

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

«Обґрунтування можливості використання горючих газів штучного походження для газифікації населених пунктів у теплий період року»

ЧАЙКІН ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Костянтин ПРЕДУН

« ____ » _____ 2025 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

«Обґрунтування можливості використання горючих газів штучного походження для газифікації населених пунктів у теплий період року»

Виконав студент групи зТВм-24
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма: теплогазопостачання і вентиляція
Чайкін Олександр Миколайович
Керівник Предун Костянтин Миронович,
д.е.н., професор

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній рівень: магістр за ОПП

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Костянтин ПРЕДУН

„___” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Чайкіну Олександр Миколайовичу

1. Тема роботи: Обґрунтування можливості використання горючих газів штучного походження для газифікації населених пунктів у теплий період року, затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від _____ 2025 р.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 20.12.2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Використання альтернативних палив і джерел енергії в умовах сталого розвитку.

Розділ 2. Варіантне проектування системи газопостачання населеного пункту в сільській місцевості.

Розділ 3. Виробництво біогазів.

Розділ 4. Біогазова установка.

Розділ 5. Заходи з охорони праці.

Розділ 6. Автоматизація технологічних процесів.

5. Графічний матеріал за розділами

Розділ 2. Генплан населеного пункту. Експлікація будівель і споруд.

Розрахункові схеми газорозподільних мереж. Відомості труб і матеріалів.

Розділ 4. Біогазова установка. Газорегуляторний пункт і вузол обліку газу для

підключення біогазової установки до існуючих мереж. Специфікація виробів і матеріалів.

Розділ 6. Функціональна схема автоматизації вузла обліку біометану. Принципова електрична схема. Специфікація матеріалів. Конструктивні рішення окремих вузлів.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Використання альтернативних палив і джерел енергії в умовах сталого розвитку.	
Розділ 2. Варіантне проектування системи газопостачання населеного пункту в сільській місцевості	
Розділ 3. Виробництво біогазів.	
Розділ 4. Біогазова установка.	
Розділ 5. Заходи з охорони праці.	
Розділ 6. Автоматизація технологічних процесів.	
Висновки	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1-4.	Предун К.М., д.е.н., професор		
Розділ 5.	Клімова І.В., к.т.н., доцент		
Розділ 6.	Предун К.М., д.е.н., професор		

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Костянтин Предун

Студент _____ Олександр Чайкін

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної роботи студента:		Олександр Миколайович Чайкін			
Заклад вищої освіти	Київський національний університет будівництва і архітектури				
Тема	Обґрунтування можливості використання горючих газів штучного походження для газифікації населених пунктів у теплий період року				
	Justification of the possibility of using combustible gases of artificial origin for gasification of settlements in the warm period of the year				
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання				
Факультет	Факультет інженерних систем та екології				
Кафедра	Теплогазопостачання та вентиляції				
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія				
Освітньо-наукова програма	Теплогазопостачання та вентиляції				
Керівник	Предун К.М., д.е.н., професор				
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка				Аркушів
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
		6			
Розділ 1.	Використання альтернативних палив і джерел енергії в умовах сталого розвитку.				
Розділ 2.	Варіантне проектування системи газопостачання населеного пункту в сільській місцевості.				
Розділ 3.	Виробництво біогазів.				
Розділ 4.	Біогазова установка.				
Розділ 5.	Заходи з охорони праці.				
Розділ 6.	Автоматизація технологічних процесів.				
Висновки по роботі:	За результатами аналізу літературних джерел визначено можливість використання альтернативних палив для потреб енергопостачання населених пунктів. Обґрунтовано використання горючих газів штучного походження, а саме біометану, який отримують після переробки відходів агропромислового комплексу, твердих побутових відходів. Виконано варіантне проектування щодо реконструкції розподільних вуличних мереж газопостачання населеного				

	<p>пункту в сільській місцевості. Обрано критерій оптимізації: матеріалоемність. В умовах воєнного стану та руйнацією власного газовидобутку запропоновано використовувати біометан як альтернативне паливо, яке дозволить підтримувати існуючі газові мережі в робочому стані. Опрацьовано технології отримання біометану та показано перспективи розвитку біометанової галузі в Україні. Розроблено заходи з охорони праці, які унеможливають виникнення аварійних ситуацій під час будівництва та експлуатації систем газопостачання. Розраховано і підбраного технологічне обладнання вузлів обліку природного газу і біометану.</p>
<p>Ключові слова: системи енергопостачання, варіантне проектування, газорозподільні мережі, природний газ, біометан. Key words: energy supply systems, variant design, gas distribution networks, natural gas, biomethane.</p>	

Керівник _____ Костянтин Предун

Студент _____ Олександр Чайкін

20 грудня 2025 р.

ЗМІСТ

1.	Використання альтернативних палив і джерел енергії в умовах сталого розвитку	
1.1.	Кліматична ситуація на Землі. Загрози та сценарії розвитку подій	
1.2.	Концепція сталого розвитку	
1.3.	Природно-ресурсні основи сталого розвитку	
1.4.	Джерела утворення. Переробки тощо відходів в Україні	
2.	Варіантне проектування системи газопостачання населеного пункту в сільській місцевості	
2.1.	Вихідні дані	
2.2.	Розрахунок витрат природного газу в населеному пункті	
2.3.	Структурні схеми системи газопостачання	
2.4.	Гідравлічні розрахунки вуличних газопроводів	
2.5.	Техніко-економічне порівняння варіантів газопостачання	
3.	Виробництво біогазів	
3.1.	Загальні положення	
3.2.	Фактори, які впливають на процеси метанового «бродіння»	
3.3.	Проектування біогазових установок	
4.	Біогазова установка.	
4.1.	Біометанова галузь України	
4.2.	Проектні рішення щодо використання біогазової установки	
4.3.	Газопроводи і споруди на них	
4.4.	Система газопостачання	
5.	Заходи з охорони праці	
5.1.	Аналіз проекту по небезпечним і шкідливим факторам	
5.2.	Заходи з охорони праці, техніки безпеки і виробничої санітарії	
6.	Автоматизація технологічних процесів	
6.1.	Комплекс вимірювальний ФЛОУТЕК ТМ-2-3-4 та ФЛОУТЕК ТМ-2-4-4	
6.2.	Перетворювач інтерфейсів ініціативний	
6.3.	Електропостачання комплексу ФЛОУТЕК-ТМ	
	Література	

Література

1. ДСТУ 8943:2019 «Труби сталеві електрозварні».
2. ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво».
3. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».
4. ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) «Охорона праці і промислова безпека в будівництві».
5. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова території».
6. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд».
7. ДБН В.1.2-9-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації».
8. ДБН В.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
9. ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання».
10. ДБН В.2.5-41:2009 «Газопроводи з поліетиленових труб».
11. ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)».
12. ДСТУ EN 62305:2012 «Блискавкозахист».
13. ДСТУ Б В.2.5-29:2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Система газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії».
14. ДСТУ Б.А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації».
15. ДСТУ-Н Б А.3.1-18:2013 «Настанова щодо зварювання конструкцій газопроводів зі сталевих труб».
16. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».
17. НПАОП 40.1-1.01-97 (ДНАОП 1.1.10-1.01-97) «Правила безпечної експлуатації електроустановок».
18. НПАОП 0.00-1.16-96 «Правила атестації зварників».
19. НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання».
20. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».
21. Кодекс газотранспортної системи (зі змінами та доповненнями на 03.05.2022 р.).
22. Постанова №2496 від 30.09.2015р «Правила постачання природного газу».

РОЗДІЛ 1.

**Використання альтернативних палив і джерел енергії
в умовах сталого розвитку**

Зам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра			
Виконав		Чайкін О.М.			12.25	Обґрунтування можливості використання горючих газів штучного походження для газифікації населених пунктів у теплий період року	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Предун К.М.			12.25		КР	1	
Зав.кафедри		Предун К.М.			12.25		КНУБА, ФІСЕ, зТВм-24		

1.1. Кліматична ситуація на Землі. Загрози та сценарії розвитку подій

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

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

Вчені вважають, що глобальне потепління викликало збільшення обсягів парникових газів. Обсяги вуглекислого газу в повітрі стали рекордними за останні 14 мільйонів років, обсяги метану – рекордними за 800 тисячоліть. Атмосфера Землі пропускає сонячну енергію з космосу, але вуглекислий газ і метан не дають теплу повернутися назад. Як результат – Земля нагрівається як в парнику.

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

Природа перебуває в постійному русі, тому температура змінюється нерівномірно. Із звіту ООН випливає, що «хвилі спеки» – аномально висока температура, яка тримається протягом декількох років – раніше траплялися раз на 50 років, тепер – раз на 10 років.

Нове дослідження показало – щорічно близько 5 млн. людей у світі помирають через екстремально високу температуру, викликану глобальним потеплінням.

Якщо при збільшенні середньої температури на Землі на один градус «хвилі спеки» почастишали у п'ять разів, то при зростанні температури на чотири градуси вони будуть відбуватися щорічно – тобто в 40 раз частіше. За невтішними прогнозами вчених, «хвилі спеки» і зміна течії в короткостроковій перспективі висушать Європу.

Ще один критичний наслідок глобального потепління – танення льодовиків. Протягом останніх десятиліть втрати льодовиків збільшилися в п'ять разів.

Танення арктичного льоду безпосередньо впливає на рівень світового океану. Швидкість, з якою вода піднімається сьогодні, в 2,5 рази вище, ніж була всього лише 10 років тому. До 2050 р. в світі може з'явитися до 150 млн. кліматичних біженців – до цього часу багато населених пунктів будуть змиті водою. Перші

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	

	Реальний	- не зміняться протягом 50 років, а потім почнуть знижуватись
	Песимістичний	- збільшуватимуться і далі та зростуть у 2 рази до 2100 р.
	Найпесимістичніший	- збільшуватимуться швидко і зростуть у 2 рази до 2050 р.

1.2. Концепція сталого розвитку

Як стратегія цивілізаційного розвитку, концепція сталого розвитку почала формуватись на початку 80-х років ХХ століття в результаті об'єднання трьох основних складових: економічної, соціальної та екологічної. Першим міжнародним документом, у якому згадувалося про сталий розвиток у глобальному масштабі, була Всесвітня стратегія охорони природи (ВСОП). Друга редакція цього документу отримала назву «Турбота про планету Земля – стратегія сталого життя» і була опублікована в жовтні 1991 р. [1]. У ній стверджувалося, що розвиток соціуму повинен базуватися на збереженні живої природи, необхідності захищати структуру, функції та різноманітність природних систем Землі, від яких залежить існування біологічних видів, зокрема й людини. Для цього необхідно зберігати системи життєзабезпечення, біологічне різноманіття, забезпечувати невиснажливе використання не відновлюваних ресурсів. Це відображено у матеріалах Міжнародної комісії ООН із навколишнього середовища й розвитку, яку очолила Прем'єр-міністр Норвегії Г. Брундтланд, і документах Міжнародної конференції з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР), яка відбулась у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро. Комісія була створена у 1983 р. з ініціативи Генерального секретаря ООН і відповідно до резолюції 38/161 Генеральної Асамблеї ООН.

Доповідь комісії Г. Брундтланд «Доповнення до Брундтланд» стала підґрунтям, на основі якого в 1992 р. у Ріо-де-Жанейро відбулась Конференція ООН із довкілля і розвитку. У конференції взяли участь представники 178 країн, зокрема 114 глав держав і урядів. За матеріалами конференції на основі глибокого наукового аналізу і з участю глав держав і урядів був прийнятий «Порядок денний на ХХІ століття». У ньому наголошувалося, що, якщо людство не знайде відповідних механізмів оптимізації взаємовідносин із природою, то воно приречене на деградацію. Тому першочерговою є проблема зміни парадигми соціального розвитку, в основу якої повинен бути покладений принцип «sustainable development» – розвиток, узгоджений із сутністю еволюції природних екосистем.

Згідно з цими матеріалами, «sustainable development» – це такий розвиток, який забезпечує потреби нинішнього покоління без заподіяння шкоди можливості майбутніх поколінь забезпечити свої власні потреби. Це визначення сприймається здебільшого як канонічне [2].

У вересні 2015 р. в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку та прийняття Порядку денного розвитку після 2015 р., на якому було затверджено нові орієнтири розвитку. Підсумковим

Зам. інв. №							Аркуш
Підпис і дата							з ТВМ-24
Інв. № орг.							
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	

енерговитратних галузей економіки. Розробка енергозберігаючих технологій і розробка заходів з енергозбереження в економіці західних країн стали приділяти увагу в 1970-х роках у зв'язку із енергетичною кризою 1973 р. Більшість країн ввели жорсткі заходи державного регулювання. Поряд з національним законодавством за останні десятиліття були прийняті і реалізуються країнами Європейського Союзу ряд програм з підвищення енергоефективності. Так, основними цілями програми ЄС з енергозбереження та захисту клімату до 2020 р. «Програма-20-20-20» є: зниження енергоспоживання на 20 % у порівнянні з 1990 р., зниження викидів в атмосферне повітря двоокису вуглецю на 20 %, збільшення частки альтернативних джерел енергії у загальному енергетичному балансі до 20 % [9].

Енергоефективна політика країн-лідерів енергозбереження базується на таких основних принципах [10]:

- 1) стимулювання до заощадження енергії;
- 2) примус до енергозбереження;
- 3) програми з енергозбереження.

Слід відмітити, що закордоном стимулюється не тільки заощадження енергії власниками житла, але і використання місцевих видів палива та різних альтернативних джерел. Розглянемо досвід таких країн як Федеративна Республіка Німеччина та Фінляндія, які найбільш активно використовують як сучасні технології енергозбереження, так і альтернативні джерела енергії. В Німеччині системний і комплексний підхід до стимулювання розвитку поновлювальної енергії стали реалізовувати з 1990 р., коли був прийнятий Закон «Про подачу електроенергії з поновлюваних джерел енергії».

Енергетична реформа передбачає перехід енергосистеми країни від використання традиційних енергоносіїв до поновлюваних джерел енергії. Вона заснована на концепції сталого розвитку, скорочення споживання енергії; підвищенні ефективності використання енергії та скорочення викидів парникових газів в атмосферу. В «Енергетичній концепції екологічно чистого, надійного і допустимого споживання енергії», прийнятої 28 вересня 2010 р., «Energiekonzept 2050» зафіксовані цільові показники розвитку поновлювальної енергії. Їх частка повинна складати 18 % від кінцевого споживання енергії до 2020 року і 60 % до 2050 р. У секторі електроенергії ці показники повинні досягти відповідно 35 % і 80 %. У порівнянні з 2008 р. кінцеве споживання енергії в ФРН має знизитися на 20 % до 2020 р. і вдвічі – до 2050 р. При цьому споживання електроенергії в 2020 р. має становити 90 % від обсягів 2008 р. і 75 % – до 2050 р., а споживання теплової енергії знизитися до 80 % в 2020 р. і 20 % – у 2050 р. порівняно з обсягами 2008 р. [12].

Фінляндія займає перше місце у світі з використання біоенергії. В державі найнижчі у світі викиди вуглекислого газу на 1 кВт-год. енергії. До 2020 р. частка

Зам. інв. №	Підпис і дата							Аркуш
Інв. № орг.								з ТВМ-24
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата			

відновлюваної енергії повинна зрости до 38 %. Тут діє національна програма з розробки нових технологій виробництва біопалива другого покоління на основі відходів деревини. Уряд розробляє додаткові стимули для підприємств з підвищення їх енергоефективності, зокрема: субсидії на покупку нових технологій, податкові пільги.

Значну увагу у Фінляндії приділено популяризації енергозбереження серед населення, яке намагається економити ресурси. Багато громадян в своїх оселях використовують гібридні системи опалення (грунтове тепло, сонячну енергію, біопаливо). Курс на енергоефективність дозволив Фінляндії стати одним із лідерів у виробництві та експорті чистих технологій і проривних інноваційних рішень.

В Україні, після укладення Угоди про асоціацію з Європейським Союзом [13], розроблене власне законодавство, наприклад, [14-17], адаптоване до європейського. Вимоги цих документів передбачають підготовку та формування заходів з ефективного виробництва, трансформації, транспортування, переробки та споживання енергії, створення конкурентних та прозорих ринків електричної та теплової енергії, природного газу тощо. Для житлових та громадських будівель, наприклад, встановлено 7 класів енергетичної ефективності [18]. При сертифікації будівлі враховують, зокрема, і виробництво енергії за допомогою відновлювальних джерел та шляхом когенерації [19]. Водночас показники викидів парникових газів в залежності від обсягів первинної енергії практично не використовуються [20].

Аналіз рішень з практичної реалізації заходів, які показали свою дієвість в європейських державах, засвідчує, що деякі з них потребують коректив, так як не враховують платоспроможності населення України, існуючий стан її економіки, особливо в частині паливно-енергетичного комплексу та інженерної інфраструктури населених пунктів тощо.

Згідно з положеннями Енергетичної стратегії [21] передбачено суттєве збільшення використання альтернативних палив і джерел енергії – до 25 % у 2035 р. проти сьогоднішніх 4. Електроенергія, вироблена вітровими (ВЕС) і сонячними (СЕС) електростанціями, в прогнозованому балансі первинного постачання енергії у 2035 р. має зайняти нішу у 10 % при зменшенні генерації атомними електростанціями (АЕС) до 25 %.

Таблиця 1.3

Структура за обсягом та вартістю електроенергії в Україні у 2018 р. [22, 23]

з/п	Виробник	Частка, % в:		Співвідношення ціна/генерація
		генерації	ціні	
	Атомні електростанції (АЕС)	54,33	26,60	0,490
	Гідроелектростанції (ГЕС) (крім малих)	7,81	5,28	0,676
	Теплоелектростанції (ТЕС)	29,5	47,1	1,597
	Теплоелектроцентралі (ТЕЦ)	6,45	12,42	1,926

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

з ТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

	Альтернативні (ВЕС+СЕС)	1,56	7,36	4,718
	ГЕС (малі)	0,16	0,56	3,500
	Біомаса	0,07	0,25	3,571
	Інші	0,12	0,43	3,583
	Разом	100,00	100,00	1,000

Примітка. Співвідношення «ціна/генерація» характеризує прибутковість виробництва електроенергії: при величині показника більше одиниці – компанія отримує надприбутки.

Україна після здобуття незалежності отримала у спадок величезну, «ненаситну» з точки зору споживання енергії, промисловість. Наприклад, у 1991 р. країна для власних потреб використала неймовірно 114 млрд. м³ блакитного палива, переважно імпортного походження.

З плином часу Україна втратила або модернізувала значну частину промислових об'єктів, і споживання суттєво зменшилось. Власний видобуток практично не змінився – в межах 20 млрд. м³. Сьогодні державі вже не потрібно стільки газу, як у 1991-му. На час воєнного стану детальна статистика щодо споживання газу засекречена, але, за підсумками 2023 р. Україна використала лише 19,8 млрд. м³ газу.

Валовий видобуток природного газу в Україні у 2024 р. склав 19,12 млрд. м³. У порівнянні з минулим роком він зріс на 2,2 %. Основну частину палива споживає населення, а також виробники тепла в населених пунктах (підприємства комунальної енергетики) – близько 11 млрд. м³. Частка промисловості у 2025 р. становитиме близько 4 млрд. м³, а решта (близько 5 млрд. м³) – піде на виробництво електроенергії.

Згідно з положеннями Енергетичної стратегії [21] природний газ і надалі залишатиметься головним енергоносієм/паливом в Україні. Його частка складає майже третину від усього первинного енергоспоживання. Водночас це найбільш екологічне паливо у порівнянні з іншими традиційними, у т.ч. і альтернативними [24].

В державі наявні власні ресурси природного газу (сьогодні за їх рахунок задовольняється майже вся потреба економіки) та розвинуті газотранспортна і газорозподільні мережі населених пунктів, одна із найбільших у Європі система зберігання газу сприяють пріоритетному використанню блакитного палива. Проте, руйнування інфраструктурних об'єктів систем газовидобутку, транспортування, розподілу, що триває і набуло свого піку у другій половині 2025 р., накладає суттєві обмеження на забезпечення надійності постачання блакитного палива кінцевим споживачам. Таким чином, природний газ в перспективі може бути гарантовано замінений (повністю або частково) біогазами штучного походження, хоча б у теплий період року.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

півкулі та Європі – 0,34 і 0,47 °C/10 р. відповідно. Ці дані свідчать про те, що швидкість підвищення температури повітря в Україні є значно вищою за глобальні та європейські темпи.

Високий рівень утворення відходів та низькі показники їх використання як вторинної сировини призвели до того, що в Україні щороку в промисловості та комунальному секторі нагромаджуються значні обсяги твердих відходів, з яких лише незначна частина застосовується як вторинні матеріальні ресурси, решта потрапляють на звалища.

Існуючому становищу з відходами в Україні притаманні такі риси:

- 1) накопичення відходів як у промисловому, так і побутовому секторі, що негативно впливає на стан навколишнього природного середовища і здоров'я громадян;
- 2) здійснення неналежним чином утилізації та видалення небезпечних відходів;
- 3) розміщення побутових відходів без урахування можливих небезпечних наслідків;
- 4) неналежний рівень використання відходів як вторинної сировини для подальшого залучення їх у виробництво;
- 5) неефективність чинних економічних інструментів у сфері поводження з відходами.

Значні обсяги накопичених в Україні відходів та відсутність ефективних заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, утилізації, знешкодження та видалення, поглиблюють екологічну кризу і стають гальмівним фактором розвитку національної економіки.

Розв'язання зазначеної проблеми є ключовим у вирішенні питань енерго- та ресурснезалежності держави, економії природних матеріальних та енергетичних ресурсів і, відповідно, актуальним стратегічним завданням (пріоритетом) державної політики. Для його вирішення Кабінетом Міністрів України розроблено і ухвалено «Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року» [26], до тексту якої з часу прийняття у 2017 р. внесено ряд доповнень і змін. Стратегія визначає головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами в найближчі десятиліття з урахуванням європейських підходів з аналогічних питань.

Особливо ефективне отримання біогазу для агропромислових комплексів, де доцільно добиватися реалізації повного екологічного циклу в установках різної продуктивності. У таких комплексах гній піддають анаеробному бродінню з подальшою аеробною обробкою у відкритих басейнах. Біогаз використовують, як правило, в когенераційних установках для сумісного виробництва електричної і теплової енергії. У басейнах вирощують водорості, які йдуть на корм худобі. Після аеробної ферментації повністю оброблені відходи, до того як бути використаними як добрива, можуть подаватися у штучні та природні водойми для розведення риби

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	

<http://old.minregion.gov.ua/zkh/reforma-zhitlovo-komunalnogo-gospodarstva/pro-svitoviy-dosvid-vprovadzhennyaenergozberigayuchih-zahodiv-u-zhitlovo-komunalnomu-gospodarstvi-991852> (дата звернення 23.11.2025).

11. Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. 28. September 2010.

12. Вишняк А.Р. Энергосбережение и использование альтернативных источников энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве. URL: <http://jkg-portal.com.ua/ru/publication/one/ukrajinskj-alternativnjenergetic-progres-43780> (дата звернення 23.11.2025).

13. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: Закон України від 16.09.2014 р. № 1678-VII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (дата звернення: 10.11.2025).

14. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України № 2118-VII / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. - 2017. - № 3. - С. 5. Ст. 359.

15. Про ринок природного газу : Закон України від 29.12.2019 р. № 394-IX / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19> (дата звернення: 03.03.2020).

16. Про ратифікацію протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства : Закон України станом на 1.01.2020 р. № 2787-VI (2787-17) від 15.12.2010 / Верховна Рада України. - Відомості Верховної Ради України. - 2011. - № 24. - Ст. 170.

17. Паризька угода: Угоду ратифіковано Законом України 14.07.2016 р. № 1469-VIII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161 (дата звернення: 23.11.2025)

18. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.

19. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції. Освітлення та гарячого водопостачання. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 145 с.

20. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристики та енергетичної сертифікації будівель. [Чинний з 1.04.2014 р.]. - Київ : Мінрегіон України, 2014. – 37 с.

21. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвал. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. №605-р. URL: https://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (дата звернення: 28.11.2025).

22. Електроенергетика України. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Електроенергетика_України (дата звернення: 28.11.2025).

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

23. Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України у грудні та за 2018 рік. (за фактичними даними). URL: https://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245343597&cat_id=35081 (дата звернення: 28.11.2025).
24. Предун К.М. Застосування методології екологічної діагностики в проблематиці безпеки складних природно-технічних систем // Інфраструктура ринку: електронний фаховий науково-практичний журнал. 2020. Вип. 42. С. 253-258. URL: www.market-infr.od/uk/42-2020 (дата звернення: 28.11.2025). DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastruct42-43>.
25. Температура повітря в Україні зростає вдвічі швидше за середньоєвропейську: як попередити посухи. URL: <https://rubryka.com/2024/08/20/temperatura-povitrya-v-ukrayini-zrostaye-vdvichi-shvydshe-za-serednoyevropejsku-yak-pop-eredyty-posuhy/> (дата звернення: 28.11.2025).
26. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: схвалено розпорядженням КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р. – Редакція від 17.09.2020, підстава – [826-2020-п](#). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80/print> (дата звернення: 28.11.2025).
27. Україна може стати лідером із виробництва біометану в Європі. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/800605.html> (дата звернення: 28.11.2025).

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № орг.					
	Змін Кіл. Арк. № док Підп. Дата				
з ТВМ-24					Аркуш

РОЗДІЛ 2.

***Варіантне проектування системи газопостачання
населеного пункту в сільській місцевості***

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №							з ТВМ-24	Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата		

2.1. Вихідні дані

Проектуємо декілька варіантів систем газопостачання населеного пункту в сільській місцевості.

Природний газ заплановано використовувати усіма можливими категоріями його споживачів:

- для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців – приготування їжі та гарячої води для населення; приготування кормів і підігрів води для домашніх тварин;
- на потреби підприємств і закладів комунально-побутового та культурного обслуговування населення;
- для потреб тепlopостачання будинків і споруд різного призначення;
- на технологічні потреби і потреби тепlopостачання сільськогосподарських підприємств.

Згідно із завданням газифікація житлового фонду в населеному пункті передбачає 100-% охоплення житлових будівель.

Розрахункові показники схем газопостачання села на перспективний розвиток прийняті по даним генерального плану села і приведені в табл. 1.1.

Селище забудоване одноповерховими індивідуальними будинками. Також є будинок культури, школа, тракторна бригада. Тепlopостачання громадських будинків відбувається від опалювальних котелень, а опалення житлових і невеликих громадських будівель передбачається від місцевих джерел тепла – індивідуальних малометражних водогрійних котлів.

В селищі знаходиться два підприємства агропромислового комплексу:

1. ПП-1 – комбикормовий завод, встановлена потужність газовикористовуючих агрегатів $Q_1=14,4$ МВт.

2. ПП-2 – ферма великої рогатої худоби, $Q_2=1,2$ МВт.

Також у населеному пункті є три водогрійні котельні для потреб централізованого тепlopостачання громадських будівель і споруд з встановленою потужністю теплогенеруючих установок:

$Q_1=0,38$ МВт;

$Q_2=1,23$ МВт;

$Q_3=0,1$ МВт.

Джерелом системи газопостачання населеного пункту служить головний газорегуляторний пункт, підключений до системи міжселищних газопроводів високого тиску Г4, і який знаходиться на північній околиці селища.

Кліматична характеристика району будівництва відповідно до назви населеного пункту – с. Лебедин Шполянського району Черкаської області – прийнято згідно даних ДСТУ [7]:

1. Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.							Аркуш
			з ТВМ-24						
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата				

опалення $t_o = -22$ °С.

2. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_o = 1$ °С.

3. Тривалість опалювального періоду $n_o = 189$ діб.

Опалювальна площа житлових будівель існуючих та перспективної забудови визначається розрахунком. Для розрахунку прийнято, що середня опалювальна площа існуючих житлових будівель дорівнює 70 м^2 , а перспективної забудови – 150 м^2 .

Таблиця 2.1

Розрахункові показники для газифікації с. Лебедин

Споживачі	Одиниці виміру	Кількість
Загальне населення:	чол.	1910
- в проживаючі в існуючій забудові	чол.	650
- в перспективній забудові	чол.	1260
Газоспоживаюче населення	чол.	1910
Кількість домоволодінь:	шт.	592
- існуючих	шт.	232
- перспективна забудова	шт.	360
Загальна опалювальна площа житлових будинків індивідуальними джерелами тепла:	тис. м^2	70,3
- існуючими	тис. м^2	16,3
- перспективної забудови	тис. м^2	54
Кількість домашніх тварин:		
- великої рогатої худоби	голів	77
- свиней	голів	232

2.2. Розрахунок витрат природного газу в населеному пункті

2.2.1. Господарсько-побутові потреби мешканців

Потреби мешканців населеного пункту в сільській місцевості, потреби теплопостачання – це основний вид газоспоживання у сільській місцевості.

Спочатку обраховують річні витрати газу в залежності від кількості споживачів, норм витрат теплоти на підставі методики та даних наведених в ДБН В.2.5-20:2018 « Газопостачання» [6].

Річна витрата газу на комунально-побутові витрати населення визначаємо в залежності від кількості споживачів, норм витрат теплоти за формулою:

$$V_{РІЧ}^{К-П} = N \cdot \frac{q_n}{Q_p} \cdot 10^{-3}, \text{ тис. м}^3/\text{рік}, \quad (2.1)$$

де N – кількість мешканців, люд.; q_n – норма витрати теплоти населенням, МДж/чол. рік (див. [6], табл. 2); Q_p – нижча теплота спалювання природного газу,

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

										Аркуш
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата					

зТВМ-24

МДж/м³ (за відсутності даних про хімічний склад газу приймаємо $Q_p''=34$ МДж/м³ [6]).

Річна витрата газу для задоволення господарсько-побутових потреб мешканців, які проживають в:

1) існуючій забудові:

- природний газ витрачається на приготування їжі і гарячої води при наявності в будинках газової плити і проточного газового водонагрівача (умовно прийнято 30 % будинків)

$$V_{РІЧ}^{К-П} = 195 \cdot \frac{8800}{34} \cdot 10^{-3} = 50,47 \text{ тис.м}^3/\text{рік},$$

- природний газ витрачається на приготування їжі і гарячої води при наявності в будинках газової плити (70 % будинків):

$$V_{РІЧ}^{К-П} = 455 \cdot \frac{4600}{34} \cdot 10^{-3} = 61,56 \text{ тис.м}^3/\text{рік},$$

2) перспективній забудові:

- природний газ витрачається на приготування їжі і гарячої води при наявності в будинках газової плити і проточного газового водонагрівача

$$V_{РІЧ}^{К-П} = 1260 \cdot \frac{8800}{34} \cdot 10^{-3} = 326,1 \text{ тис.м}^3/\text{рік}.$$

Сумарна річна витрата газу для потреб мешканців населеного пункту становить 438,13 тис. м³/год.

Максимальну годинну витрату газу визначаємо як частку річної витрати за формулою:

$$V_{год.}^{К-П} = V_{РІЧ}^{К-П} \cdot k_{\max}^h \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.2)$$

де $V_p^{К-П}$ - річна витрата газу споживачем, тис.м³/рік; K_{\max}^h - коефіцієнт годинного максимуму.

Коефіцієнт K_{\max}^h протилежно пропорційний періоду, протягом якого використовується річний ресурс газу при його максимальному споживанні. Значення коефіцієнту годинного максимуму витрати газу на господарсько-побутові потреби населення при чисельності $N=1910$ чол. становить $K_{\max}^h = 1/2000$, тому:

$$V_{год.}^{К-П} = 438,13 \cdot \frac{1}{2000} \cdot 10^3 = 220 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати газу на потреби підприємств торгівлі, побутового обслуговування населення невиробничого характеру тощо нормативний документ [6] рекомендує приймати в обсязі до 5 % від сумарної витрати газу житловими будинками, що знаходяться у даному населеному пункті. Отже, максимально-годинна витрата газу для задоволення комунально-побутових потреб мешканців дорівнює 11 м³/год .

2.2.2. Потреби теплопостачання

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

Витрата газу на потреби теплопостачання залежить головним чином від температури зовнішнього повітря, кількості і типу опалюваних будинків, їх загальної площі. Теплові навантаження систем опалення, гарячого водопостачання і вентиляції розраховують відповідно до методики, що наведена у ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі".

При розробці проектів газопостачання населених пунктів і за відсутності конкретних теплотехнічних характеристик житлової забудови дозволяється визначати розрахункові годинні витрати газу відповідно до укрупнених показників.

Витрату газу на опалення житлових і громадських будинків знаходимо за формулою:

$$V_{год.}^{ОП} = 3600 \cdot (1 + K) \cdot \frac{q_0 \cdot F_{ж} \cdot 10^{-3}}{Q_p^H \cdot \eta}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.3)$$

де K – коефіцієнт, який враховує витрату газу на опалення громадських будинків, за відсутності даних приймається рівним K , що дорівнює 0,25; q_0 – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м² загальної площі, Вт/м² (приймаємо в залежності від поверховості житлових будинків у районі і температурної зони України, в якій розташований населений пункт); η – коефіцієнт корисної дії системи теплопостачання - місцевої – $\eta = 0,75-0,8$.

Для будівель старої (до 1994 р.) забудови значення величини q_0 приймаємо в залежності від розрахункової температури зовнішнього повітря для проектування опалення в даному населеному пункті (значення температури наведено в ДСТУ [7]) і поверховості забудови.

Для будівель перспективної (після 1994 р.) забудови значення величини q_0 приймаємо в залежності від кліматологічної зони, в якій знаходиться населений пункт:

1) для існуючої забудови:

$$V_{год.}^{ОП} = 3600 \cdot (1 + 0,25) \cdot \frac{173 \cdot 16,3 \cdot 10^{-3}}{34 \cdot 0,75} = 515 \text{ м}^3/\text{год.},$$

2) для перспективної забудови:

$$V_{год.}^{ОП} = 3600 \cdot (1 + 0,25) \cdot \frac{93 \cdot 54 \cdot 10^{-3}}{34 \cdot 0,75} = 890 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна максимально-годинна витрата газу складає 1405 м³/год.

Річні витрати газу на потреби теплопостачання визначають на основі даних про годинне споживання газу в залежності від виду навантаження:

$$V_{p_i}^m = m_i \cdot V_{год.}^m \cdot 10^{-3}, \text{ тис.м}^3/\text{рік}, \quad (2.4)$$

де m_i – кількість годин використання максимуму для i -го виду навантаження, год./рік (опалювальне (діє протягом опалювального періоду)).

Для опалювального навантаження значення $m_{ов}$ знаходимо за формулою:

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	

$$m_{os} = n_0 \left[24 \frac{1+K}{1+K} \left(\frac{t_e - \bar{t}_0}{t_e - t_0} \right) \right], \text{ год./рік,} \quad (2.5)$$

де n_0 – тривалість опалювального періоду, діб/рік; t_e – розрахункова температура внутрішнього повітря у панівних приміщеннях будівлі чи споруди, °С (для житлових будинків у розрахунках с приймаємо $t_e = +18$ °С); \bar{t}_0 – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С, приймаємо $\bar{t}_0 = -1$ °С [7]; t_0 – температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення, °С, приймаємо $t_0 = -22$ °С [7];

$$m_{os} = 189 \left[24 \frac{1+0,25}{1+0,25} \left(\frac{18+1}{18+22} \right) \right] = 1752 \text{ год./рік.}$$

Кількість годин використання максимуму опалювального навантаження для кліматологічних характеристик даного району будівництва становить $m_{os} = 1752$ год/рік. Тоді річні витрати газу на потреби тепlopостачання складатимуть:

1) для існуючої забудови:

$$V_{pi}^m = 1752 \cdot 515 \cdot 10^{-3} = 902,3 \text{ тис.м}^3/\text{рік};$$

2) для перспективної забудови:

$$V_{pi}^m = 1752 \cdot 890 \cdot 10^{-3} = 1560,0 \text{ тис.м}^3/\text{рік.}$$

Сумарна річна витрата газу складає 2462,3 м³/год.

2.2.3. Потреби домашніх тварин

У сільській місцевості при розрахунку газоспоживання населеного пункту необхідно передбачати витрати природного газу для приготування кормів і підігріву води для потреб домашніх тварин: коней, корів тощо.

Вихідні дані для розрахунку (кількість домашніх тварин кожного виду) вказується у завданні на проектування. У табл.3 ДБН В.2.5-20 вказано річні нормативи витрат теплоти на потреби цих тварин.

Витрати газу обчислюємо за формулами:

1) річна витрата газу

$$V_P^{твар} = \frac{q \cdot N \cdot 10^{-3}}{Q_P^H}, \text{ тис.м}^3/\text{рік}; \quad (2.6)$$

2) годинна витрата газу

$$V_{год.}^{твар.} = V_P^{твар.} \cdot K_{max}^h \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.7)$$

де q – норма витрати теплоти на приготування корму для тварин, на підігрів води та санітарні потреби, МДж/голову (див. [6], табл.3): для однієї корови складає $q = 8800$ МДж/голову, а для свині $q = 4600$ МДж/голову; K_{max}^h - коефіцієнт годинного

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

максимуму, рік/год. (при розрахунках значення коефіцієнта приймаємо рівним $K_{\max}^h = 1/1800$); N – кількість домашніх тварин певного виду, голів.

1) річна витрата газу:

- для корів:

$$V_{P1}^{твар} = \frac{8800 \cdot 77 \cdot 10^{-3}}{34} = 19,93 \text{ тис.м}^3/\text{рік};$$

- для свиней:

$$V_{P2}^{твар} = \frac{4600 \cdot 232 \cdot 10^{-3}}{34} = 31,39 \text{ тис.м}^3/\text{рік}.$$

2) максимально-годинна витрата газу:

- для корів:

$$V_{год.1}^{твар.} = 19,93 \cdot \frac{1}{1800} \cdot 10^3 = 11,00 \text{ м}^3/\text{год.},$$

- для свиней:

$$V_{год.2}^{твар.} = 31,39 \cdot \frac{1}{1800} \cdot 10^3 = 17,50 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Результати розрахунків приведено у табл.2.2.

Таблиця 2.2

Результати розрахунку витрат природного газу для потреб домоволодінь

Споживачі	Питомі норми витрати		Кількість	Річна витрата, тис.м ³ /рік
	Показники споживання	Норми витрати		
1. Існуюча забудова:	На 1 чол/рік			
- приготування гарячої їжі, води в квартирах з газовими проточними водопідігрівачами (30 % домоволодінь)		8800 МДж/чол.рік	195	50,47
- те ж, без проточних водопідігрівачів (70 % домоволодінь)		4600 МДж/чол.рік	455	61,56
2. Перспективна забудова:	На 1 чол/рік			
- приготування їжі і гарячої води в квартирах з газовими проточними водонагрівачами		8800 МДж/чол.рік	1260	326,1
3. Опалення житлових будинків:				
- існуюча забудова	на 1м ²	173 Вт/м ²	16300	902,3
- перспективна забудова	на 1м ²	93 Вт/м ²	54000	1560
4. Приготування кормів для домашніх тварин з врахуванням запарювання кормів	на 1голову		77	19,93
5. Підігрів води для пиття і санітарних потреб	на 1голову		232	31,39
Разом				3418

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВм-24

Аркуш

	Разом	220
	2. Домашні тварини:	
	а) велика рогата худоба	11
	б) свині	17
	Разом	28
	3. Джерела теплопостачання:	
	а) місцеві: у т .ч.:	1405
	- існуюча забудова	515
	- перспективна забудова	890
	б) централізоване: у т .ч.:	259
K1	-опалювальна котельня №1	58
K2	-опалювальна котельня №2	186
K3	-опалювальна котельня №3	15
	Разом	1664
	4. Промислові та сільськогосподарські підприємства, у т.ч.:	2352
ПП-1	а) комбикормовий завод	2177
ПП-2	б) ферма ВРХ	175
	Всього	4264

2.3. Структурні схеми системи газопостачання

З метою визначення оптимального варіанту газопостачання населеного пункту у даній роботі запропоновано і обраховано декілька варіантів проектування вуличних мереж сільського населеного пункту, а саме:

1. Двоступенева система газопостачання з використанням сталевих труб (газопроводи високого і низького тиску).
2. Двоступенева система газопостачання з використанням поліетиленових труб (газопроводи високого і низького тиску).
3. Одноступенева система середнього тиску з використанням сталевих труб.
4. Одноступенева система середнього тиску з використанням поліетиленових труб.

Окім того для двоступеневих систем в мережі низького тиску газу розглянуто два перепада тисків 1200 Па і 1500 Па, в одноступеневій системі середнього тиску запропоновано такі втрати тиску в вуличній мережі: $\Delta P=150$ кПа, $\Delta P=200$ кПа, $\Delta P=250$ кПа.

Джерелом природного газу є головний газорозподільчий пункт, який знаходиться в північній околиці села і який підключений до міжселищних газопроводів високого тиску газу.

Кількість мережних ГРУ прийнято виходячи з планувальних рішень населеного пункту. У подальшому кількість ГРУ буде змінюватись від 3 до 7.

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	

2.3.1. Вуличні газопроводи високого (середнього) тиску

Джерелом газопостачання мереж високого (середнього) тиску є головний газорегуляторний пункт, який знаходиться на північній околиці с. Лебедин Черкаської області.

Гідравлічний режим роботи газопроводів призначають, виходячи з умов максимального використання розрахункового перепаду тиску. Доцільною і економічно обгрунтованою вважається така втрата тиску в мережі – не більше 40 % від абсолютного значення тиску газу на виході з джерела. Наприклад, у розподільній мережі газопроводів високого тиску II категорії (тиск газу на виході з ГГРП – 0,7 МПа) максимально-допустимий перепад тиску становить 0,28 МПа, тобто на вході у сітьові газорегуляторні пункти (ГРП), інші найбільш віддалені від ГРС споживачі допускається мінімальний тиск 0,42 МПа. Для мережі середнього тиску це відповідно 0,4; 0,16 і 0,24 МПа.

2.3.2. Вуличні газопроводи низького тиску

Живлення газопроводів низького тиску відбувається від сітьових ГРП. Манометричний тиск у газопроводі після ГРП, як правило, приймається 3000Па.

Відповідно до вимог [8] сумарна втрата тиску від ГРП або іншого регулюючого пристрою до найбільш віддаленого газового приладу житлового чи громадського будинку (газової плити, водонагрівача тощо) не повинна перевищувати 1800 Па, у т.ч. – в розподільних (вуличних і внутрішньо квартильних) газопроводах – 1200, а у дворових (газопроводах-вводах) і внутрішньо будинкових – 600 Па. При газифікації сільської місцевості втрати тиску у розподільних газопроводах дозволяється приймати дещо більшими – 1500 Па, а у газопроводах-вводах і внутрішньобудинкових – також 600 Па.

2.4. Гідравлічні розрахунки вуличних газопроводів

Мета розрахунку – визначення діаметрів трубопроводів для проходження розрахункової (максимально-годинної) витрати газу при допустимих втратах тиску (це так звана пряма задача гідравлічного розрахунку), або, навпаки, – знаходження втрат тиску при транспорті необхідної кількості газу по існуючих трубопроводах (обернена задача). При проектуванні системи газопостачання, як правило, вирішують пряму задачу, а при її реконструкції – обернену.

Вимогами нормативних документів ДБН В.2.5-20 гідравлічний розрахунок газопроводів необхідно переважно виконувати за допомогою ПЕОМ. При неможливості (відсутність програми розрахунку на ПЕОМ) або недоцільності (мала кількість ділянок мережі) гідравлічний розрахунок газопроводів дозволяється виконувати за допомогою номограм.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.								Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата		

зТВМ-24

Інститутом “УкрНДІінжпроект” (м.Київ) розроблено програмний комплекс “Hydra”. В його основу покладено рекомендовані ДБН В.2.5-20 формули і залежності, у тому числі для попереднього знаходження внутрішнього діаметра ділянки газопроводу. Отримане значення потім порівнюють з дійсним, що існує у вибраному сортаменті труб, приймають найближче і для нього визначають втрату тиску на ділянці, а також його дійсне значення в кінці ділянки, що розглядається. Воно ж є початковим тиском для наступної (за напрямком руху газу) ділянки.

Дана програма дозволяє виконувати гідравлічний розрахунок як газопроводів високого чи середнього, так і низького тисків. У зв'язку з тим, що програмний комплекс “Hydra” був розроблений досить давно, значення тисків газу вказуються в системі одиниць: кг/см² (газопроводи високого (середнього) тисків) і кг/м² (газопроводи низького тиску).

При виконанні гідравлічних розрахунків газорозподільних мереж двоступеневих систем газопостачання спочатку слід виконувати розрахунок газопроводів нижчого ієрархічного рівня (газопроводів низького тиску газу у даній роботі) з метою визначення навантажень на газорегуляторні установки і пункти, а потім – газопроводів систем вищого ієрархічного рівня (у даній роботі – високого тиску газу, навантаження зосереджених споживачів – мережних гру відомо за результатами розрахунку газопроводів низького тиску газу).

Розрахункової схеми газорозподільних систем для деяких варіанті газифікації населеного пункту наведено у графічній частині роботи на арк.2-4. Результати розрахунків показано на розрахункових схемах з відомостями труб, вимикальних примтроїв тощо.

2.4.1. Газопроводи низького тиску (варіант 1). Сталеві труби

Гідравлічний розрахунок газопроводів низького тиску виконаний за допомогою ЕОМ по програмі "Hydra".

Отдел:

Исполнитель: КМ

Договор:

Объект:

Вариант: н/д

Район:

Дата заказа: 11.2025

№ п/п Исходные данные об участке

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Начало Конец Длина

Расход Д а в л е н и я Размер
в начале в конце трубы

ГРП1

1	100 – 4	30	151.0	300.00	247.90	76
2	4 – 3	130	20.0	247.90	221.40	57
3	3 – 2	70	3.0	221.40	220.80	57
4	4 – 5	220	55.0	247.90	189.10	76
5	5 – 6	170	16.7	189.10	164.40	57

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВм-24

Аркуш

6	4 - 7	70	35.0	247.90	208.80	57
7	7 - 8	130	6.0	208.80	205.40	57
8	7 - 9	40	14.0	208.80	207.90	76
9	9 - 11	170	6.0	207.90	203.90	57
10	11 - 13	50	9.0	203.90	202.80	57
11	11 - 12	110	11.0	203.90	196.60	57
Общий расход		151.0				

ГРП2

1	100 - 43	30	165.0	300.00	287.10	102
2	43 - 45	100	35.0	287.10	232.60	57
3	43 - 40	50	109.0	287.10	266.60	89
4	43 - 44	70	7.0	287.10	285.00	57
5	45 - 10	40	133.0	232.60	228.90	127
6	10 - 11	180	61.0	228.90	203.90	89
7	10 - 9	210	32.0	228.90	207.90	76
8	40 - 39	140	47.0	266.60	238.10	76
9	39 - 38	200	30.0	238.10	151.50	57
10	38 - 37	190	2.0	151.50	150.80	57
11	40 - 41	140	39.0	266.60	170.80	57
12	41 - 42	130	13.0	170.80	159.20	57
Общий расход		165.0				

ГРП3

1	17 - 18	270	20.0	211.80	160.10	57
2	16 - 17	110	38.0	283.40	211.80	57
3	100 - 16	30	198.0	300.00	283.40	103
4	18 - 19	110	1.0	160.10	160.00	57
5	16 - 19	280	31.0	283.40	160.00	57
6	16 - 3	240	23.0	283.40	221.40	57
7	16 - 15	120	38.0	283.40	205.50	57
8	15 - 21	60	23.0	205.50	190.10	57
9	21 - 20	230	15.0	190.10	162.90	57
10	20 - 19	110	7.0	162.90	160.00	57
Общий расход		198.0				

ГРП4

1	35 - 15	150	36.0	291.50	205.50	57
2	100 - 35	30	426.0	300.00	291.50	159
3	35 - 25	60	231.0	291.50	276.30	127
4	25 - 21	150	36.0	276.30	190.10	57
5	25 - 23	70	60.0	276.30	254.60	76
6	23 - 24	50	0.5	254.60	254.60	57
7	23 - 22	100	43.0	254.60	174.20	57
8	22 - 20	80	19.0	174.20	162.90	57
9	35 - 34	210	43.0	291.50	255.20	76
10	25 - 26	80	111.0	276.30	242.70	89
11	26 - 32	80	56.0	242.70	220.50	76
12	32 - 33	80	1.0	220.50	220.40	57
13	34 - 33	70	33.0	255.20	220.40	57
14	33 - 30	130	30.0	220.40	165.90	57
15	30 - 29	100	11.0	165.90	158.80	57

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

з ТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
------	------	------	-------	-------	------

16	30 - 31	130	1.0	165.90	165.70	57
17	32 - 31	80	39.0	220.50	165.70	57
18	31 - 28	100	10.0	165.70	159.80	57
19	28 - 29	180	2.0	159.80	158.80	57
20	26 - 27	170	30.0	242.70	169.50	57
21	22 - 27	90	10.0	174.20	169.50	57
22	27 - 28	80	15.0	169.50	159.80	57
23	35 - 36	120	86.0	291.50	218.10	76
24	15 - 14	130	13.0	205.50	199.90	57
25	14 - 13	170	3.0	199.90	197.90	57
26	36 - 13	150	14.0	218.10	202.80	57
27	36 - 37	150	31.0	218.10	150.80	57
Общий расход		426.0				

ГРП5

1	100 - 53	30	366.0	300.00	294.00	159
2	53 - 51	130	11.0	294.00	284.70	57
3	51 - 52	50	3.0	284.70	284.40	57
4	53 - 54	120	91.0	294.00	258.80	57
5	53 - 72	170	237.0	294.00	278.80	159
6	54 - 55	210	21.0	258.80	214.30	57
7	54 - 59	210	31.0	258.80	162.90	57
8	56 - 59	150	18.0	275.10	163.00	57
9	72 - 56	50	214.0	278.80	275.10	159
10	56 - 57	30	214.0	275.10	268.50	127
11	57 - 58	130	7.0	268.50	264.80	57
12	57 - 47	140	194.0	268.50	259.80	159
13	47 - 48	90	1.0	259.80	259.80	57
14	47 - 46	210	166.0	259.80	249.90	159
15	46 - 45	210	125.0	249.90	232.60	127
Общий расход		366.0				

ГРП6

1	100 - 63	30	173.0	300.00	271.70	89
2	63 - 59	80	8.0	271.70	162.90	57
3	63 - 62	90	67.0	271.70	236.70	76
4	62 - 61	70	39.0	236.70	188.40	57
5	61 - 60	120	21.0	188.40	163.30	57
6	60 - 59	130	2.0	163.30	162.90	57
7	62 - 65	200	2.0	236.70	236.10	57
8	63 - 64	200	6.0	271.70	266.80	57
Общий расход		173.0				

ГРП7

1	100 - 71	30	262.0	300.00	292.30	127
2	71 - 58	280	13.0	292.30	264.80	57
3	71 - 64	90	90.0	292.30	266.80	89
4	64 - 65	90	63.0	266.80	236.10	76
5	65 - 66	120	30.0	236.10	190.40	57
6	66 - 61	210	4.0	190.40	188.40	57
7	71 - 67	230	31.0	292.30	191.00	57
8	67 - 66	100	3.0	191.00	190.40	57

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
------	------	------	-------	-------	------

9	71 – 70	90	79.0	292.30	245.10	76
10	70 – 69	150	25.0	245.10	200.30	57
11	69 – 68	150	10.0	200.30	191.20	57
12	68 – 67	110	5.0	191.20	191.00	57
13	70 – 68	180	25.0	245.10	191.20	57
Общий расход		262.0				

2.4.2. Газопроводи низького тиску (варіант 2). Поліетиленові труби

Гідравлічний розрахунок газопроводів низького тиску виконаний за допомогою ЕОМ по програмі "Hidra".

Отдел:

Исполнитель: КМ

Договор:

Объект:

Вариант: н/д

Район:

Дата заказа: 11.2025

N п/п	Исходные данные об участке			РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА			
	Начало	Конец	Длина	Расход	Д а в л е н и я		Размер
					начале	в конце	трубы
ГРП1							
1	100 – 4		30	373.0	300.00	273.50	125
2	4 – 3		130	74.0	273.50	261.90	110
3	3 – 2		70	7.0	261.90	257.60	50
4	4 – 5		220	42.0	273.50	228.00	75
5	5 – 6		170	14.0	228.00	192.90	50
6	4 – 7		70	215.0	273.50	250.70	125
7	7 – 8		130	7.0	250.70	242.80	50
8	7 – 9		40	180.0	250.70	241.30	125
9	9 – 11		170	95.0	241.30	217.40	110
10	11 – 13		50	24.0	217.40	189.50	50
11	11 – 12		110	14.0	217.40	194.60	50
12	11 – 10		180	1.0	217.40	217.00	50
13	9 – 10		210	50.0	241.30	217.00	90
14	10 – 45		40	15.0	217.00	215.60	75
15	3 – 16		240	31.0	261.90	231.80	75
Общий расход			373.0				

ГРП2							
1	100 – 43		30	173.0	300.00	287.50	110
2	43 – 45		100	28.0	287.50	215.60	50
3	43 – 40		50	103.0	287.50	266.10	90
4	43 – 44		70	14.0	287.50	273.10	50
5	45 – 46		210	15.0	215.60	162.90	50
6	40 – 41		140	42.0	266.10	199.10	63
7	41 – 42		130	14.0	199.10	172.20	50
8	40 – 39		140	33.0	266.10	222.70	63
9	39 – 38		200	19.0	222.70	153.20	50

Общий расход 173.0

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВМ-24

Змін Кіл. Арк. № док Підп. Дата

9	72 – 56	50	50.0	256.60	250.70	90
10	56 – 57	30	50.0	250.70	242.10	75
11	57 – 58	130	3.0	242.10	240.40	50
12	57 – 47	140	33.0	242.10	197.80	63
13	47 – 48	90	1.0	197.80	197.80	50
14	47 – 46	210	12.0	197.80	162.90	50
Общий расход		202.0				

ГРП6

1	100 – 63	30	178.0	300.00	262.40	90
2	63 – 59	80	1.0	262.40	262.40	50
3	63 – 62	90	87.0	262.40	233.40	90
4	62 – 61	70	51.0	233.40	186.00	63
5	60 – 61	120	5.0	186.00	147.10	50
6	59 – 60	130	3.0	262.40	147.10	50
7	62 – 65	200	9.0	233.40	215.40	50
8	63 – 64	200	11.0	262.40	235.20	50
9	61 – 66	210	5.0	186.00	179.10	50
Общий расход		178.0				

ГРП7

1	100 – 71	30	225.0	300.00	278.60	110
2	71 – 58	280	11.0	278.60	240.40	50
3	71 – 64	90	67.0	278.60	235.20	75
4	64 – 65	90	43.0	235.20	215.40	75
5	65 – 66	120	17.0	215.40	179.10	50
7	71 – 67	230	39.0	278.60	183.40	63
8	66 – 67	100	6.0	179.10	183.40	50
9	71 – 70	90	90.0	278.60	238.00	75
10	70 – 69	150	19.0	238.00	184.60	50
11	69 – 68	150	5.0	184.60	179.70	50
12	68 – 67	110	5.0	183.40	179.70	50
13	70 – 68	180	18.0	238.00	179.70	50
Общий расход		225.0				

2.5. Техніко-економічне порівняння варіантів газопостачання

2.5.1. Загальна частина

Варіанти технічних рішень співставляються по капіталовкладенням і річним експлуатаційним витратам. Капіталовкладення являють собою одночасні витрати на спорудження об'єкту і забезпечення його нормальним запасом оборотних засобів.

Одночасні затрати на спорудження промислових об'єктів, в тому числі і об'єктів системи газопостачання, включають в себе: вартість обладнання і матеріалів (франко-будівельний майданчик), вартість будівельно-монтажних робіт і накладні та інші витрати будівельних організацій.

Експлуатаційні витрати, пов'язані з забезпеченням експлуатації об'єктів, включають в себе: витрати на матеріали і паливо, витрати на заробітну плату

Зам. інв. №							Аркуш
Підпис і дата							зТВМ-24
Інв. № орг.							
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	

персоналу з відрахуваннями на соціальне страхування, амортизаційні відрахування, витрати на поточний ремонт і інші витрати.

Капіталовкладення визначаються на основі розробки кошторисів будівництва, експлуатаційні витрати – на основі проектних кошторисів або калькуляцій експлуатаційних витрат. При визначенні капіталовкладень повинна бути врахована вартість можливих збитків, які причиняються народному господарству в зв'язку з будівництвом об'єктів системи газопостачання (знос житлових будинків, промислових об'єктів і т.д.).

Визначення капіталовкладень і експлуатаційних витрат на основі складення кошторисів будівництва і експлуатації можливо тільки після того, як виконано проект газопостачальної системи. Однак в більшості випадків задачею техніко-економічного розрахунку є саме обґрунтування і вибір варіанта проектного рішення, коли розробленого проекту ще немає, відсутні будівельні і експлуатаційні кошториси. Основний шлях визначення експлуатаційних витрат і капіталовкладень в таких умовах – використання укрупнених загальних техніко-економічних показників варіантів проектних рішень.

2.5.2. Техніко-економічне порівняння варіантів газопостачання населеного пункту

Газорозподільні системи населених пунктів – це достатньо складні інженерні споруди, до складу яких входять газопроводи різних тисків і призначень, газорегуляторні пункти і установки, засоби захисту від електро-хімічної корозії, запірно-регулювальна арматура та контрольно-вимірювальні прилади тощо.

Проектування і будівництво систем газопостачання як населених пунктів загалом, так і окремих об'єктів зокрема виконується у відповідності з вимогами нормативних документів та чинного законодавства України з вказаних питань [1, 2]. Слід вирішити завдання щодо:

- 1) вибору оптимальної кількості джерел газопостачання – газорозподільних станцій (ГРС), газорегуляторних пунктів (ГРП) і установок (ГРУ);
- 2) вибору оптимальних схем підключення зосереджених споживачів до газових мереж різних тисків;
- 3) оптимального розподілу розрахункового перепаду тиску та транзитних витрат газу в газопроводах.

Водночас можна зауважити, що дані рекомендації у першу чергу стосуються газорозподільних систем міських населених пунктів. Вони були розроблені в 60...70-х роках минулого століття, їм властивий ряд допущень. Наприклад, при визначенні оптимальної кількості мережних ГРП – джерел газопостачання систем низького тиску – в якості розрахункової моделі прий-мався умовний житловий район з такими ознаками:

- 1) архітектурно-планувальні рішення району забезпечують симетричну

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.							Аркуш
			з ТВМ-24						
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата				

побудову газорозподільної кільцевої мережі з утворенням кілець квадратної форми;

2) ГРП розміщуються в шахматному порядку в центрах зон, що вони обслуговують;

3) ділянки мережі, рівновіддалені від ГРП, мають однакову пропускну здатність;

4) довжина усіх розрахункових ділянок мережі однакова.

Окрім того, газорозподільні системи населених пунктів (ГРС НП) були запроєктовані для умов дефіциту природного газу і, відповідно, одним із завдань було створення оптимального поточкорозподілу.

В сільських населених пунктах кількість мережних газорегуляторних пунктів визначається передусім характером забудови (як правило – вона малоповерхова, тобто витрати газу незначні, при відносно великій і нерівномірно забудованій території). І тому їх розміщують в центрі осередків найбільш щільної забудови для газопостачання окремих вулиць, хуторів тощо. У цьому випадку навантаження таких ГРП дорівнює максимальній витраті газу дрібними споживачами (населенням, домашніми тваринами, джерелами децентралізованого теплопостачання, невеликими комунально-побутовими об'єктами), які знаходяться на цих територіях. Таким чином, виконувати техніко-економічні розрахунки оптимальної кількості ГРП/ГРУ за загально прийнятою методикою [5], яка придатна для міських населених пунктів, у сільській місцевості немає необхідності.

Беручи до уваги, що газорозподільні системи населених пунктів достатньо матеріалоемкі та, відповідно, дорогі системи, зниження їх вартості та металоємкості, особливо в умовах ринкової економіки, набуває важливого загальнодержавного значення.

Сьогодні в Україні представлено обладнання і матеріали для систем газопостачання як вітчизняного виробництва, так і відомих іноземних виробників, наприклад, поліетиленові фітінги і труби, комбіновані будинкові регулятори тиску газу.

З метою визначення економічно доцільного варіанту газифікації сільських населених пунктів виконано аналітичні дослідження можливих схем газорозподільної мережі одного з населених пунктів Черкаської області.

У населеному пункті присутні всі категорії споживачів природного газу. Розрахунок його витрат виконано у відповідності з вимогами ДБН В.2.5-20 [1].

Джерелом природного газу є головний газорегуляторний пункт (ГГРП), який знаходиться на північній околиці села і підключений до міжселищного газопроводу високого тиску ($P \leq 1,2$ МПа). Ширина вулиць в населеному пункті достатня для прокладання газопроводів високого тиску ($P \leq 0,6$ МПа).

При виконанні досліджень розглядалися різноманітні схеми ГРС НП: одно- (середнього тиску газу) і двоступеневі (високого і низького тисків газу) з

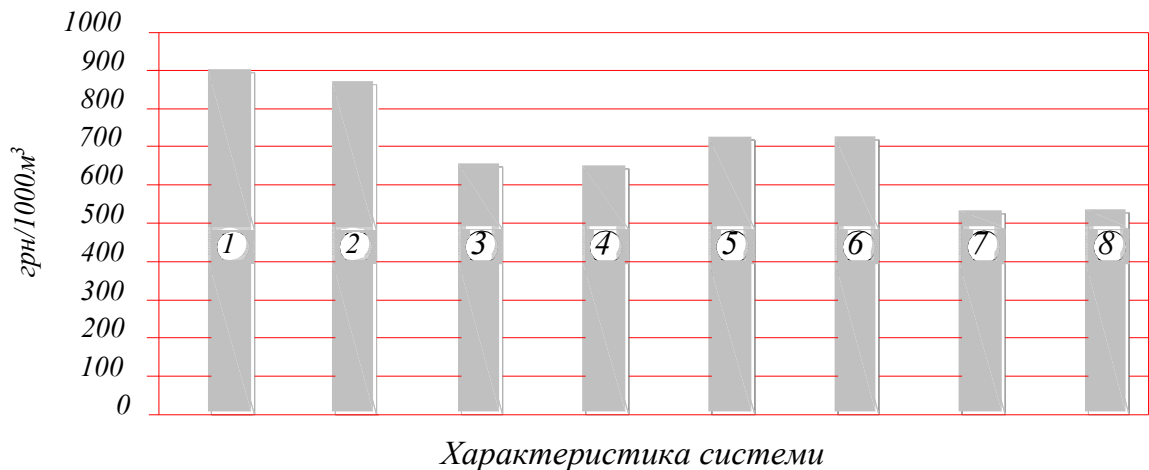
Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.							Аркуш
			з ТВМ-24						
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата				

існуючими вимогами щодо мінімального діаметру газорозподільних мереж та існуючим сортаментом труб, що застосовують при спорудженні систем газопостачання населених пунктів.

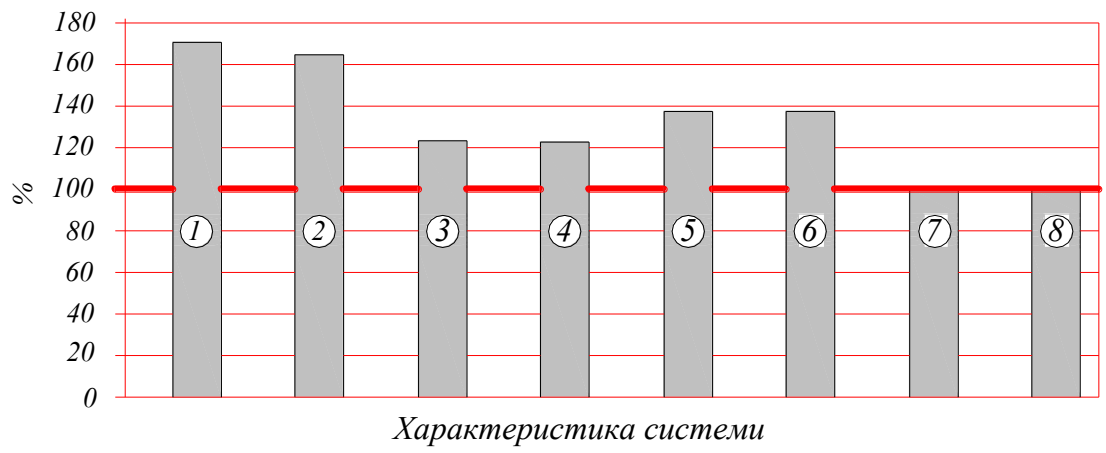
3. Для двоступеневих систем, як з використанням сталевих труб, так і поліетиленових, основні відмінності полягають у вартості прокладки газопроводів. Зміна перепадів тиску у вуличних мережах низького тиску (1200 і 1500 Па) викликала перерозподіл потоків газу у відповідній системі та призводила до зміни продуктивності мережних газорегуляторних пунктів (гідравлічні розрахунки газопроводів низького тиску виконуються завжди у першу чергу). Проте сумарна вартість будівництва при збільшенні перепаду тиску від 1200 до 1500 Па зменшувалась несуттєво: для мереж зі сталевих труб – на 1,15, з поліетиленових труб – на 0,48 %.

4. Проаналізувавши отримані значення сумарних витрат у спорудження газорозподільних систем різних типів для газифікації сільського населеного пункту економічно доцільним є варіант одноступеневої системи середнього тиску газу з використанням поліетиленових труб і встановленням будинкових регуляторів типу РДГС-10 у кожній оселі. Якщо прийняти вартість вказаної системи за 100 %, то вартість аналогічної системи зі сталевих труб становить приблизно 225 %, двоступеневої системи (високого і низького тисків газу) з трубами: сталевими – 275, поліетиленовими – 127 %.

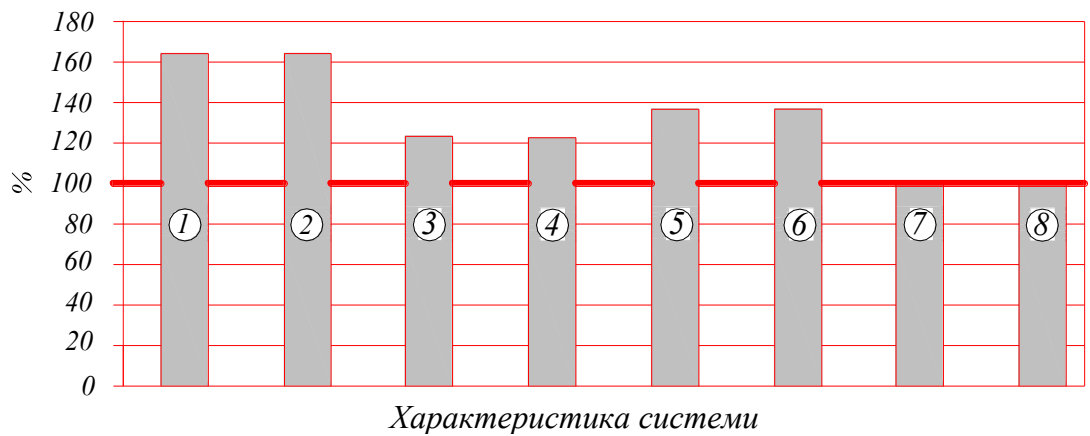
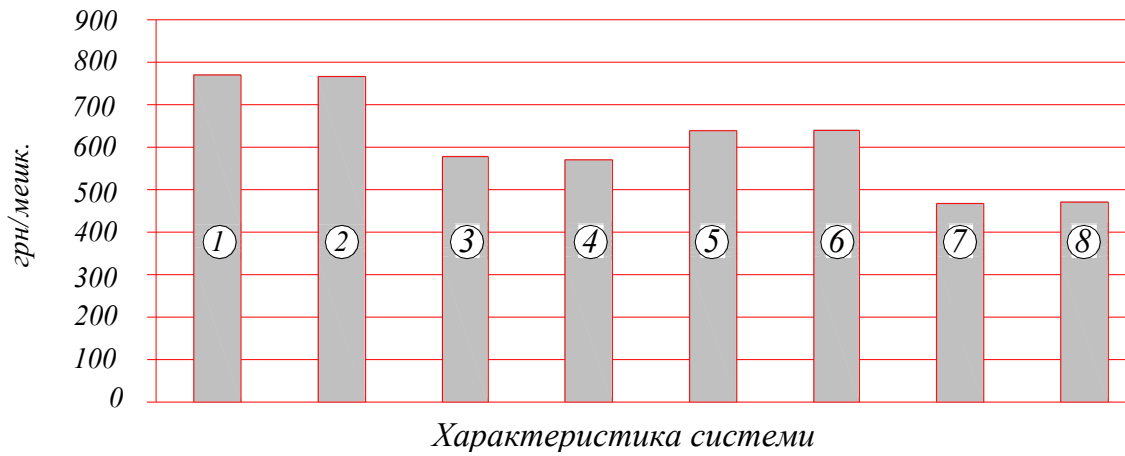
А. Вартість мережі для реалізації 1000 м³ природного газу



Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	



Б. Вартість мережі з розрахунку на 1 мешканця



Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

РОЗДІЛ 3.

Виробництво біогазів

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

3.1. Загальні положення

Біотехнології базуються на природних процесах, що проходять в біосферному кругообігу речовин й енергії, і спрямовані на перетворення потенційно небезпечних і шкідливих для довкілля продуктів і речовин у безпечні, менш шкідливі й корисні.

Використання біотехнологій дає можливість вирішити комплексно екологічну й економічну проблеми, забезпечити культуру виробництва тощо. Біогазові енергетичні установки можна розглядати як комплекс безвідходного виробництва. Це організація збору відходів життєдіяльності людини на звалищах, відходів сільськогосподарського (тваринництво у першу чергу і рослинництво) виробництва тощо, утилізація в біореакторах, утворення і використання біогазів зі значною часткою метану (безпосереднє спалювання у факелі, або використання для потреб теплопостачання (підігріву води), або виробництва електроенергії в когенераційних установках), а також виділення твердого субстрату як органічного добрива. Отже, це не що інше як створення екоіндустріальних парків із замкнутим циклом виробництва з мінімальним забруднення навколишнього природного середовища, в яких відходи одного виробництва перетворюються у сировину для іншого.

Метанове «бродіння» або біометаногенез – давно відомий процес перетворення біомаси в енергію, відкритий у 1776 р. [1] в результаті утилізації органічних відходів. Це суміш з 60-80 % метану, 40-20 % вуглекислого газу, до 0,1 % сірководню і незначних кількостей сполук азоту, водню та інших інгредієнтів. Газ має полум'я синього кольору і немає запаху, горить без утворення кіптяви та диму. Орієнтовно: 1 кг органічних речовин, які розклались біологічно на 70 %, виділяє 0,18 кг метану, 0,32 кг вуглекислого газу. При цьому утворюються 0,2 кг води і 0,3 кг нерозкладеного залишку.

Сам процес біометаногенезу здійснюється у три етапи:

- 1) розчинення і гідроліз органічних з'єднань;
- 2) анідогенез,
- 3) метаногенез.

В процесі ферментації приймають участь три групи бактерій, відповідно:

- 1) першочергово відбувається перетворення складних органічних субстратів в масляну, протеїнову і молочну кислоти;
- 2) друга група бактерій трансформує зазначені вище органічні кислоти в оцтову кислоту і вуглекислий газ;
- 3) на заключному етапі метаноутворюючі бактерії відновлюють вуглекислий газ в метан з поглинанням водню.

З біохімічної точки зору метанове «бродіння» є не що інше, як анаеробне дихання, в ході якого електрони з органічних речовин переносяться на вуглекислий

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

газ, який потім відновлюється до метану.

Сировиною для анаеробної переробки можуть служити різноманітні відходи, які містять у своєму складі органічні речовини. Зважаючи на важкі екологічні наслідки серед відходів сільськогосподарського виробництва пріоритет належить відходам тваринництва. Середньодобовий вихід екскрементів від однієї корови 35-55 кг, однієї свині – 6,5-15 кг.

Ефективність процесу метанового бродіння, з екологічної точки зору, визначається тією мірою обеззараження відходів, яка буде досягнута відповідно до санітарно-гігієнічних показників вихідної сировини. Одночасно утворене якісне добриво підвищує ефективність процесу.

Відходи тваринництва характеризуються наступними показниками:

- фізико-хімічними;
- водневим показником pH ;
- температурою;
- вологістю;
- бактеріологічними;
- гельмінтологічними.

Водневий показник pH – це величина, яка характеризує концентрацію іонів водню в розчині. При температурі сировини 25 °С в нейтральному середовищі показник $pH = 7$, у кислому середовищі – $pH < 7$, у лужному $pH > 7$. Значення даного показника у відходах тваринницьких комплексів знаходиться в межах $pH = 4,2-7,8$. Водневий показник впливає на процес метанового «бродіння», визначає кислотність або лужність середовища, впливає на корозійні процеси у технологічному обладнанні, трубопроводах тощо.

Концентрація іонів водню має велике значення для життєдіяльності метанових бактерій. Вони найбільш активні при значення показника $pH = 6,4-7,2$; при $pH < 6,4$ і $pH > 7,2$ швидкість росту бактерій та їх відновлення різко зменшуються. При нормальних умовах процесу метанового «бродіння» життєдіяльність бактерій лужної і кислої фази протікає узгоджено: усі продукти розпаду кислої фази переробляються бактеріями лужної.

При порушенні зазначених умов внаслідок перевантаження реактора, або різкої зміни температури, або інших причин перш за все порушується активність метанових бактерій, найбільш чутливих до зміни середовища. У цей час в реакторі збільшується концентрація продуктів кислої фази, що говорить про закисання субстрату.

Ознакою порушення процесу анаеробного бродіння є зниження лужності, зменшення величини показника pH , ріст вмісту летких кислот, збільшення кількості вуглекислого газу в утвореному біогазі. В результаті – зменшується енергетична продуктивність біогазової установки. Для відновлення нормального процесу ферментації необхідно ввести в органічну масу лужний реагент. Для

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

розкислення використовують зазвичай бікарбонат натрію, вапняне молоко тощо.

Гній великої рогатої худоби має показник $pH = 7-8$, а тому не вимагає попередньої підготовки. Гній свиней слід розкислювати, використовуючи гній корів у співвідношення 3:2. У цьому випадку значення показника $pH = 7,0-7,2$. Колір субстрату практично не впливає на процес метанового «бродіння».

Загально відомо, що якісний склад повітря сприяє нормальному протіканню будь-яких технологічних процесів, у т.ч. і обмінних процесів у живих організмах. Наявність у повітрі тих чи інших шкідливих інгредієнтів призводить до небажаних наслідків, викликаючи певні зміни в живому організмі. Встановлено, що при утриманні великої рогатої худоби може виділятися у навколишнє середовище до 20-30 видів різних газів, найбільш токсичними серед них є сірководень і аміак.

3.2. Фактори, які впливають на процеси метанового «бродіння»

Ферментація або розкладання органічних речовин в біореакторах – це складний анаеробний процес деструкції органічних речовин, який здійснюється в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Факторами, які впливають на технологічний процес, є:

- температурний режим;
- розмір і склад часток вихідної сировини;
- доза завантаження;
- наявність/відсутність перемішування;
- співвідношення: вуглець-азот;
- час бродіння;
- тиск;
- показник pH ;
- вологість;
- конструкція біореактора та інші.

Кількість і якісний склад газу, який утворюється в результаті повного розкладу органічної речовини, залежить від співвідношення хімічних елементів: С : Н : Н : N. З сполук, які входять до складу органічної речовини, жири сприяють найбільшому виходу біогазу з високим вмістом метану, трохи менше можна отримати біогазу з білкових речовин. Вуглеводи утворюють найменшу кількість метану.

3.2.1. Температурний режим

Температура – один з найважливіших параметрів, який визначає швидкість процесу ферментації і продуктивності біогазової установки. Метанове «бродіння» може відбуватись при таких температурних режимах:

- 1) психрофільному – температура $20^{\circ}C$;

Зам. інв.№
Підпис і дата
Інв. № орг.

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

- 2) мезофільному – 32-33 °С;
- 3) термотолерантому – 39-42 °С;
- 4) термофільному – 52-54 °С.

Чим вища температура, тим, відповідно, вища швидкість біохімічних процесів. Однак, збільшення температури спричиняє збільшення витрат енергії на експлуатацію установки – підтримання температурного режиму. І тому виникає питання щодо оптимізації температури проведення процесу ферментації.

Мезофільний процес потребує найменших витрат енергії. Його використовують, зазвичай, для невеликих за об'ємом біореакторів – до 12 м³. Для більш потужних установок рекомендовано підтримувати термофільний режим.

Загалом під час експлуатації біогазової установки можна варіювати температурними режимами, впливаючи таким чином на процес ферментації. При зменшенні продуктивності реактора, наприклад, можна перейти з термофільного режиму в мезофільний.

Мезофільний режим має ряд переваг. Достатньо просто забезпечити підтримання температури в межах ± 3 °С. Проте недоліком даного режиму є збільшення часу бродіння і зменшення продуктивності біогазової установки.

Термофільний режим вимагає більшої потреби енергоресурсів для підтримання заданої температури і, відповідно, більш складної системи автоматизації технологічного процесу. Позитивною стороною такого режиму є надійне обеззаражування відходів і значно менший час для утилізації відходів – вихідної сировини для отримання біогазів.

Окрім того варто враховувати, що температура впливає на якість біогазу – вихід метану: при підвищенні температури зменшується вміст метану в загальному об'ємі утвореного газу.

Мікроорганізми достатньо чутливі до перепаду температур: мікробіологічна активність практично припиняється при зниженні температури до 16,5 °С. А при зниженні температури до 16 °С вона повністю зникає і не відновлюється.

3.2.2. Підготовка сировини

Сировина – це органічна маса, яка надходить у блок компосту, в якому відбувається стабілізація вологості, подрібнення і попереднє (при необхідності) нагрівання за рахунок теплоти аеробного компостування.

За допомогою різноманітних аеробних бактерій розпочинається перша стадія технологічного процесу утворення біогазів – гідроліз високо молярних органічних сполук з утворенням кислот і накопиченням низькомолекулярних продуктів, доступних для утилізації метаногенами. Тривалість цього процесу залежить від температури і може тривати до 3-х діб.

По завершенню першої стадії бродіння утворена органічна маса подається в реактор, де і відбувається розпад біологічно нестабільних органічних речовин з

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

утворенням біогазів.

При великих об'ємах переробки органічної маси зазвичай використовують пристрої для компостування – підготовки однорідної фракції вихідної сировини.

При незначних об'ємах утворений компост може зберігатись до 20 днів до наступної утилізації в біореакторах.

3.2.3. Доза завантаження

Встановлено, що від дози завантаження сировини в біореактор залежить ефективність процесу метанового «бродиння», ступінь розкладу органічних речовин, кількість отриманого газу, величина експлуатаційних витрат. Доза завантаження – це кількість вихідної сировини, яка завантажується і біореактор на добу.

Для невеликих за об'ємом реакторів можна користуватись даними, наведеними у табл.3.1.

Таблиця 3.1

Вид відходів тваринництва і птахівництва	Завантаження реактора, кг відходів на 1 м ³ на добу	Час перебування відходів в реакторі, діб
Корови	6	15
Бички	4,5	10
Свині	3,0	10
Кури	1,5	50

Для стабілізації процесу ферментації температуру свіжої порції відходів, яка завантажується в реактор, бажано доводити до температури субстрату в реакторів шляхом змішування з теплою водою або підігрівати субстрат перед завантажуванням. У теплі сонячні дні з цією метою можна використовувати сонячні геліоколектори.

Періодично – один-два рази на рік – необхідно виконувати ревізію реактора, видаляючи осад, який осідає на його дні.

3.2.4. Вплив тиску

Ефективність виробництва біогазу в значній мірі залежить від тиску в реакторі. За рекомендаціями з різних джерел встановлено, що оптимальний надлишковий тиск в реакторі для побутових і промислових установок з метою його транспортування до місць використання/спалювання повинен бути в межах 200-500 Па. Якщо передбачається магістральне транспортування, наприклад, мережею міжселищних газопроводів, тиск на виході із реакторі слід підвищувати за допомогою компресорних установок до рівня в газорозподільній мережі.

Таблиця 3.2

Залежність продуктивності біогазової установки від тиску в реакторі

Тиск, Па	0	500	1000	1500	2000	3000	4000

зТВМ-24

Аркуш

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

Вихід газу, л/доба	36	35	34	33	32	29,5	27
--------------------	----	----	----	----	----	------	----

3.2.5. Співвідношення: вуглець – азот

Анаеробне бродіння, розвиток бактерій в значній мірі визначаються співвідношенням вуглецю і азоту. Вихідній сировині для метанового бродіння властива значна різноманітність і, відповідно, різні значення співвідношення: вуглець-азот. Якщо відношення С : N в органічній масі велике, то мала кількість азоту обмежує процес метанового бродіння. У протилежному випадку під час бродіння утворюється значна кількість аміаку – токсичного інгредієнта для «живих» бактерій. Найбільш сприятливі умови – в діапазоні співвідношення С : N = 10-16.

Для утворення оптимального діапазону співвідношення С : N, як правило, змішують різні види органічних відходів. Внаслідок отримують більш високий вихід газу.

Таблиця 3.3

Вихід біогазу для різних видів органічних відходів та їх співвідношень

Види органічних відходів	Вихід біогазу, м ³ /кг завантаження	Збільшення виходу газу, %
Гній великої рогатої худоби (ВРХ)	0,380	-
Гній свиней	0,569	-
Пташиний послід	0,617	-
Бадилля, трава	0,272	-
Гній ВРХ + гній свиней, відношення 1 : 1	0,510	7
Гній ВРХ + трава, відношення 1 : 1	0,363	5
Гній ВРХ + пташиний послід, відношення 1 : 1	0,528	6
Гній свиней + пташиний послід, відношення 1 : 1	0,634	6
Гній свиней + пташиний послід + гній ВРХ, відношення 1 : 0,5 : 0,5	0,533	-

3.2.6. Розмір і вміст твердих часток

У відходах сільськогосподарського виробництва, у першу чергу – тваринництва присутні різноманітні речовини у вигляді твердих часток: пісок, глина тощо, які або утворюють осад на дні біореактора, або спливають на поверхню субстрату, утворюючи тверду кірку, яка запобігає виділенню біогазу.

При великій кількості твердих часток у вихідній сировині, особливо рослинного походження і для потужних біореакторів слід попередньо подрібнювати сировину до утворення фракцій розміром не більше 40 мм. При малих об'ємах біореакторів подрібнення втрачає свою ефективність. Завантаження таких реакторів необхідно виконувати, використовуючи ґратки з чарункою розміром не більше 30 мм.

Для ефективного здійснення процесу мікробної трансформації субстрату в біогаз необхідно забезпечувати активний обмін між твердою, рідкою і газоподібними фазами субстрату і бактеріальними мікроорганізмами.

Мінімально можлива вологість субстрату знаходиться в межах 85-92 %, а,

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
------	------	------	-------	-------	------

відповідно, вміст сухих органічних речовин – 15-8 %. При збільшенні концентрації сухих речовин в біореакторі погіршуються експлуатаційні показники установки, ускладнюється процес вивантаження шламу і зменшується вихід газу.

3.2.7. Час бродіння субстрату в реакторі

Цей показник відіграє певну роль як у визначенні конструктивних рішень установки, так і в її ефективності. Час повного циклу бродіння достатньо великий і залежить від виду вихідної сировини (табл. 3.4) і температурного режиму (табл. 3.5).

Таблиця 3.4

Ефективність бродіння від виду сировини

Джерело відходів	Вміст метану, %	Час повного циклу, діб	Вихід метану		
			10 діб	17 діб	20 діб
Свині	81	115	40	57	68
Корови	80	117	24	36	46

Таблиця 3.5

Ефективність бродіння в залежності від температурного режиму

Температурний режим	Час бродіння, діб
Психрофільний	30
Мезофільний	25
Термотолерантний	15
Термофільний	6-8

3.2.8. Свіжість сировини

Свіжість сировини також впливає на анаеробний процес і вихід біогазу. При тривалому періоді зберігання органічних відходів агропромислового комплексу змінюється їх хімічний склад і властивості.

Ознакою початку розкладу органічних речовин є поява летких жирних кислот (ЛЖК). Наявність високої концентрації цих кислот свідчить про несвіжість сировини і, як наслідок, зменшення виходу біогазу і концентрації у ньому метану.

Встановлено за результатами досліджень, що гній після зберігання 3-20 діб за концентрацією і складу органічних речовин у ньому найбільш прийнятний для анаеробного бродіння. При більшому часі зберігання, особливо у теплий період сировину не рекомендовано використовувати в біореакторах.

3.2.9. Перемішування субстрату

Перемішування субстрату сприяє покращенню процесу бродіння і виділення газу. Під час бродіння у першій фазі процесу мікроорганізми, використовуючи розчинені органічні речовини споживають кисень та інші окислювачі і створюють анаеробні умови. Далі розпочинається гідроліз і розкладання нерозчинних компонентів – целюлози, лігноцелюлози.

Зам. інв.№							Аркуш
Підпис і дата							зТВМ-24
Інв. № орг.	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	

Перемішування органічної маси в реакторі забезпечує контакт з живильним середовищем, рівномірний розподіл мікроорганізмів в об'ємі реактора, змішування нової порції вихідної сировини з наявною робочою масою в реакторі. Також одночасно підтримується рівномірність температур в об'ємі біореактора. Перемішування запобігає утворенню твердої кірки на поверхні субстрату.

Біогаз, який утворюється в об'ємі реактора, у вигляді бульбашок повільно піднімається вгору, до поверхні. Під час руху бульбашки зростають у розмірах – до 15-40 мм в діаметрі. На поверхні субстрату вони лускають, вивільняючи при цьому утворений біогаз.

У перші період перемішування тиск у реакторі підвищується за рахунок руйнування оболонок бульбашок. При великих об'ємах біореакторів цикл одного перемішування триває до 20 хвилин, а для невеликих, об'ємом до 9 м³ – до 3 хвилин. Загалом час перемішування залежить від конструктивних рішень мішалки. Процес перемішування раціонально здійснювати два рази на добу, а також під час інтенсивного розбору утвореного біогазу.

Надлишкове повільне перемішування не погіршує процес ферментації.

3.3. Проектування біогазових установок

Головне завдання при проектуванні біогазових установок – це забезпечення мінімальної вартості трудомістких будівельно-монтажних робіт, транспортабельність, можливість використання відходів великих агропромислових комплексів без значних змін технологій видалення і утилізації сировини тощо.

Будь-яка установка, промислова чи побутова, буде лише тоді енергоефективною, якщо буде простою в експлуатації, мінімально споживати зовнішню електроенергію, теплоізольована тощо. Термічний опір огорожувальних конструкцій, самопливне транспортування субстрату – це є основи успіху біоенергетики. Спрощення конструктивних рішень біогазової установки необхідно передбачати на стадії розробки проектно-кошторисної документації. Також слід максимально уникати електрифікованих механізмів, використовувати альтернативні джерела енергії - вітрові і сонячні електростанції, тепло насосні установи тощо.

Розташування реакторів може бути підземним, надземним або комбінованим. У кожному випадку є визначальним рельєф місцевості, півень ґрунтових вод, кліматична характеристика району будівництва. Чим, наприклад, пересічніший район будівництва, тим кращі умови для експлуатації біогазової установки (зменшуються витрати на транспортування сировини, субстрату за рахунок різниці у геодезичних відміток початку і кінця лотків, колекторів тощо).

Матеріал, з якого виготовляють біогазові установки: бетон, метал, цегла, синтетика, залежить від об'єму і виду агресивної органічної маси – джерела

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

біогазу, можливостей регіону, наявності місцевої промисловості і необхідних матеріалів, безпосередньо прийнятих конструктивних рішень самої установки.

При експлуатації промислових біогазових установок варто уникати великих запасів газу газгольдерах. Найкраще, коли утворений біогаз споживається, в міру його надходження, для генерації електроенергії, потреб тепlopостачання, приготування кормів тощо.

При проектуванні промислових установок варто передбачати газгольдер, розрахований на створення добового запасу біопалива з метою регулювання нерівномірності газоспоживання.

Вимоги до конструктивних рішень біореактора:

- герметичність огорожень зовнішньої оболонки;
- якісна теплоізоляційна конструкція;
- конструктивна міцність в статичному стані під впливом власної ваги, сировини, субстрату тощо;
- наявність пасивного і активного захисту від електрохімічної корозії;
- забезпечення надійності завантаження/розвантаження біореактора;
- легкий доступ для обслуговування/очищення зовнішніх і внутрішніх поверхонь;
- заземлення металевих частин корпусу, трубопроводів тощо;
- блискавкозахист корпусу, скидних газопроводів тощо.

3.4. Отримання і використання біогазу в регіонах України

У містах і селищах міського типу щорічно накопичується близько 40 млн.м³ побутових відходів, з яких не менше 95 % офіційно складається на полігонах і звалищах. У цих сміттєзвалищах під впливом метаногенезних бактерій утворюється біогаз, який складається на 60-70 % з метану і, відповідно, 40-30 % - вуглекислого газу. На даний момент в Україні це джерело енергії і сировини практично не використовується. Відповідно, біогаз через нещільності/тріщини надходить в атмосферне повітря, що сприяє посиленню парникового ефекту. Одиниця маси метану у 21 раз підвищує парниковий ефект порівняно з одиницею маси вуглекислого газу.

Якщо прийняти, що на полігонах ТПВ буде складовано 50 % продуктів життєдіяльності міського населення УЦкраїни, то в атмосферу потрапить понад 340 млн. т метану. Ця кількість спів розмірна з ресурсами метану при видобутку вугілля. У донбаському регіоні протягом року в атмосферу гірничих виробок шахт з вугільних пластів та з видобутого вугілля виділяється до 5 млрд. м³ т.зв.шахтного метану – газової суміші з вмістом метану до 25 %. Порівняно з ним біогаз полігонів твердих побутових відходів є більш доступним для використання так, як:

- 1) концентрація метану в суміші складає до 60 % порівняно з 25 %;

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.										
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	з ТВМ-24			Аркуш

- 2) глибина залягання в середньому не перевищує 10-25 м проти 1000-2500 м;
 3) є можливість попереднього облаштування системи збору та відведення газу для наступної підготовки для використання.

Однак в умовах України використання світових технологій видобутку та утилізації біогазів звалищ ТПВ, які добре зарекомендували себе у Європі та Азії, практично неможливе через стан наших полігонів. Останні являють собою переважно змішані звалища з еликою кількістю будівельного сміття, промислових відходів (дуже часто екологічно небезпечних), що зменшує інтенсивність утворення таких біогазів, вміст метану в них, а також утруднює буріння газозбірних свердловин.

Наразі в Україні запропоновано концепцію будівництва великих біогазових установок (з об'ємом метантенків від 800 м³ та більше), яка входить до концепції розвитку біоенергетики в Україні.

Таблиця 3.6

Концепція розвитку біоенергетики в Україні

Тип обладнання	Ємність ринку, один.	Встановлена потужність		Період роботи, год./рік	Заміщення орган. палива, млн. т у.п./рік	Зниження викидів CO ₂ , млн. т/рік	Загальні капітальні вкладення, млн.\$US
		МВт _Σ	МВт _е				
Великі біогазові установки	2903*	711	325	8000	1,33	22,36	290
МініТЕЦ на біогазі звалищ ТПВ	0	20	80	8000	0,24	3,26	80

Примітки. *Включаючи 2478 установок на фермах ВРХ, 295 – на свинофермах і 130 – на птахофабриках.

За даними Біоенергетичної асоціації України, економічно доцільний біоенергетичний потенціал складає близько 20 млн. т н.е., а у 2050 р. він може скласти 42 млн. т н.е. (табл. 3.7), що стане можливим за рахунок збільшення використання кукурудзи для виробництва біогазу, вирощування енергетичних культур та використання біогазу. Наявний в Україні енергетичний потенціал відходів лісництва та сільського господарства практично не використовується – для уможливлення використання необхідно розвивати логістичні мережі зі збору, доставки та збереження біомаси, оскільки транспортування деревини малою насипною масою на великі відстані є збитковим. Для уможливлення використання біомаси в мережі ЖКГ крім вирішення низки технічних питань потрібні довгострокові контракти на поставки деревини. Когенераційні технології дозволяють одночасно отримувати теплову та електричну енергію. Відновлюваною «сировиною» для таких технологій може бути біогаз, метан-вугільних родовищ тощо. На українському ринку представлені нові когенераційні

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

установки провідних світових виробників, а також ті, що були у використанні (б/в). Основні технічні характеристики когенераційних технологій, використаних для моделювання довгострокових сценаріїв розвитку енергосектору, наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.7

Біоенергетичний потенціал України

Вид біомаси	2015			2050
	теоретичний потенціал, млн. т	частка, доступна для енергетики, %	економічний потенціал, млн. т у.п	економічний потенціал, млн. т у.п
Агропотенціал:				
Солома зернових культур	35,14	30	5,22	7,83
Солома ріпаку	3,10	40	0,62	0,93
Відходи виробництва:				
- кукурудзи на зерно	30,3	40	3,31	4,97
- соняшника	21,2	40	1,74	1,74
Вторинні відходи с/г	1,9	41	0,39	0,39
Усього	91,64		11,28	15,86
Деревина:				
Деревна біомаса:				
- дрова, відходи рубки, тріска	8,8	41	1,47	2,97
- сухостій, рубка лісосмуг	11,0	58	2,57	1,47
Усього	14,80		3,45	4,44
Біопаливо:				
Біодизель			0,27	0,27
Біоетанол			0,77	0,77
Усього			1,04	1,04
Біогаз:	млрд.м ³ CH ₄			
Біогаз із відходів АПК	1,6	50	0,97	3,40
Біогаз полігонів ТПВ	0,6	34	0,26	0,85
Біогаз стічних вод	1,0	23	0,27	0,56
Усього	3,2		1,50	4,81
Енергетичні культури:				
Тополя, акація, верба тощо	11,5	90	6,28	18,84
Кукурудза (біогаз)	3,3 млрд.м ³	90	3,68	14,72
Усього			9,96	33,56
Торф			0,4	0,4
Разом, млн. т у.п.			27,63	60,10
Разом, млн. т н.е.			19,34	42,07

Таблиця 3.8

Основні вартісні характеристики когенераційних технологій на біомасі

Показники	Характеристика КГУ
-----------	--------------------

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
------	------	------	-------	-------	------

	нова	б/в
Капітальні витрати, євро/кВт	532	250
Операційні витрати, євро/кВт	20	20
ККД, %	87,2	87,2

При технології сумісного спалювання біомаси з вугіллям інвестиції складають \$50-\$250/кВт, вартість електроенергії – \$20/МВт-год. (якщо наявна своя сировина, а транспортні витрати мінімальні). Вартість сировини (біомаси) становить \$3-3,5/ГДж, тож вартість електроенергії може перевищити \$30-50/МВт-год. Станції винятково на біомасі більш дорогі та вимагають інвестицій у розмірі \$1500-3000/кВт. Відповідно, вартість електроенергії може становити \$40-90/МВт-год.

Для моделювання довгострокового розвитку енергосектору зроблено припущення, що до 2050 р. частка гарячого водозабезпечення за рахунок бойлерів на біомасі відповідатиме частці населення, яке використовує котли на біомасі для опалення. Приготування їжі з використанням біомаси як палива, очікувано, не спостерігатиметься в майбутньому. За інформацією Біоенергетичної Асоціації України, на сьогодні виробництво теплової енергії з біомаси є вигідним за поточних цін на природний газ і залишиться таким у майбутньому.

Наразі термін окупності установок з виробництва електроенергії на біомасі за наявності «зеленого» тарифу складає 8 років, а ТЕЦ на біомасі має термін окупності 4,5 роки, що є цікавим для бізнесу.

Основні технічні характеристики ТЕС, ТЕЦ та котелень на біомасі та біогазових технологій, використані для моделювання довгострокових сценаріїв розвитку енергосектору, отримані на основі даних Біоенергетичної асоціації України і наведені в табл. 3.9-1.11. Окрім того враховано, що в Україні зниження капітальних витрат може відбутися за рахунок власного виробництва обладнання.

Таблиця 3.9

Основні вартісні характеристики ТЕС на біомасі

Показники	Рік			
	2015	2020	2035	2050
Біомаса з деревини				
Капітальні витрати, євро/кВт	2800	2800	2500	2000
Операційні витрати, євро/кВт	50			
ККД, %	24	24	28	31
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	30			
Біомаса з відходів агропромислового комплексу				
Капітальні витрати, євро/кВт	3500	2900	2600	2100
Операційні витрати, євро/кВт	30			
ККД, %	23	23	25	29
КВВП, %	50			

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

Термін експлуатації, років	30			
Біогаз				
Капітальні витрати, євро/кВт	4500	4500	4100	3800
Операційні витрати, євро/кВт	30			
ККД, %	42	42	43	44
КВВП, %	90			
Термін експлуатації, років	30			

Таблиця 3.10

Основні вартісні характеристики ТЕЦ на біомасі

Показники	Рік			
	2015	2020	2035	2050
Біомаса з деревини				
Капітальні витрати, євро/кВт	3500	3400	3100	2800
Операційні витрати, євро/кВт	50			
ККД, %	20	20	20	21
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			
Біомаса з відходів агропромислового комплексу				
Капітальні витрати, євро/кВт	3500	3400	2900	2800
Операційні витрати, євро/кВт	30			
ККД, %	19	19	19	20
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			
Побутові відходи				
Капітальні витрати, євро/кВт	5500	5400	5000	4500
Операційні витрати, євро/кВт	55			
ККД, %	25	25	25	26
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			
Енергетичні культури				
Капітальні витрати, євро/кВт	3500	3400	3100	3000
Операційні витрати, євро/кВт	50			
ККД, %	20	20	20	21
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			

Таблиця 3.11

Основні вартісні характеристики котелень на біомасі

Показники	Рік			
	2015	2020	2035	2050
Біомаса з деревини				
Капітальні витрати, євро/кВт	150	145	138	136
Операційні витрати, євро/кВт	7			
ККД, %	64	64	64	65

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № орг.

Аркуш

з ТВМ-24

Змін Кіл. Арк. № док Підп. Дата

КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			
Біомаса з відходів агропромислового комплексу				
Капітальні витрати, євро/кВт	400	350	280	250
Операційні витрати, євро/кВт	7			
ККД, %	32	62	63	64
КВВП, %	50			
Термін експлуатації, років	35			

Війна внесла свої корективи у розвиток паливно-енергетичного комплексу України, у т.ч. альтернативної енергетики.

Для моделювання сценаріїв довгострокового розвитку енергетики України на період до 2050 р. було зроблено припущення, що на кожен 1 кВт потужності сонячних електростанцій необхідно резервувати 0,74, а для вітрової – 0,42 кВт акумулюючих потужностей. Очевидно, що потреба у впровадженні акумулюючих технологій не обмежується балансуванням лише ВДЕ, акумулятори також можуть застосовуватися для забезпечення надійності та безпеки енергосистеми навіть за поточної, досить низької частки ВДЕ в енергобалансі. Однак стрімке зростання саме ВЕС та СЕС становитиме найбільші виклики для енергосистеми, тому балансування вітрової та сонячної енергетики розглядається в цій роботі як першочергова задача.

Таблиця 3.12

Встановлена потужність альтернативних джерел енергії

Альтернативні джерела енергії	Генерація	Потужність, ГВт	
		1.01.2022 р.	2050 р.
1. Сонячні електростанції	електроенергія	6	94
2. Вітрові електростанції	електроенергія	2	140
3. Біогазові установки	біогаз	6	18
4. Гідро- та гідроакумулюючі електростанції	електроенергія	6	9
5. Атомні електростанції nuclear power plants	електроенергія	14	30
	Разом	34	291

Примітка. Встановлена потужність накопичувачів енергії (energy storage) у 2050 р. – до 38 ГВт.

Втрата Запорізької АЕС – найбільшої у Європі – та відключення її від ОЕС держави, окупація понад 60% українських вугільних та 20% газових родовищ, а також перманентний газовий і нафтовий шантаж російською федерацією усю Європу та світ, чітко свідчать про те, що прийшов час відмовитись від викопного палива, яке робить країни вразливими і взаємозалежними, та перейти до масштабного розвитку відновлюваних джерел енергії. Ця війна продемонструвала усьому світу, якою є ціна традиційної енергетики, яка базується на централізованих джерелах. Саме тому післявоєнна відбудова країни повинна базуватись на основі децентралізованих ВДЕ. Україна потребує цього не лише через необхідність гарантування власної енергетичної безпеки, але й через необхідність оновлення

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

РОЗДІЛ 4.

Біогазова установка

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №							з ТВМ-24	Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата		

4.1. Біометанова галузь України

Становлення біометанової галузі в Україні розпочалось у 2021 р., коли ціна на природний газ у Європі доходила до 2100 EUR/1000 м³, а собівартість виробництва біометану становила (в залежності від виду сировини) – від 600 до 900 EUR/1000 м³ [41]. І тому на перших етапах її розвитку найбільш ймовірним сценарієм є експорт переважної більшості виробленого біометану в країни ЄС (ціна реалізації такого палива складає від 1200 до 1500 EUR/1000 м³). В Україні наразі (з економічної точки зору) для використання на внутрішньому ринку виробництво нерентабельне – на Українській енергетичній біржі середньозважена ціна природного газу місячного ресурсу на листопад 2025 р. становить 20551,67 грн. або 419,64 EUR за 1000 м³.

У 2025 р. в країні повинно запрацювати 7 біометанових заводів, а інвестори розпочали будівництво ще як мінімум 10, кожний з яких може виробляти 5 млн. м³ газу на рік. Наразі в державі нараховується близько 80 біогазових потужностей, 20 з яких рентабельно модернізувати до біометанових (з очищенням від домішок – вуглекислого газу, сірководню, азоту та інш.) [41]. Фізико-хімічні властивості такого газу, отриманого на одному із підприємств у Хмельницькій області, згідно з протоколом якості від ТОВ «Оператор ГТС України» за результатами хроматографічного аналізу, а також розраховані у відповідності з вимогами чинних в Україні нормативно-технічних документів наведено у табл.4.1. Для порівняння там же вказано характеристику мережного природного газу, який надходить у м. Київ, згідно з сертифікатом відповідності.

Таблиця 4.1

Показники якості горючих газів

Показник	Значення		
	біометан	природний газ	вимоги Кодексу ГТС
1. Вміст компоненту, %:			
- метан	98,1251	89,5161	≥90,00
- етан	-	5,0357	≤7,00
- пропан	-	1,2027	≤3,00
- бутан	-	0,3518	≤2,00
- пентан	-	0,6099	≤1,00
- гексан та інші	-	0,0571	
- кисень	0,0340	0,0073	≤0,02
- азот	1,0595	1,6745	≤5,00
- діоксид вуглецю	0,6814	2,0498	≤2,00
2. Густина (20/25 °С; 0,101 МПа), кг/м ³	0,6821	0,7545	0,555-0,7*
3. Теплота згоряння, МДж/м ³ :			
- вища	36,3990	38,26	36,20-38,30
- нижча	32,8013	34,58	32,66-34,54
4. Число Воббе, МДж/м ³ :			
- вище	43,5865	48,35	44,9-53,7
- нижче	48,3671	-	**

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

5. Вміст домішок, г/м ³ :			
- сірководень	< 0,006	< 0,006	< 0,006
- меркаптанові сірка	< 0,02	< 0,02	< 0,02
- механічні	<0,0005	відсутні	відсутні

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

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

4.2. Проектні рішення щодо використання біогазової установки

Проект приєднання біогазової установки до існуючих газорозподільних мереж сільського населеного пункту виконаний на основі:

- завдання на проектування об'єкту;
- топографічної зйомки;
- паспортів на застосоване обладнання.

Основні проектні рішення

Даним робочим проектом передбачено:

- підключення до газопроводу середнього тиску після ШГРП та встановлення комерційного ВОГ;
- встановлення секціонуючого ВОГ;
- прокладання ПЕ газопроводу середнього тиску ПЕ100 SDR11 Ø110x 10мм та ПЕ100 SDR11 Ø75x6,8мм від ВОГів до точки приєднання.

Положення газопроводу прийнято із умов виконання вимог ДБН Б.2.2-12:2018.

Таблиця 4.2

Основні проектні рішення

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Кількість
1	Довжина газопроводів, в т.ч. : - сталевого надземного середнього тиску тиску Ø89x4.0 - сталевого надземного середнього тиску тиску Ø57x3,5 - сталевого надземного середнього тиску тиску Ø108x4,0 - підземного середнього тиску Ø110x10 (ПЕ 100 SDR 11 по ДСТУ Б.В.2.7-73-98); - підземного середнього тиску Ø75x6,8 (ПЕ 100 SDR 11 по ДСТУ Б.В.2.7-73-98)	м м м м м	1,5 1,5 1,0 20 20
2	Комерційний ВОГ-Ш-Ф-1ЛБ-80 FLOWSIC500/ FMG FMR G250 DN80 з лічильниками газу FLOWSIC500 G250 DN80 (1:160) та FMG FMR G250 DN80 (1:160), Q _{max} =400м ³ //год.; Q _{min} =2,5м ³ /год.	шт.	1
3	Технологічний (секціонуючий) ВОГ-Ш-Ф-1ЛБ-50-ЕК50	шт.	1

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВм-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
------	------	------	-------	-------	------

$$q_{\max \text{ r.o.}} = 423 * 313,15 * 0,101325 * 0,99920 / (0,181 * 293,15) = 252,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$q_{\min \text{ r.o.}} = 169 * 248,15 * 0,101325 * 0,988858 / (0,401 * 293,15) = 35,75 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Згідно розрахунку приймаємо:

- лічильник газу FLOWSIC500 G250 DN80 (діап. 1:160):

$$q_{\max \text{ г.л.}} = 400 \text{ м}^3/\text{год.} \geq 252,8;$$

$$q_{\min \text{ г.л.}} = 2,5 \text{ м}^3/\text{год.} < 35,75$$

Межа відносної похибки лічильника не перевищує в діапазоні: $Q_{\min} < Q < 0,1 Q_{\max} \pm 2\%$; в діапазоні: $0,1 Q_{\max} < Q < Q_{\max} \pm 1\%$.

- лічильник газу FMG FMR G250 DN80 (діап. 1:160):

$$q_{\max \text{ г.л.}} = 400 \text{ м}^3/\text{год.} \geq 252,8;$$

$$q_{\min \text{ г.л.}} = 2,5 \text{ м}^3/\text{год.} < 35,75$$

Межа відносної похибки лічильника не перевищує

$$\pm 2,0\% \text{ при } Q_{\min} \leq Q < 0,05 Q_{\max}$$

$$\pm 1,0\% \text{ при } 0,05 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Приймаємо комерційний вузол обліку ВОГ-Ш-Ф-1ЛБ-80 з лічильниками газу FLOWSIC500 G250 DN80 (1:160) та FMG FMR G250 DN80 (1:160), $Q_{\max} = 400 \text{ м}^3/\text{год.}$; $Q_{\min} = 2,5 \text{ м}^3/\text{год.}$

Проектом передбачається встановлення технологічного (секціонуючого) ВОГ. Розрахунок об'ємної витрати газу за робочих умов проводиться за аналогічною формулою, яка наведена вище і вказана розділом X п.2.4 Кодексу газорозподільних систем:

$$q_{\max \text{ r.o.}} (\min \text{ r.o.}) = q_{\max \text{ r.o.c.}} (\min \text{ r.o.c.}) * t_{\max} (\min) * 0,10132 * Z / P_{\min} (\max) * 293,15, \quad (4.2)$$

де $q_{\max \text{ r.o.c.}} (\min \text{ r.o.c.})$ – максимальна можлива об'ємна витрата газу всього газоспоживчого обладнання за стандартних умовах, що визначається згідно з технічною документацією на газоспоживаюче обладнання, $\text{м}^3/\text{год.}$; $t_{\max} (\min) = 273,15 + t$ – абсолютна максимальна (мінімальна) температура газу, К; $P_{\min} (\max)$ – мінімальний (максимальний) абсолютний тиск газу, МПа; Z – коефіцієнт стислості газу при відповідних P та t .

Газоспоживаюче обладнання, що запроєктовано до встановлення, вказано у табл.4.4..

Таблиця 4.4

Газове обладнання

Вид газового обладнання	Кількість	Витрата газу, $\text{м}^3/\text{год.}$		
		макс.	мінім.	розрахункова
Загальна витрата газу, що споживає населення у теплий період року	1	108	1,5	108

Сумарне максимальне газоспоживання становить $108,0 \text{ м}^3/\text{год.}$

Мінімальна витрата газу становить $1,5 \text{ м}^3/\text{год.}$

$t_{\min} = -25 \text{ }^\circ\text{C} = 248,15 \text{ K}$ (зима), $P_{\text{бар}} = 0,101325 \text{ МПа}$,

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

РОЗДІЛ 5.

Заходи з охорони праці

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №						з ТВМ-24	Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата	

Роботи з будівництва газопроводів, газорегуляторних пунктів та інших об'єктів систем газопостачання населених пунктів повинні виконуватись у відповідності із затвердженим проектом газифікації населеного пункту, а також за наявності організації, на яку покладено технічний нагляд і приймання робіт, а в подальшому – і експлуатацію газового господарства цього населеного пункту (у даному випадку – це представники Черкаської філії ТОВ «Газорозподільні системи України», надалі за текстом – спеціалізоване підприємство газового господарства (СПГГ)).

Технічний нагляд за будівництвом розподільних газопроводів всіх тисків, відводів і вводів, незалежно від відомчої належності замовника, повинен здійснюватись замовником і спеціалістами СПГГ.

5.1. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ПО НЕБЕЗПЕЧНИМ ШКІДЛИВИМ ФАКТОРАМ

Під час будівництва будь-якого об'єкта є ризик травмування людей. Перелік небезпечних та шкідливих факторів, що виникають в процесі виконання будівельно-монтажних робіт для розміщення когенераційної установки наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1

Небезпечні та шкідливі фактори, яка можуть мати місце в процесі виконання будівельно-монтажних робіт з газифікації населеного пункту

№ п/п	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	Обвалювання ґрунту	Земляні роботи	Ґрунт суглинок. Глибина траншеї h = 1,0 м. Рівень ґрунтових вод - 3м.	ДБН А.3.2-2-2009 п.10.1.1, 10.1.12, 10.2.4, 7.2.9, 9.10
2	Падіння людей	Монтажні	H = 3,5м	ДБН А.3.2-2-2009 р. 14
3	Падіння матеріалів	Монтажні	H = 3,5м	ДБН А.3.2-2-2009 р. 14
4	Метрологічні умови	Організація буд. майданчика Земляні Монтажні Зварювальні Ізоляційні Експ. буд. машин Транспорт Випробування	На відкритих місцях при $V_{\text{вітру}} < 10-12 \text{ м/с.}$ $t_{\text{звар}} = 3000 \text{ }^\circ\text{C}$ Темп.-ра повітря 18-27 $^\circ\text{C.}$ Відносна вологість 65% при 26 $^\circ\text{C.}$ Швидкість руху повітря 0,2 - 0,4 м/сек.	ДБН А.3.2-2-2009 п.6.1.9, 6.2.1, 7.1.14, 8.3.3, 9.3.9, 10.4.1, 14.3.2, 20.1.8, 9.3.9, 15.2.5, 16.3.2 ДСН 3.3.6.042-99

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

5	Електричний струм	Освітлення Електрозварювання Екс. буд. машин	U = 220В U = 6000/380 В U = 220/380 В	ДБН А.3.2-2-2009 п.19.1.1-19.4.10, 10.4.3- 10.4.5,10.1.10, 7.1.1, 8.2.2
6	Підйомне обладнання та підйомні машини	Автокран гідравлічний КС-1563 Трубоукладчик ТЛ-4	Небезпечна зона роботи - крану R _{о.з} =5,5м - трубоукладача R _{н.з.} = 6,5 м	НПАОП 0.00-1.01-07 п.3.1,4.1.1,4.2, 4.12, 4.23,7.4
7	Шкідливі речовини	ГДК пари бітуму ГДК СО ₂ ГДК СН ₄	300 мг/м ³ 20 мг/м ³ 300 мг/м ³	ДБН А.3.2-2-2009 п. 9.1.2, 9.2.9,9.3.1, 9.3.11, 15.2.6, 16.2.3, 16.3.7 ДСТУ-Н Б А. 3.2-1:2007
8	Недостатнє освітлення	Організація буд. майданчика Земляні Монтажні Зварювальні Ізоляційні Експ. буд. машин Випробування	2 лк 10лк 30-50 лк 50 лк 50 лк 50 лк	ДБН В.2.5-28-2018
9	Виробничий шум	Всі види робіт	<80 Дб	ДСН 3.3.6.037-99
10	Виробнича вібрація	Експлуатація когенераційних установок	V = 0,2 м/с	ДСН 3.3.6.039-99 ДСТУ ГОСТ 12.1.012-2006
11	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	Категорія захисту від блискавки – III	ДСТУ Б В.2.5-38:2008 ДСТУ EN 62305: 2012, розд. 1-4
12	Пожежна безпека	Захист від пожежі	Ступінь вогнестійкості - II. Категорія з пожежонебезпеки - Г	ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2021 НАПБ Б.03.002-2007

При виконанні будівельно-монтажних робіт необхідно дотримуватись загальних правил з охорони праці, зокрема:

- до роботи слід допускати осіб, які пройшли інструктаж з охорони праці та навчені безпечній праці;
- всі монтажні і захватні пристрої повинні піддавати періодичним

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Аркуш

зТВМ-24

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

механіка, енергетика і т.п.);

- при виконанні конкретних робіт і на робочих місцях (майстер).

Обов'язки щодо забезпечення безпечних умов праці покладаються на роботодавця.

Роботодавець повинен забезпечити застосування сертифікованих засобів індивідуального та колективного захисту працівників.

5.2.2. Вимоги безпеки під час проведення робіт підвищеної небезпеки

До робіт підвищеної небезпеки згідно з НПАОП 0.00-2.01-05 (НПАОП 0.00-8.24-05) «Перелік робіт з підвищеною небезпекою», відносяться роботи, при виконанні яких в місцях виконання робіт діють або можуть виникнути, незалежно від виконуваної роботи, небезпечні виробничі фактори.

На даному об'єкті передбачено такі види робіт, що відносяться до робіт підвищеної небезпеки:

- електрозварювальні, газополум'яні, наплавочні і паяльні роботи, контроль за зварювальними з'єднаннями;
- роботи з надзвичайно займистими, легкозаймистими, займистими та вибухонебезпечними речовинами;
- виконання газонебезпечних робіт;
- роботи, пов'язані з будівництвом, обслуговуванням і ремонтом газопроводів, газорозподільних пунктів, які використовують природні, нафтові, штучні, змішані і скраплені вуглеводневі гази;
- роботи по монтажу та зварюванню підземних та зовнішніх газопроводів, газифікації об'єктів, а також з нанесення протикорозійного ізоляційного покриття;
- підключення до діючого газопроводу новозмونتованих газопроводів;
- вантажно-розвантажувальні роботи за допомогою машин і механізмів.

Проведення робіт підвищеної небезпеки дозволяється тільки після оформлення наряду-допуску.

При виконанні зазначених робіт, крім звичайних заходів безпеки, необхідне виконання додаткових заходів, що розробляються окремо для кожної конкретної виробничої операції.

Роботи підвищеної небезпеки слід виконувати тільки при наявності наряду-допуску і після проведення цільового інструктажу безпосередньо на робочому місці з розписом працівників в наряді-допуску.

Відповідальними за організацію та проведення робіт підвищеної небезпеки є:

- особа, що видають наряд-допуск;
- відповідальні керівники робіт;

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № орг.					
	Змін				
	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата
зТВМ-24					Аркуш

- відповідальні виконавці робіт.

Право видачі нарядів-допусків надається фахівцям, уповноваженим на це наказом керівника організації.

Відповідальними керівниками робіт повинні призначатися фахівці організації, що пройшли перевірку знань правил і норм з охорони праці. Відповідальний керівник робіт несе відповідальність за повноту і точне виконання заходів безпеки, зазначених в наряді-допуску, кваліфікацію відповідального виконавця робіт і членів бригади (ланки), включених в наряд-допуск, а так само за допуск виконавців на місце проведення робіт.

Відповідальними виконавцями робіт можуть призначатися виконроби, майстри, бригадири (ланкові), які пройшли навчання і перевірку знань правил охорони праці, правил пожежної безпеки.

Відповідальний за проведення робіт зобов'язаний призупинити роботи, анулювати (скасувати) наряд-допуск, вивести людей з місця проведення робіт і сповістити про те, що сталося особа, яка видала наряд-допуск у випадках:

- виникнення загрози життю і здоров'ю, у разі нещасного випадку, пов'язаному з виконанням планових робіт, виконуваних за нарядом-допуском, а також у разі аварійної ситуації;

- при виявленні порушень умов, передбачених нарядом-допуском, здатних привести до травмування працюючих або до аварійної ситуації;

- заборона проведення робіт контролюючими та наглядовими органами.

Роботи можуть бути відновлені тільки після виявлення і усунення причин їх появи і видачі нового наряду-допуску.

Під час виконання робіт необхідно виключити допуск сторонніх осіб на будівельний майданчик. Під час проведення робіт всі працівники, що знаходяться в цій зоні, повинні бути забезпечені касками.

5.2.3 Безпека при проведенні газорізальних робіт

В процесі роботи газорізальник зобов'язаний дотримуватися таких вимог безпеки:

- шланги повинні бути захищені від зіткнень з струмоведучими проводами, сталевими канатами, нагрітими предметами, олійними та жирними матеріалами, перегинати і переламувати шланги не допускається;

- перед запалюванням пальника слід перевірити правильність перекриття вентиля (при запаленні спочатку відкривають кисневий вентиль, після чого – пропановий, а при гасінні – навпаки);

- під час перерв в роботі пальник повинен бути погашений і вентилі на ньому перекриті, переміщатися з запаленим пальником поза робочим місцем не допускається;

- щоб уникнути сильного нагріву пальник, попередньо загасивши, слід

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						з ТВМ-24
Інв. № орг.						
	Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	

періодично охолоджувати в відрі з чистою водою;

- щоб уникнути отруєння окисом вуглецю, а також вибухонебезпечною газоповітряною сумішшю забороняється підігрівати метал пальником з використанням тільки пропану без кисню;

- конструкції і вироби, що розрізаються, повинні бути очищені від фарби, масла, окалини і бруду з метою запобігання розбризкування металу і забруднення повітря випарами газу;

- при різанні повинні бути вжиті заходи проти обвалення елементів конструкцій, що розрізаються;

- при зворотному ударі (шипінні пальника) слід негайно перекрити спочатку пропановий, а потім кисневий вентиля, після чого охолодити пальник в чистій воді;

- розводити вогонь, палити і запалювати сірники в межах 10 м від кисневих і пропанових балонів не допускається.

При використанні газових балонів газорізальник зобов'язаний виконати наступні вимоги безпеки:

- зберігання, перевезення і видача газових балонів повинні здійснюватися особами, які пройшли навчання поводженню з ними;

- переміщення балонів з газом слід здійснювати тільки в запобіжних ковпаках на спеціальних візках, контейнерах або інших пристроях, що забезпечують стійкість положення балонів;

- зберігати газові балони в сухих і провітрюваних приміщеннях, що виключають доступ сторонніх осіб;

- здійснювати відбір кисню з балонів до мінімально допустимого залишкового тиску 0,05 МПа;

- здійснювати відбір ацетилену (в залежності від температури зовнішнього повітря) до залишкового тиску 0,05-0,3 МПа;

- застосовувати кисневі балони, пофарбовані в блакитний колір, а ацетиленові – в білий.

5.2.4. Електрозварювальні (гадозварювальні) роботи

Місця виконання електрозварювальних (гадозварювальних) робіт повинні бути звільнені від займистих матеріалів в радіусі не менше 5 м, а від вибухонебезпечних матеріалів і пристроїв (в т.ч. газові балони, газогенератори) – 10 м.

Електрозварювальне обладнання, зварювальні вироби і конструкції на весь час зварювання повинні бути заземлені.

Не допускається виконання зварювальних робіт під час дощу (снігопаду) без відповідного накриття. При виконанні зварювальних робіт на висоті 1,3 м і більше робочі місця повинні бути огорожені.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.							Аркуш
			зТВМ-24						
Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата				

5.2.5. Заходи з протипожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику, ділянках робіт і робочих місцях має здійснюватися у відповідності з вимогами «Правил пожежної безпеки», а також стандартами, будівельними нормами, правилами влаштування електроустановок (ПВЕ) та іншими нормативними актами.

Відповідальність за пожежну безпеку об'єкту, що будується, несе керівник будівельної організації чи його заступник. Протипожежні заходи слід виконувати згідно вимог нормативних документів з протипожежної безпеки.

Зовнішнє пожежогасіння передбачається від існуючого пожежного гідранту.

Будівництво має бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння.

Після закінчення вогневих робіт виконавець повинен ретельно оглянути місце проведення робіт.

Забороняється розводити багаття на території будівництва, куріння дозволяється суто в спеціально облаштованих місцях.

У разі виявлення пожежі необхідно терміново сповістити телефоном пожежну охорону і здійснити заходи з евакуації людей, гасіння пожежі, збереження майна.

5.2.6. Антикоровий захист

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання», ДСТУ Б В.2.5-29:2006 «Загальні вимоги до захисту від корозії» проектом передбачається захист газопроводу від корозії, який здійснюється шляхом застосування захисного покриття труби.

Надземні частини газопроводу покриваються двома шарами водостійкої емалі ПФ - 115 по двох шарах ґрунтовки ГФ-021 на розчиннику Р-4. Колір фарби – жовтий, з нанесенням напрямку потоку газу на газопроводах фарбою червоного кольору.

Активний захист сталеві ділянки проектного газопроводу буде здійснюватись за рахунок катодної станції, встановленої на існуючому газопроводі високого тиску Ду=200мм.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № орг.								з ТВМ-24	Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата			

РОЗДІЛ 6.

Автоматизація технологічних процесів

**6.1. Комплекс вимірювальний ФЛОУТЕК ТМ-2-3-4 та
ФЛОУТЕК ТМ-2-4-4**

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

Комплекси є засобами вимірювальної техніки і призначені для:

- вимірювань температури, тиску, об'ємної витрати і об'єму (далі -параметри) газу, в т.ч. горючих природних газів;
- обчислень об'ємної витрати і об'єму газу, що пройшли через вимірювальний трубопровід (далі - трубопровід або ВТП) за заданий період часу, з приведенням витрати і обсягу газу до стандартних (нормальних) умов;
- обліку обсягу газу відповідно до «Правил обліку газу».

Комплекс призначений для тривалого безперервного режиму роботи.

Комплекс відповідає Постанові КМУ №163 «Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки» від 24.02.2016 р. зі змінами (далі за текстом - Технічний регламент) і відносяться до виробів:

- а) за стійкості до вологості та води – такі, що не підлягають для використання в умовах конденсації води, опадів або льодових утворень;
- б) за стійкістю до механічних впливів - зовнішні механічні умови клас М2;
- в) за стійкості до електромагнітних впливів - клас Е2;
- г) вибухонебезпечного виконання - відповідно до вимог стандартів EN 50015-50020, EN50039;
- д) кліматичного виконання - застосування при температурі навколишнього середовища від -40 до +60 °С і відносної вологості до 95 %;
- є) за наявністю інформаційного зв'язку – до виробів, призначених для інформаційного зв'язку з іншими виробами;
- ж) за способом обробки вимірювальної інформації – до виробів, що належать до групи інтелектуальних мікропроцесорних приладів.

Комплекс має маркування вибухозахисту II2GExibIIВТ3Gb і може встановлюватися у вибухонебезпечних зонах.

Комплекс може застосовуватися для обліку, в т.ч. комерційного обліку, газу на промислових об'єктах, у тому числі на об'єктах газової, нафтогазовидобувної, нафтопереробної і нафтохімічної промисловості, на об'єктах комунального господарства, а також у складі автоматизованих систем комерційного обліку.

До складу комплексів Флоутек ТМ-2-3-4 та ТМ-2-4-4 входять:

- обчислювач ПК-В, варіант 2;
- перетворювач температури вимірювальний ПТ-1Д, іскробезпечний бар'єр БІ-7, (БІ-7 та БІ-4 для ТМ-2-4-4);
- джерело живлення ДЖІ 12/3 з акумулятором 12 В;
- перетворювач інтерфейсів ініціативний з вбудованим GPRS модемом.

Обчислювач ПК-В, варіант 2 призначений для автоматичного перетворення кількості газу, вимірюваної приєднаним лічильником за робочих умов вимірювання, у кількість газу за стандартних умов. Один з каналів обчислювача може використовуватись для підключення лічильника газу, що знаходиться в

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

зТВМ-24

Аркуш

контрактного часу;

- автоматичне формування і передача погодинного звіту на сервер після контрактного часу;
- формування та передача добового звіту на сервер після контрактного часу за запитом;
- формування та передача погодинних даних на сервер за запитом;
- трансляція запитів до обчислювача (дозволяє мати доступ до обчислювача, використовуючи звичайний модемний зв'язок).

Сервер може бути інстальований як на сервері підприємства, так і на будь-якому вашому хості, який ви використовуєте.

6.3. Електропостачання комплексу ФЛОУТЕК-ТМ

В якості джерела живлення використовується розподільний щит РЩ-0,4 кВ існуючої комплектної трансформаторної підстанції, яка розташована на території комплексу біогазового підприємства.

Напруга живильної мережі ~220В. Загальні дані навантажень: $P_{вст.} = 0,32$ кВт; $P_{роз.} = 0,32$ кВт; $I_{роз.} = 1,6$ А.

За ступенем надійності електропостачання, електроприймачі майданчика ВОГ відносяться до III категорії. Основне обладнання майданчику ВОГ: шафа протиаварійного захисту (ШПАЗ), три шафи комплексу ФЛОУТЕК-ТМ.

В якості ввідно-розподільної шафи виступає шафа ШПАЗ, яка встановлюється на опорі на території майданчику ВОГ у вибухобезпечній зоні.

Електропостачання здійснюється від шафи РЩ-0,4кВ до шафи ШПАЗ кабельною лінією. Для захисту проектованої кабельної лінії в існуючій шафі РЩ-0,4кВ передбачено автоматичний вимикач з номінальним струмом 6 А.

До прокладання прийнято броньований трижильний кабель з мідними токопровідними жилами ВБШв 3x1,5 - 0,66 кВ. Кабель прокладається в траншеї на глибині 0,7м від планувальної відмітки землі.

Живлення шаф ФЛОУТЕК-ТМ здійснюється від шафи ШПАЗ. Кабель прокладається в гофрованій трубі, стійкої до УФ випромінювання.

Перетин кабельних ліній обрано по навантаженню, перевірено по припустимій втраті напруги.

Проектом передбачається можливість дистанційного аварійного закриття газопроводу. Для аварійного припинення подачі газу на газопроводі, перед вузлом обліку газу встановлюється електромагнітний клапан, нормально-відкритий типу M16/RM N.A DN65 PN6 (виробництва Madas). Встановлення клапану див. розд. ГПВ.

Живлення та управління клапаном відбувається від шафи ШПАЗ, для цього в шафі встановлюється GSM- реле з налаштованою SIM-картою оператора

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

мобільного зв'язку. В разі виникнення аварійної ситуації диспетчер робить дзвінок або відсилає SMS на мобільний номер GSM реле, яке дає сигнал на закриття клапану.

Відкриття клапану здійснюється обслуговуючим персоналом в ручному режимі.

Технічні засоби для обліку витрати газу розміщуються в шафах комплексу ФЛОУТЕК-ТМ та в вузлі обліку газу. Шафи комплексу ФЛОУТЕК-ТМ розміщуються на опорах у вибухобезпечній зоні. З'єднання з лічильником газу та перетворювачами тиску і температури, які розташовані у вибухонебезпечній зоні відбувається через іскробезпечний бар'єр. Кабелі зв'язку прокладаються в гофрованих трубах в землі та відкрито по конструкціях.

Проектом передбачається організація технічного обліку електроенергії, яка використовується для живлення трьох шаф комплексу ФЛОУТЕК-ТМ вузлу обліку газу.

Для обліку спожитої електроенергії обрано прямоточний, однофазний лічильник активної енергії НІК 2102-02, з номінальним струмом 5(60)А, який встановлюється в окремій шафі обліку електроенергії (ШО). Живлення шафи обліку відбувається від ШПАЗ, через окремий автоматичний вимикач. В шафі обліку встановлюються три автоматичних вимикачі, які забезпечують живлення шаф комплексу ФЛОУТЕК-ТМ. Шафа обліку встановлюється в вибухобезпечній зоні та має приладдя до опломбування.

Система заземлення прийнята типу TN-S. Для захисту від поразки електричним струмом проектом передбачено повторне заземлення РЕ-провідника кабелю живлення в шафі ШПАЗ, та й заземлення всіх металевих струмонепровідних частин електроустановки, що можуть виявитися під напругою, шляхом прямого приєднання їх до контуру заземлення або за допомогою спеціального провідника кабелю живлення.

Опір повторного заземлювача не повинен перевищувати 30 Ом. У разі перевищення даного значення необхідно передбачити додаткові електроди в заземлювачі електроустановки.

Заземлювач електроустановки слід з'єднати з заземлювачем системи блискавкозахисту.

Загальний опір усіх приєднаних заземлювачів в робочому стані не повинен перевищувати значення в 10 Ом, в будь-яку пору року.

Введення вузла обліку в експлуатацію здійснюється після виконання монтажних робіт, наладки, дослідної експлуатації і метрологічної атестації. Представниками Оператора ГРМ мають бути перевірені і опломбовані місця підключення датчиків та роз'ємів.

Поблизу лічильника забороняється встановлювати механізми, які працюють з ударами та вібраціями.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № орг.	

Змін	Кіл.	Арк.	№ док	Підп.	Дата

з ТВМ-24

Аркуш

Всі засоби вимірювальної техніки, які використовуються в даному проекті, занесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, і допущені до використання в Україні.

Експлуатацію газового лічильника (при наявності - коректора і датчика температури) необхідно здійснювати тільки згідно технічних описів та інструкцій заводів-виробників.

Експлуатація газопроводів та вузла обліку газу буде здійснюватися службами експлуатації та метрології.

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №					з ТВМ-24	Аркуш
			Змін	Кіл.	Арк.	№ док		