

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеський національний технологічний університет**

ННІ Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

Освітня програма Нафтогазова інженерія та технології



**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему Проект зовнішньої міжквартальної мережі газопостачання  
для району з багатоповерховою забудовою в м. Одеса

Здобувача (ки) Кузнецова А.М.

Керівник доц. Ашик Т.А.

Консультанти: проф. Басюркіна Н.І.

доц. Кологривов М.М.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 10 червня 2026 року протокол № 12

В.о. завідувача кафедри НТІТ Олександр ТІТЛОВ

Одеса - 2026 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

Освітня програма Нафтогазова інженерія та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри д.т.н., проф. Тітлов О.С.

«02» лютого 2026 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кузнецова Анжеліка Михайлівна

1. Тема роботи Проект зовнішньої міжквартальної мережі газопостачання  
для району з багатоповерховою забудовою в м. Одеса

Затверджена наказом ОНТУ від 30.01.2026 р. наказ № 51-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані роботи

Площа району 10 га; відсоток забудови кварталу від загальної площі району 33 %;  
кількість будинків 62; максимальна добова витрата газу 1400 м<sup>3</sup>/год; абсолютний  
тиск на початку 104325 Па; допустимий перепад тиску 1200 Па; температура газу  
280 К; густина газу 0,72 кг/м<sup>3</sup>; шорсткість труб 0,002 см

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Вибір типу газової мережі за тиском та матеріалом труб; розробка конфігурації  
мережі; визначення витрат газу (шляхових, транзитних, розрахункових);  
гідравлічний розрахунок мережі з визначенням діаметру трубопроводів; проведення  
гідравлічної ув'язки контурів; підбір обладнання регуляторного пункту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Схема газової мережі

Аркуш 2. Складальне креслення регулятора тиску

Аркуш 3. Вивід газопроводу з землі

Аркуш 4. Габаритне креслення ГРПШ

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Розділ охорони праці	доц. Кологривов М.М.		
Економічний розділ	проф. Басюркіна Н.І.		
Нормоконтроль	доц. Кологривов М.М.		

7. Дата видачі завдання 02.02.2026 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Ашик Т.А.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Кузнецова А.М.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	01.03-10.03.26	
2	Підготовка теоретичного розділу роботи	11.03-21.03.26	
3	Підготовка проєктного розділу роботи	22.03-22.04.26	
4	Підготовка розділу з охорони праці	23.04-30.04.26	
5	Підготовка економічного розділу	01.05-07.05.26	
6	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	08.05-11.05.26	
7	Підготовка графічної частини роботи	12.05-23.05.26	
8	Підготовка презентації та доповіді	24.05-31.05.26	
9	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	01.06-08.06.26	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Кузнецова А.М.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ашик Т.А.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник Кузнецова Анжеліка Михайлівна

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 91 сторінок друкованого тексту, 20 рисунків, 14 таблиць, 19 посилань на джерела.

У кваліфікаційній роботі виконано проектування кільцевої газової мережі низького тиску з використанням поліетиленових труб для забезпечення стабільного газопостачання споживачів. Робота включає гідравлічний розрахунок мережі з підбором оптимальних діаметрів та ув'язкою контурів, а також вибір регулятора тиску для ГРП. Окрему увагу приділено аспектам охорони праці та обґрунтуванню техніко-економічної ефективності будівництва.

**Ключові слова:** газопостачання, газова мережа, газорегуляторний пункт

## ABSTRACT

Qualification work consists of 91 pages of printed text, 20 figures, 14 tables, 19 references.

This qualification paper presents the design of a low-pressure ring gas network using polyethylene pipes to ensure stable gas supply to consumers. The work includes hydraulic calculations with the selection of optimal pipe diameters and loop balancing, as well as the selection of a pressure regulator for the gas control unit. Particular attention is given to occupational health and safety aspects and the justification of the technical and economic efficiency of the construction

**Keywords:** gas supply, gas network, gas control unit

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	8
1.1 Основні елементи системи газопостачання .....	8
1.2 Нормативні вимоги до структури систем газопостачання населених пунктів.....	10
1.3 Норми тиску газу в системах газопостачання населених пунктів.....	12
1.4 Структура систем газопостачання населених пунктів.....	13
1.4.1 Одноступенева система розподілу газу .....	15
1.4.2 Двоступенева система розподілу газу .....	16
1.4.3 Треступенева система розподілу газу .....	17
1.5 Схеми мереж газопостачання за геометричною конфігурацією .....	18
1.6 Розрахункові витрати газу .....	20
1.7 Проектування зовнішніх газопроводів .....	25
1.8 Прокладання підземних газопроводів .....	27
2 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ.....	33
2.1 Проектування кільцевої газової мережі низького тиску .....	33
2.1.1 Вихідні дані та характеристика району .....	33
2.1.2 Гідравлічний розрахунок кільцевої газової мережі низького тиску ...	35
2.3 Газорегуляторний пункт та його обладнання.....	55
2.3.1 Типи газорегуляторних пунктів .....	55
2.3.2 Принцип роботи газорегуляторного пункту .....	57
2.3.3 Класифікація газорегуляторних пунктів .....	59
2.3.4 Вибір обладнання газорегуляторного пункту.....	59

3 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ .....	63
3.1 Нормативно-правова база та стандарти безпеки при будівництві газових мереж.....	63
3.2 Організація робіт, відповідальність і взаємодія сторін при будівництві газових мереж.....	65
3.3 Підготовка персоналу, навчання, інструктажі та допуск до робіт підвищеної небезпеки.....	67
3.4 Заходи безпеки при виконанні земляних робіт, прокладанні підземних газопроводів та монтажі трубопроводів.....	69
3.5 Засоби індивідуального та колективного захисту, технічне обслуговування, контроль якості та документація .....	70
3.6 Контроль, інспекційний нагляд, реагування на аварійні ситуації та відповідальність .....	73
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	75
4.1 Базисна кошторисна вартість .....	75
4.2 Термін окупності.....	76
ВИСНОВКИ.....	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	89

## ВСТУП

Газопостачання є однією з основних складових житлово-комунального господарства, адже воно забезпечує нормальні умови проживання населення та роботу підприємств. У сучасних містах, де активно розвивається багатоповерхова забудова, питання організації зовнішніх мереж газопостачання стає особливо важливим. Місто Одеса, як великий промисловий і культурний центр, постійно розширює свої житлові райони, що потребує створення нових систем інженерного забезпечення.

Зовнішня міжквартальна газова мережа виконує роль «основної артерії», яка доставляє газ від газорегуляторного пункту до житлових будинків. Від правильності її проектування залежить безпека мешканців, стабільність постачання та економічність роботи всієї системи. При цьому необхідно враховувати щільність забудови, кількість споживачів, перспективи розвитку району, а також вимоги чинних нормативних документів.

Проектування газових мереж включає кілька етапів: збір вихідних даних, вибір схеми розподілу газу, встановлення регуляторних пунктів, розрахунок діаметрів трубопроводів, визначення місць. Важливо також передбачити можливість подальшого розширення системи, адже житлові райони постійно зростають. Окрему увагу слід приділити питанням надійності та довговічності матеріалів, з яких виготовляються труби, а також способам їх прокладання.

У роботі буде розглянуто вихідні умови, проведено необхідні розрахунки та запропоновано технічні рішення, які дозволять забезпечити безпечне та стабільне постачання газу мешканцям житлового кварталу.

Метою роботи є проектування зовнішньої міжквартальної газової мережі для району з багатоповерховою забудовою в місті Одеса для забезпечення безперебійного та надійного забезпечення природним газом споживачів. У межах роботи передбачено вирішення наступних завдань:

- аналіз вихідних даних та характеристик району;

- вибір типу газової мережі за тиском та матеріалом труб;
- розробка конфігурації мережі;
- визначення витрат газу (шляхових, транзитних, розрахункових);
- гідравлічний розрахунок мережі з визначенням діаметру трубопроводів;
- проведення гідравлічної ув'язки контурів;
- підбір обладнання регуляторного пункту.

Реалізація проєкту сприятиме розвитку міської інфраструктури, підвищенню рівня комфорту населення.

## 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Основні елементи системи газопостачання

Відповідно до Закону України «Про трубопровідний транспорт», трубопровідна система країни складається з магістрального та промислового транспорту. Газові мережі, що забезпечують постачання населених пунктів, належать до промислового трубопровідного транспорту.

Проектування, будівництво, ремонт і експлуатація об'єктів трубопровідного транспорту здійснюються лише за наявності відповідної ліцензії та проходять обов'язкову сертифікацію. Ліцензії видають центральні органи виконавчої влади згідно з порядком, визначеним Кабінетом Міністрів України.

У системах газопостачання населених пунктів можуть застосовуватися такі види енергоносіїв:

- природний газ;
- скраплені вуглеводневі гази;
- суміш парів пропану й бутану з повітрям.

Основним паливом для газопостачання в Україні є природний газ. Трубопровідний транспорт забезпечує його доставку як комунальним, так і промисловим споживачам, відіграючи ключову роль у функціонуванні системи.

Розглянемо структуру традиційної системи газопостачання на основі природного газу в масштабі держави. Газ із родовища надходить на установку підготовки газу до транспорту, де проходить очищення, після чого подається до газотранспортної системи (ГТС). Основним її елементом є магістральні газопроводи, що відзначаються великою довжиною, значним діаметром (700–1400 мм) та складною конфігурацією (кілька паралельних ниток, перемички, лупінги, відгалуження різної складності). Переміщення газу здійснюється завдяки енергії його стиснення. Необхідний тиск (до 7,5 МПа) створюють

головна компресорна станція на початку газопроводу та проміжні компресорні станції (КС).

У кінцевих точках магістральних газопроводів і відгалужень, де газ передається споживачам, розташовують газорозподільні станції (ГРС). Їх споруджують поблизу міст та інших населених пунктів. Основне завдання ГРС - зниження тиску газу та його автоматичне підтримання на рівні 0,3–1,2 МПа залежно від схеми постачання.

Після ГРС газ надходить у систему газопостачання населеного пункту, яка включає джерело постачання (магістральний газопровід), розгалужену газорозподільну мережу та внутрішнє обладнання для використання газу.

Принципова схема газопостачання на рівні регіону чи країни наведена на рис. 1.1.

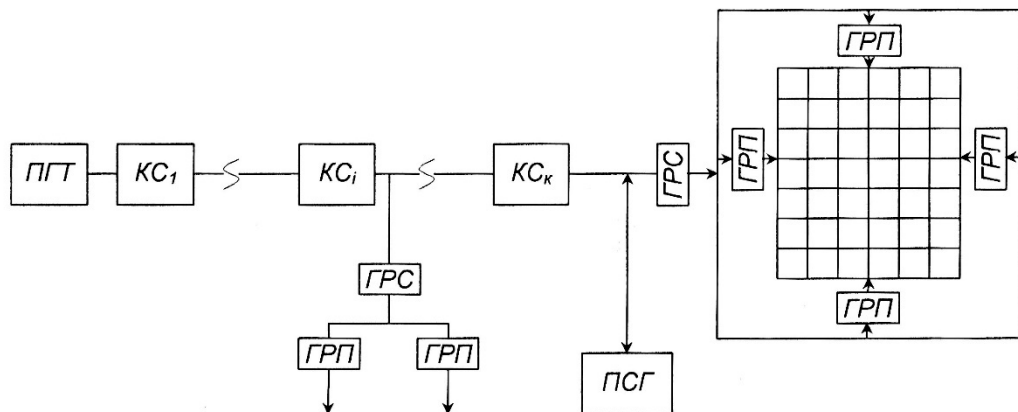


Рисунок 1.1 – Принципова схема транспортування та розподілу газу

Газові мережі населених пунктів класифікуються за величиною максимального робочого тиску на газопроводи високого, середнього та низького тиску. Взаємозв'язок між ними забезпечується системою газорегуляторних пунктів (ГРП).

Споживання газу має значну нерівномірність упродовж доби, місяця та року. Найбільшою проблемою на загальнодержавному рівні є сезонні коливання попиту. Найефективнішим і економічно доцільним способом їх

врегулювання є використання підземних сховищ газу (ПСГ). В Україні найбільше поширення отримали пластові сховища, створені у виснажених газових і нафтових родовищах або водоносних горизонтах.

Пластове ПСГ включає пласт-колектор, розташований на глибині кількох сотень метрів, комплекс нагнітально-експлуатаційних свердловин для закачування та відбору газу, а також установки для його очищення, осушення, охолодження та компримування. Відбір газу зі сховища та його подача споживачам здійснюється через газорозподільні станції (ГРС).

Усі елементи єдиної системи газопостачання перебувають у гідравлічному взаємозв'язку. Зміна режиму роботи будь-якого з них (наприклад, обсягів видобутку, продуктивності газопроводу чи рівня тиску) спричиняє відповідні зміни в роботі інших складових, включно з системами газопостачання населених пунктів.

## **1.2 Нормативні вимоги до структури систем газопостачання населених пунктів**

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2018 [4], до складу систем газопостачання населених пунктів входять:

- газопроводи та споруди системи газопостачання (міжселищні, розподільні, внутрішньоквартальні газопроводи й вводи), а також газопроводи до підприємств, теплових електростанцій, котелень, автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій;

- газопроводи та обладнання промислових і сільськогосподарських підприємств, ТЕС, котелень, об'єктів комунального та побутового обслуговування, житлових і громадських будівель;

- газорегуляторні пункти (ГРП), блочні газорегуляторні пункти (ГРПБ), шафові газорегуляторні пункти (ШРП), газорегуляторні установки (ГРУ), комбіновані будинкові регулятори тиску (КБРТ), установки для приготування газоповітряних сумішей;

- газонаповнювальні станції (ГНС) і пункти (ГНП), проміжні склади балонів (ПСБ), стаціонарні автомобільні газозаправні станції (АГЗС) і пункти (АГЗП), резервуарні установки, групові та індивідуальні газобалонні установки (ГБУ та ІГБУ), випарні й змішувальні установки зріджених вуглеводневих газів (СВГ).

Проектування систем газопостачання здійснюється відповідно до затверджених схем газопостачання областей, районів, міст, селищ і сіл, які розробляються на основі генеральних планів населених пунктів з урахуванням перспективного розвитку та чинних нормативних вимог.

Системи газопостачання повинні гарантувати надійність і безпеку подачі газу, а також забезпечувати можливість оперативного відключення відгалужень, підприємств, споживачів та ділянок закільцьованих газопроводів із тиском понад 5000 Па.

При проектуванні необхідно передбачати технічні рішення, що сприяють раціональному використанню газового палива, матеріалів та обладнання. Крім вимог ДБН В.2.5-20-2018 [4], слід керуватися положеннями ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій», НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання», НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та іншими нормативними документами.

Газ, що подається споживачам, підлягає одоризації. Інтенсивність запаху визначається за ДСТУ ГОСТ 22387.5:2017. Допускається використання неодорованого газу для промислових установок за умови прокладання газопроводу поза межами населених пунктів та встановлення сигналізаторів загазованості у приміщеннях із газовим обладнанням.

Температура газу після газорозподільних станцій магістральних газопроводів (ГРС) при подачі в підземні газопроводи повинна бути не нижчою за  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при подачі в наземні та надземні газопроводи - не нижче розрахункової температури зовнішнього повітря для відповідного району. За

розрахункову приймається температура найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [10].

Використання сумішей СВГ з повітрям та інших газоповітряних сумішей допускається лише за умови, що співвідношення горючих і негорючих компонентів забезпечує перевищення верхньої концентраційної межі займистості щонайменше у два рази. Вміст шкідливих домішок у таких сумішах не повинен перевищувати норм, визначених ГОСТ 5542-87 та ДСТУ 4047-2001 для природного газу і СВГ.

Проектування систем і об'єктів газопостачання має здійснюватися з урахуванням максимальної індустріалізації будівельно-монтажних робіт шляхом застосування збірно-блочних, стандартних і типових елементів заводського виготовлення.

У проектах необхідно передбачати заходи з безпеки газопостачання відповідно до розділу 13 ДБН В.2.5-20-2018, вимог НПАОП 0.00-1.76-15, пожежної безпеки згідно з ДБН В.1.1-7:2016, охорони праці відповідно до Закону України «Про охорону праці», а також вимог щодо оцінки впливу на навколишнє середовище.

### **1.3 Норми тиску газу в системах газопостачання населених пунктів**

Відповідно до [4], газопроводи систем газопостачання населених пунктів класифікуються за рівнем робочого тиску транспортуємого газу:

- газопроводи високого тиску I категорії - при робочому тиску від 0,6 до 1,2 МПа для природного газу;
- газопроводи високого тиску II категорії - від 0,3 до 0,6 МПа;
- газопроводи середнього тиску - від 0,005 до 0,3 МПа;
- газопроводи низького тиску - до 0,005 МПа (5000 Па).

Усі наведені значення характеризують надлишковий тиск, тобто тиск газу без урахування атмосферного.

При виконанні проектних та експлуатаційних розрахунків газопроводів, а також підборі технологічного обладнання газорозподільних станцій (ГРС) і газорегуляторних пунктів (ГРП), застосовуються аналітичні залежності, що базуються на використанні абсолютного тиску газу.

#### **1.4 Структура систем газопостачання населених пунктів**

Вибір системи газопостачання за параметрами тиску, кількістю ступенів редукування, числом газорозподільних станцій (ГРС) і газорегуляторних пунктів (ГРП), а також за геометричною структурою розподільних газопроводів (кільцевих, тупикових, змішаних) здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків. При цьому враховуються обсяги, структура та щільність газоспоживання, вимоги до надійності й безпеки газопостачання, а також місцеві умови будівництва та експлуатації.

Системи газопостачання населених пунктів можуть бути:

- одноступеневі - подача газу здійснюється лише по газопроводах одного тиску (низького або середнього);
- двоступеневі - газ подається споживачам по газопроводах двох рівнів тиску (середнього і низького; високого II категорії і низького; високого I категорії і середнього тощо);
- триступеневі - розподіл газу здійснюється по газопроводах трьох тисків (високого I або II категорії, середнього та низького);
- багатоступеневі - газ транспортується по газопроводах чотирьох рівнів тиску: високого I та II категорії, середнього і низького.

Взаємозв'язок між газопроводами різних рівнів тиску в системі газопостачання забезпечується за допомогою редукувальних пристроїв - газорегуляторних пунктів (ГРП), блочних газорегуляторних пунктів (ГРПБ) та шафових газорегуляторних пунктів (ШРП). Класифікація газопроводів, що входять у систему газопостачання наведена в табл. 1.1 [4].

Перед побутовими газовикористовуючими приладами тиск газу слід приймати у відповідності до паспортних даних приладів, але не більше ніж зазначено у табл. 1.2 [4]

Таблиця 1.1 – Класифікація газопроводів систем газопостачання

Газопроводи	Класифікаційні показники
Зовнішні (вуличні, внутрішньоквартальні, дворові, міжцехові) та внутрішні (розташовані усередині будинків та приміщень)	Місце розташування
Підземні (підводні), надземні (надводні), наземні	Місце розташування відносно поверхні землі
Розподільні, газопроводи-вводи, міжселищні, продувні, скидні, імпульсні	Призначення
Високого тиску I категорії, високого тиску II категорії, середнього тиску, низького тиску	Тиск газу
Металеві (сталеві, мідні тощо) та неметалеві (поліетиленові)	Матеріал труб
Природного газу, попутного газу, СВГ, газоповітряних сумішей	Газ, що транспортується

Таблиця 1.2 – Характеристика споживачів за тиском газу

Споживачі газу	Тиск газу, МПа
1 Виробничі будинки промислових та сільськогосподарських підприємств, а також підприємства побутового обслуговування населення виробничого призначення	0,6
2 Котельні:	
- розташовані окремо на території підприємств;	0,6
- те саме на території населених пунктів;	0,6
- прибудовані до виробничих будинків підприємств та вбудовані в ці будинки;	0,6
- прибудовані та вбудовані в громадські будинки;	0,005
- прибудовані до житлових будинків	0,005
3 Житлові будинки, прибудовані до них будинки та вбудовані в них приміщення підприємств торгівлі, побутового обслуговування населення, громадського харчування, аптек, амбулаторій тощо	0,003

### 1.4.1 Одноступенева система розподілу газу

При реалізації зазначеної системи газопостачання розподіл газу і подача його споживачам здійснюється по газопроводах тільки одного тиску. При цьому можуть бути реалізовані два варіанти газопостачання. При першому варіанті (рис. 1.2) вся система складається із газопроводів низького тиску.

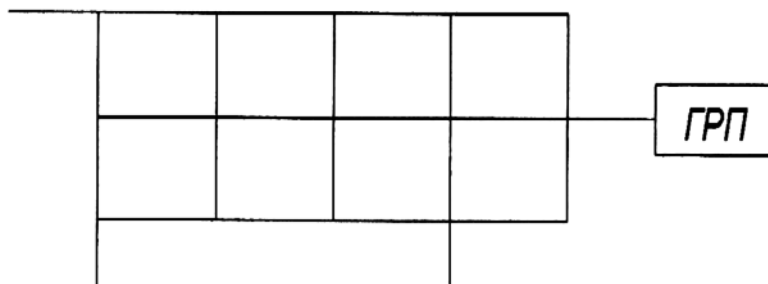


Рисунок 1.2 – Принципова схема одноступеневої системи газопостачання із мереж низького тиску

Недоліками такої системи є висока металоємність, оскільки для транспортування значних обсягів газу при низькому тиску необхідні труби великого діаметра. Крім того, виникають значні перепади тиску, що призводить до нерівномірності умов газопостачання споживачів. Це пояснюється тим, що газорозподільна мережа живиться лише від однієї точки.

У зв'язку з цим подібна система застосовується переважно для газифікації невеликих населених пунктів.

У другому варіанті одноступеневої системи розподілу газу мережа населеного пункту формується з газопроводів середнього тиску. Для отримання необхідного низького тиску, придатного для побутових споживачів, використовуються будинкові регулятори тиску. (рис. 1.3).

На сьогодні цей варіант системи газопостачання розглядається як перспективний та ефективний для газифікації сільських населених пунктів.

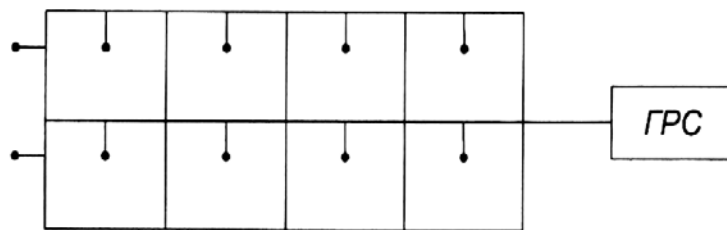


Рисунок 1.3 – Принципова схема одноступеневої системи газопостачання з будинковими регуляторами тиску

Її реалізація можлива за умови наявності відносно недорогих, надійних і безпечних у експлуатації будинкових регуляторів тиску, що мають відповідний діапазон пропускної здатності.

#### 1.4.2 Двоступенева система розподілу газу

Це така система газопостачання, за якої подача газу територією населеного пункту здійснюється газопроводами середнього або високого тиску, а розподіл по споживачах - газопроводами низького тиску. Зв'язок між газопроводами різного тиску здійснюється за допомогою не одного, а системи ГРП (рис.1.4).

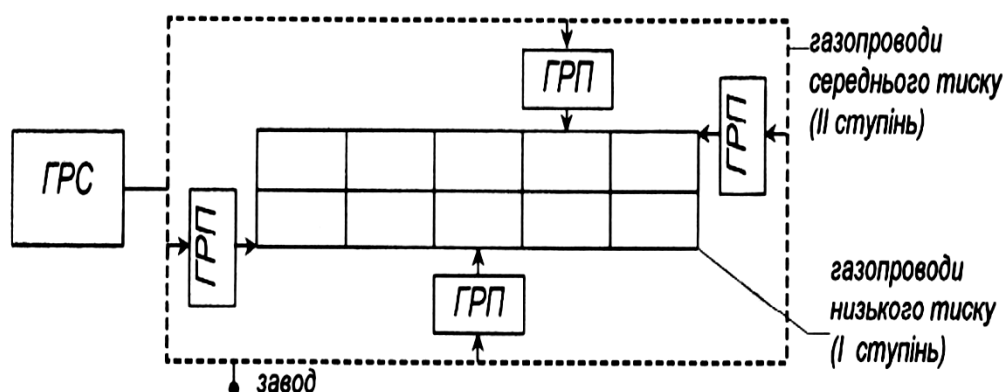


Рисунок 1.4 – Принципова схема двоступеневої системи розподілу газу

Ця система позбавлена недоліків, характерних для першого варіанта одноступеневого розподілу газу. Для транспортування великих обсягів газу застосовуються газопроводи середнього або високого тиску, що дозволяє зменшити необхідні діаметри трубопроводів. Житловий сектор отримує газ не з однієї, а з кількох газорегуляторних пунктів (ГРП), що забезпечує стабільніший тиск у мережах низького тиску та створює більш сприятливі умови для споживачів.

Двоступенева система розподілу газу використовується переважно для газифікації великих сіл, селищ та невеликих міських населених пунктів.

### 1.4.3 Триступенева система розподілу газу

Така система використовується при підвищених вимогах до надійності газопостачання, при значній території міста, за наявності підприємств, які потребують газ високого тиску. Така система складається із газопроводів низького тиску (I ступінь), газопроводів середнього тиску (II ступінь), газопроводів високого тиску (III ступінь), які пов'язані між собою системою ГРП (рис. 1.5).

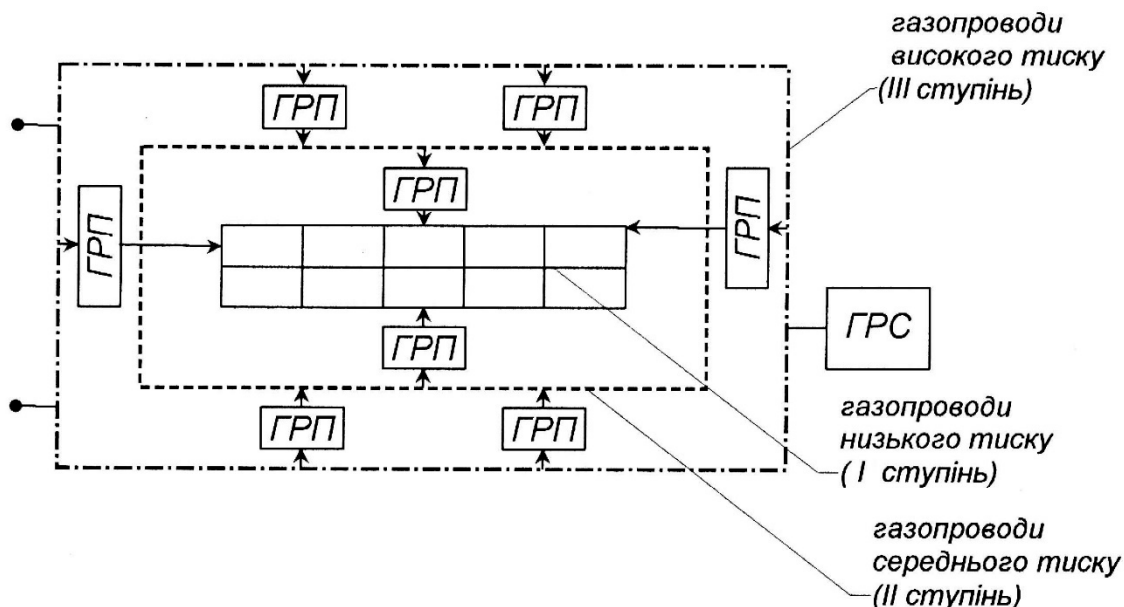


Рисунок 1.5 – Принципова схема триступеневої системи розподілу газу в населеному пункті

Газорегуляторні пункти, що входять в триступеневу систему газопостачання населеного пункту, служать для зниження тиску газу:

- з високого на середній;
- з середнього на низький;
- з високого на низький.

Така система розподілу газу найбільш надійна, зручна в експлуатації, пристосована до потреб споживачів різних категорій. Тому вона знайшла широке застосування при газопостачанні міських населених пунктів.

Якщо в системі розподілу газу населеного пункту, крім газопроводів низького і середнього тиску, використовуються газопроводи високого тиску I і II категорій, то таку систему називають чотириступеневою або багатоступеневою. Це найбільш складна за структурою система газопостачання населеного пункту. Вона використовується для газифікації великих міст, на території яких розташовані потужні промислові підприємства, які потребують газ високого тиску I категорії.

### **1.5 Схеми мереж газопостачання за геометричною конфігурацією**

За геометричною структурою розрізняють наступні схеми газових мереж: кільцеві та розгалужені (тупикові).

Кільцеві мережі газопостачання – це система замкнутих газопроводів, які утворюють контури (кільця). Приклад елемента закільцьованої мережі газопостачання низького тиску наведений на рис. 1.6.

Головною перевагою таких газорозподільних мереж є підвищена надійність газопостачання: аварія на окремій ділянці не призводить до припинення подачі газу іншим споживачам.

Водночас недоліком подібних систем є значна протяжність газопроводів, що зумовлює збільшення капітальних витрат на їх будівництво.

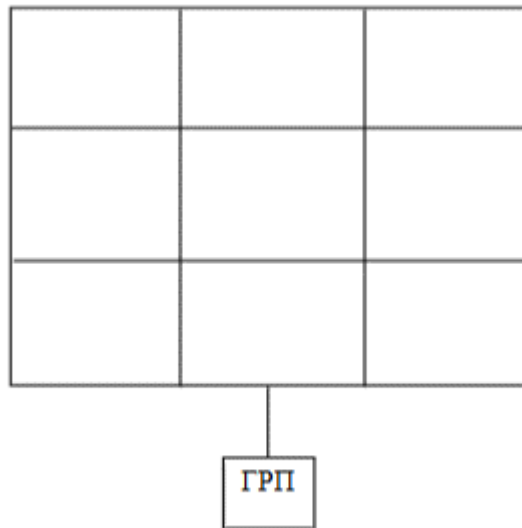


Рисунок 1.6 – Принципова схема кільцевої мережі газопостачання низького тиску

Тупикові (розгалужені) газорозподільні мережі формуються з основної магістралі, від якої відходять відводи та відгалуження, що забезпечують подачу газу споживачам. (рис. 1.7)

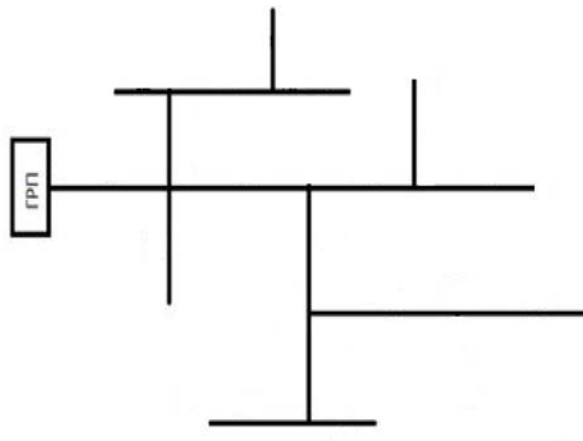


Рисунок 1.7 – Принципова схема тупикової (розгалуженої) мережі газопостачання середнього тиску

Надійність розгалуженої схеми газопостачання є значно нижчою: у випадку аварії на будь-якій ділянці газопроводу припиняється подача газу всім споживачам, розташованим після аварійної ділянки за напрямком руху газу.

Питання вибору між кільцевими та розгалуженими газопроводами є одним із ключових при проєктуванні систем газопостачання населених пунктів. У більшості випадків такі системи формуються як поєднання кільцевих магістральних газопроводів і тупикових мереж, що відходять від них. Подібна схема є достатньо гнучкою в управлінні, забезпечує належний рівень надійності та дозволяє у разі нештатних ситуацій здійснювати частковий перерозподіл потоків газу на окремих ділянках мережі з урахуванням реальних потреб споживачів.

Чим більшою є частка кільцевих мереж у загальній протяжності газорозподільної системи, тим вищим стає рівень надійності газопостачання населеного пункту.

### **1.6 Розрахункові витрати газу**

Річні обсяги споживання газу для житлових будинків, підприємств побутового обслуговування, закладів харчування (у тому числі ресторанного типу), підприємств з виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів, а також для об'єктів охорони здоров'я визначаються відповідно до встановлених норм витрат теплоти, наведених у табл. 1.3. Для інших категорій споживачів, які не включені до цієї таблиці, кількість необхідного газу розраховується на основі норм використання інших видів палива або за фактичними даними щодо його витрат, з обов'язковим врахуванням коефіцієнта корисної дії обладнання при переході на газове паливо.

Під час розроблення генеральних планів населених пунктів допускається застосування укрупнених показників споживання газу, виражених у кубічних метрах на одну людину на рік, за умови теплотворної здатності газу 34 МДж/м<sup>3</sup>. У разі наявності централізованого гарячого водопостачання цей показник становить 100 м<sup>3</sup>, при використанні газових водонагрівачів - 250 м<sup>3</sup>, а за відсутності гарячого водопостачання - 125 м<sup>3</sup>, а для сільської місцевості - 165 м<sup>3</sup>. Якщо фактична теплота згоряння газу

відрізняється від зазначеної, то розрахункові значення необхідно скоригувати шляхом множення на відповідний коефіцієнт

$$K = \frac{34}{Q_{рн}}. \quad (1.1)$$

Таблиця 1.3 – Річні норми витрати теплоти на господарсько-побутові потреби

Споживачі газу	Показник споживання газу	Норма витрат тепла, МДж
<b>Житлові будинки</b>		
За наявності в квартирі газової плити і централізованого гарячого водопостачання при газопостачанні природним газом	На одну людину за рік	2800
За наявності в квартирі газової плити і газового водонагрівача (при відсутності централізованого гарячого водопостачання) при газопостачанні природним газом	На одну людину за рік	8000
За наявності в квартирі газової плити і відсутності централізованого гарячого водопостачання та газового водонагрівача при газопостачанні природним газом	На одну людину за рік	4600
<b>Підприємства побутового обслуговування</b>		
Фабрики-пральні: - на прання білизни в механічних пральнях - на прання білизни у немеханічних пральнях із сушильними шафами - на прання білизни у механізованих пральнях, включаючи сушіння і прасування	На 1 т сухої білизни	8800
		12600
		18800
Дезкамери: - на дезінфекцію білизни та одягу в парових камерах - на дезінфекцію білизни і одягу в гарячеповітряних камерах	На 1 т сухої білизни	2240
		1260
Лазні: - миття без ванн - миття з ваннами	На одне миття	40
		50

Примітка 1. При застосуванні газу для лабораторних потреб навчальних закладів норму витрат теплоти необхідно приймати із розрахунку 50 МДж в рік на одного учня.

Примітка 2. Норми витрат теплоти не враховують витрати теплоти на опалення.

Обсяги річного споживання теплоти для підприємств торгівлі та об'єктів побутового обслуговування не виробничого призначення доцільно приймати на рівні не більше 5 % від загальної річної потреби в теплоті для житлових будинків, згідно з показниками, наведеними в табл.1.3.

Річні теплові витрати, пов'язані з технологічними процесами на промислових і сільськогосподарських підприємствах, визначаються відповідно до фактичних або розрахункових показників споживання палива. При цьому обов'язково враховується зміна коефіцієнта корисної дії обладнання в разі переходу на газ, а також перспективи розвитку виробництва або технологічні норми витрат палива. Для таких цілей, як приготування кормів і підігрів води для тварин, річну потребу в теплоті необхідно визначати за нормативами, наведеними в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Річні норми витрати теплоти на утримання тварин

Призначення газу, що витрачається	Одиниця виміру	Норми витрати теплоти на потреби тварин, МДж
Приготування кормів для тварини з урахуванням запарювання грубих кормів і корене-, бульбоплодів	Один кінь	1700
	Одна корова	8400
	Одна свиня	4200
Підігрів води для пиття та санітарних потреб	Одна тварина	420

Під час проектування систем газопостачання для міст, селищ і сіл їх необхідно розраховувати з урахуванням максимальної розрахункової годинної витрати газу. Ця витрата, позначена як  $Q_{e,max}$  (м<sup>3</sup>/год) за умов температури 0 °С і тиску 0,1 МПа, визначається шляхом множення річного обсягу споживання газу на коефіцієнт годинного максимуму, що характеризує співвідношення між річною витратою та піковим годинним навантаженням. Розрахунок проводиться за формулою

$$Q_{gmax} = k_{max} Q_{pich} \quad (1.2)$$

де  $k_{max}$  – коефіцієнт годинного максимуму;

$Q_{pich}$  – річне споживання газу.

Коефіцієнт годинного максимуму встановлюється окремо для кожного району газопостачання, що має самостійну систему, не пов'язану гідравлічно з іншими мережами того ж тиску. Показники цього коефіцієнта для побутових споживачів залежать від чисельності населення і наведені в табл. 1.5, а для таких об'єктів, як лазні, пральні, заклади ресторанного господарства, хлібопекарні та кондитерські виробництва у табл. 1.6.

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнта годинного максимуму на господарсько-побутові потреби населення

Кількість жителів, що забезпечуються газом, тисяч	Значення коефіцієнта годинного максимуму витрат газу
1	1/1800
2	1/2000
3	1/2050
5	1/2100
10	1/2200
20	1/2300
30	1/2400
40	1/2500
50	1/2600
100	1/2800
300	1/3000
500	1/3300
750	1/3500
1000	1/3700
2000 і більше	1/4700

Таблиця 1.6 – Значення коефіцієнта годинного максимуму для підприємств побутового обслуговування

Підприємство	Коефіцієнт годинного максимуму
Лазні	1/2700
Пральні	1/2900
Їдальні, ресторани, кафе	1/2000
Хлібозаводи, хлібокомбінати, пекарні	1/6000
Примітка. Для лазень та пральнь коефіцієнти годинного максимуму витрат газу наведені з урахуванням витрат газу на потреби опалення та вентиляції.	

Для інших суб'єктів господарювання (окрім тих, що охоплені табл. 1.5) розрахунок годинної витрати газу здійснюється на основі даних про паливоспоживання з урахуванням змін ККД обладнання при переході на газ. Альтернативно, витрата може бути визначена за формулою, аналогічною формулі (1.3), із використанням галузевих коефіцієнтів, зазначених у дод. Б. [1].

Для окремих житлових і громадських будівель розрахунок годинної витрати газу здійснюється як сума добутків номінальних витрат газу приладами, помножених на відповідні коефіцієнти одночасності їх дії та кількість приладів кожного типу.

$$Q_{\Gamma_{max}} = \sum_{i=1}^m K_o q_{пот} n_i \quad (1.3)$$

де  $K_o$  – коефіцієнт одночасності, значення якого слід приймати для житлових будинків за дод. Д [1];

$q_{пот}$  – номінальна витрата газу приладом або групою приладів, прийнята за паспортними даними або технічними характеристиками приладів;

$n_i$  – кількість однотипних приладів або груп приладів;

$m$  – кількість типів приладів або груп приладів.

При цьому номінальні витрати приймаються згідно з паспортними даними або технічними характеристиками, а значення коефіцієнтів одночасності для житлових будинків визначаються за дод. В [1]. У разі наявності двоконтурних теплогенераторів допускається не враховувати витрати газу на опалення під час розрахунку витрати та вибору діаметрів внутрішніх газопроводів.

Річні та годинні витрати теплоти для задоволення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання мають визначатися відповідно до чинних будівельних норм: ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво», ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Зміна № 1».

Гідравлічні режими функціонування розподільних газопроводів незалежно від тиску повинні забезпечувати найекономічнішу та найбільш надійну експлуатацію системи при максимально допустимих втратах тиску. Важливо, щоб ці режими гарантували стабільну роботу обладнання редукування тиску, таких як ГРП, ГРПБ, ШГРП, ПГРП, і підтримували роботу пальників газоспоживчих пристроїв у межах допустимих параметрів.

Розрахунок внутрішніх діаметрів газопроводів виконується шляхом гідравлічного аналізу, метою якого є забезпечення надійного та безпечного постачання газу всім споживачам у періоди пікового навантаження. Рекомендується проводити гідравлічні розрахунки згідно з методикою, викладеною в дод. Г [4].

### **1.7 Проектування зовнішніх газопроводів**

Проекти будівництва зовнішніх газопроводів, які прокладаються як у межах населених пунктів, так і між ними, мають розроблятися на топографічних планах у масштабах, визначених відповідними будівельними

нормами. На ділянках із складним рельєфом, наявністю підземних інженерних мереж, а також у місцях перетину газопроводів із залізницями, автодорогами, водними перешкодами, ярами чи балками слід складати повздовжні профілі. У місцевостях зі спокійним рельєфом та однорідними ґрунтами ці профілі можна не виконувати, натомість допускається оформлення ескізів у місцях перетинання з підземними комунікаціями.

Зовнішні газопроводи в межах населених пунктів, як правило, мають бути підземними, згідно з чинними нормативними вимогами. Надземне або наземне прокладання сталевих газопроводів дозволяється у випадках технічної неможливості підземного прокладання через надмірну насиченість комунікаціями або наявність скельних ґрунтів, а також при перетині природних перешкод. Прокладання газопроводів поблизу метрополітену регулюється відповідними нормами. На території промислових підприємств зовнішні сталеві газопроводи, як правило, прокладаються надземно.

Траси та матеріали труб для підземних газопроводів обираються з урахуванням характеристик ґрунтів, зокрема їхньої корозійної агресивності, а також наявності блукаючих струмів.

Введення газопроводів у житлові будівлі має здійснюватися через нежитлові приміщення, які забезпечують доступ для обслуговування. Водночас, в індивідуальних житлових будинках допускається введення до житлових приміщень, де встановлено опалювальні прилади радіаційної або конвективної дії, за умови облаштування зовнішнього вимикаючого пристрою. У громадських будівлях введення рекомендується здійснювати безпосередньо в приміщення з газовим обладнанням або в коридори, де також має бути передбачено зовнішнє розміщення вимикаючих пристроїв.

У виробничих будівлях газопроводи слід вводити до приміщень з газовим обладнанням або в суміжні з ними приміщення, за умови відкритого отвору між ними. При цьому повітрообмін у суміжних приміщеннях повинен бути не менше ніж триразовим на годину.

Газопроводи не повинні проходити через фундаменти чи під ними. Заборонено вводити газопроводи в підвали, ліфтові шахти, вентиляційні камери, приміщення для сміття, трансформаторні підстанції, розподільні пристрої, машинні відділення, а також у приміщення, що належать до категорій А, Б і В за вибухопожежною небезпекою (за винятком окремих випадків, передбачених нормативами).

Конструктивні рішення щодо введення газопроводів мають враховувати вимоги відповідних положень. З'єднання сталевих труб повинно виконуватися зварюванням. Рознімні з'єднання (фланцеві, різьбові) допускаються лише у визначених місцях – на запірній арматурі, конденсатозбірниках, вузлах підключення приладів контролю або електрозахисту. З'єднання між сталевими та поліетиленовими трубами виконуються згідно з чинними вимогами.

При будівництві зовнішніх газопроводів у населених пунктах усі вводи та випуски інших підземних інженерних мереж, які проходять через підземну частину будівель, мають бути належним чином ущільнені.

### **1.8 Прокладання підземних газопроводів**

Прокладання підземних газопроводів має здійснюватися з урахуванням мінімальних відстаней у просвіті до інших інженерних мереж, будинків і споруд відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [3]. Ці відстані не встановлюються для газопроводів, які підключаються безпосередньо до газорегуляторних пунктів. У стиснених умовах, коли дотримання нормативних відстаней є неможливим, дозволяється зменшення до 50 % відстаней, визначених [3], для газопроводів тиском до 0,6 МПа включно, прокладених між будинками, під арками або поблизу окремо розташованих нежитлових будівель. У таких випадках необхідне виконання додаткових технічних умов: для сталевих труб – застосування безшовних або електрозварних труб зі 100% контролем заводських швів або прокладання труб без такого контролю у футлярах; обов'язкове випробування монтажних

стиків фізичними методами контролю. Для поліетиленових труб – використання труб з коефіцієнтом запасу міцності не менше 3,15 без зварних з'єднань або з терморезисторним зварюванням, прокладання прямих відрізків у футлярах, або ж заміна їх сталевими трубами з дотриманням відповідних вимог.

Під час прокладання поліетиленових газопроводів без футлярів обов'язково укладається попереджувальна полімерна стрічка згідно з ДБН В.2.5-41:2009 «Газопроводи з поліетиленових труб. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [6].

Футляри, що застосовуються у стиснених умовах, мають виготовлятися зі сталевих труб, при цьому їх внутрішній діаметр має перевищувати зовнішній діаметр газопроводу щонайменше на 100 мм для діаметрів до 250 мм включно, і щонайменше на 200 мм – для діаметрів понад 250 мм. Як альтернатива сталевим футлярам можуть застосовуватись композитні підсилюючі бандажі типу ППС завтовшки не менше 5 мм. Для поліетиленових газопроводів діаметр футляра визначається відповідно до [6]. Кінці футлярів необхідно ущільнювати: для сталевих труб смоленим клоччям або бітумом, для поліетиленових діелектричними водонепроникними матеріалами.

Усередині футлярів газопроводи повинні відповідати певним вимогам: сталеві повинні мати мінімальну кількість зварних стиків, які обов'язково перевіряються фізичними методами, бути покритими посиленням захисним шаром і укладатися на діелектричні прокладки з центруванням. Поліетиленові газопроводи не повинні мати зварних з'єднань у межах футляра і на ділянках по 1 м з обох боків, допускається використання терморезисторного зварювання, а для труб діаметром понад 110 мм зварювання нагрітим інструментом встик. На одному кінці футляра передбачається контрольна трубка, що виходить під захисний пристрій. У міжтрубному просторі допускається прокладання експлуатаційних кабелів зв'язку, телемеханіки та електрозахисту.

Відстані від газопроводів до зовнішніх стінок колодязів та камер інших інженерних мереж повинні бути не меншими за 0,3 м. Якщо відстань становить від 0,3 м до нормативної, газопровід необхідно прокласти за умовами, передбаченими для стиснених ділянок. Кінці футлярів мають виходити щонайменше на 2 м у кожен бік від стінок колодязів або камер.

Відстані до фундаментів опор ЛЕП, контактних мереж електротранспорту та інших об'єктів слід приймати згідно з ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [3] або аналогічно до відстаней до відповідних електричних мереж. До теплових мереж безканального прокладання з дренажем застосовуються такі ж вимоги, як і до каналів з каналним прокладанням, а за відсутності дренажу як до водопроводу. До анкерних опор з урахуванням збереження теплових мереж.

Відстані від газопроводів до гаражів визначаються як до фундаментів будівель, до огорож автостоянок не менше 1 м, до АЗС та АГЗС як до фундаментів при високому тиску від 0,6 до 1,2 МПа. До напірної каналізації - аналогічно до водопроводу, до дерев не менше 2 м, до вузькоколіїних залізниць як до трамвайних колій.

Відстані до складів або підприємств з легкозаймистими матеріалами слід приймати як від газопроводів високого тиску згідно з [3]. Відстані між газопроводами та магістральними газо- і нафтопроводами згідно з вимогами СНіП 2.05.06.

Для міжселищних газопроводів відстань до елементів залізничної інфраструктури має бути не меншою за 50 м. У межах населених пунктів або при прокладанні в стиснених умовах ця відстань може бути зменшена за умови розміщення газопроводу на глибині не менше 2 м та виконання додаткових технічних умов: для сталевих труб збільшення товщини стінки на 2–3 мм і контроль стиків; для поліетиленових застосування труб з коефіцієнтом міцності не менше 2,8 без зварних з'єднань або з терморезисторним зварюванням.

Прокладання підземних газопроводів крізь канали теплових мереж, колектори та канали будь-якого призначення не допускається.

Прокладання двох і більше газопроводів в одній траншеї дозволяється як на одному рівні, так і на різних рівнях (ступенями). У таких випадках відстань між трубами в просвіті по горизонталі повинна становити щонайменше 0,4 метра для труб діаметром до 300 мм та не менше 0,5 метра для труб з діаметром 300 мм і більше.

При перетині газопроводів будь-якого тиску з іншими підземними інженерними мережами мінімальна вертикальна відстань у просвіті має бути не меншою за 0,2 метра, а у випадку перетину з електричними мережами слід керуватися вимогами розділу 4 НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок». Для кабельних ліній зв'язку та радіотрансляційних мереж необхідно дотримуватись норм, встановлених ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [3], ВСН 600-81 «Інструкція з монтажу споруд і пристроїв зв'язку, радіомовлення і телебачення» та ГБН В.2.2-34620942-002:2015 «Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування».

У місцях, де газопроводи перетинаються з колекторами або каналами різного призначення, зазвичай передбачається прокладання газопроводу над або під відповідними спорудами в футлярах, що мають виходити за межі зовнішніх стін цих споруд по 2 метри з кожного боку. У разі перетину з тепловими мережами питання необхідності футлярів та їх параметрів вирішується відповідно до ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі». При цьому всі зварні стики сталевих труб у межах футляра і на відстані по 5 метрів з обох боків від споруди мають перевірятись фізичними методами контролю. Якщо поліетиленові газопроводи проходять поблизу теплових мереж, під час проектування необхідно забезпечити таку відстань у просвіті, яка виключає нагрівання поверхні поліетиленових труб понад +30 °С, шляхом теплової ізоляції або збільшення відстані між трубопроводами.

Глибина закладання сталевих газопроводів має становити не менше 0,8 метра до верху труби або футляра, а в місцях, де відсутній транспортний рух, допускається зменшення глибини до 0,6 метра. Для поліетиленових газопроводів глибина має бути не меншою за 1 метр, а під проїзними частинами доріг не менше 1,2 метра. У разі прокладання на орних або зрошуваних землях також рекомендується дотримуватись глибини не менше 1 метра.

У місцях перетину поліетиленових труб з підземними комунікаціями необхідно передбачати укладання попереджувальних стрічок відповідно до вимог ДБН В.2.5-41.

На ділянках із похилим рельєфом, де ухил становить 1:5 або більше, слід впроваджувати заходи, що забезпечують стабільне закріплення труб та запобігають розмиву ґрунту в траншеї. Прокладання газопроводів на ділянках з ухилом 1:2 і більше не допускається.

Для газопроводів парової фази скрапленого вуглеводневого газу необхідно дотримуватись вимог розділу 12 чинних норм.

Проектування підземних, наземних і надземних газопроводів на земляних дамбах має враховувати вимоги щодо збереження міцності та стійкості дамб, забезпечення безперешкодного руху транспорту й пішоходів, а також можливості оперативного відключення трубопроводів у разі аварії чи ремонту. Якщо газопровід на опорах прокладено ближче ніж 2 метри до краю проїзної частини, обов'язкове влаштування захисної огорожі.

Підземні траси газопроводів повинні бути позначені покажчиками, які встановлюються на прямих ділянках з інтервалом не більше 200 метрів у межах населених пунктів і не більше 500 метрів поза їх межами, а також у місцях поворотів, перетинів з межами земельних ділянок, водотоків, автомобільних і залізничних доріг (за погодженням), відгалужень та нерознімних з'єднань між поліетиленовими та сталевими трубами. На сталевих газопроводах між населеними пунктами як покажчики можуть використовуватись контрольні трубки або контрольно-вимірювальні пункти.

Позначення трас поліетиленових газопроводів за допомогою поліетиленових стрічок чи провідників виконується згідно з вимогами ДБН В.2.5-41:2009 «Газопроводи з поліетиленових труб. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [6].

У місцях проходу газопроводів через зовнішні стіни будівель труби необхідно прокладати у футлярах. Простір між футляром і стіною слід ретельно замурувати по всій товщині конструкції. Кінці футляра повинні виступати за межі стіни щонайменше на 3 см, а його діаметр має забезпечити кільцевий зазор не менше 5 мм для труб діаметром до 32 мм і не менше 10 мм для труб більшого діаметра. Цей простір заповнюється просмоленим клоччям, гумовими втулками або іншими пружними матеріалами.

## **2 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1 Проєктування кільцевої газової мережі низького тиску**

Мета розрахунку полягає у визначенні оптимального діаметру труб газової мережі для забезпечення максимальної витрати газу кварталом при прийнятних втратах тиску. Ця задача вважається прямою задачею гідравлічного розрахунку. Згідно з вимогами нормативних документів, гідравлічний розрахунок газопроводів переважно виконується за допомогою комп'ютерних програм. Проте, у випадку неможливості або недоцільності використання програм (наприклад, при малій кількості ділянок мережі), дозволяється застосовувати методи розрахунку за допомогою номограм.

У роботі буде використана методика розрахунку без номограм. Алгоритм розрахунку буде розроблений за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

#### **2.1.1 Вихідні дані та характеристика району**

Квартал новобудови, що підлягає газифікації (рис. 2.1), розташований у межах міста Одеса. Територія забудована сучасними багатоповерховими житловими будинками, які формують компактний житловий масив. Архітектурне планування кварталу передбачає наявність внутрішніх дворів, зелених зон та необхідної інфраструктури для мешканців. Газифікація даного району є важливим етапом його інженерного забезпечення, адже вона створює умови для комфортного проживання.

Проєктування мережі газопостачання починається з топографічної карти місцевості (плану забудови) у масштабі 1:500 або 1:2000. Саме вона є вихідним документом, містить:

- розташування існуючих житлових і громадських будівель;
- дорожню мережу та тротуари;
- інші інженерні комунікації (водопровід, каналізація, електромережі);
- рельєф місцевості;

- межі кварталів та земельних ділянок;
- точки можливого підключення до діючих газових магістралей.

На основі цієї карти виконується трасування газопроводів, визначаються місця встановлення газорегуляторних пунктів (ГРП) чи шафових регуляторних пунктів (ШРП), а також перевіряється дотримання будівельних і санітарних норм щодо відстаней до будівель та споруд.



Рисунок 2.1 – Генплан кварталу

Вихідними даними для гідравлічного розрахунку є схема газопроводів (рис. 2.2), на якій виконуються такі дії: визначається місце розташування газорегуляторного пункту (ГРП); здійснюється з'єднання всіх споживачів із джерелом газопостачання, формуючи схему газопроводів низького тиску з поділом на окремі ділянки; проводиться нумерація вузлів; розрахунковою вважається ділянка трубопроводу постійного діаметра, розташована між двома суміжними вузлами; визначаються геометричні довжини кожної



де  $L_i$  – довжина  $i$ -тої ділянки газової мережі;

$$L_{\text{заг}} = 97 + 153 + 153 + 106 + 70 + 67 + 80 + 155 + 72 + 157 + 99 + \\ + 154 + 79 + 153 + 67 + 87 + 91 + 86 + 93 + 80 + 80 + 80 + 80 = 2339 \text{ м.}$$

Визначаємо питому шляхову витрату на кожній ділянці газової мережі за формулою

$$q = \frac{Q_{\text{грп}}}{L_{\text{заг}}}, \quad (2.2)$$

$$q = \frac{1400}{2339} = 0,5985 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \cdot \text{м}}$$

Визначаємо шляхові витрати газу на ділянках мережі за формулою

$$Q_{\text{ш } i} = L_i \cdot q. \quad (2.3)$$

Для ділянки 1-2

$$Q_{\text{ш } 1-2} = L_{1-2} \cdot q = 97 \cdot 0,5985 = 58,06 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Аналогічно визначаємо шляхові витрати газу на всіх ділянках мережі та заносимо результати до табл. 2.1.

Визначаємо транзитні витрати газу на ділянках мережі

$$Q_{\text{т } 1-2} = Q_{\text{ш } 2-3} + Q_{\text{ш } 3-4} + Q_{\text{ш } 4-5} + Q_{\text{ш } 5-7} + Q_{\text{ш } 7-10} + Q_{\text{ш } 10-15} = \\ = 91,58 + 91,58 + 63,45 + 41,90 + 40,10 + 47,88 = 376,49 \text{ м}^3/\text{год,}$$

$$Q_{\text{т } 2-3} = Q_{\text{ш } 3-4} + Q_{\text{ш } 4-5} + Q_{\text{ш } 5-7} + Q_{\text{ш } 7-10} + Q_{\text{ш } 10-15} = \\ = 991,58 + 63,45 + 41,90 + 40,10 + 47,88 = 284,91 \text{ м}^3/\text{год,}$$

$$Q_{T3-4} = Q_{ш4-5} + Q_{ш5-7} + Q_{ш7-10} + Q_{ш10-15} =$$

$$= 63,45 + 41,90 + 40,10 + 47,88 = 193,33 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T4-5} = Q_{ш5-7} + Q_{ш7-10} + Q_{ш10-15} =$$

$$= 41,90 + 40,10 + 47,88 = 129,88 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T5-7} = Q_{ш7-10} + Q_{ш10-15} =$$

$$= 40,10 + 47,88 = 87,99 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T7-10} = Q_{ш10-15} = 47,88 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T10-15} = 0,$$

$$Q_{T1-6} = Q_{ш6-3} + Q_{ш6-5} + Q_{ш6-8} + Q_{ш8-7} =$$

$$= 43,10 + 93,97 + 59,26 + 92,18 = 288,50 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T6-8} = Q_{ш8-7} = 92,18 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T6-3} = 0,$$

$$Q_{T6-5} = 0,$$

$$Q_{T8-7} = 0,$$

$$Q_{T1-9} = Q_{ш9-8} + Q_{ш9-14} + Q_{ш14-13} + Q_{ш13-12} + Q_{ш12-11} +$$

$$+ Q_{ш11-10} + Q_{ш14-19} + Q_{ш13-18} + Q_{ш12-17} + Q_{ш11-16} =$$

$$= 47,29 + 91,58 + 40,10 + 52,07 + 54,47 + 51,47 + 55,66 +$$

$$+ 47,88 + 47,88 + 47,88 + 47,88 = 536,90 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{T9-8} = 0,$$

$$\begin{aligned} Q_{T9-14} &= Q_{ш14-13} + Q_{ш13-12} + Q_{ш12-11} + \\ &+ Q_{ш11-10} + Q_{ш14-19} + Q_{ш13-18} + Q_{ш12-17} + Q_{ш11-16} = \\ &= 40,10 + 52,07 + 54,47 + 51,47 + 55,66 + \\ &+ 47,88 + 47,88 + 47,88 + 47,88 = 405,22 \text{ м}^3/\text{год}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{T14-13} &= Q_{ш13-12} + Q_{ш12-11} + \\ &+ Q_{ш11-10} + Q_{ш13-18} + Q_{ш12-17} + Q_{ш11-16} = \\ &= 54,47 + 51,47 + 55,66 + 47,88 + 47,88 + 47,88 = 305,26 \text{ м}^3/\text{год}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{T13-12} &= Q_{ш12-11} + Q_{ш11-10} + Q_{ш12-17} + Q_{ш11-16} = \\ &= 51,47 + 55,66 + 47,88 + 47,88 = 202,91 \text{ м}^3/\text{год}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{T12-11} &= Q_{ш11-10} + Q_{ш11-16} = \\ &= 55,66 + 47,88 = 103,55 \text{ м}^3/\text{год}, \end{aligned}$$

$$Q_{T11-10} = 0,$$

$$Q_{T14-19} = 0,$$

$$Q_{T13-18} = 0,$$

$$Q_{T12-17} = 0,$$

$$Q_{T11-16} = 0.$$

Визначаємо розрахункові витрати газу на ділянках мережі за формулою

$$Q_{pi} = 0,5Q_{шi} + Q_{Ti}. \quad (2.4)$$

Для ділянки газопроводу 1-2

$$Q_{p1-2} = 0,5 \cdot Q_{ш1-2} + Q_{T1-2} = 0,5 \cdot 58,06 + 376,49 = 405,52 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Аналогічно визначаємо розрахункові витрати газу на всіх ділянках мережі та заносимо результати до табл. 2.1.

Визначаємо абсолютний тиск газу, що подається споживачам

$$P_k = P_n - \Delta P_{\text{доп}}, \quad (2.5)$$

де  $P_n = 104325$  Па – абсолютний тиск газу на початку газової мережі;  
 $\Delta P_{\text{доп}} = 1200$  Па – заданий допустимий перепад тиску.

$$P_k = 104325 - 1200 = 103125 \text{ Па}.$$

Середнє значення тиску газу в газовій мережі:

$$P_{\text{ср}} = 0,5 (P_n + P_k) \cdot 10^{-6}, \quad (2.6)$$

$$P_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (104325 + 103125) \cdot 10^{-6} = 0,103725 \text{ МПа}.$$

Середній гідравлічний нахил в газовій мережі:

$$I_{\text{ср}} = \frac{\Delta P_{\text{доп}}}{1,1 \cdot L_0}, \quad (2.7)$$

де  $L_0$  – довжина найбільш протяжного основного напрямку руху газу.

$$L_{\text{заг}} = L_{1-2} + L_{2-3} + L_{3-4} + L_{4-5} + L_{5-7} + L_{7-10} + L_{10-15} =$$

$$= 97 + 153 + 153 + 106 + 70 + 67 + 80 = 726 \text{ м.}$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{1200}{1,1 \cdot 726} = 1,503 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку витрат газу для ділянок кільцевої газової мережі низького тиску

Ділянка	Довжина $L$ , м	Витрата газу, м <sup>3</sup> /год		
		шляхова $Q_{\text{ш}}$	транзитна $Q_{\text{т}}$	розрахункова $Q_{\text{р}}$
1-2	97	58,06	376,49	405,52
2-3	153	91,58	284,91	330,70
3-4	153	91,58	193,33	239,12
4-5	106	63,45	129,88	161,61
5-7	70	41,90	87,99	108,94
7-10	67	40,10	47,88	67,94
10-15	80	47,88	0,00	23,94
1-6	155	92,77	288,50	334,89
6-3	72	43,10	0,00	21,55
6-5	157	93,97	0,00	46,99
6-8	99	59,26	92,18	121,80
8-7	154	92,18	0,00	46,09
1-9	79	47,29	536,90	560,54
9-8	153	91,58	0,00	45,79
9-14	67	40,10	405,22	425,27
14-13	87	52,07	305,26	331,30
13-12	91	54,47	202,91	230,14
12-11	86	51,47	103,55	129,29
11-10	93	55,66	0,00	27,83
14-19	80	47,88	0,00	23,94
13-18	80	47,88	0,00	23,94
12-17	80	47,88	0,00	23,94
11-16	80	47,88	0,00	23,94
		1400,00		

Знаходимо середнє значення швидкості руху газу для конкретних умов газопостачання методом послідовних наближень. Розрахунок проводимо на прикладі для ділянки 1-2.

Задаємося максимальним значенням швидкості руху газу на ділянках газової мережі низького тиску:

$$w = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Середнє значення температури в газовій мережі приймаємо 280 К.

Визначаємо необхідний внутрішній діаметр характерної ділянки газової мережі за формулою, яка рекомендована [4]:

$$d = 0,036238 \sqrt{\frac{Q_{\text{cp}} T}{P_{\text{cp}} w}}, \quad (2.8)$$

$$d_{1-2} = 0,036238 \sqrt{\frac{405,52 \cdot 280}{0,103725 \cdot 7}} = 14,33 \text{ см.}$$

Обчислюємо гідравлічний нахил на характерній ділянці мережі за прийнятої швидкості руху газу

$$I_p = 69 \cdot \left( \frac{k_e}{d} + 1922 \frac{v_H d}{Q_{\text{cp}}} \right)^{0,25} \cdot \frac{Q_{\text{cp}}^2 \rho_H}{d^5}, \quad (2.9)$$

де  $k_e$  – абсолютна еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні труби, приймаємо 0,002 см для поліетиленових труб;  $\nu_H$  – кінематична в'язкість газу за нормальних умов,  $\rho_H$  – густина газу за нормальних умов,

$$I_{p1-2} = 69 \cdot \left( \frac{0,002}{14,33} + 1922 \cdot \frac{13,29 \cdot 10^{-6} \cdot 14,33}{405,52} \right)^{0,25} \cdot \frac{405,52^2 \cdot 0,73}{14,33^5} =$$

$$= 2,429 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

Порівнюємо розрахований гідравлічний нахил  $I_p$  з максимально допустимим  $I_{cp}$ . Якщо різниця між ними перевищує задану точність розрахунку  $\varepsilon = 0,1$ , тобто виконується умова

$$|I_p - I_{cp}| > \varepsilon, \quad (2.10)$$

то зменшуємо швидкість руху газу за умовою

$$w = w - \Delta w, \quad (2.11)$$

де  $\Delta w = 0,1$  м/с – крок зміни швидкості руху газу на ділянці.

Порівнюємо

$$|1,503 - 2,429| = 0,926 > \varepsilon = 0,001.$$

У результаті послідовних наближень за умовою зменшення швидкості руху газу на величину  $\Delta w$  одержуємо середню швидкість руху газу, пристосовану для мережі газопостачання, що проектується

$$w_{1-2} = 5,734 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ при } d = 15,83 \text{ см.}$$

Одержане значення діаметра заокруглюємо до найближчого більшого стандартного значення (поліетиленові труби ПЕ 100 SDR 17,6).

$$d_{1-2} = 180 \times 10,3 \text{ мм.}$$

Розрахунок передбачає виконання однотипних обчислювальних операцій для кожної ділянки мережі газопостачання. Тому розрахунки проводимо у комп'ютерній програмі Microsoft Office Excel. Результати вносимо до табл. 2.2.

Далі для кожної ділянки мережі газопостачання знаходимо число Рейнольдса за формулою

$$Re = 0,0354 \cdot \frac{Q_p}{d_B v_H}. \quad (2.12)$$

Для ділянки газопроводу 1-2

$$Re_{1-2} = 0,0354 \cdot \frac{405,52}{15,94 \cdot 13,29 \cdot 10^{-6}} = 67764.$$

Аналогічно визначаємо число Рейнольдса на всіх ділянках мережі.

Таблиця 2.2 – Результати визначення діаметрів ділянок газопроводу житлового кварталу

Ділянка	Швидкість руху газу $w$ , м/с	Розрахунковий діаметр ділянки газопроводу, см	Стандартний діаметр ділянки $d$ , мм	Внутрішній діаметр ділянки $d_v$ , см
1-2	5,734	15,83	180x10,3	15,94
2-3	5,437	14,68	180x10,3	15,94
3-4	4,998	13,02	160x9,1	14,18
4-5	4,512	11,27	140x8,0	12,40
5-7	4,072	9,74	110x6,3	9,74
7-10	3,599	8,18	110x6,3	9,74
10-15	2,740	5,57	63x3,6	6,64
1-6	5,455	14,75	180x10,3	15,94
6-3	2,666	5,35	63x3,6	6,64
6-5	3,269	7,14	90x5,2	7,96
6-8	4,192	10,15	125x7,1	11,08
8-7	3,253	7,09	90x5,2	7,96
1-9	6,237	17,85	225x12,8	19,40
9-8	3,247	7,07	90x5,2	7,96
9-14	5,805	16,12	200x11,4	17,72
14-13	5,440	14,69	180x10,3	15,94
13-12	4,948	12,84	160x9,1	14,18
12-11	4,257	10,38	125x7,1	11,08
11-10	2,850	5,88	75x4,3	6,64
14-19	2,740	5,57	63x3,6	6,64
13-18	2,740	5,57	63x3,6	6,64
12-17	2,740	5,57	63x3,6	6,64
11-16	2,740	5,57	63x3,6	6,64

Залежно від режиму руху газу, який характеризується величиною числа Рейнольдса, вибираємо відповідну формулу для розрахунку втрат тиску від тертя для кожної ділянки мережі газопостачання.

Для  $Re_i < 2000$

$$\Delta P_i = 1,132 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q_{pi} v_H \rho_H l_i}{d_{Bi}^4}. \quad (2.13)$$

Для  $2000 < Re_i \leq 4000$

$$\Delta P_i = 0,516 \cdot \frac{Q_{pi}^{2,333} \rho_H l_i}{d_{Bi}^{5,333} v_H^{0,333}}. \quad (2.14)$$

Для  $Re_i > 4000$

$$\Delta P_i = 69 \cdot \left( \frac{k_e}{d_{Bi}} + 1922 \frac{v_H d_{Bi}}{Q_{pi}} \right)^{0,25} \cdot \frac{Q_{pi}^2 \rho_H l_i}{d_{Bi}^5}. \quad (2.15)$$

Втрати тиску на місцеві опори в вуличних газопроводах приймають рівними 10 % від втрат тиску на тертя. З урахуванням втрат тиску на місцеві опори

Для  $Re_i < 2000$

$$\Delta P_i = 1,245 \cdot 10^6 \frac{Q_{pi} v_H \rho_H l_i}{d_{Bi}^4}. \quad (2.16)$$

Для  $2000 < Re_i \leq 4000$

$$\Delta P_i = 0,568 \frac{Q_{pi}^{2,333} \rho_H l_i}{d_{Bi}^{5,333} v_H^{0,333}}. \quad (2.17)$$

Для  $Re_i > 4000$

$$\Delta P_i = 75,9 \left( \frac{k_e}{d_{Bi}} + 1922 \frac{v_H d_{Bi}}{Q_{pi}} \right)^{0,25} \frac{Q_{pi}^2 \rho_H l_i}{d_{Bi}^5}. \quad (2.18)$$

У формулах (2.16) - (2.18) числові коефіцієнти враховують додаткові втрати тиску в місцевих опорах мережі газопостачання.

Для ділянки газопроводу 1-2  $Re_{1-2} > 4000$ , тоді

$$\begin{aligned} \Delta P_{1-2} &= 75,9 \cdot \left( \frac{0,002}{15,94} + 1922 \cdot \frac{13,29 \cdot 10^{-6} \cdot 15,94}{405,5} \right)^{0,25} \cdot \frac{405,5^2 \cdot 0,72 \cdot 97}{15,94^5} = \\ &= 155,29 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Аналогічно визначаємо числа Рейнольдса і втрати тиску для кожної ділянки мережі газопостачання та заносимо результати до табл. 2.3.

У кільцевих мережах газопостачання діють закони Кірхгофа, які викликають перерозподіл газових потоків. Якщо не врахувати дію законів Кірхгофа при технологічному проектуванні мереж газопостачання, то при їх експлуатації фактичні витрати газу на ділянках можуть суттєво відрізнятись від проєктних, що погіршить умови газопостачання частини споживачів газу. Тому необхідно виконати гідравлічну ув'язку контурів.

Для виконання гідравлічної ув'язки контурів витраті газу на ділянці  $Q_{pi}$  і втратам тиску від тертя  $\Delta P_i$  присвоюємо знак “плюс”, якщо рух газу на ділянці відбувається за годинниковою стрілкою, і знак “мінус”, якщо газ на ділянці рухається проти стрілки годинника.

Далі виконується гідравлічна ув'язка контурів. Для кожного контуру знаходимо суму втрат тиску з врахуванням знаків і за абсолютною величиною

$$S_{kj} = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta P_i, \quad (2.19)$$

$$S_{kaj} = \sum_{i=1}^{i=n} |\Delta P_i| \quad (2.20)$$

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку втрат тиску для ділянок газової мережі в першому наближенні

Контур	Ділянка	Re	ΔP, Па
I	3-4	44918	168,22
	4-5	34715	110,75
	6-3	8644	42,56
	6-5	15723	154,18
II	1-2	67764	155,29
	2-3	55261	170,53
	1-6	55961	176,66
	6-3	8644	42,56
III	6-5	15723	154,18
	5-7	29791	115,67
	6-8	29282	107,52
	8-7	15422	146,17
IV	1-6	55961	176,66
	6-8	29282	107,52
	1-9	76963	87,50
	9-8	15322	143,57
V	9-8	15322	143,57
	8-7	15422	146,17
	7-10	18579	48,07
	9-14	63926	70,20
	14-13	55361	97,28
	13-12	43231	93,49
	12-11	31081	103,79
11-10	11165	86,25	

Для всіх контурів мережі газопостачання обчислюємо значення похибки  $\Delta_k$ , величина якої показує ступінь виконання другого закону Кірхгофа

$$\Delta_{kj} = \left| \frac{S_{kj}}{0,5 S_{kaj}} 100 \% \right|. \quad (2.21)$$

Для контуру I

$$\begin{aligned} S_{kI} &= \Delta P_{6-3} + \Delta P_{6-5} - \Delta P_{3-4} - \Delta P_{4-5} = \\ &= 42,56 + 154,18 - 168,22 - 110,75 = -167,34 \text{ Па,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{kaI} &= \Delta P_{6-3} + \Delta P_{6-5} + \Delta P_{3-4} + \Delta P_{4-5} = \\ &= 42,56 + 154,18 + 168,22 + 110,75 = 475,70 \text{ Па,} \end{aligned}$$

$$\Delta_{kI} = \left| \frac{-167,34}{0,5 \cdot 475,70} 100 \% \right| = 70,36 \%.$$

Аналогічно проводимо визначення величин  $S_k$ ,  $S_{ka}$ ,  $\Delta_k$  для контурів II, III, IV, V. Результати в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати визначення величин  $S_k$ ,  $S_{ka}$ ,  $\Delta_k$  для контурів

Контур	$S_k$	$S_{ka}$	$\Delta$ , %
I	-167,34	475,70	70,36
II	-106,60	545,04	39,12
III	-16,16	523,55	6,17
IV	-53,12	515,25	20,62
V	113,21	788,83	28,70

Якщо хоча би для одного контуру похибка  $\Delta_{kj}$  перевищує задану точність розрахунку  $\varepsilon_{kj} \leq 1 \%$ , то необхідно виконати гідравлічну ув'язку кілець шляхом введення поправочних витрат газу.

Гідравлічна ув'язка контурів реалізується таким чином. Для всіх ділянок знаходимо відношення втрат тиску до витрати газу, а потім обчислюємо суму цих відношень для кожного контуру

$$S_{k_{Bj}} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\Delta P_i}{Q_{p i}}, \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} S_{k_{B I}} &= \frac{\Delta P_{6-3}}{Q_{p 6-3}} + \frac{\Delta P_{6-5}}{Q_{p 6-5}} + \frac{\Delta P_{3-4}}{Q_{p 3-4}} + \frac{\Delta P_{4-5}}{Q_{p 4-5}} = \\ &= \frac{42,56}{21,55} + \frac{154,18}{46,99} + \frac{168,22}{239,12} + \frac{110,75}{161,61} = 6,65 \text{ Па} \cdot \frac{\text{год}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для всіх контурів відповідно до їх конфігурації.

$$S_{k_{B II}} = 3,40;$$

$$S_{k_{B III}} = 8,40;$$

$$S_{k_{B IV}} = 4,70;$$

$$S_{k_{B V}} = 11,78.$$

Визначасмо поправочну витрату газу, яка враховує нев'язку у своєму контурі

$$\Delta Q'_{kj} = -\frac{S_{kj}}{1,75 S_{k_{Bj}}}, \quad (2.23)$$

де 1,75 – числовий коефіцієнт для випадку роботи газових мереж низького тиску у зоні гідравлічно гладких труб турбулентного режиму.

Для I контуру

$$\Delta Q'_{kI} = -\frac{-167,34}{1,75 \cdot 6,65} = 14,390 \text{ м}^3/\text{год.}$$

І далі для всіх контурів

$$\Delta Q'_{kII} = 17,911 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q'_{kIII} = 1,099 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q'_{kIV} = 6,456 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q'_{kV} = -5,491 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Знаходимо поправочну витрату, яка враховує нев'язку у сусідніх контурах

$$\Delta Q''_{kj} = \frac{\sum \Delta Q'_{kj} \left(\frac{\Delta P}{Q}\right)_i}{S_{квj}}, \quad (2.24)$$

де  $-\Delta Q'_{kj}$  поправочні витрати газу для контурів, що межують з даним;  $\left(\frac{\Delta P}{Q}\right)_i$  – відношення параметрів для відповідних ділянок, спільних для даного і сусідніх контурів.

Для I контуру

$$\Delta Q''_{kI} = \frac{\left(\Delta Q'_{kII} \frac{\Delta P_{6-3}}{Q_{p6-3}} + \Delta Q'_{kIII} \frac{\Delta P_{6-5}}{Q_{p6-5}}\right)}{S_{квI}} =$$

$$= \frac{\left(17,911 \cdot \frac{42,56}{21,55} + 1,099 \cdot \frac{154,18}{46,99}\right)}{6,65} =$$

$$= 5,866 \text{ м}^3/\text{год.}$$

І далі для інших контурів відповідно до конфігурації мережі

$$\Delta Q''_{k \text{ II}} = 9,357 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q''_{k \text{ III}} = 4,228 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q''_{k \text{ IV}} = -1,446 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q''_{k \text{ V}} = 2,010 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обчислюємо загальні поправочні витрати газу для всіх контурів мережі газопостачання

$$\Delta Q_{kj} = \Delta Q'_{ki} + \Delta Q''_{ki}. \quad (2.25)$$

Для I контуру

$$\Delta Q_{k \text{ I}} = \Delta Q'_{k \text{ I}} + \Delta Q''_{k \text{ I}} = 14,390 + 5,866 = 20,256 \text{ м}^3/\text{год.},$$

І далі для інших контурів

$$\Delta Q_{k \text{ II}} = 27,268 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q_{k \text{ III}} = 5,327 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\Delta Q_{kIV} = 5,010 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\Delta Q_{kV} = -3,477 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для кожної ділянки мережі обчислюємо уточнені витрати газу за формулою

$$Q_{yi} = |Q_i + \Delta Q_{kj} - \Delta Q_{ckj}|, \quad (2.26)$$

де  $Q_i$  – розрахункова витрата на характерній ділянці (якщо напрям руху газу на ділянці відносно поточного контуру за годинниковою стрілкою, тоді беремо зі знаком «+», якщо проти, то зі знаком «-»);  $\Delta Q_{kj}$  – поправочні витрати газу для даного контуру;  $\Delta Q_{ckj}$  – поправочні витрати газу для сусіднього контуру.

Для ділянок I контуру

$$\begin{aligned} Q_{y6-3} &= Q_{p6-3} + \Delta Q_{kI} - \Delta Q_{kII} = 21,55 + 20,256 - 27,268 = \\ &= 28,256 \text{ м}^3/\text{год}; \end{aligned}$$

$$Q_{y6-5} = Q_{p6-5} + \Delta Q_{kI} - \Delta Q_{kIII} = 46,99 + 20,256 - 5,327 = 61,91 \text{ м}^3/\text{год};$$

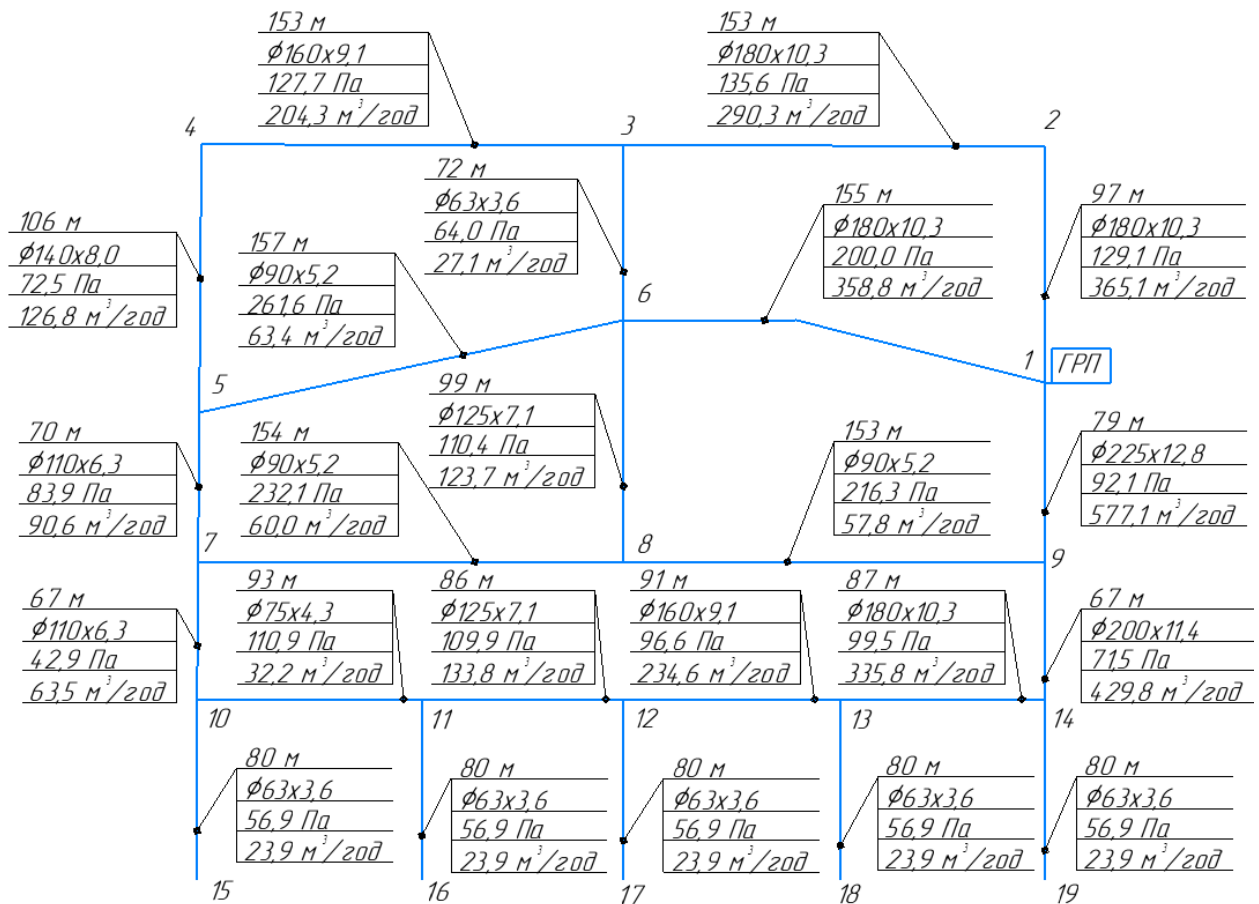
$$\begin{aligned} Q_{y3-4} &= |Q_{p3-4} + \Delta Q_{kI}| = |-239,12 + 20,256| = \\ &= 218,86 \text{ м}^3/\text{год}; \end{aligned}$$

$$Q_{y4-5} = |Q_{p4-5} + \Delta Q_{kI}| = |-161,61 + 20,256| = 141,35 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Уточнені витрати визначаються для ділянок всіх інших контурів мережі.

Уточнені витрати газу підставляються у формулу (2.12) і далі розрахунки повторюються до тих пір, поки похибка Кірхгофа  $\Delta_{ki}$  для всіх

контурів не стане меншою від заданої точності розрахунку  $\varepsilon_{kj} \leq 1\%$ . Розрахунки проводимо у комп'ютерній програмі Microsoft Office Excel. В табл. 2.5 і 2.6 наведені результати розрахунків для кварталу. Проведено вісім наближень. Остаточні результати перенесені на схему мережі рис. 2.3.



*Умовні позначення*

довжина, м
діаметр, мм
втрати тиску, Па
витрата газу, м³/год

Рисунок 2.3 – Результати проектного розрахунку газової мережі

Таблиця 2.5 – Результати визначення величин  $S_k$ ,  $S_{ka}$ ,  $\Delta_k$  для всіх контурів мережі в останньому наближенні

Контур	$S_k$	$S_{ka}$	$\Delta$ , %
I	-2,58	525,77	0,98
II	-1,17	528,27	0,44
III	-3,06	687,99	0,89
IV	-1,58	618,35	0,51
V	-2,90	979,69	0,59

Таблиця 2.6 – Результати гідравлічної ув'язки кільцевої газової мережі низького тиску

Контур	Ділянка	$\Delta P$ , Па	$Q_p$ (уточн), м <sup>3</sup> /год
I	3-4	127,71	204,31
	4-5	72,49	126,80
	6-3	63,97	27,14
	6-5	261,59	63,41
II	1-2	129,08	365,11
	2-3	135,64	290,29
	1-6	199,58	358,75
	6-3	63,97	27,14
III	6-5	261,59	63,41
	5-7	83,93	90,55
	6-8	110,38	123,65
	8-7	232,08	59,99
IV	1-6	199,58	358,75
	6-8	110,38	123,65
	1-9	92,05	577,08
	9-8	216,33	57,84
V	9-8	216,33	57,84
	8-7	232,08	59,99
	7-10	42,88	63,45
	9-14	71,46	429,76
	14-13	99,51	335,78
	13-12	96,59	234,63
	12-11	109,93	133,77
	11-10	110,91	32,32

Виконаний проєктний розрахунок кільцевої газової мережі низького тиску для житлового кварталу м. Одеси. Отримані уточнені значення витрат газу по ділянках газової мережі, перепади тисків на кожній ділянці та підібрані діаметри труб.

## **2.3 Газорегуляторний пункт та його обладнання**

### **2.3.1 Типи газорегуляторних пунктів**

Газорегуляторні пункти є невід'ємним елементом систем газопостачання. Вони забезпечують регулювання, розподіл і контроль параметрів природного газу, що подається до промислових, комерційних та побутових споживачів. За їх допомогою здійснюється приведення тиску газу до необхідного рівня з урахуванням технологічних потреб конкретних користувачів.

Такі установки існують у різних конструктивних виконаннях: стаціонарні (ГРП), шафові (ГРПШ, ШРП), блочні (ГРПБ, ПГБ). Для правильного вибору необхідно враховувати їхні особливості, призначення та принципи роботи.

Стаціонарні газорегуляторні пункти встановлюються у спеціальних окремих будівлях або приміщеннях. Використовуються для великих об'єктів і забезпечують комплексне регулювання та контроль параметрів газу. Принципова відмінність стаціонарних ГРП від інших типів регуляторних пунктів у тому, що вони не мають готової заводської комплектації, вибір обладнання проводиться для кожного випадку встановлення окремо.

Шафові ГРПШ (рис. 2.4) – компактні газорегуляторні пункти, змонтовані у металевих шафах. Застосовуються для середніх і малих споживачів, зручні завдяки простоті монтажу та обслуговування.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд шафового газорегуляторного пункту (ГРПШ, ШРП)

Блочні (ГРПБ, ПГБ) (рис. 2.5) – газорегуляторні пункти блочного типу, які постачаються у вигляді готових модулів. Вони швидко монтуються, можуть бути мобільними та легко адаптуються під різні умови експлуатації.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд блочного газорегуляторного пункту (ГРПБ, ПГБ)

Газорегуляторна установка (ГРУ) (рис. 2.6) – технологічне обладнання не передбачає наявності власних огорожувальних конструкцій, змонтоване на рамі і розміщується на відкритих майданчиках під навісом.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд газорегуляторної установки (ГРУ)

### 2.3.2 Принцип роботи газорегуляторного пункту

Магістральний газопровід транспортує газ високого тиску на великі відстані (рис. 2.7). Газорозподільна станція (ГРС) приймає цей газ, очищує його, здійснює первинне редукування тиску та підготовку до подачі у розподільні мережі. Газорегуляторний пункт (ГРП) вже працює на рівні розподільних мереж, додатково знижує тиск до потрібного рівня та забезпечує безпечну подачу газу безпосередньо до споживачів, промислових, комерційних чи побутових.

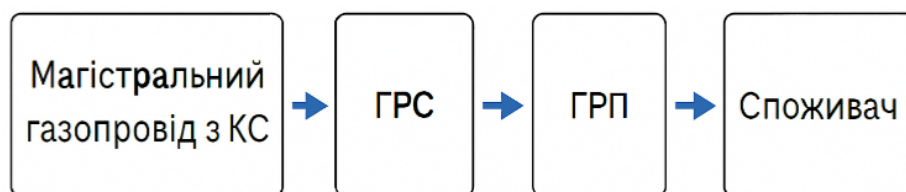
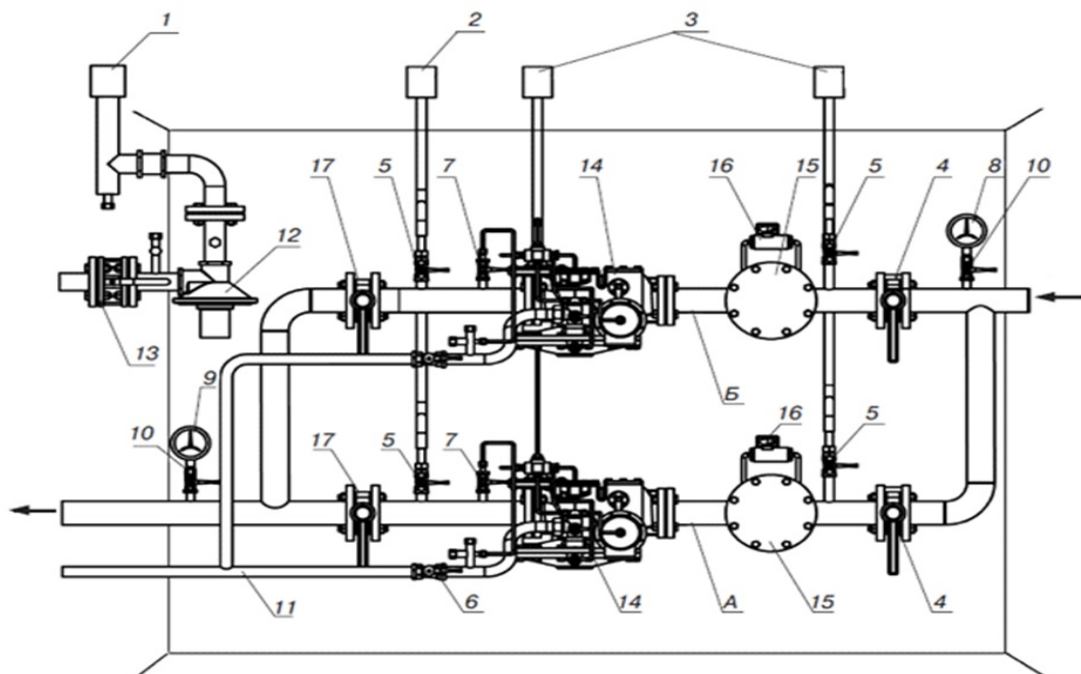


Рисунок – 2.7 Умовна схема транспортування природного газу трубопроводами

Газорегуляторний пункт являє собою комплекс обладнання, призначений для приймання газу після газорозподільної станції, його очищення, редукування та стабілізації тиску з подальшою подачею до споживачів (рис. 2.8). Конструктивно він включає вхідний трубопровід, через який надходить газ, систему фільтрів для видалення механічних домішок,

регулятори тиску, що забезпечують його зниження до заданого рівня та підтримання стабільності, а також запобіжні клапани, які виконують функцію захисту від перевищення допустимих параметрів. Додатково застосовується запірна арматура для аварійного перекриття потоку та система автоматизації й контролю, що здійснює безперервний моніторинг і забезпечує відключення у разі відхилень.

Технологічний процес роботи ГРП полягає у послідовному очищенні газу, його редукуванні, постійно здійснюється контроль і захист від аварійних ситуацій. Завершальним етапом є розподіл газу з необхідними параметрами до промислових, комерційних та побутових споживачів.



1, 3 - трубопроводи для скидання та продування; 2 - настроювальна свічка; 4, 5, 6, 7, 13, 17 - запірна арматура; 8, 9 - манометри; 10 - кульовий кран для манометра; 11 - імпульсний трубопровід; 12 - запобіжний скидувальний клапан; 14 - регулятор тиску газу із запобіжним запірним клапаном; 15 - газовий фільтр; 16 - індикатор перепаду тиску

Рисунок 2.8 – Схема газорегуляторного пункту (ГРП) з основною та резервною лініями редукування

### 2.3.3 Класифікація газорегуляторних пунктів

Газорегуляторні пункти та установки можна класифікувати таким чином:

- за призначенням: будинкові та промислові.
- за кількістю виходів: з одним і більше виходами.
- за технологічними схемами:
  - з однією лінією редукування;
  - з основною та резервною лініями редукування;
  - з двома лініями редукування, налаштованими на різний вихідний тиск, та двома резервними лініями;
  - з чотирма лініями редукування (дві основні, дві резервні), з послідовним редукуванням, з одним або двома виходами.

### 2.3.4 Вибір обладнання газорегуляторного пункту

За технічними характеристиками (година витрата, вхідний тиск газу, вихідний тиск газу) обраний для встановлення газорегуляторний пункт шафовий [19], що може використовуватись для роботи в системах газопостачання промислових, сільськогосподарських і комунально-побутових об'єктів і розрахований на стійкий режим роботи за температур навколишнього середовища від мінус 30°C до плюс 60°C.

Загальний вигляд наведений на рис. 2.9.

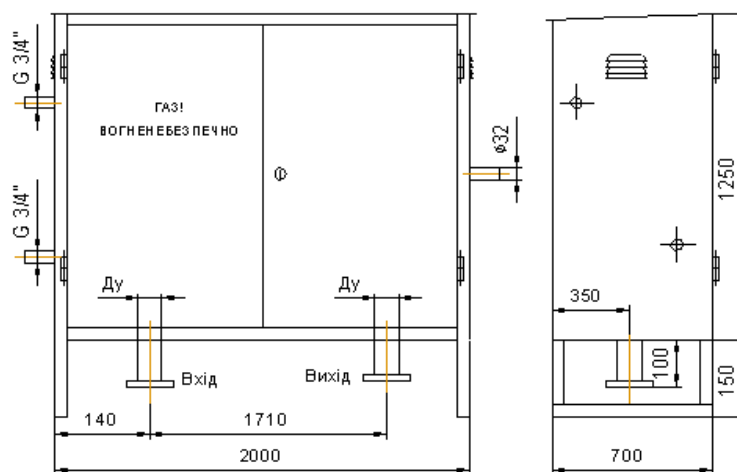


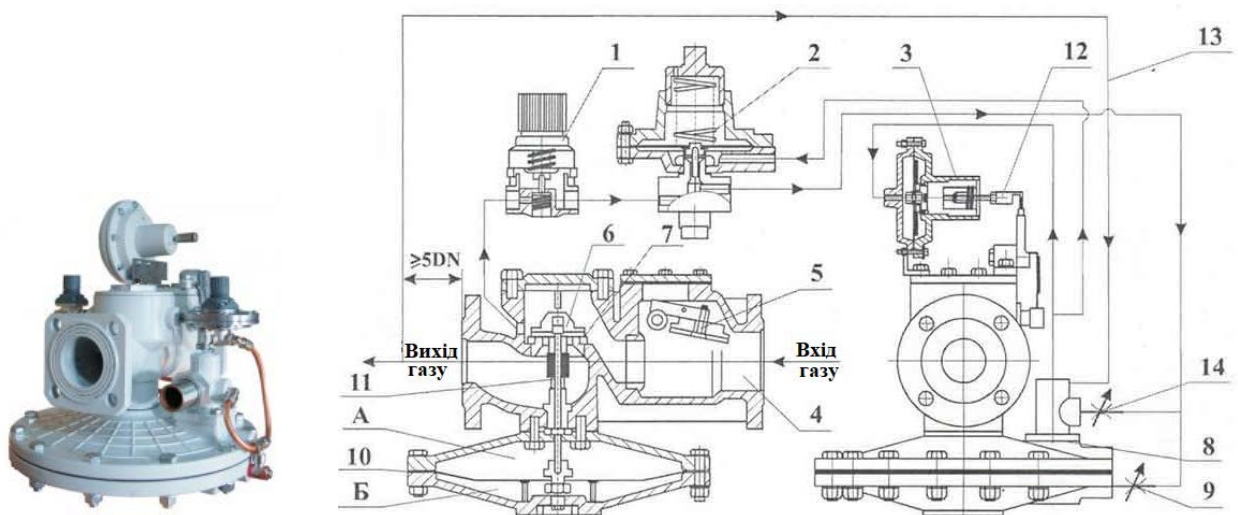
Рисунок 2.9 – Загальний вигляд ГРПШ з регуляторами РДГ-50Н

За виконанням ГРПШ є дволінійним.

ГРПШ комплектуються регуляторами РДГ-50Н (рис. 2 10), фільтрами FM (рис. 2 11), кранами Valvex або IVR, засувка типу «баттерфляй» RBV-16-40(G) (рис. 2 12), скидними клапанами КЗС-25 (рис. 2.12).

Технічні характеристики ГРПШ (табл. 2.8):

- регульоване середовище – природний газ;
- вхідний тиск максимальний – 0,3; 0,6; 1,2 МПа;
- степінь фільтрації газу – 50 мкм;
- приєднання – фланцеве або приварне. Напрямок потоку газу – зліва-направо. Вхід і вихід труб – боковий. За замовленням можливе виготовлення ГРПШ із напрямком потоку зправа-наліво, із нижнім входом і виходом.

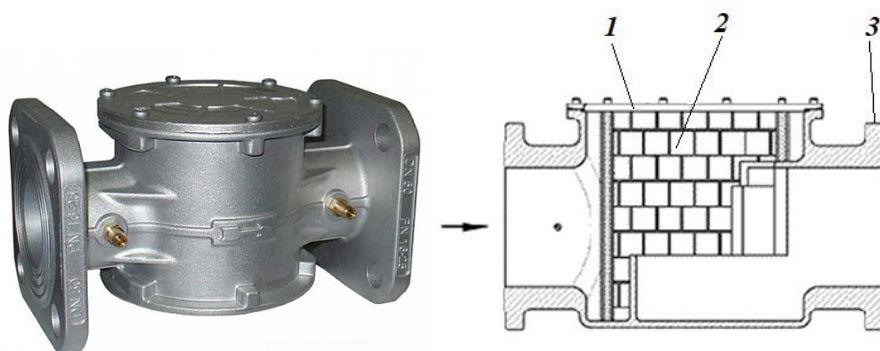


- 1 – стабілізатор; 2 – регулятор управління; 3 – механізм контролю;  
4 – корпус регулятора; 5 – клапан відсічний (ПЗК); 6 – клапан виконавчого пристрою; 7 – сідло; 8 – нерегульований дросель; 9 і 14 – регульовані дроселя; 10 – мембрана; 11 – шток виконавчого устрою; 12 – шток механізму контролю; 13 – імпульсна трубка

Рисунок 2.10 – Регулятор тиску РДГ-50Н

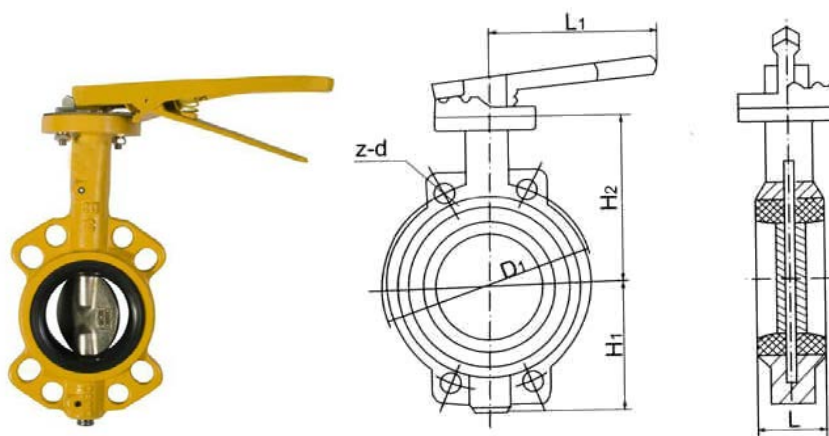
Таблиця 2.7 – Технічні характеристики ГРПШ

Тип регулятора	Пропускна здатність Q, м <sup>3</sup> /год при P <sub>вх</sub> , МПа					Ду вхід/ вихід, мм	Вихідний тиск, кПа
	0,02	0,1	0,3	0,6	1,2		
РДГ-50Н	398	900	1816	3178	6500	50/80	1-60
	0,02	0,1	0,3	0,6	1,2		



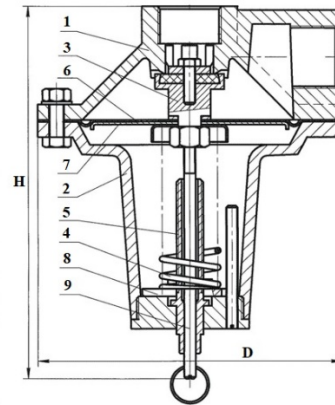
1 – корпус; 2 – фільтруючий елемент; 3 – кришка

Рисунок 2.11 – Фільтр газовий Madas FM



<b>DN</b>	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
<b>H1</b>	63	66	75	95	107	122	134	168	200	237	262	300	350	375	435
<b>H2</b>	115	130	140	150	170	185	205	235	270	305	330	360	395	440	500
<b>D1</b>	110	125	145	160	180	210	240	295	355	410	470	525	585	650	770
<b>z-d</b>	4-18	4-18	4-18	8-18	8-18	8-18	8-23	12-23	12-27	12-27	16-27	16-30	20-30	20-33	20-36

Рисунок 2.12 – Засувка типу «баттерфляй» RBV-16-40(G)



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – клапан; 4 – пружина; 5 – винт; 6 – клапан;  
7 – напрямна стійка; 8 – тарілка; 9 – вилка

Рисунок 2.13 – Клапан запобіжно-сکیدний

## **3 РОЗДІЛ 3 ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

### **3.1 Нормативно-правова база та стандарти безпеки при будівництві газових мереж**

Охорона праці під час будівництва газових мереж у населених пунктах забезпечується комплексом законодавчих, нормативних та галузевих документів, що встановлюють вимоги до організації робіт, підготовки персоналу, технічного оснащення, контролю якості та відповідальності учасників процесу. Основу правового регулювання складають Закон України «Про охорону праці», Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», а також низка підзаконних актів. Серед них особливе значення мають Державні будівельні норми (ДБН), Правила безпеки систем газопостачання НПАОП 0.00-1.76-15 [13], Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05 [14], Кодекс газорозподільних систем [18], а також галузеві стандарти та інструкції.

Вимоги до проектування, будівництва, реконструкції, капітального ремонту та технічного переоснащення систем газопостачання визначаються ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання» [4]. Цей документ регламентує параметри мереж, матеріали, способи прокладання, захист від корозії, розміщення обладнання та організаційні заходи з охорони праці. Для поліетиленових труб діють окремі норми ДБН В.2.5-41:2009 [6], що встановлюють правила проектування та будівництва газопроводів із поліетилену, їх зварювання, випробування та введення в експлуатацію.

Правила безпеки систем газопостачання НПАОП 0.00-1.76-15 [13] поширюються на всі підприємства, що здійснюють будівництво, ремонт, реконструкцію, технічне переоснащення та експлуатацію систем газопостачання, а також на суб'єктів роздрібною торгівлі зрідженим

вуглеводневим газом у балонах. Документ визначає вимоги до безпечного виконання робіт, організації газонебезпечних операцій, підготовки персоналу, допуску до робіт підвищеної небезпеки, а також до технічного стану обладнання та мереж.

Кодекс газорозподільних систем [18] регламентує порядок приєднання об'єктів до газорозподільної мережі, встановлює межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності між оператором і споживачем, а також визначає вимоги до технічного обслуговування, ремонту та контролю стану мереж.

ДБН А.3.2-2-2009 [2] встановлюють загальні вимоги до організації будівельно-монтажних робіт, включаючи підготовку проектно-технологічної документації, порядок допуску до робіт підвищеної небезпеки, забезпечення засобами індивідуального захисту, проведення інструктажів, навчання та контроль за дотриманням правил безпеки на будівельному майданчику. Виконання робіт повинно здійснюватися відповідно до проекту виконання робіт (ПВР), а проведення будівельно-монтажних робіт без затвердженого ПВР забороняється.

Вимоги до матеріалів, зварювання та монтажу трубопроводів визначаються ДСТУ-Н Б А.3.1-18:2013 [9], ДСТУ Б В.2.5-29:2006 [5], а також відповідними ГОСТами. Вони регламентують хімічний склад і механічні властивості матеріалів, методи контролю якості зварних з'єднань, порядок проведення випробувань на міцність і герметичність, а також оформлення технічної документації на об'єкт.

Усі зазначені нормативні документи є обов'язковими для виконання суб'єктами господарювання незалежно від форми власності та виду діяльності. Їх дотримання забезпечує системний підхід до організації безпечної праці, мінімізацію виробничих ризиків та чіткий розподіл відповідальності між учасниками будівництва газових мереж.

### **3.2 Організація робіт, відповідальність і взаємодія сторін при будівництві газових мереж**

Організація робіт із будівництва газових мереж у населених пунктах передбачає багаторівневу систему планування, координації, контролю та відповідальності, яка охоплює всі етапи - від підготовки проєктної документації до введення об'єкта в експлуатацію. Замовник будівництва зобов'язаний завчасно повідомити територіальний орган Держпраці про дату початку основних будівельно-монтажних робіт та забезпечити виконання комплексу підготовчих заходів, підтверджених актом комісії про готовність об'єкта до будівництва.

Генеральний підрядник, а у випадку залучення підрядників за прямими договорами - замовник, визначає одну з підрядних організацій відповідальною за охорону праці на об'єкті. Така організація допускає до виконання робіт лише субпідрядників, які мають дозвіл на роботи підвищеної небезпеки, спільно з ними складає графік виконання сумісних робіт, визначає небезпечні зони на будівельному майданчику, координує дотримання вимог охорони праці, контролює виконання рішень із питань безпеки, веде реєстрацію осіб, що входять та виходять з об'єкта, і запобігає доступу сторонніх осіб.

Усі учасники будівництва (замовник, підрядники, субпідрядники, оператори газорозподільних систем, органи технічного та авторського нагляду) діють у межах визначених повноважень і несуть відповідальність за дотримання вимог охорони праці, технічних регламентів, стандартів та інструкцій. Відповідальність за технічний стан машин, інструментів, технологічного оснащення, включно із засобами захисту, покладається на організацію, на балансі якої вони перебувають, а у випадку оренди - на організацію, визначену договором. Безпечне виконання робіт забезпечують ті організації, які їх здійснюють.

Якщо роботи на будівельному майданчику виконують кілька організацій, генеральний підрядник або замовник повинен організувати розробку та реалізацію заходів безпечного виконання робіт, визначити

відповідальних осіб, забезпечити взаємодію між учасниками будівництва, а також наявність усіх необхідних дозволів, ліцензій, документів про перевірку знань із охорони праці, медичних оглядів, санітарно-побутових приміщень, засобів індивідуального та колективного захисту.

Важливим елементом організації робіт є укладання актів розмежування балансової належності та експлуатаційної відповідальності між оператором газорозподільної системи та споживачем. У цих актах визначаються межі відповідальності сторін за технічний стан мереж, їх обслуговування та ремонт, а також забезпечується безперешкодний доступ представників оператора до об'єктів для виконання службових обов'язків. Власники газових мереж зобов'язані забезпечувати їх належну експлуатацію відповідно до чинного законодавства, укладати договори з ліцензованими організаціями та гарантувати доступ для контролю й обслуговування.

Перед початком робіт у місцях, де існують або можуть виникати небезпечні виробничі фактори, відповідальний виконавець видає наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки. Наряд-допуск затверджується уповноваженою особою роботодавця і передається керівнику робіт, який зобов'язаний ознайомити працівників із заходами безпечного виконання робіт та провести цільовий інструктаж. До виконання робіт підвищеної небезпеки допускаються лише працівники, які не мають медичних протипоказань, пройшли попередні та періодичні медичні огляди, спеціальне навчання, інструктаж, стажування на робочому місці, перевірку знань та мають відповідну професійну підготовку.

Взаємодія з місцевими органами влади включає повідомлення про початок будівельних робіт, отримання містобудівних умов та обмежень, погодження проєктної документації, оформлення земельних відносин, отримання дозволів на роботи підвищеної небезпеки та реєстрацію об'єкта в Реєстрі будівельної діяльності. Усі ці заходи спрямовані на забезпечення прозорості, контрольованості та безпеки будівельного процесу.

### **3.3 Підготовка персоналу, навчання, інструктажі та допуск до робіт підвищеної небезпеки**

Підготовка персоналу, залученого до будівництва газових мереж, є одним із ключових елементів системи охорони праці. Усі працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки, повинні пройти спеціальне навчання, інструктажі, стажування та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки, виробничої санітарії, а також отримати посвідчення на право виконання газонебезпечних робіт. До таких робіт допускаються лише особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж на робочому місці, стажування (дублювання) та перевірку знань.

Навчання з охорони праці проводиться відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [14] і включає лекції, семінари, консультації, практичні заняття та використання сучасних технічних засобів. Перевірка знань здійснюється комісією підприємства, до складу якої входять представники служби охорони праці, юридичної, виробничої та технічної служб, а також профспілки чи уповноважені працівники. Результати оформлюються протоколом, а тим, хто успішно склав перевірку, видається посвідчення. Працівники, які не пройшли навчання та інструктаж, до роботи не допускаються.

Інструктажі з охорони праці поділяються на:

- вступний, для всіх новоприйнятих працівників та осіб інших організацій, що прибули на підприємство;
- первинний, проводиться безпосередньо на робочому місці перед початком роботи;
- повторний, не рідше одного разу на три місяці для робіт підвищеної небезпеки;
- позаплановий, у разі зміни технології, порушення вимог охорони праці або перерви в роботі понад 30 днів;
- цільовий, при ліквідації аварій чи виконанні робіт за нарядом-допуском.

Перед самостійним виконанням робіт працівник проходить стажування під наглядом досвідченого спеціаліста протягом 2–15 змін або дублювання протягом щонайменше шести змін. За результатами стажування та перевірки знань працівник допускається до роботи, що фіксується у журналі інструктажів.

Особлива увага приділяється підготовці до газонебезпечних робіт, серед яких: приєднання нових газопроводів до діючих систем, пуск газу після ремонту, технічне обслуговування та ремонт зовнішніх і внутрішніх мереж, роботи на байпасах ГРП, усунення закупорок, установка та зняття заглушок, відключення газопроводів, заливно-наливні операції, ремонт і огляд колодязів, підготовка резервуарів до огляду, розкопки ґрунту в місцях витоку газу, а також усі види вогневих і зварювальних робіт.

До таких робіт допускаються лише працівники, які пройшли медичне обстеження, навчання, здали іспит на знання Правил безпеки систем газопостачання, володіють навичками користування засобами індивідуального захисту та надання першої допомоги. Практичні навички відпрацьовуються на спеціальних полігонах і в навчальних класах. Перевірка знань проводиться щорічно, а позачергова - у разі введення нових нормативних актів, обладнання чи переведення працівника на іншу посаду.

Газонебезпечні роботи виконуються під керівництвом відповідальної особи, бригадою не менше двох працівників, а у колодязях, тунелях, траншеях і котлованах глибиною понад 1 м - не менше трьох. Для їх виконання видається наряд-допуск із додатком інструкції з безпеки. Особи, які мають право видавати наряди, визначаються наказом по підприємству. Наряди-допуски зберігаються не менше року, а на врізання в діючі газопроводи - постійно у виконавчо-технічній документації.

Відповідальність за організацію навчання, інструктажів та перевірку знань працівників покладається на роботодавця. Працівники, які не пройшли ці процедури, до виконання робіт не допускаються. Дотримання зазначених вимог є обов'язковою умовою безпечного будівництва газових мереж.

### **3.4 Заходи безпеки при виконанні земляних робіт, прокладанні підземних газопроводів та монтажі трубопроводів**

Виконання земляних робіт і прокладання підземних газопроводів у населених пунктах супроводжується підвищеними ризиками, пов'язаними з можливістю обвалів, пошкодженням діючих комунікацій, витоками газу та впливом шкідливих виробничих факторів. Тому всі роботи повинні проводитися відповідно до затвердженої проектно-технологічної документації, з дотриманням вимог ДБН, Правил безпеки систем газопостачання, інструкцій з охорони праці та технологічних регламентів.

Перед початком земляних робіт здійснюється розбивка траси газопроводу, визначаються межі траншей або котлованів, встановлюються покажчики про наявність підземних комунікацій. Розкриття інженерних мереж, що перетинаються з газопроводами, проводиться у присутності представників відповідних організацій із забезпеченням їх захисту від пошкоджень, а в зимовий період - від промерзання. У місцях руху людей і транспорту котловани та траншеї повинні бути огорожені, а для переходу через них встановлюються містки шириною не менше 1,0 м з перилами висотою не менше 1,1 м. Робочі місця і проходи, розташовані на висоті понад 1,3 м та ближче ніж 2,0 м від межі перепаду, мають бути захищені огорожами.

Роботи у колодязях, шурфах та закритих ємностях дозволяється виконувати лише навченим працівникам із застосуванням шлангових протигазів. Двоє робітників повинні страхувати виконавців за допомогою канатів, прикріплених до запобіжних поясів. У разі появи шкідливих газів роботи припиняються до провітрювання та забезпечення вентиляції або використання засобів індивідуального захисту.

Прокладання підземних газопроводів здійснюється з урахуванням безпеки, зручності експлуатації, можливості ремонту, а також розташування існуючих інженерних мереж, будівель, споруд і природних перешкод. Глибина закладання повинна гарантувати захист від механічних пошкоджень, замерзання газу та відповідати вимогам щодо зовнішніх навантажень. У

місцях перетину з іншими комунікаціями та при вході в будівлі газопроводи прокладаються у захисних кожухах або футлярах. У складних інженерно-геологічних умовах застосовуються додаткові вимоги, визначені нормативними документами.

Вибір матеріалів для трубопроводів здійснюється з урахуванням хімічного складу, механічних властивостей, корозійної стійкості та відповідності стандартам. Для газових мереж використовуються труби зі сталей, що добре зварюються, з вмістом не більше 0,25 % вуглецю, 0,05 % сірки та 0,046 % фосфору. Зварні з'єднання повинні мати міцність, еквівалентну основному металу. Усі стики підлягають контролю фізичними методами та перевірки на герметичність і міцність. Для поліетиленових труб діють окремі вимоги щодо зварювання та випробувань.

Під час монтажу трубопроводів особливу увагу приділяють правильності виконання зварних з'єднань, дотриманню технології зварювання, маркуванню стиків і контролю якості робіт. Кожен зварник повинен мати посвідчення на право виконання зварювальних робіт, а стики маркуються його клеймом. Після монтажу проводяться випробування газопроводів на міцність і герметичність із оформленням відповідної документації. Усі роботи виконуються під керівництвом відповідальної особи, призначеної наказом, а допуск здійснюється за нарядом-допуском із зазначенням заходів безпеки, складу бригади, відповідальних осіб та необхідних засобів захисту.

### **3.5 Засоби індивідуального та колективного захисту, технічне обслуговування, контроль якості та документація**

Засоби індивідуального та колективного захисту є невід'ємною частиною системи охорони праці при будівництві газових мереж. Працівники, що виконують роботи з будівництва та експлуатації систем газопостачання, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до характеру робіт, умов праці та вимог нормативно-правових актів. До таких

засобів належать: захисний одяг, взуття, рукавиці, каски, захисні окуляри, засоби захисту органів дихання, слуху, зору, шкіри та інші, передбачені стандартами. Вони повинні відповідати державним стандартам, бути справними, сертифікованими та проходити регулярну перевірку. Керівники робіт зобов'язані контролювати їх наявність і використання, проводити інструктажі щодо правил застосування та забезпечувати своєчасну заміну пошкоджених або зношених засобів. У разі відсутності чи несправності засобів індивідуального захисту працівник не допускається до роботи.

До засобів колективного захисту належать огороження, вентиляційні та аспіраційні системи, пристрої контролю повітряного середовища, сигналізація, попереджувальні написи, сигнальне пофарбування, знаки безпеки та обладнання для локалізації небезпечних факторів. Усі робочі місця, проходи, котловани й траншеї повинні бути огорожені, а для переходу через виїмки встановлюються містки з перилами. Приміщення, де виконуються роботи з пилоподібними матеріалами, а також робочі місця біля дробильних чи просіювальних машин, мають бути обладнані вентиляційними або аспіраційними системами, а працівники - забезпечені засобами захисту органів дихання.

Технічне обслуговування та ремонт газових мереж здійснюється відповідно до нормативних документів, інструкцій заводів-виробників та з урахуванням місцевих умов експлуатації. Обслуговування проводиться не рідше одного разу на місяць, а поточний ремонт - щонайменше раз на рік. Перевірка й очищення газоходів та димових труб здійснюється під час ремонту печей, котлів та іншого обладнання, а також після випадків порушення тяги, але не рідше одного разу на рік, перед опалювальним сезоном. Результати оформлюються актом, де фіксується відсутність засмічення, герметичність і справність оголовків. Герметичність приєднання імпульсних труб і рукавів перевіряється приладами або мильною емульсією щонайменше раз на тиждень.

Контроль якості робіт здійснюється на всіх етапах будівництва: від перевірки проєктно-кошторисної документації, матеріалів та обладнання до операційного контролю під час виконання земляних, зварювальних, ізоляційних та випробувальних робіт, а також приймального контролю. Останній включає перевірку якості виконаних робіт із залученням сертифікованих спеціалістів авторського та технічного нагляду. Результати контролю оформлюються у будівельно-технічному паспорті та підписуються відповідальними виконавцями, представниками технагляду й експлуатаційною організацією. Перевірка зварних з'єднань фізичними методами та механічними випробуваннями оформлюється протоколами з підписами начальника лабораторії та дефектоскопіста. До таких перевірок допускаються лише сертифіковані спеціалісти.

Усі об'єкти газового господарства підлягають паспортизації. Паспорт складається перед пуском газу та містить дані про всі зміни в системі з додаванням відповідних схем. Установки, що використовують газ, обладнання, арматура та контрольно-вимірювальні прилади повинні бути пронумеровані. Біля кожної установки розміщується схема газового обладнання із зазначенням номерів елементів. Перед ремонтом або зупинкою установки більш ніж на три доби газопровід до неї відключається запірним пристроєм із встановленням інвентарної заглушки. Газопроводи безпеки при цьому залишаються відкритими. Газоходи установок, що виведені з експлуатації на строк понад місяць, відключаються глухими шиберами, а нові установки - глухими перегородками.

Роботи з електрохімічного захисту виконуються спеціалізованими організаціями, що мають відповідні дозволи та кваліфікований персонал. Перед нанесенням ізоляційного покриття метал очищається від іржі, окалини, бруду та знежирюється. Захист здійснюється шляхом установки катодних або протекторних систем відповідно до проєктної документації. Стан системи електрохімічного захисту регулярно перевіряється з оформленням актів. У разі виявлення пошкоджень ізоляції чи порушень роботи системи повинні бути

вжиті заходи для їх усунення з метою запобігання аваріям, спричиненим корозійним руйнуванням металу.

### **3.6 Контроль, інспекційний нагляд, реагування на аварійні ситуації та відповідальність**

Контроль за дотриманням вимог охорони праці при будівництві газових мереж здійснюється на кількох рівнях: внутрішній контроль служб охорони праці підприємств, технічний та авторський нагляд, а також державний нагляд з боку Держпраці та інших уповноважених органів. Управління охороною праці в будівельних організаціях забезпечується виконанням комплексу взаємопов'язаних функцій: планування діяльності структурних і виробничих підрозділів, організація заходів із безпеки праці, контроль за їх виконанням, ведення обліку, аналіз та оцінка стану охорони праці, а також стимулювання підвищення рівня безпеки.

Роботи підвищеної небезпеки виконуються виключно за нарядом-допуском, який видається відповідальною особою після перевірки готовності робочого місця, наявності засобів захисту, інструменту та проведення цільового інструктажу. Керівники робіт повинні забезпечувати постійний контроль за дотриманням вимог безпеки, справністю засобів захисту, своєчасним проходженням медичних оглядів і навчанням персоналу. У випадку виявлення порушень роботи негайно припиняються до усунення недоліків.

На підприємствах, що експлуатують системи газопостачання, створюються аварійно-диспетчерські служби для оперативного реагування на аварійні ситуації, пов'язані з витокami газу, порушенням герметичності обладнання, пожежами чи вибухами. Такі служби повинні мати кваліфікований персонал, засоби зв'язку, транспорт, інструменти, прилади для виявлення витоків, засоби індивідуального захисту та медичні аптечки. Персонал проходить спеціальне навчання, інструктажі та регулярну перевірку знань. У разі аварії служба зобов'язана негайно виїхати на місце, локалізувати

та ліквідувати наслідки, забезпечити безпеку населення й персоналу, а також повідомити органи влади. Усі дії документуються, а результати аналізуються для запобігання повторним випадкам.

Для кожного підприємства розробляється план реагування на надзвичайні ситуації з урахуванням специфіки об'єкта, можливих загроз, сигналів оповіщення, дій працівників, маршрутів евакуації та заходів зі збереження матеріальних цінностей. Працівники повинні знати та виконувати інструкції щодо дій у разі загрози чи виникнення надзвичайних ситуацій. Порухення цих вимог може призвести до адміністративної відповідальності. У випадку аварій чи нещасних випадків необхідно припинити роботу, огородити небезпечну зону та надати першу медичну допомогу потерпілим.

Відповідальність за порушення вимог охорони праці несуть особи, які їх допустили, відповідно до чинного законодавства. Замовники, підрядники, відповідальні особи та працівники можуть бути притягнуті до адміністративної, дисциплінарної, матеріальної або кримінальної відповідальності залежно від характеру та наслідків порушення. Усі дії, пов'язані з допуском до робіт підвищеної небезпеки, оформленням нарядів-допусків, проведенням інструктажів, навчанням, перевіркою знань, технічним обслуговуванням, ремонтом та ліквідацією аварій, повинні бути задокументовані та зберігатися у встановленому порядку.

Таким чином, охорона праці при будівництві газових мереж у населених пунктах є комплексною системою, що охоплює нормативно-правове регулювання, організацію робіт, підготовку персоналу, застосування засобів захисту, технічне обслуговування, контроль якості, реагування на аварійні ситуації та відповідальність сторін. Дотримання законодавчих вимог і впровадження сучасних методів управління ризиками забезпечує безпечні умови праці, мінімізацію виробничих ризиків, запобігання аваріям і нещасним випадкам, а також надійність і довговічність газових мереж, що є важливим елементом життєдіяльності населених пунктів України.

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Базисна кошторисна вартість

Основні характеристики проекрованої системи газопостачання:

- тип системи: низького тиску, кільцева;
- кількість ГРП – 1 шт.;
- тип прокладки – підземний;
- загальний об'єм споживання газу  $Q_{річ} = 0,35 \frac{\text{млн.м}^3}{\text{рік}}$ ;
- загальна протяжність газопроводу  $L = 2340$  м.

Основним техніко-економічним показником є потужність системи, тобто подача газу за рік при оптимальному використанні основних фондів (мереж і устаткування), вона повинна встановлюватись по брутто-споживанню, враховуючи втрати газу і його витрати на власні потреби.

Потужність системи  $Q_{\text{под}}$ , тис. м<sup>3</sup>/рік:

$$Q_{\text{под}} = Q_{\text{брутто}} = (Q_{\text{річ}} \cdot 0,8\%) + Q_{\text{річ}} = Q_{\text{річ}} \cdot 1,008, \quad (4.1)$$

де  $Q_{\text{річ}}$  – загальний об'єм споживання природного газу, млн. м<sup>3</sup>/рік.

$$Q_{\text{под}} = Q_{\text{брутто}} = 0,5 \cdot 1,008 = 0,528 \frac{\text{млн. м}^3}{\text{рік}}.$$

Коефіцієнт використання потужності газопроводу  $K_{\text{п}}$ :

$$K_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_{\text{под}}}, \quad (4.2)$$

де  $Q_{\text{под}}$  – потужність системи, тис. м<sup>3</sup>/рік;

$Q_{\text{річ}}$  – загальний об'єм споживання газу, тис. м<sup>3</sup>/рік.

$$K_n = \frac{0,34}{0,3528} = 0,992.$$

Базисна кошторисна вартість газопроводу (БКВ), тис. грн.:

$$K_{\text{заг}} = C_{\text{п.ср}} \cdot L, \quad (4.3)$$

$$K_{\text{заг}} = 1,2 \cdot 2340 = 2808 \text{ тис. грн.} = 2,808 \text{ млн. грн.}$$

де  $C_{\text{п.ср}}$  – питома середня ціна на будівництво 1 м підземного поліетиленового газопроводу, тис. грн.,  $C_{\text{п.ср}} = 1,2$  тис. грн.;

$L$  – довжина газопроводу, м.

## 4.2 Термін окупності

Територіальне розміщення робіт визначається згідно з населеним пунктом, у якому планується будівництво об'єкта.

Підготовка кошторисної документації розпочинається зі складання локальних кошторисів, що охоплюють окремі види робіт та витрати по кожному об'єкту, після чого формується зведений кошторис, який визначає загальну вартість будівництва об'єктів у межах системи газопостачання.

В об'єктному кошторисі враховується вартість загальнобудівельних і спеціалізованих робіт, монтажу технологічного обладнання, його пуско-налагодження та необхідного оснащення.

Базисна кошторисна вартість спорудження газопроводу встановлюється на основі зведеного кошторисного розрахунку до проекту і є незмінним документом, що слугує основою для фінансування будівельних робіт.

Щорічні експлуатаційні витрати системи газопостачання включають:

- витрати на матеріали (зокрема закупівлю газу);
- оплату праці з нарахуваннями на соціальні потреби;

- амортизаційні відрахування;
  - витрати на поточний ремонт та інші супутні витрати.
- Загальна сума собівартості реалізації газу  $C_o$ , тис. грн.:

$$C_o = Z_{кг} + Z_a + Z_{пр} + Z_{оп} + Z_{ін}, \quad (4.4)$$

- де  $Z_{кг}$  – витрати на купівлю газу, тис. грн.;
- $Z_{оп}$  – витрати на оплату праці, тис. грн.;
- $Z_a$  – витрати на амортизацію, тис. грн.;
- $Z_{пр}$  – витрати на тех.обслуговування і поточний ремонт, тис. грн.;
- $Z_{ін}$  – інші витрати, тис. грн.

- а) витрати на купівлю газу  $Z_{кг}$ , млн. грн.:

$$Z_{кг} = Q_{брутто} \cdot C_{тис.м^3}, \quad (4.5)$$

- де  $Q_{брутто}$  – об'єм подачі газу споживачам з урахуванням втрат газу;
- $C_{тис.м^3}$  – ціна купівлі тис.м<sup>3</sup> газу, грн.

$$Z_{кг} = 0,3528 \cdot 1195 = 0,4216 \text{ млн. грн.}$$

- б) витрати на оплату праці  $Z_{оп.}$ , млн. грн.:

$$Z_{оп} = Z_{ср} \cdot C_{заг} \cdot K_{відр} \cdot n, \quad (4.6)$$

- де  $Z_{оп}$  – витрати на оплату праці, тис. грн.;
- $Z_{ср.}$  – середньомісячна заробітна плата одного працівника.;
- $C_{заг}$  – загальна кількість виробничого персоналу, чол.;
- $K_{відр}$  – коефіцієнт відрахувань на соц.потреби;

$n$  – кількість місяців за рік – 12.

Загальна кількість виробничого персоналу:

$$Ч_{\text{заг}} = Ч_{\text{адп}} \cdot Ч_{\text{вп}}. \quad (4.7)$$

Кількість адміністративного персоналу відповідно до нормативної трудомісткості обслуговування квартир, газових мереж і подачі 1 млн.м<sup>3</sup> /рік газу.

Трудомісткість обслуговування однієї квартири  $T_{p \text{ кв}}$ :

$$T_{p \text{ кв}} = K_{\text{кв}} \cdot 1, \quad (4.8)$$

де  $K_{\text{кв}}$  – кількість квартир, шт.

$$T_{p \text{ кв}} = 2100 \cdot 1 = 2100 \text{ годин.}$$

Трудомісткість обслуговування 1 км газової мережі  $T_{p \text{ км}}$ :

$$T_{p \text{ км}} = L_{\text{км}} \cdot 10, \quad (4.9)$$

де  $L_{\text{км}}$  – довжина газопроводу, км.

$$T_{p \text{ км}} = 2,340 \cdot 10 = 23,40 \text{ годин.}$$

Трудомісткість обслуговування подачі 1 млн. м<sup>3</sup> газу в рік  $T_{p1\text{млнм}^3}$ :

$$T_{p1\text{млнм}^3} = Q_{\text{брутто млн.м}^3} \cdot 2, \quad (4.10)$$

де  $Q_{\text{брутто млн.м}^3}$  – потужність системи, млн. м<sup>3</sup>/рік.

$$T_{p1млнм^3} = 0,35285 \cdot 2 = 0,71 \text{ годин.}$$

Кількість адміністративного персоналу  $Ч_{адп}$ , чол.

$$Ч_{адп} = \frac{\sum(T_{ркв} + T_{ркм} + T_{p1млнм^3}) \cdot \gamma}{1000}, \quad (4.11)$$

де  $\gamma$  – кількість працівників адміністративного персоналу в залежності від суми трудомісткості, в умовних одиницях.

$$Ч_{адп} = \frac{\sum(2100 + 23,4 + 0,701) \cdot 1,3}{1000} \approx 3 \text{ чол.}$$

Кількість виробничого персоналу по основним службам газового господарства визначається на основі нормативів чисельності чоловік, виходячи з кількості газифікованих квартир, довжини газопроводів.

Кількість працівників служби будинкових мереж  $Ч_{бм.}$ , чол.:

$$Ч_{бм.} = K_{кв.} \cdot 0,00035, \quad (4.12)$$

де  $K_{кв}$  – загальна кількість квартир, шт.

$$Ч_{бм} = 2100 \cdot 0,00035 \approx 1 \text{ чол.}$$

Кількість працівників з експлуатації підземних газопроводів  $Ч_{вм.}$ , чол.:

$$Ч_{вм.} = L_{км} \cdot 0,3, \quad (4.13)$$

$$Ч_{вм} = 2,34 \cdot 0, \approx 1 \text{ чол.}$$

Кількість працівників аварійно-диспетчерської служби  $Ч_{адс}$ , чол.:

$$Ч_{адс} = 0,0005 \cdot \sum T_p, \quad (4.14)$$

де  $\sum T_p$  – загальна трудомісткість в умовних одиницях.

$$Ч_{адс} = 0,0005 \cdot (2100 + 23,7 + 0,71) \cdot 1,3 = 2 \text{ чол.}$$

Кількість працівників ремонтної служби  $Ч_{рс}$ , чол.:

$$Ч_{рс} = 0,0007 \cdot \sum T_p, \quad (4.15)$$

де  $\sum T_p$  – загальна трудомісткість в умовних одиницях.

$$Ч_{рс} = 0,0007 \cdot (3200 + 23,7 + 0,71) \cdot 1,3 \approx 2 \text{ чол.}$$

Загальна кількість працівників виробничого персоналу  $Ч_{заг}$ , чол.:

$$Ч_{заг} = Ч_{адп} + Ч_{бм.} + Ч_{вм.} + Ч_{адс} + Ч_{рс}, \quad (4.16)$$

де  $Ч_{адп}$  – кількість адміністративного персоналу, чол.;

$Ч_{бм.}$  – кількість працівників служби будинкових мереж, чол.;

$Ч_{вм.}$  – кількість працівників служби з експлуатації підземних газопроводів, чол.;

$Ч_{адс}$  – кількість працівників аварійно-диспетчерської служби, чол.;

$Ч_{рс}$  – кількість працівників ремонтної служби, чол.

$$Ч_{заг} = 3 + 1 + 1 + 2 + 2 = 9 \text{ чол.}$$

Виплати на оплату праці  $Z_{оп}$ , тис. грн.:

$$Z_{оп} = 8647 \cdot Ч_{заг} \cdot 1,36 \cdot 12,7, \quad (4.17)$$

де  $Ч_{заг}$  – загальна чисельність виробничого персоналу, чол.;

8647 – заробітна плата працівників, грн.,

$$Z_{оп} = 8647 \cdot 9 \cdot 1,36 \cdot 12,7 = 1344,159 \text{ тис. грн.}$$

в) витрати на амортизацію  $Z_a$ , тис. грн.:

$$Z_a = \frac{K \cdot H_a}{100\%}, \quad (4.18)$$

де  $H_a$  – норма амортизації – 5%;

$K$  – сума капітальних вкладень, що дорівнює базисній кошторисній вартості спорудження газової мережі, тис. грн.

$$Z_a = \frac{2808 \cdot 5\%}{100\%} = 140,4 \text{ тис. грн.}$$

г) витрати на тех. обслуговування і поточний ремонт  $Z_{пр}$ , тис. грн.:

$$Z_{пр} = 40\% \cdot Z_a, \quad (4.19)$$

де  $Z_a$  – витрати на амортизацію, тис. грн.

$$Z_{пр} = 0,4 \cdot 140,4 = 56,16 \text{ тис. грн.}$$

д) інші витрати  $Z_{ін}$ , тис. грн.:

$$Z_{ін} = 10\% \cdot (Z_a + Z_{оп}), \quad (4.20)$$

де  $Z_a$  – витрати на амортизацію, тис. грн.

$Z_{оп}$  – виплати на оплату праці, тис. грн.

$$Z_{ін} = 10\% \cdot (140,4 + 1344,159) = 148,456 \text{ тис. грн.}$$

Тоді загальна сума собівартості реалізації газу  $C_o$ , тис. грн., дорівнює:

$$C_o = Z_{кг} + Z_a + Z_{пр} + Z_{оп} + Z_{ін}, \quad (4.21)$$

$$C_o = 2808 + 140,4 + 56,16 + 1344,159 + 148,456 = 2110,771 \text{ тис. грн.}$$

Собівартість реалізації тис.м<sup>3</sup> природного газу  $C_{\text{тис.м}^3}$ , грн./тис.м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{тис.м}^3} = \frac{C_o}{Q_{\text{нетто}}}, \quad (4.22)$$

де  $C_o$  – загальна собівартість реалізації природного газу, тис. грн;

$Q_{\text{нетто}}$  – об'єм реалізованого газу споживачам, тис. м<sup>3</sup>/рік.

$$C_{\text{тис.м}^3} = \frac{2110771}{350000} \cdot 1000 = 6030,774 \text{ грн./тис.м}^3.$$

Тариф реалізації споживачам  $T_{\text{сер}}$ , грн./тис.м<sup>3</sup>, являє собою ціну реалізації природного газу для даного газового підприємства:

$$T_{\text{сер}} = 1,2 \cdot C_{\text{п}}, \quad (4.23)$$

де  $C_{\text{п}}$  – ціна реалізації газу для підприємства, грн./тис.м<sup>3</sup>.

Ціна реалізації газу підприємствам  $C_{\text{п}}$ , грн./тис.м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{тис.м}^3} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) = C_{\text{тис.м}^3} \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = C_{\text{тис.м}^3} \cdot 1,1, \quad (4.24)$$

де  $C_{\text{тис.м}^3}$  – собівартість реалізації тис. м<sup>3</sup> газу, грн./тис.м<sup>3</sup>.

$$C_{\text{п}} = 6030,774 \cdot 1,1 = 6633,851 \text{ грн./тис.м}^3.$$

Тариф реалізації споживачам:

$$T_{\text{сер}} = 1,2 \cdot 6633,851 = 7960 \text{ грн./тис.м}^3.$$

Балансовий прибуток  $P_{\text{б}}$ , тис. грн.:

$$P_{\text{б}} = D - C_0, \quad (4.25)$$

де  $D$  – сума доходу від реалізації газу, тис. грн.;

$C_0$  – загальна собівартість реалізації природного газу, тис. грн.

Суму доходу  $D$ , тис. грн.:

$$D = Q_{\text{нето реаліз.газу}} \cdot T_{\text{сер}}, \quad (4.26)$$

$$D = 350000 \cdot 7960 = 2,786 \text{ млн. грн.}$$

Балансовий прибуток  $P_{\text{б}}$ , тис. грн.:

$$P_{\text{б}} = (2,786 - 2,110) \cdot 10^3 = 675,447 \text{ тис. грн.}$$

Чистий прибуток  $\Pi_{\text{ч}}$ , тис. грн.:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi_{\text{б}} \cdot H_{\text{п}}, \quad (4.27)$$

де  $\Pi_{\text{б}}$  – балансовий прибуток, тис. грн.;

$H_{\text{п}}$  – обов'язкові державні платежі ( $H_{\text{п}} = 77\%$ ).

$$\Pi_{\text{ч}} = 675,447 \cdot 0,77 = 520,094 \text{ тис. грн.}$$

Рівень рентабельності  $R_{\text{р}}$ , %:

– по балансовому прибутку

$$R_{\text{рб}} = \frac{\Pi_{\text{б}}}{C_0} \cdot 100\%, \quad (4.28)$$

де  $\Pi_{\text{б}}$  – балансовий прибуток, тис. грн.;

$C_0$  – загальна собівартість реалізації газу, тис. грн.

$$R_{\text{рб}} = \frac{675,447}{2110,771} \cdot 100\% = 32,0\%$$

– по чистому прибутку

$$R_{\text{рч}} = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{C_0} \cdot 100\%, \quad (4.29)$$

де  $\Pi_{\text{ч}}$  – чистий прибуток, млн.грн.;

$$R_{\text{рч}} = \frac{520,094}{2110,771} \cdot 100\% = 24,6\%$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\Pi_{\text{ч}}}, \quad (4.30)$$

де  $K_{\text{заг}}$  – капітальні вкладення в будівництво газової мережі, тис. грн.;

$\Pi_{\text{ч}}$  – чистий прибуток, тис. грн.

$$T_{\text{окуп}} = \frac{2808}{520,094} = 5,4 \text{ року.}$$

Результати всіх розрахунків економічної частини заносимо до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники проекту з газифікації мікрорайону

№ п/п	Назва показників	Одиниця виміру	Познач.	Кількість
1	Річний об'єм подачі газу в мережу	млн. м <sup>3</sup>	Q <sub>брутто</sub>	0,3528
2	Річний об'єм реалізації газу	млн. м <sup>3</sup>	Q <sub>річ</sub>	0,35
3	Капітальні вкладення в спорудження системи газопостачання	млн. грн.	К	2,808
4	Загальна собівартість реалізації газу	млн. грн.	C <sub>0</sub>	2,110
5	Собівартість реалізації 1000 м <sup>3</sup> газу	грн.	C <sub>1000</sub>	6030
6	Сума прибутку	млн. грн.	Д	2,786
7	Прибуток:	млн. грн.	П <sub>б</sub> П <sub>ч</sub>	0,675 0,520
	– балансовий			
	– чистий			
8	Рівень рентабельності:	%	P <sub>рб</sub> P <sub>чп</sub>	32,0 24,6
	– по балансовому прибутку			
	– по чистому прибутку			
9	Відпускна ціна 1000м <sup>3</sup> газу	грн.	Ц <sub>п</sub>	6634
10	Середній тариф реалізації 1000м <sup>3</sup> газу споживачам	грн.	T <sub>сер</sub>	7960
11	Термін окупності капітальних вкладень	роки	T <sub>окуп</sub>	5,4

Був виконаний розрахунок капітальних витрат на будівництво газової мережі для мікрорайону міста. Загальні капітальні витрати за результатами

розрахунків склали 2,808 млн. грн. Але розрахунки показали, що ці витрати швидко окупаються за рахунок реалізації природного газу споживачам. Термін окупності склав 5,4 років.

Слід відзначити те, що реалізація даного проекту сприяє поліпшенню якості життя населення, підвищенню комфортності проживання у даному районі міста.

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена вирішенню важливого питання – забезпечення природним газом побутових споживачів.

В першому теоретичному розділі розглянуті основні елементи системи газопостачання, нормативні вимоги до структури систем газопостачання населених пунктів, норми тиску газу в системах газопостачання, існуючі структури систем газопостачання населених пунктів (одноступенева, двоступенева та триступенева системи розподілу газу), схеми мереж газопостачання за геометричною конфігурацією. Також розглянуті методики визначення розрахункових витрат газу, основні питання з проєктування та прокладання газових мереж.

В другому розділі роботи розглянуто проєктування зовнішньої міжквартальної газової мережі для району багатоповерхової забудови в місті Одеса. Виконаний проєктний розрахунок кільцевої газової мережі низького тиску без застосування номограм для випадку використання поліетиленових труб. Визначені довжини ділянок, розрахункові витрати газу для кожної ділянки (шляхові, транзитні, розрахункові), підібрані стандартні діаметри труб для кожної ділянки, визначені перепади тиску. Проведена гідравлічна ув'язка контурів та отримані уточнені значення витрат газу на ділянках та перепадів тиску. Також в межах розділу проведений проєктний розрахунок розгалуженої газової мережі низького тиску без застосування номограм. Визначені стандартні діаметри сталевих труб для кожної ділянки розгалуженої мережі.

Проведений підбір обладнання газорегуляторного пункту (регулятор тиску, фільтр та ін.), призначеного для зниження вхідного тиску та автоматичного підтримання заданих параметрів у системі.

Проєктний розділ роботи підтвердив технічну можливість та гідравлічну ефективність запропонованих рішень.

Питання охорони праці розглянуті у третьому розділі. Приділена увага нормативно-правовій базі та стандартам безпеки при будівництві газових

мереж, організації робіт, відповідальності і взаємодії сторін при будівництві газових мереж, підготовці персоналу, навчанню, інструктажам та допуску до робіт підвищеної небезпеки. Розглянуті заходи безпеки при виконанні земляних робіт, прокладанні підземних газопроводів та монтажі трубопроводів, засоби індивідуального та колективного захисту, технічне обслуговування, контроль, інспекційний нагляд, реагування на аварійні ситуації при будівництві.

Економічне розділ включає визначення показників кошторисної вартості та терміну окупності, що свідчать про раціональне використання інвестиційних ресурсів.

У роботі були розв'язані всі поставлені завдання. Результати роботи мають практичне значення для розвитку міської інфраструктури Одеси, забезпечуючи високий рівень комунального комфорту та надійності забезпечення мешканців району природним газом.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гончарук М.І., Середюк М.Д., Шелудченко В.І. Довідник з газопостачання населених пунктів України. - Івано-Франківськ: Сімик, 2006. 1314 с.
2. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Затверджено наказом Мінрегіонбуду України від 27.01.2009 № 45. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2012.
3. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 26.04.2019 № 104. Розробник – ДП «Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромісто» ім. Ю.М. Білокозя». – Київ: Мінрегіон України, 2019.
4. ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України від 15.11.2018 № 305. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
5. ДСТУ Б В.2.5-29:2006 Система газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії. Затверджено наказом Мінбуду України від 20.12.2006. – Київ: Мінбуд України, 2006.
6. ДБН В.2.5-41:2009 Газопроводи з поліетиленових труб. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 29.12.2009 № 697. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
7. ДБН В.2.5-67:2013 Інженерне обладнання будівель і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Затверджено наказами Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 № 24 та від 28.08.2013 № 410. Розробник – ДП «Український науково-дослідний інститут спеціальних будівельних робіт». – Київ: Мінрегіон України, 2013.

8. ДСТУ Б А.2.4-26:2008 Система проектної документації для будівництва. Газопостачання. Зовнішні газопроводи. Робочі креслення. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 27.06.2008 № 281. Розробник – ДП «Укрміськбудпроект». – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

9. ДСТУ-Н Б А.3.1-18:2013 Настанова щодо зварювання конструкцій газопроводів зі сталевих труб. Затверджено наказом Мінрегіону України від 07.06.2013 № 237. – Київ: Мінрегіон України, 2014.

10. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України у 2010 р. Розробники – ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київський національний університет будівництва та архітектури, Національний університет «Львівська політехніка» та ін. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.

11. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. Навчальний посібник. - К.: Логос, 2002. - 198 с.

12. Касперович В.К. Трубопровідний транспорт газу: підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 1999. – 198 с.

13. НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання. Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 15.05.2015 № 285. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 08.06.2015 № 674/27119. – Київ, 2015.

14. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 № 231/10511. – Київ, 2005.

15. Розгонюк В.В., Хачикян Л. А., Григіль М. А., Удалов О. С., Нікішин В. П. Експлуатаційникові газонафтового комплексу. Київ: Росток, 1998.

16. Середюк М.Д., Пилипів Л.Д., Зарубіна Ю.І. Технологічні розрахунки газових мереж населених пунктів: навч. посібник. Івано-Франківськ: Факел, 2004. 183 с.

17. Сусак О.М., Касперович В.К., Андрієшин М.П. Трубопровідний транспорт газу: підручник.-Івано-Франківськ, 2013.- 345 с.

18. Кодекс газорозподільних систем. Затверджено постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30 вересня 2015 р. № 2494. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 06 листопада 2015 р. № 1379/27824. Із змінами та доповненнями, внесеними постановами НКРЕКП у 2015–2025 рр. – Київ: НКРЕКП, 2015.

19. <https://europyrad.com/ru/hazorehuliatornye-punkty>