями в місцях їхнього зближення між собою на відстань менше, ніж 10 см. Відстань між такими перемичками повинен бути не більшим за 20 м. Це дає змогу наведеному

струму блискавки переходити з одного контуру в інший без утворення електричних розрядів. Захист від занесення високих потенціалів у будівлю здійснюється шляхом приєднання до заземлювача металоконструкцій перед їх введенням у будівлю;

- для виключення іскрування в місцях з'єднань протяжних металевих комунікацій забезпечуються низькі перехідні опори – не більше 0,03 Ом.

8. Обладнання яке працює під тиском:

- до обслуговування обладнання, яке працює під тиском, допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли спеціальне навчання, атестацію і кваліфікаційні комісії та інструктаж щодо безпечного обслуговування обладнання; перевірка знань персоналу, що обслуговує обладнання, проводиться не рідше, ніж один раз на рік;

- інструкції щодо режиму роботи і безпечної експлуатації обладнання повинні бути вивішені на робочих місцях і видані під розписку обслуговуючому персоналу; у разі порушення режимів роботи і появи несправностей експлуатація обладнання має бути припинена;

- на обладнання для вимірювання тиску встановлюють манометри, перевірка яких з опломбуванням проводиться не рідше одного разу на рік; не рідше за один раз на 6 місяців перевіряють покази робочих манометрів за контрольним – результати перевірки записують у журнал;

- тиск настройки запобіжних клапанів повинен дорівнювати робочому тиску в системі або перевищувати його, але не більше, ніж на 25 %; робоче середовище, як правило горючий газ, що виходить із запобіжного клапана, слід відводити в безпечне місце – вище рівня покрівлі даху і закінчувати гусаком. Окрім того, ці місця повинні знаходитись під блискавкозахистом. Запобіжні клапани перевіряють не рідше, ніж один раз на 6 місяців або один раз на рік, залежно від виду обладнання, який вони забезпечують. З проведенням періодичних перевірок запобіжний клапан після випробування повинен пломбуватися.

9. Пожежна безпека:

- застосування будівельних конструкцій з нормованими межами вогнестійкості та класами пожежної небезпеки;

- використання зонування території (планування з урахуванням ознак пожежної небезпеки);

- застосування вогнезахисних фарб, облицювань, інших вогнезахисних складів для підвищення меж вогнестійкості будівельних конструкцій;

- встановлювати протипожежні розриви;

- встановлювати протипожежні перешкоди;

- забезпечити безпечні шляхи евакуації (не менше двох виходів);

- забезпечити видалення з приміщення диму при пожежі (з застосуванням аераційних ліхтарів, димових люків, легко скидних конструкцій);

- дотримання протипожежних вимог до систем опалення, теплопостачання та газопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря;

- застосування первинних засобів пожежогасіння;

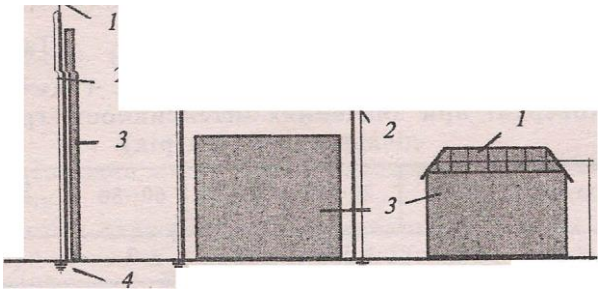
- встановлення систем зовнішнього та внутрішнього пожежного водопроводу;

- встановлення систем виявлення пожежі (установок і систем пожежної сигналізації), оповіщення та управління евакуацією людей при пожежі.

6.3. Розрахунок блискавко захисту будівлі

Для захисту об'єктів від прямих ударів блискавки (первинний вплив) споруджуються блискавковідводи, що приймають на себе струм блискавки й відводять його в землю.

Блискавковідводи бувають стержневі, тросові або сітчасті (рис.5.1). Блискавковідводи складаються з блискавкоприймача (1), блискавкопроводу (2) і пристрою, що заземлює(3). По кількості спільно діючих блискавкоприймачів вони діляться на одиночні, подвійні і багатократні.



а) б) в)

Рис 6.1. Блискавкозахист будівель і споруд
а) стержневий; б) тросовий; в) сітчастий
1 - блискавкоприймач; 2 - блискавкопровід; 3 - обєкт,
що захищається; 4 - заземлення

Оскільки будівля має димарі висотою більше 15 м, то захист об’єкту здійснюється за III категорією. Блискавкозахист влаштовується в місцевостях із грозовою діяльністю 20 годин на рік і більше. Тип зони захисту блискавковідводів для об’єктів II і III категорій залежить від очікуваного числа N поразок блискавкою протягом року будинків і споруд, що визначається за формулою [ДСТУ Б В.2.5-38:2008]:

$$N = (S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) \cdot n \cdot 10^{-6},$$

де *S, L, h* – відповідно ширина, довжина і найбільша висота будинків (споруд), що захищаються, м; n – середнє число ударів блискавки на 1 км^2 земної поверхні в місці розташування споруд.

$S = 18 м$; $L = 36 м$; $h = 30 м$; $n = 3$,

$N = (18 + 6 \cdot 30) \cdot (36 + 6 \cdot 30) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0{,}128 < 2$;

Отже, для об'єкту III категорії при $N < 2$ приймаємо зону типу Б.

Блискавкозахист споруди виконаний у вигляді стрижневого блискавковідводу, який розміщується безпосередньо на димарі. Висота димаря 30 м.

Зона захисту даного блискавковідводу при висоті h < 150 м являє собою конус, вершина якого знаходиться на рівні $h_0 < h$. На рівні землі зона захисту утворить коло радіусом r_0 (див. рис. 6.2). Зони захисту одиночних блискавковідводів мають такі розміри:

Зона Б:

$h_0 = 0{,}92h;\ R_0 = 1{,}5h;\ R_x = 1{,}5(h - h_x / 0{,}92)$;

Для зони Б висота одиночного стрижневого блискавковідводу може бути визначена з виразу:

$h = (R_x + 1{,}63h_x) / 1{,}5$

Рішення. Визначаємо необхідну висоту стрижневого блискавковідводу *h* для зони захисту типу Б:

$h = (18 + 3 + 1{,}63 \cdot 8{,}1) / 1{,}5 = 22{,}8 м$;

Оскільки висота димаря h = 30 м, то приймаємо висоту стрижня на 2 м вище, h = 32 м. Тоді на висоті h_x = 8,1 м радіус зони захисту такий:

$R_x = 1{,}5(32 - 8{,}1 / 0{,}92) = 34{,}8 > R_x = 21 м$;

$h_0 = 0{,}92 \cdot 32 = 30{,}44 м$;

$R_0 = 1{,}5 \cdot 32 = 48 м$;

$h = 32 м$.

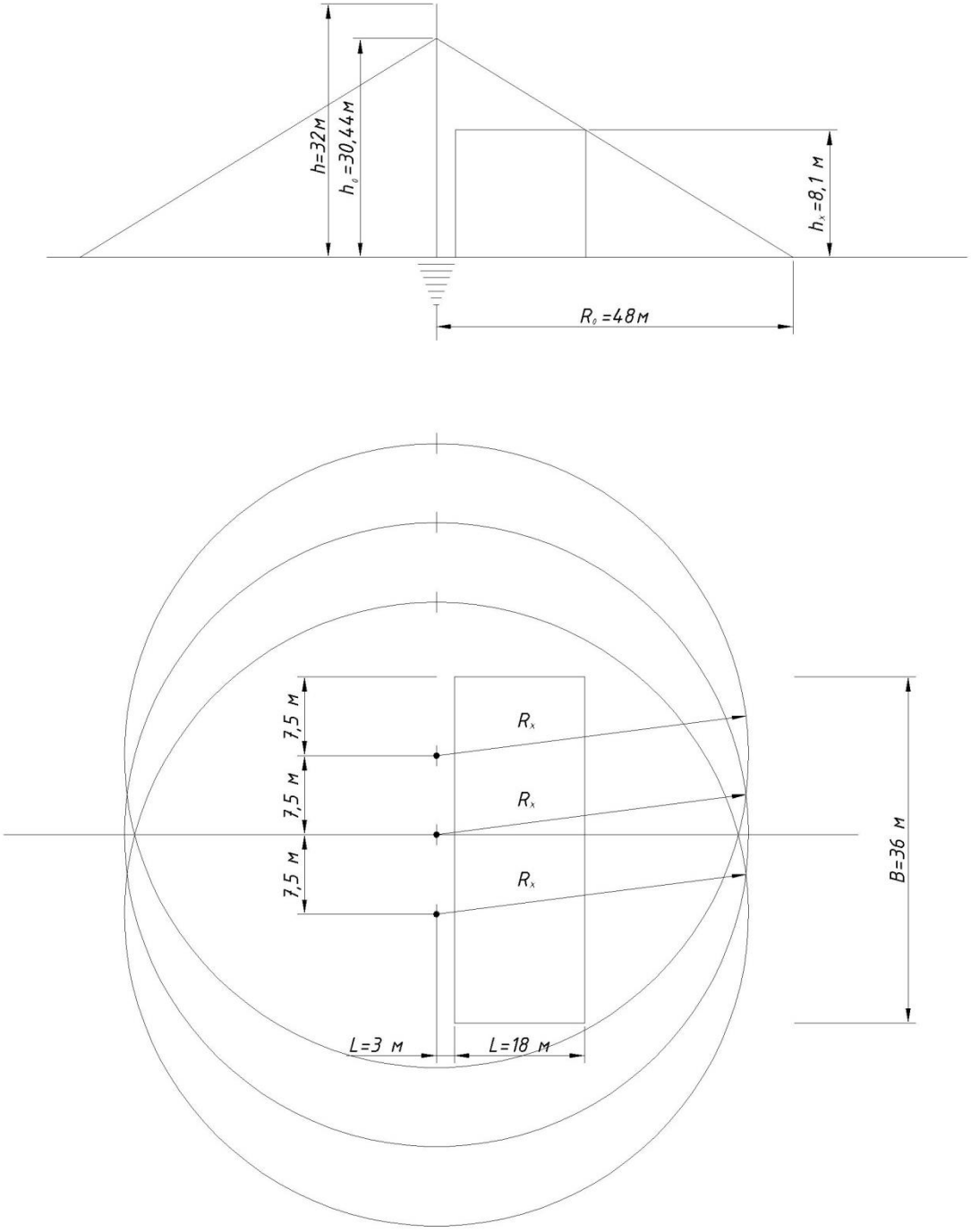



Рис. 6.2. Блискавкозахист будівлі