

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 доцільності використання ґрунтового теплового
насосу для теплопостачання багатоповерхового житлового будинку

(назва)

Закревська Анастасія Олегівна

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Обґрунтування доцільності використання ґрунтового теплового насосу
для теплопостачання багатопверхового житлового будинку
(назва)

Виконала: Закревська Анастасія Олегівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціальність: теплогазопостачання і вентиляція

Керівник: Предун К.М.

(прізвище та ініціали)

доктор економічних наук, професор

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплогазопостачання та вентиляції

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: Теплогазопостачання та вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ року

З А В Д А Н Н Я

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

(бакалавра, магістра)

Закревська Анастасія Олегівна

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: **Обґрунтування доцільності використання ґрунтового теплового насосу для теплопостачання багатоповерхового житлового будинку**

затверджена наказом ректора КНУБА № 2005/24/25 від «09»12 2025 року

2. Керівник роботи Предун Костянтин Миронович, д.е.н., проф.
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

P.1. Біосферосумісність – основа розвитку систем теплопостачання

P.2. Огляд теплових насосних установок

P.3. Характеристика об'єкту будівництва

P.4. Теплотенічний розрахунок огорожуючих конструкцій

P.5. Системи опалення та охолодження багатоповерхового житлового будинку

P.6. Вентиляція багатоповерхового житлового будинку

P.7. Гаряче водопостачання багатоповерхового житлового будинку

P.8. Підбір і розрахунок ґрунтового теплового насосу

Р.9. Автоматизація індивідуального теплового пункту з теплонасосними установками

Р.10. Заходи охорони праці та навколишнього середовища

Р.11. Техніко-економічний аналіз

5.Графічний матеріал за розділами

К. 1. План типового поверху, план підвалу, специфікація обладнання, фрагмент плану першого поверху, опалювальний прилад сходового холу.

К.2. Аксонометрична схема системи опалення, вузли.

К.3. План типового поверху, план підвалу, план горища, аксонометрична схема системи гарячого водопостачання.

К.4. План розміщення геотермальних скважин.

К.5. План та розрізи камери розподільчих колекторів геотермального контуру свердловин.

К.6. План теплогенераторної, специфікація обладнання теплогенераторної.

К.7. Принципова схема індивідуального теплового пункту, точки контролю та керування системою автоматизації.

К.8. Схема підключення обладнання до контролера.

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Біосферосумісність – основа розвитку систем теплопостачання	27.10.2025
Розділ 2. Огляд теплових насосних установок	28.10.2025
Розділ 3. Характеристика об'єкту будівництва	31.10.2025
Розділ 4. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій	03.11.2025
Розділ 5. Системи опалення та охолодження багатоповерхового житлового будинку	07.11.2025
Розділ 6. Вентиляція багатоповерхового житлового будинку	12.11.2025
Розділ 7. Гаряче водопостачання багатоповерхового житлового будинку	17.11.2025
Розділ 8. Підбір і розрахунок ґрунтового теплового насосу	21.11.2025
Розділ 9. Автоматизація індивідуального теплового пункту з теплонасосними установками	25.11.2025
Розділ 10. Заходи охорони праці та навколишнього середовища	27.11.2025
Розділ 11. Техніко-економічний аналіз	01.12.2025
Остаточне оформлення роботи	05.12.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	09.12.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	22.12.2025
Направлення роботи на рецензування	22.12.2025

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної роботи здобувача:		<i>Закревська Анастасія Олегівна</i> <i>Zakrevska Anastasiia Olehivna</i> (ПІБ здобувача українською та англійською)	
<i>ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i> (українською та англійською)	Обґрунтування доцільності використання ґрунтового теплового насосу для теплопостачання багатоповерхового житлового будинку. Justification for the feasibility of using a ground-source heat pump for heating a multi-story residential building.		
<i>Освітній ступінь</i>	Магістр		
<i>Факультет</i>	Інженерних систем та екології		
<i>Випускова кафедра</i>	Теплогазопостачання та вентиляція		
<i>Спеціальність</i>	G19 «Будівництво та цивільна інженерія»		
<i>Освітня програма</i>	Теплогазопостачання і вентиляція		
<i>Керівник</i>	<i>Предун Костянтин Миронович</i>		
<i>Обсяг роботи:</i>	<i>пояснювальна записка,</i> <i>стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>креслень</i> <i>формату A1_</i>
	116	11	8
<i>Розділ 1</i>	Біосферосумісність – основа розвитку систем теплопостачання		
<i>Розділ 2</i>	Огляд теплових насосних установок		
<i>Розділ 3</i>	Характеристика об'єкту будівництва		
<i>Розділ 4</i>	Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій		
<i>Розділ 5.</i>	Системи опалення та охолодження багатоповерхового житлового будинку		
<i>Розділ 6.</i>	Вентиляція багатоповерхового житлового будинку		
<i>Розділ 7.</i>	Гаряче водопостачання багатоповерхового житлового будинку		
<i>Розділ 8</i>	Підбір і розрахунок ґрунтового теплового насосу		
<i>Розділ 9</i>	Автоматизація індивідуального теплового пункту теплонасосними установками		
<i>Розділ 10</i>	Заходи охорони праці		
<i>Розділ 11</i>	Техніко-економічний аналіз		
<i>Висновки по роботі:</i>			

<i>Ключові слова:</i>	<i>Біосферосумісність, альтернативні джерела енергії, тепловий насос, ґрунтовий колектор, багатопверховий житловий будинок, енергоефективність, екологічність, теплостачання.</i>
<i>Keywords:</i>	<i>Biosphere compatibility, alternative energy sources, heat pump, ground collector, multi-storey residential building, energy efficiency, environmental friendliness, heat supply.</i>

Здобувач: ЗАКРЕВСЬКА Анастасія /

Керівник: ПРЕДУН Костянтин /

“ ___ ” _____ 2025

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 2.	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 3.	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 4.	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 5	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 6	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 7	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 8	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 9	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 10	Предун К.М.	05.12.2025	
Розділ 11	Предун К.М.	05.12.2025	

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. БІОСФЕРОСУМІСНІСТЬ – ОСНОВА РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	4
1.1. Вступ до концепції біосферосумісності	5
1.2. Екологічні виклики: потепління та його наслідки.	8
1.3. Технологічні рішення для біосферосумісності	10
1.4. Перспективи розвитку біосферосумісного тепlopостачання	12
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСНИХ УСТАНОВОК	15
2.1. Принцип дії теплових насосів	16
2.2. Види теплових насосів	17
2.3. Переваги та недоліки теплових насосів	20
2.4. Реалізація в Україні	22
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА	24
РОЗДІЛ 4. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	27
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	32
5.1. Визначення теплової потужності окремих приміщень	33
5.2. Розрахунок теплової потужності системи опалення	37
5.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи водяного опалення	39
5.4 Розрахунок опалювальних приладів сходово-ліфтового холу	40
5.5 Гідравлічний розрахунок системи опалення	41
5.6 Підбір опалювальних приладів (фанкойлів)	45
РОЗДІЛ 6. ВЕНТИЛЯЦІЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ 49	
6.1. Розрахунок вентиляційних параметрів	50
6.2. Підбір обладнання	51
Таблиця 6.2. Технічні характеристики вентилятора Вентс 100 М	53
Таблиця 6.3. Технічні характеристики вентилятора Вентс 100 Ейс ТН	54
РОЗДІЛ 7. ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	56
7.1. Опис системи гарячого водopостачання	57
7.2. Визначення розрахункових витрат	58

Зм. інв. №							Кваліфікаційна робота	Арк.
Підпис та дата								2
Інв. № ор.								
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата			

7.3. Визначення теплового навантаження на систему гарячого водопостачання.....	58
7.4. Гідравлічний розрахунок трубопроводів	59
7.5. Визначення об'єма бака-акумулятора.....	60
7.6. Розрахунок та підбір обладнання ІТП	62
7.7. Визначення необхідного напору на ввіді водопроводу до будинку	66
РОЗДІЛ 8. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ГРУНТОВОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ...	69
8.1 Розрахунок геопоя	70
8.2. Загальні вказівки.....	80
РОЗДІЛ 9. АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ З ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ	86
9.1. Завдання на автоматизацію теплогенераторної.	87
9.2. Завдання на автоматизацію вентиляції теплогенераторної.....	88
РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	90
10.1. Техніка безпеки	91
10.2. Заходи для уникнення шкідливої та небезпечної дії факторів.	95
10.3. Оцінка впливів на навколишнє середовище	97
РОЗДІЛ 11. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ	101
11.1. Індивідуальна котельня.....	102
11.1.1. Річні витрати.	102
11.1.2. Обладнання для котельні	107
11.2. Витрати для системи ґрунтових теплових насосів	107
11.2.1. Витрати на обладнання.....	107
11.2.2. Витрати на електроенергію.....	108
11.3. Термін окупності системи з тепловими насосами.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	112
Додаток 1. План типового поверху житлового будинку	118
Додаток 2. Технічні характеристики фанкойлів Mycond SEC/F	119
Додаток 3. Технічні характеристики циркуляційного насосу WILO TOP S 50/7	120
Додаток 4. Технічні характеристики теплового насосу HOTJET H-100w W10/W50.....	121
Додаток 5. План вентиляції теплогенераторної M1:500	122

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								3
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

1.1. Вступ до концепції біосферосумісності

Біосферосумісність передбачає створення і впровадження таких систем, технологій і процесів, які гармонійно взаємодіють із природним середовищем, не порушуючи його цілісності та здатності до самовідновлення. Ця концепція базується на принципі збереження балансу між потребами людини в ресурсах і здатністю біосфери їх надавати без негативного впливу на екосистеми.

У контексті енергетики біосферосумісність означає розробку енергетичних рішень, які забезпечують комфортне життя людини, не завдаючи шкоди природним процесам. Це включає впровадження відновлювальних джерел енергії, мінімізацію викидів парникових газів, оптимізацію використання ресурсів і зменшення впливу на кліматичні зміни.

Сталий розвиток – це підхід до соціально-економічного прогресу, який забезпечує баланс між економічними, екологічними і соціальними цілями. Біосферосумісність є основою цього процесу, тому що вона:

а) зменшує шкоду довкіллю шляхом скорочення викидів забруднюючих речовин і раціонального використання природних ресурсів та сприяє збереженню біорізноманіття, яке є критично важливим для стійкості екосистем;

б) сприяє економічній ефективності через використання відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, геотермальна та інші), знижує залежність від викопного палива, підвищення енергоефективності та дозволяє зменшити витрати на енергоспоживання;

в) підтримує соціальну стабільність, забезпечуючи доступ до екологічно чистої енергії, що підвищує якість життя населення та сприяє створенню нових робочих місць у сфері «зеленої» енергетики;

г) передбачає довгострокове збереження природного капіталу, орієнтує розвиток суспільства на використання ресурсів у межах їх природного відновлення та створює підґрунтя для життя майбутніх поколінь у сприятливому природному середовищі.

Енергетичні системи є ключовими елементами інфраструктури сучасного суспільства, проте вони також є основними джерелами негативного впливу на довкілля. Традиційні системи енергопостачання, засновані на спалюванні викопного палива, спричиняють значні викиди парникових газів, виснаження ресурсів та забруднення екосистем. Тому концепція біосферосумісності відіграє визначну роль у формуванні енергетичних систем.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			5

Основні аспекти ролі біосферосумісності у формуванні енергетичних систем:

1. Перехід від викопного палива до відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія (використання фотоелектричних панелей для генерації електроенергії або теплових колекторів для гарячого водопостачання), вітрова енергія (застосування вітрових турбін для виробництва електроенергії), геотермальна енергія (використання теплової енергії Землі для систем опалення та охолодження), біомаса (перетворення органічних відходів на енергію, що є нейтральним з точки зору вуглецевого сліду).

2. Підвищення енергоефективності, тобто оптимізація використання енергетичних ресурсів, зменшуючи втрати на всіх етапах – від генерації до споживання.

3. Зниження викидів парникових газів, впроваджуючи системи, що відповідають принципам біосферосумісності, що значно скорочують викиди CO₂ та інших парникових газів. Це допомагає уповільнити процес глобального потепління та зменшити вплив на кліматичні системи.

4. Раціональне використання місцевих ресурсів. Орієнтація на природний потенціал регіонів дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів. Наприклад, вітрові станції доцільно розміщувати у вітряних регіонах (Карпати), а сонячні панелі – у зонах з високою інсоляцією (південні регіони).

5. Створення замкнених циклів у використанні енергії, тобто передбачення інтеграції принципів циркуляційної економіки, коли відходи однієї галузі стають ресурсами для іншої. Це активно використовують, наприклад, в Данії, що називають Industrial Symbiosis. Ключовим принципом промислової симбіозу (IS) є фізичний обмін матеріалами, енергією та водою між двома або більше компаніями, перетворюючи те, що зазвичай вважається відходами, на ресурс. Компанії, які співпрацюють у рамках IS, часто належать до різних секторів, але частіше за все з одного і того ж географічного району. Замінивши вхідні матеріали відходами, компанія може потенційно зменшити витрати на вхідні матеріали, тоді як інша компанія зменшує витрати на утилізацію відходів і потенційно навіть перетворює свої відходи на побічні продукти (рис.1.1 та рис 1.2).

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. №док. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						6

A symbiotic exchange:
The physical exchange of resources between two companies.

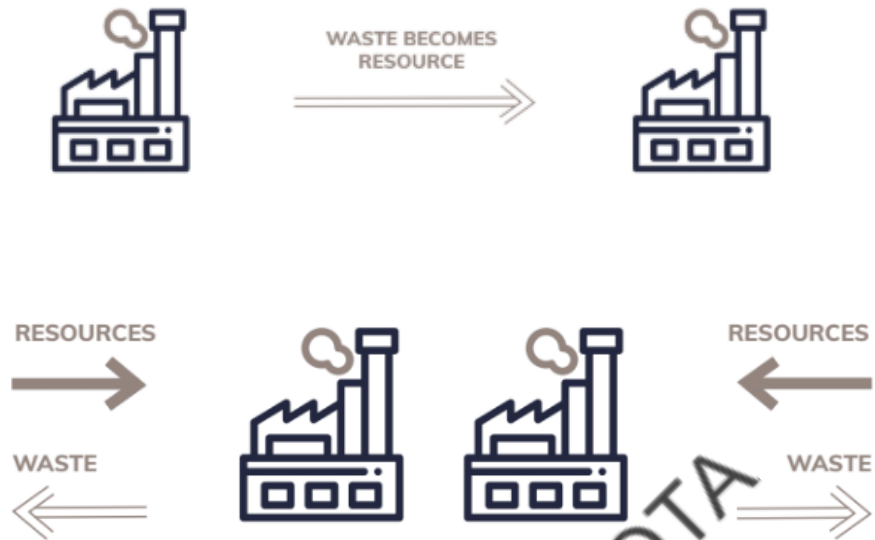


Рис.1.1. Традиційна ситуація: кожне підприємство споживає ресурс та має відходи

An Industrial Symbiosis Network:
A network of several symbiotic exchanges.



Рис. 1.2. Приклад IS між підприємствами (зліва – між двома компаніями, справа – мережа симбіотичних обмінів)

Перевагами біосферосумісних енергетичних систем є екологічна стійкість, що сприяє збереженню природних екосистем і біорізноманіття, енергетична незалежність (перехід на відновлювальні джерела енергії (далі ВДЕ) дозволяє

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	Арк.
							7

зменшити залежність від імпорту викопного палива та підвищити стабільність енергетичної системи), стійкість до кліматичних змін, економічні вигоди (зниження витрат на викопне паливо, створення робочих місць у сфері ВДЕ, довгострокова стабільність енергетичних витрат).

Біосферо сумісність відіграє ключову роль у досягненні міжнародних кліматичних і екологічних цілей, закріплених у документах, таких, як Кіотський протокол та Паризька угода. Ці угоди спрямовані на сповільнення глобального потепління та адаптацію до змін клімату. Впровадження біосферосумісних технологій у таких секторах, як енергетика, транспорт, сільське господарство та будівництво, є важливим для досягнення сталого розвитку. Це також дозволяє країнам виконувати зобов'язання щодо скорочення викидів, водночас сприяючи сталому розвитку. [1]

Кіотський протокол, ухвалений у 1997 році, є одним із ключових міжнародних договорів, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату. Він передбачає скорочення викидів парникових газів країнами-учасниками за рахунок впровадження екологічно чистих технологій та підвищення енергоефективності. Протокол підкреслює важливість переходу на відновлювані джерела енергії, підтримки екологічних інновацій та міжнародного співробітництва. Згідно зі статтею [2], країни зобов'язані сприяти впровадженню нових і відновлюваних видів енергії, підтримувати розробки сучасних технологій, які мінімізують шкоду для довкілля та обмінюватись технологіями та спільними проєктами для скорочення викидів. [1]

Участь України в цьому протоколі демонструє її зобов'язання впроваджувати принципи біосферосумісності в національну політику. Зокрема, розвиток ВДЕ та екологічно безпечних систем теплопостачання є частиною стратегії з досягнення енергетичної незалежності й виконання кліматичних цілей.

Інтеграція принципів біосферосумісності в енергетичний сектор сприяє створенню збалансованої системи, яка враховує як екологічні, так і економічні та соціальні аспекти.

1.2. Екологічні виклики: потепління та його наслідки.

Глобальне потепління є наслідком значного збільшення концепції парникових газів у атмосфері, яке викликане людською діяльністю. Основними газами, що сприяють цьому процесу, є діоксид вуглецю (CO₂) – утворюється під час спалювання викопного палива, наприклад вугілля, нафта і газ, а також у результаті знищення лісів; метан (CH₄) – видаляється при розкладанні органічних матеріалів, утриманні

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								8
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

худоби та видобутку природного газу, оксиди азоту (N₂O) – виникають через використання азотних добрив у сільському господарстві та промислових процесах.

Як основні джерела викидів можна зазначити:

а) енергетику – найбільший сектор, що генерує парникові гази, включає теплові електростанції та традиційні системи теплопостачання, які базуються на викопному паливі (167 млн тонн CO_{2e} парникових газів, що становить 74,2% від загального обсягу станом на 2021 рік);

б) сільське господарство – розведення худоби, використання добрив і спалювання залишків рослинності (33 млн тонн CO_{2e} парникових газів, що становить 14,6% від загального обсягу станом на 2021 рік);

в) відходи – тверді побутові, сміттєзвалища, їх спалювання (14,8 млн тонн CO_{2e} парникових газів, що становить 6,6% від загального обсягу станом на 2021 рік);

г) промисловість – виробництво цементу, сталі, хімічних речовин, що також супроводжується значними викидами (10,3 млн тонн CO_{2e} парникових газів, що становить 4,5% від загального обсягу станом на 2021 рік).

Глобальне потепління має глибокий і часто руйнівний вплив на екосистеми та кліматичні умови. Підвищення середньої глобальної температури, що викликає танення льодовиків у полярних регіонах і на вершинах гір і, як наслідок, призводить до підняття рівня світового океану, спричиняючи затоплення прибережних територій та островів [2]. Зміна кліматичних зон, рослини і тварини змушені пристосуватись до нових умов або переміщатись до інших регіонів, що загрожує біорізноманіттю. Втрата природних середовищ існування веде до скорочення чисельності окремих видів. Також зростає кількість посух, ураганів, паводків, які руйнують екосистеми, інфраструктуру та сільське господарство. Такі часті екстремальні погодні явища викликають значні економічні збитки та гуманітарні кризи.

Потепління значною мірою впливає на енергетичну галузь, зокрема на системи теплопостачання. Традиційні системи, орієнтовані на сурові зими, втрачають ефективність через менш тривалі періоди опалювального сезону. Зростає попит на енергетичні рішення, які можуть забезпечити не лише опалення, але й охолодження приміщень. У той час в спекотних регіонах необхідність у кондиціонуванні повітря збільшує навантаження на електромережі. Це вимагає розширення потужностей екологічно чистих джерел енергії, як сонячні й вітрові електростанції, а також використання теплових насосів для підвищення енергоефективності [2]. Тому перехід на біосферосумісні технології, включаючи ВДЕ, стає необхідним для забезпечення стабільного теплопостачання у змінних кліматичних умовах.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
								Кваліфікаційна робота	9
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

Технології з низьким рівнем викидів можуть стати ключовим рішенням для зменшення вуглецевого сліду.

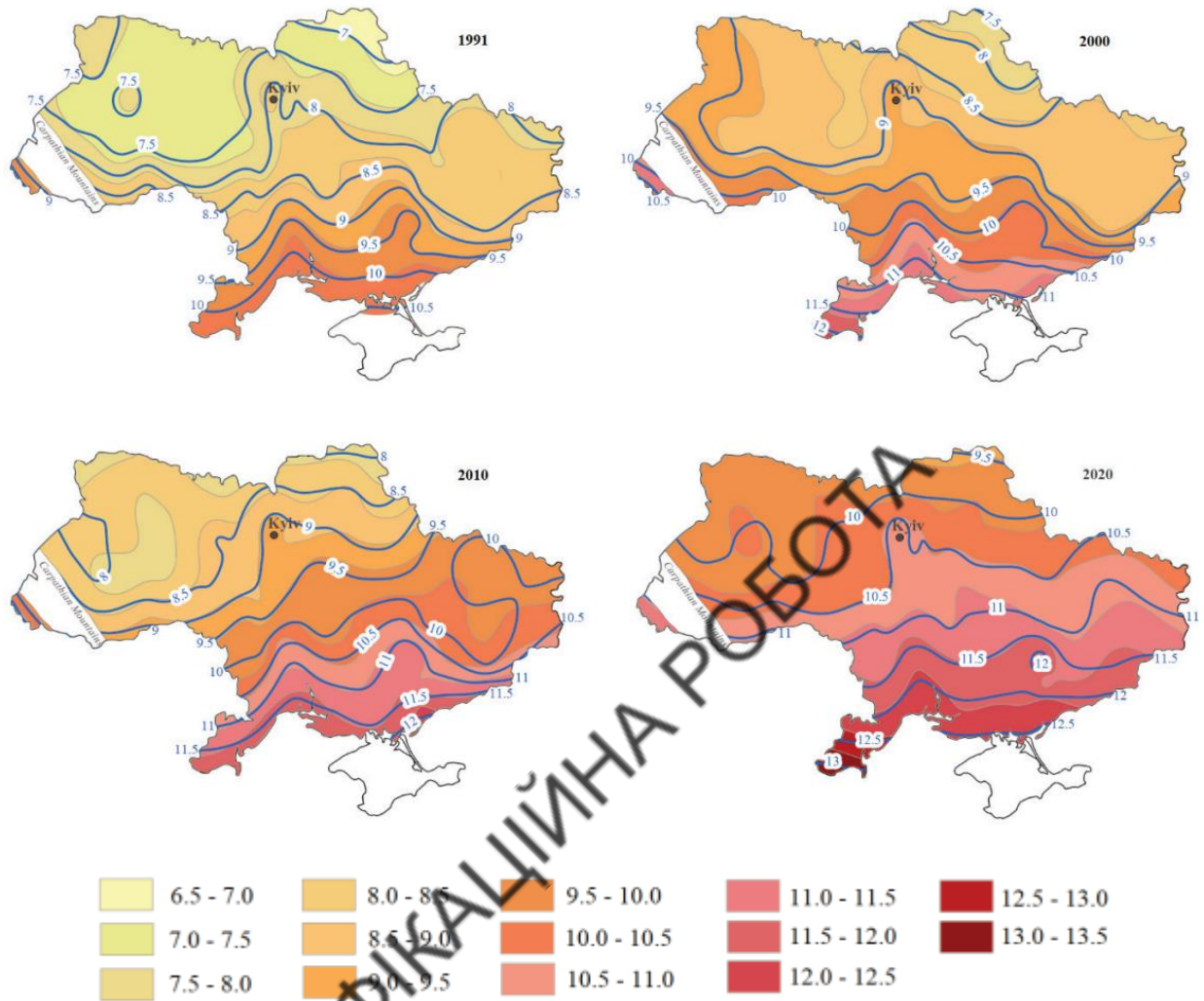


Рис. 1.3. Просторово-часовий розподіл емпіричних значень середньорічної температури повітря на поверхні та їх модельні оцінки в Україні у 1991, 2000, 2020 роках.

1.3. Технологічні рішення для біосферосумісності

Енергетика, орієнтована на біосферосумісність, потребує впровадження сучасних технологій, які дозволяють задовольнити потреби в енергії без руйнування природних екосистем. У сфері теплопостачання основний акцент робиться на інноваційних рішеннях, що мінімізують залежність від викопного палива, скорочують викиди парникових газів і забезпечують ефективне використання ресурсів.

Одним із найперспективніших рішень є використання теплових насосів, які застосовують низькопотенційну теплоту навколишнього середовища (повітря,

Зм. інв. №					
	Підпис та дата				
Інв. № ор.					
	Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.
Кваліфікаційна робота					
					Арк.
					10

грунту або води) для обігріву та охолодження приміщень і забезпечення гарячого водопостачання. Теплові насоси здатні виробляти в 3-5 разів більше тепла, ніж споживають електроенергії, що робить їх енергоефективними. Крім того, вони скорочують антропогенні викиди парникових газів і зменшують залежність від викопного палива. Ці технології вже стали ключовим елементом сталого теплопостачання в багатьох європейських країнах, таких як Швеція і Німеччина, де їх застосовують як у приватних домогосподарствах, так і в промисловості. Детальніше про теплові насоси дивитись розділ 2. Одним із перспективних джерел енергії є геотермальна, яка забезпечує стабільне й екологічно чисте тепло. Грунтові теплові насоси використовуються для опалення та кондиціонування, знижуючи енергетичне навантаження на викопні джерела. Ісландія є прикладом ефективного використання цього ресурсу: понад 90% потреб у теплоті забезпечуються за рахунок геотермальної енергії. Умови України також сприятливі для розвитку цього напрямку, особливо в регіонах із підвищеною геотермальною активністю, як на Закарпатті.

Сонячні теплові системи, зокрема сонячні колектори та панелі, також є важливим компонентом біосферосумісного теплопостачання. Вони використовують енергію сонця для нагрівання води або повітря, що дозволяє зменшити споживання традиційних джерел енергії. У південних регіонах України ці системи можуть забезпечувати до 70% річної потреби у гарячій воді, що значно зменшує викиди CO₂. [3]



Рис. 1.4. Сонячні електростанції.

Біомаса є ще одним важливим джерелом енергії, яке включає використання деревних пелет, біогазу та сільськогосподарських відходів. В Україні до війни активно розвивались біогазові установки, які дозволяли переробляти органічні

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							Арк.
Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	
						11	

відходи в енергію. Наприклад, у 2021 році біоенергетика забезпечувала близько 8% потреб у теплі, що свідчить про значний потенціал цього напрямку.

Приклади успішного впровадження ВДЕ у світі підтверджують ефективність таких рішень. У Німеччині значні інвестиції у ВДЕ дозволили скоротити викиди CO₂ на 40% у порівнянні з рівнем 1990 року. Швеція практично повністю відмовилась від використання вугілля в системах теплопостачання завдяки підтримці теплових насосів і біомаси. Ісландія демонструє унікальний досвід, покладаючись на геотермальну енергію для забезпечення більшої частини своїх енергетичних потреб. Данія використовує джерела з низьким рівнем вуглецю, серед яких домінують вітрова енергетика, біопаливо та сонячна енергія, що виробляють понад 83% електроенергії. Вона успішно провела енергетичну трансформацію за допомогою інтергованій системі освіти, соціальної підтримки та перекваліфікації. Своім досвідом вона активно ділиться з Україною, створивши українсько-данське партнерство.

Україна також мала досвід у впровадженні ВДЕ до війни. У 2021 році частка електроенергії, згенерованої з відновлювальних джерел, досягла 8,1%, з яких 33% припадало на вітрову енергію, а 56% – на сонячну. Біоенергетика також дозволила переробити тисячі тонн органічних відходів, що сприяло значному скороченню викидів CO₂ [3].

Технологічні рішення для біосферосумісності у сфері теплопостачання є важливим кроком на шляху до зменшення впливу на клімат і створення стабільної енергетичної системи. Використання теплових насосів, сонячних і вітрових станцій і біомаси дозволяє не лише знизити вуглецевий слід, але й забезпечити економічну вигоду на енергетичну незалежність. Ці технології формують основу для побудови майбутньої енергетики, що гармонійно взаємодіє з природним середовищем.

1.4. Перспективи розвитку біосферосумісного теплопостачання

Впровадження біосферосумісного теплопостачання стикається з низкою викликів, які необхідно подолати для забезпечення сталого розвитку енергетики. Одним із ключових бар'єрів є фінансовий аспект. Високі початкові витрати на впровадження сучасних технологій, таких як теплові насоси чи сонячні колектори, є значним обмеженням для їх широкого застосування. Крім того, недостатність доступних фінансових інструментів, як субсидії чи пільгові кредити, ускладнює доступ до екологічних технологій для домогосподарств і малих підприємств, які часто не мають можливості інвестувати у такі проекти.

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. Нодок. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						12

Технічні бар'єри також відіграють важливу роль у гальмуванні впровадження інновацій застаріла інфраструктура у багатьох регіонах ускладнює інтеграцію відновлювальних джерел енергії в централізовані системи тепlopостачання. Крім того, обмеженість знань і досвіду щодо новітніх технологій створює труднощі у реалізації складних проєктів. Війна в Україні значно ускладнила ситуацію, спричинивши втрату виробничих потужностей і пошкодження критичної інфраструктури. Це підвищує витрати на реконструкцію та модернізацію енергетичних систем. [3]

Соціальні бар'єри також є суттєвим чинником, який гальмує перехід до біосферосумісного тепlopостачання. Багато людей недостатньо обізнані про переваги екологічно чистих технологій, що часто спричиняє недовіру до нових рішень. Деякі користувачі сприймають ці технології як складні в експлуатації або незручні, що у свою чергу гальмує їх впровадження.

Попри ці виклики, післявоєнний період в Україні відкриє значні перспективи для розвитку енергоефективних систем тепlopостачання. Однією з основних можливостей є інтеграція міжнародної підтримки та інвестицій. Україна має значний потенціал для залучення фінансової допомоги від міжнародних організацій, наприклад Європейський банк реконструкції та розвитку. Ці інституції готові інвестувати у відновлювальні джерела енергії та модернізацію інфраструктури. Післявоєнна відбудова може стати поштовхом до створення екологічно чистих енергетичних систем, особливо в центральному тепlopостачанні, де ВДЕ можуть відіграти ключову роль, або і зовсім перехід до децентралізованих систем, що є дуже популярною тенденцією за кордоном в наш час.

Не можна не згадати підтримку державної політики, адже це має великий вплив на розвиток таких систем. Розробка і реалізація державних програм підтримки екологічно чистих технологій (субсидії або пільги) сприятимуть зниженню фінансового навантаження на споживачів. Внесення змін до законодавства, які заохочують розвиток біоенергетики, використання геотермальної енергії та впровадження інновацій, стане вагомим кроком до зменшення вуглецевого сліду країни.

Локальні ініціативи можуть стати рушійною силою для впровадження біосферосумісних технологій. Місцеві громади здатні використовувати свої ресурси для розвитку систем тепlopостачання, заснованих на відновлювальних джерелах енергії. Залучення місцевих виробників до створення необхідних технологій сприятиме не лише економічному розвитку, але й зниженню витрат на впровадження таких систем. [3]

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								13
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

Також звернемо увагу на можливості для інновацій. Україна має шанс стати майданчиком для тестування й адаптації нових рішень у сфері біосферосумісного теплопостачання. Залучення міжнародних партнерів і дослідницьких організацій сприятиме розвитку інтелектуальних систем управління теплопостачанням, які інтегрують відновлювальні джерела енергії та сучасні технології. Використання післявоєнної відбудови як шансу для переходу на «зелену» енергетику дозволить Україні створити екологічно стійку енергетичну систему, яка відповідає глобальним кліматичним цілям.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата					Зм. інв. №	
						Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		14

2.1. Принцип дії теплових насосів

Теплові насоси (ТН) – це високоефективні енергетичні системи, які використовують теплоту навколишнього середовища для обігріву, охолодження приміщень та гарячого водопостачання. Основний принцип їх роботи базується на фізичних законах термодинаміки. Тепловий насос не створює тепло, як це роблять традиційні котли чи обігрівачі, він переміщує його з одного середовища (повітря, води, ґрунту) в інше (теплоносії системи), використовуючи менше електроенергії, порівняно з тепловою.

Тепловий насос працює за циклом, подібним до холодильного, але у зворотньому напрямку. Він складається з чотирьох основних елементів:

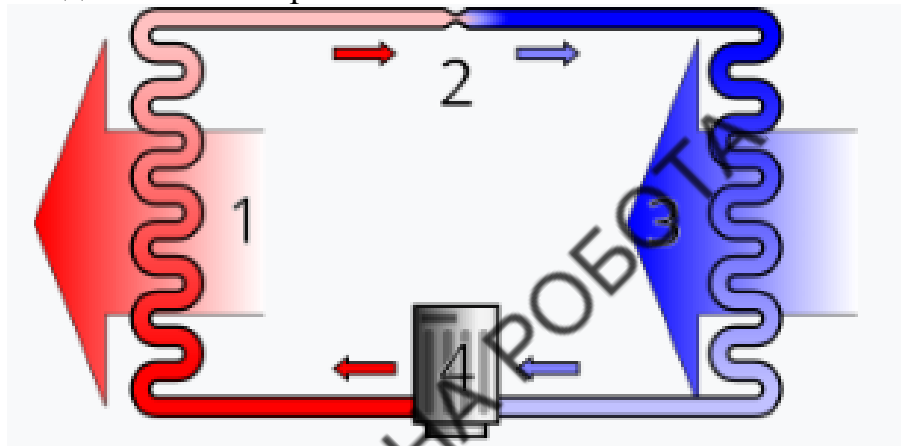


Рис.2.1. Схема циклу парового компресійного охолодження теплового насоса

1. Конденсатор: передає тепло у систему опалення.
2. Дросельний клапан: знижує тиск холодоагенту, підготовлюючи його до нового циклу.
3. Випарник: поглинає тепло з навколишнього середовища.
4. Компресор: стискає холодоагент, що збільшує його температуру.

Завдяки цьому процесу теплові насоси можуть перетворювати одну одиницю електроенергії на 3–5 одиниць тепла, що робить їх набагато енергоефективнішими, ніж традиційні системи обігріву. [4]

Є три методи використання:

1. Моновалентний: тепловий насос є єдиним джерелом тепла, забезпечуючи 100% потреби в опаленні та охолодженні (зазвичай це геотермальні);
2. Бівалентний-паралельний: тепловий насос обігріває самостійно до певної заданої температури, при якій вмикається допоміжна система опалення (електричний елемент або котел), і обидві системи працюють паралельно для задоволення попиту на обігрів;

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

											Арк.
											16
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота					

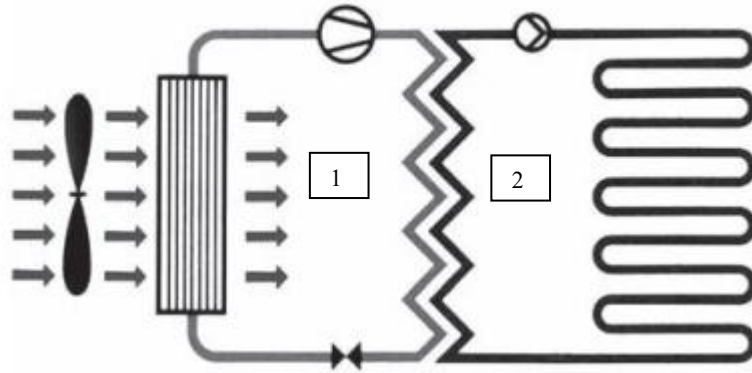


Рис.2.2. Принципова схема роботи теплового насосу «повітря-вода», 1 – первинний контур, 2 – вторинний контур

2. Ґрунтові теплові насоси (ґрунт–вода)

Ґрунтовий тепловий насос використовує стабільну температуру підземних порід як джерело енергії для обігріву та охолодження будинку. Через замкнений контур теплоносій вбирає тепло ґрунту й постачається у випарник теплового насоса, де відбувається перехід у холодоагент. Сезонний показник ефективності (SPF) зазвичай перевищує 4,0, що робить такі установки одними з найрентабельніших при довготривалій експлуатації.

Основні складові ґрунтового теплового насоса поділяються на зовнішній та внутрішній модулі. Зовнішній модуль — це геотермальний теплообмінник, сформований трубчастим контуром із високощільного поліетилену або металу. У закритому контурі застосовують горизонтальні або вертикальні геокolleктори (рис). Перші прокладаються на глибині 1,5–2 м у великій площі, другі — заглиблюються на 50–150 м при обмеженій ділянці. Внутрішній блок включає випарник, компресор, конденсатор і дросельний клапан, а також циркуляційний насос і гідравлічний модуль із розширювальним баком. Додаткові елементи — баки накопичення тепла, запобіжні клапани та система автоматичного управління.

Інв. № ор.	Підпис та дата					Зм. інв. №
						Арк. 18
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

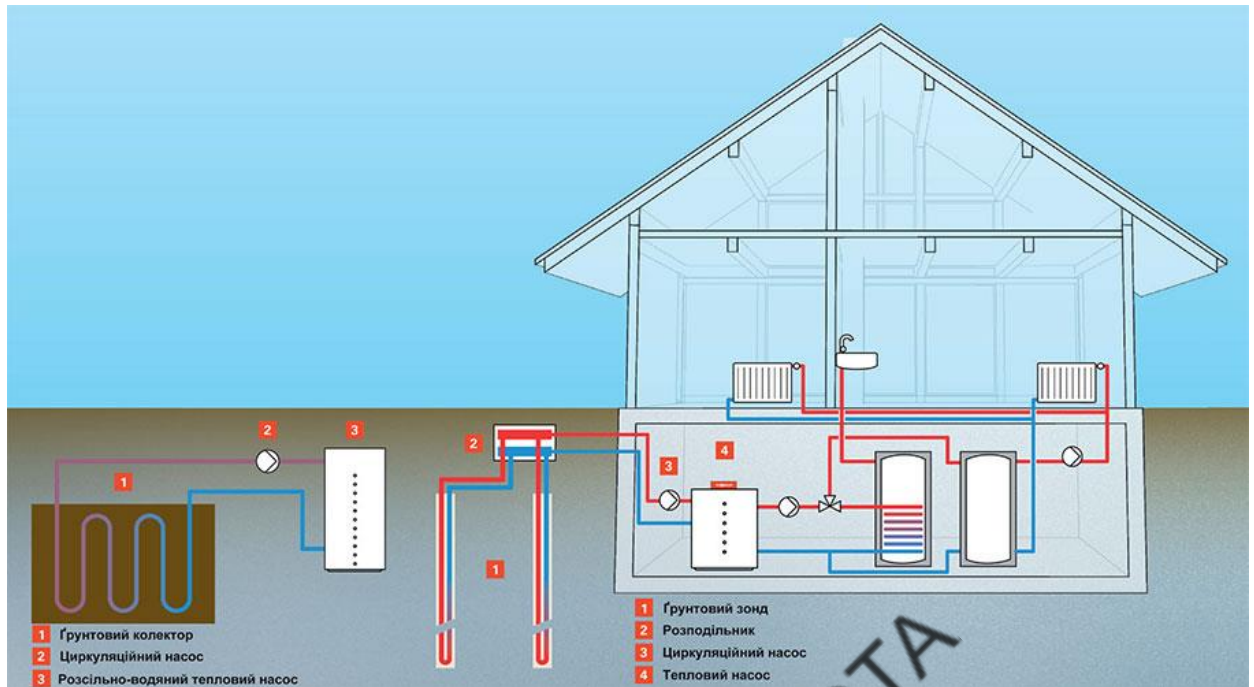


Рис.2.3. Види ґрунтових теплових насосів: вертикальний та горизонтальний

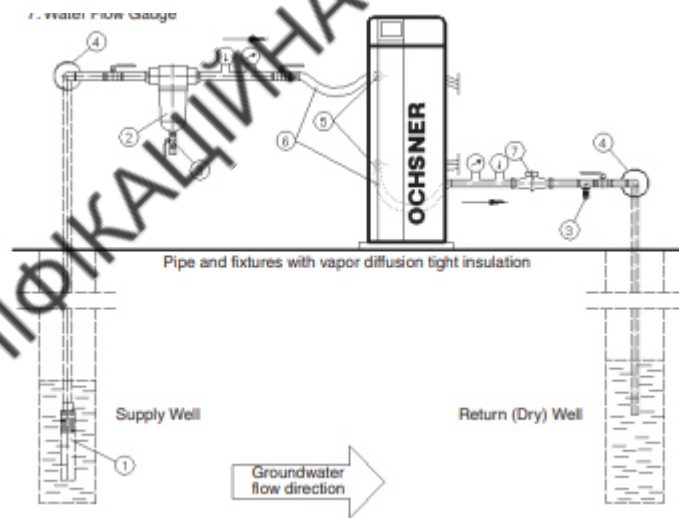


Рис. 2.4. Теплові насоси «вода-вода»: 1 – насос занурювальний (зі зворотнім клапаном), 2 – водяний фільтр, 3 – злив, 4 – подаюча труба, 5 – джерело відбору теплоти, 6 – гнучкий з'єднувальний шланг, 7 – лічильник води

3. Водяні теплові насоси (вода-вода):

Такий вид теплових насосів використовують енергію з підземних вод, певних поверхневих вод або з води в системах відведення тепла. З підземними водами як джерелом тепла теплові насоси можуть досягати найвищих коефіцієнтів продуктивності. Підземні води залишаються практично при постійній температурі від 8 до 12°C протягом всього року в помірному кліматі. Температури води можуть

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №					Арк. 19
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	

бути вищими або нижчими залежно від місцевої кліматичної зони. У результаті, у порівнянні з іншими джерелами тепла, підвищення температури, необхідне для корисного опалення, є відносно незначним. Рівень підземних вод не повинен бути глибше 15 м, щоб обмежити втрати на терті трубопроводів. Система джерела тепла складається з насосної свердловини з зануреним насосом і свердловини для реін'єкції, в яку вода потрапляє після циркуляції через тепловий насос. Підземні води охолоджуються приблизно на 4 К у тепловому насосі. Система джерела тепла підземних вод зазвичай є відкритою системою. Усі необхідні дозволи повинні бути отримані від відповідного органу перед початком будь-якого будівництва.

2.3. Переваги та недоліки теплових насосів

Найбільшою перевагою теплових насосів є їхня екологічність. Вони виробляють тепло без утворення сажі чи інших токсичних викидів. Залежно від джерела тепла, вони опалюють або охолоджують будівлю без забруднюючих речовин, використовуючи сонячну енергію, енергію зовнішнього повітря, геотермальну енергію або відпрацьоване тепло. Провідні виробники теплових насосів використовують лише екологічно чисті холодоагенти, які не мають озонного руйнування, такі як R 407C, R 404A, R 410A, R 134a та інші. Залежно від виробничої потужності мережі, теплові насоси зазвичай мають мінімальні викиди CO₂. Опалення за допомогою теплових насосів потребує значно менше енергії, ніж опалення газом. На рисунку порівнюється вплив на навколишнє середовище теплового насоса та газового котла. Враховано викиди CO₂ від виробництва (теплової) електроенергії.

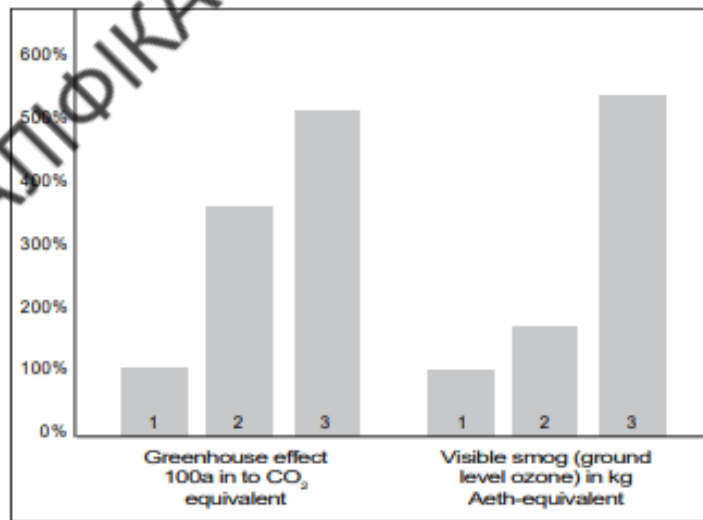


Рис. 2.5. Порівняння впливу на навколишнє середовище теплових насосів зі спалюванням нафти або газу. Примітка: порівняння впливу різних факторів впливу на навколишнє середовище. 1 – тепловий насос, 2 – газ (конденсаційна котли з низьким вмістом NO_x), 3 – нафта (з низьким вмістом NO_x)

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

										Арк.
										20
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота				

Також важливо, що теплові насоси нагрівають за допомогою термодинамічного процесу, без горіння і полум'я. Це значно зменшує ймовірність небезпечного випадку. Крім того, більшість одиниць працюють лише з негорючими холодоагентами.

Ще однією перевагою є комфорт. Опалення тепловими насосами забезпечує найвищий можливий життєвий комфорт і простоту експлуатації. Системи розподілу тепла, такі як низькотемпературне радіантне опалення підлоги та стін, гарантують комфортний та здоровий житловий клімат. Низькотемпературне радіантне тепло також мінімізує перегрівання та надмірну турбулентність повітря і пилу. Зворотні теплові насоси також можуть охолоджувати за потребою влітку. Системи опалення на основі теплових насосів, як правило, працюють тихо, автоматично і не потребують доставки пального, утилізації попелу та очищення димоходів.

Теплові насоси ефективні та рентабельні. Вони здатні виробляти в 3–5 разів більше теплової енергії, ніж споживають електричної, фактично, чверть необхідної теплової енергії отримується з навколишнього середовища (безкоштовно). Це дозволяє значно знизити витрати на опалення. Також можна зазначити, що теплові насоси сприяють зменшенню залежності від імпортованого газу та вугілля. В Україні, де енергетична безпека є одним із ключових викликів, впровадження теплових насосів може стати вагомим кроком до енергетичної незалежності. Завдяки ефективному використанню місцевих, навколишніх енергетичних ресурсів теплові насоси допомагають зменшити залежність від імпортованих паливних запасів.

Хоча початкові витрати на встановлення теплового насоса є високими (для приватного сектору - від 4 до 12 тисяч євро залежно від типу системи), термін окупності зазвичай становить 5–10 років. Це досягається завдяки значній економії на опалювальних витратах і довговічності системи (15-20 років експлуатації). [6], [8] (ДБН

У майбутньому нафта та газ будуть терміново необхідні як сировина для застосувань, де їх неможливо замінити. Вони занадто цінні, щоб їх витратити на опалення житлових приміщень. Крім того, імпорт природного газу та нафти обтяжує платіжний баланс нашого національного бюджету, тоді як екологічна енергія представляє собою внутрішній актив.

Однак, незважаючи на всі переваги, ця технологія має також свої недоліки, які слід враховувати перед встановленням. По-перше, це велике початкове інвестування. Для налаштування повної системи необхідно вкласти значні кошти не лише в обладнання, а й у монтажні роботи. Геотермальні насоси вимагають значної площі, буріння або значних земляних робіт, тоді як моделі повітряного джерела потребують міцних опор на фасаді або даху. Якщо площа обмежена, а ґрунт кам'янистий або щільно забудований, витрати та трудозатрати на установку ще більше зростають.

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							21
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

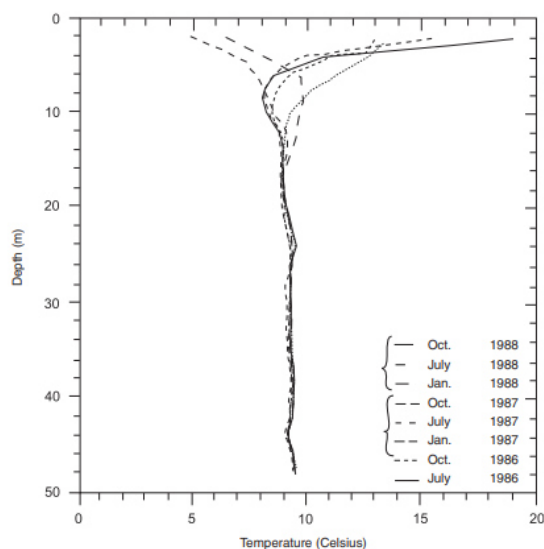


Рис. 2.6. Температурний профіль ґрунту

Іншим суттєвим недоліком є залежність від зовнішніх температур. Особливо це стосується повітряних теплових насосів, адже їх ефективність падає під час сильних холодів. В холодному кліматі вони можуть не забезпечувати достатньо тепла, що змушує користувачів додатково покладатися на електричні обігрівачі або інші джерела тепла, тим самим знижуючи загальну економічну ефективність системи. Хоча це не стосується геотермальних теплових насосів, тому що температура ґрунту на глибині 15-20 м стабільна протягом року приблизно 10°C.

Також ефективність теплових насосів напряму залежить від стабільності електропостачання. У регіонах, де часто відбуваються відключення електрики, це може стати проблемою. Не варто забувати й про шум. Деякі моделі, зокрема зовнішні блоки аеротермальних теплових насосів, можуть генерувати помітний шум під час роботи. Це може бути незручно для мешканців будинку або сусідів, особливо вночі. Нарешті, теплові насоси потребують регулярного обслуговування. Хоча їх вважають довговічними, періодична перевірка системи, очищення фільтрів, перевірка рівня охолоджувальної рідини тощо, є необхідними для стабільної роботи. Ігнорування цих процедур може призвести до зниження ефективності або навіть до поломки.

2.4. Реалізація в Україні

Україна має значний потенціал для впровадження теплових насосів у різних регіонах завдяки своїм природним умовам та необхідності модернізації енергетичної інфраструктури. У південних регіонах, де температура повітря залишається стабільною навіть взимку, теплові насоси типу «повітря-вода» можуть забезпечити ефективну роботу цілий рік. У центральних та західних регіонах, де температура ґрунту стабільна, геотермальні теплові насоси є ідеальним рішенням. У районах з доступом до джерел води, таких як Полісся, теплові насоси типу «вода-вода» можуть виявитися дуже ефективними.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
									22
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота

Їх впровадження пропонує кілька переваг: економія енергії, зменшення викидів та менша залежність від імпорту енергії. Однак основними перешкодами є високі початкові витрати, недостатня обізнаність громадськості та відсутність державних програм підтримки.

Досвід розвинених країн демонструє ефективність та популярність теплових насосів. У Швеції та Норвегії понад 50% будинків обладнані тепловими насосами, що дозволяє цим країнам зменшити свою залежність від викопного палива для опалення. У Німеччині значні програми підтримки у вигляді субсидій заохочують громадян встановлювати теплові насоси, які забезпечують екологічно чисте та енергоефективне опалення. У Сполучених Штатах ці системи широко використовуються в помірному кліматі, де вони є найбільш ефективними. [6]

Теплові насоси є не лише економічно ефективним рішенням, але й важливим компонентом глобальної стратегії боротьби зі зміною клімату. Їх впровадження допомагає зменшити вуглецевий слід та забезпечити стаде майбутнє для майбутніх поколінь.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота				
------------------------------	--	--	--	--

Арк.
23

РОЗДІЛ 3.
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

24

Проектом передбачено розробку системи водяного опалення, вентиляції та гарячого водопостачання багатоповерхового житлового будинку у місті Луцьк. [7]

Географічна широта, °пн.ш.	52
Барометричний тиск, гПа	970
Кількість поверхів житлового будинку	10
Висота вікон h_v , м	1,5
Висота зовнішніх та балконних дверей h_d , м	2,1
Висота поверху (від підлоги до стелі) $h_{пов}$, м	2,7
Товщина міжповерхового перекриття $\delta_{пер}$, м	0,3
Товщина зовнішніх стін (див. розрахунок), м	0,51
Товщина горищного перекриття (див. розрахунок), м	0,43
Товщина перекриття над підвалом (див. розрахунок), м	0,517
Джерело теплопостачання:	
1 - ґрунтовий тепловий насос;	
2 – теплоелектроцентрально;	
Орієнтація фасаду зі сходою кліткою	3х
Розрахунковий перепад температур у тепловій мережі $T_r - t_o$, °C	150-60
Розрахунковий перепад температур у системі опалення $t_r - t_o$, °C	50-30
Кількість мешканців (розрахункова), люд.	330

Кліматологічні дані щодо розрахункових параметрів зовнішнього повітря прийнято згідно додатку 1 [7].

Таблиця 3.1. Розрахункові дані зовнішнього повітря для холодного періоду року (розрахунок опалення)

Місто	Середня температура за рік $t_{зовн.р}$, °C	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби $t_{зовн.1}$, °C	Температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{зовн.5}$, °C	Опалювальний сезон		Кількість градус-днів $S_{о.с.}$, гр-днів	Кліматична зона
					Середня температура $t_{о.с.}$, °C	Тривалість $Z_{о.с.}$, днів		
Луцьк	7,5	Н	-24	-22	0,3	180	3546	I

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Таблиця 3.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря для системи охолодження

Період року	Температура $t_{ext.}, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $t_{ext.}, \text{кДж/кг}$	Вологість $d_{ext.}, \text{г/кг}$	Відносна вологість $\varphi_{ext.}, \%$
Теплий	23	53,6	12,3	74
Холодний	-20	-20,7	0,5	86

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

РОЗДІЛ 4.
ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГороДЖУЮЧИХ
КОНСТРУКЦІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота	Арк.
	27

Згідно пункту 5.1 [8]: « Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (1)$$

$$\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}, \quad (2)$$

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min} \quad (3)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору тепло-передачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

$\Delta\theta_{int-si}$ – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, °С;

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, °С;

$\theta_{si,tb,min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;

$\theta_{si,min}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.»

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових будівель R_{qmin} визначається відповідно до таблиці 1 [8] в залежності температурної зони експлуатації будівлі (додаток А [8]).

Згідно вимог ДБН В.2.6-31-2021 опір теплопередачі огорожуючих конструкцій $R_{зар}$ повинен бути не менше нормативного R_{qmin} . Згідно [9], загальний опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій визначається за формулою:

$$R_{зар} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{зовн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{204} + \frac{\delta_2}{0,1} + \frac{0,1}{0,79} + \frac{1}{23} = 4,00 \frac{m^2K}{Вт} \rightarrow \delta_{2min} = 0,3695m \approx 0,37m$$

Зм. інв. №							
	Підпис та дата						
	Інв. № ор.						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	Арк.
							28

Склад зовнішньої стіни:

1. Внутрішнє покриття плитами із гіпсокартону $\delta=30$ мм, $\lambda=0,21$ Вт/м²К, п.49 [9]; опір теплопередачі $R = \delta/\lambda = 0,03/0,21 = 0,14$ м²·К/Вт.

2. Цегла керамічна звичайна $\delta=250$ мм, $\lambda=0,81$ Вт/м² К, п.74 [9] опір теплопередачі $R = \delta/\lambda = 0,25/0,81 = 0,31$ м²·К/Вт.

3. Утеплювач – плити мінераловатні Rockwool SUPERROCK $\gamma=40$ кг/м³, $\delta=100$ мм, $\lambda_6=0,04$ Вт/м*К, опір теплопередачі $R = \delta/\lambda = 0,1/0,04 = 2,51$ м²·К/Вт.

4. Утеплювач – плити мінераловатні Rockwool WENTIROCK MAX $\gamma=55$ кг/м³, $\delta=100$ мм, $\lambda_6=0,036$ Вт/м*К, опір теплопередачі $R = \delta/\lambda = 0,1/0,036 = 2,78$ м²·К/Вт.

Опір теплопередачі конструкції зовнішньої стіни по основному полю при $\alpha_{в} = 8,7$ Вт/(м²·К) та $\alpha_{з} = 12$ Вт/(м²·К) (згідно [9]) становить:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} = \frac{1}{8,7} + 0,14 + 0,31 + 2,51 + 2,78 + \frac{1}{12} = 5,9 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі розраховується на прикладі типового фрагменту фасаду (рис. 4.1).

Ширина ділянки стіни в плані становить 3,35 м, висота – 3,0 м; ширина вікна – 1,7 м, висота вікна – 1,4 м. Площа стіни по основному полю становить: $A_i = 3,35 \times 3,0 - 1,7 \times 1,4 = 7,67$ м².

Загальна площа з урахуванням відкосів шириною 200 мм: $A_{\text{сі}} = 0,2 \times 2 \times (1,4 + 1,7) = 1,24$ м² становить:

$$F_{\Sigma} = 7,67 + 1,24 = 8,91 \text{ м}^2.$$

Конструкція в своєму складі включає наступні теплопровідні включення:

- 1) Віконний відкос в зоні перемички, $L=1,7$ м ($k=0.062$ Вт/м К);
- 2) Віконний відкос в зоні підвіконня, $L=1,7$ м ($k=0.041$ Вт/м К);
- 3) Віконний відкос в зоні рядового примикання, $L=1,4 \times 2=2,8$ м ($k=0.053$ Вт/мК);
- 4) Дюбелі для кріплення мінераловатних плит Hilti T-Save HTS-P, $n=8$ шт/кв.м. ($\psi=0.000$ Вт/м К.
- 5) Несучі кронштейни для кріплення фасадної системи, $n=3$ шт/кв.м. ($\psi=0,015$ Вт/м К).

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							29
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

З урахуванням містків холоду (лінійних та точкових) в місцях елементів кріплення згідно [9] приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни (Тип 1) складає:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{\sum_i A_{i,k} + \sum_i A_{i,sl,k}}{\sum \frac{A_{i,k}}{R_{\Sigma i}} + \sum (l_{m,k} \Psi_m) + \sum (N_{j,k} \chi_j)} =$$

$$\frac{7,67}{5,9} + 0,062 \times 1,7 + 0,041 \times 1,7 + 0,053 \times 2,8 + 0,000 \times 62 + 0,015 \times 24 = 4,49 \text{ [м}^2 \cdot \text{К/Вт]}$$

Коефіцієнт термічної неоднорідності r становить: $r = R_{\Sigma \text{пр}} / R_{\Sigma} = 4,56 / 5,94 = 0,77$.

Середня температура внутрішньої поверхні непрозорої стіни складає (згідно ДСТУ 9191:2022):

$$\Theta_{si,H} = \Theta_{int} - \frac{\Theta_{int} - \Theta_{ext}}{R_{\Sigma \text{пр}} \times h_{si}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{4,49 \times 8,7} = 18,92^\circ \text{C}$$

Згідно [9] проводимо розрахунки для інших типів конструкцій. Результати наведено в таблиці 4.1.

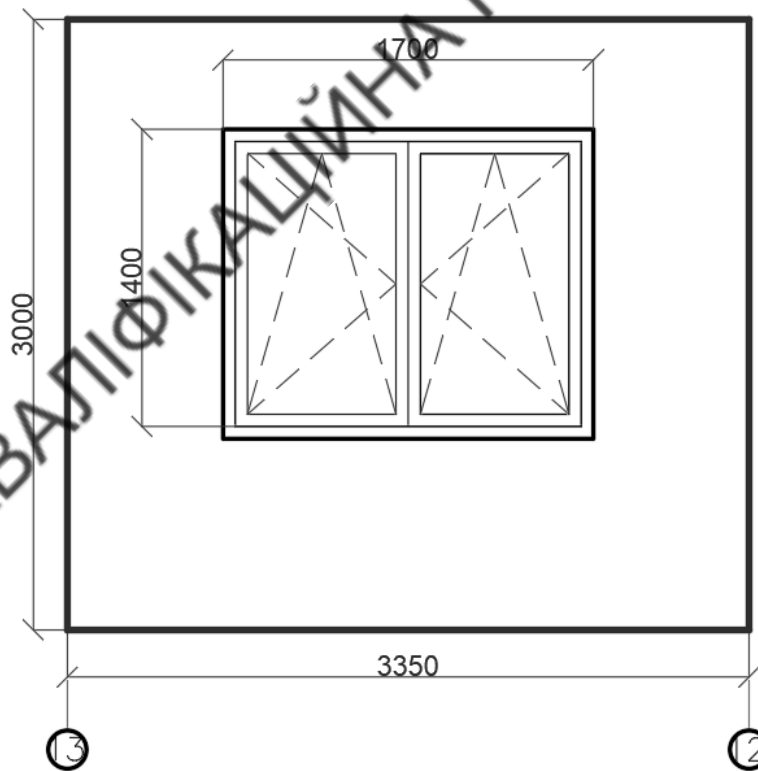


Рис. 4.1. Типовий фрагмент фасаду

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Таблиця 4.1 Результати розрахунку та підбору огорожувальних конструкцій житлового будинку

Найменування огорожувальної конструкції	Опір теплопередачі, $m^2 \cdot K / W$		Коефіцієнт теплопередачі $k, W / (m^2 \cdot K)$	Опис конструкції	Товщина конструкції, м
	R_{qmin}	R_{zag}			
Зовнішня стіна	4,00	4,49	0,222	Залізобетон 2500 кг/м ³ $\lambda = 2,04$ Вт/м ² С - $\delta = 0,04$ м + Бетон ніздрюватий $\lambda = 0,1$ Вт/м ² С - $\delta_{ут} = 0,37$ м + Керамзитобетон на керамзитовому піску - $\delta = 0,1$ м	0,480
Горищне перекриття	6,00	6,12	0,164	Бетон на гравії або щебені з природного каменю $\delta = 0,14$ м + Мінеральні вати на основі базальтового волокна $\lambda = 0,047$ Вт/м ² С - $\delta_{ут} = 0,27$ м + Розчин цементно-піщаний $\delta = 0,02$ м	0,430
Перекриття над підвалом	5,00	5,07	0,198	Ліноліум полівінілхлорид на теплоізоляційній підоснові - $\delta = 0,005$ м + Розчин цементно-піщаний $\delta = 0,072$ м + Пароізоляція $0,03$ м ² С/Вт + Мінеральні вати на основі базальтового волокна $\lambda = 0,047$ Вт/м ² С - $\delta_{ут} = 0,22$ м + Бетон на гравії або щебені з природного каменю $\delta = 0,22$ м	0,517
Вікна та балконні двері	0,90	0,93	1,076	Вікна з двокамерними склопакетами 4i-10-4M1-10-4i	-
Зовнішні двері	0,70	1,28	0,783	Одинарні металеві двері без утеплювача + Тамбур + Одинарні соснові двері 0,04 м	0,040
Внутрішні стіни	-	0,71	1,408	Кладка з порожнистої глиняної цегли $\lambda = 0,52$ Вт/м ² С - 1ц.	0,250

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата				

РОЗДІЛ 5.
СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ
БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

5.1. Визначення теплової потужності окремих приміщень

Розрахунки систем опалення виконувалися за допомогою програми Excel, розробленої кафедрою опалення, газопостачання та вентиляції Національного університету будівництва і архітектури (КНУБіА). Програма використовує метод визначення тепловтрат кожного приміщення та потужності системи опалення.

Як приклад наведено розрахунок кімнати 101, розташованої на першому поверсі. Розрахунки інших приміщень виконуються аналогічним чином, використовуючи ті ж формули для розрахунку тепловтрат через конструкції. Ці формули потім адаптуються до розмірів, зазначених у будівельному плані, та відповідних вихідних даних.

Для полегшення роботи та підвищення точності розрахунків у програмі Excel була створена схема типового поверху будівлі. На цій схемі показано розміри приміщення, орієнтацію будівлі відносно сторін світу та інші важливі параметри.

Таблиця 5.1. Орієнтація будівлі відносно сторін світу та зовнішні параметри огорожувальних конструкцій житлового будинку

							3	1,10								
		3,9	3,4	3,4	3,18	3,83	3,5	2,8	2,8	3,2	2,9	3,1	3,9	2,7		
Пд	7,1	01	02	03	04	05	A1	A2	06	07	08	09	10	11	Пн	
														12		
1,05	6,8	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	1,00	
							C	1,00								

Розраховуємо сумарний коефіцієнт додаткових тепловтрат $\Sigma\beta$ згідно даних [7] $e_k = e_l = 1 + \Sigma\beta$. Даний розрахунок представлено в [10] та [11].

Результати обчислень в таблицях 5.2 – 5.5.

Таблиця 5.2. Коефіцієнт β_v відносно швидкості вітру і повторюваності

	П<15%	П≥15%
V<5м/с	0,00	0,05
V≥5м/с	0,00	0,10

Зм. інв. №						Арк.
Підпис та дата						Арк.
Інв. № ор.						Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	

Таблиця 5.3. Додаткові тепловтрати β_v через зовнішні огороження за напрямками та повторюваністю вітру в м.Луцьк

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Повторювальність вітру, %	4,6	3,5	10,3	13,1	15,4	16,4	26,1	10,6
Швидкість вітру V, м/с	3,4	3,0	3,9	3,9	4,0	4,5	4,9	4,5
Коефіцієнт β_v	0	0	0	0	0,05	0,05	0,10	0

Таблиця 5.4. Коефіцієнт β_n , що враховує поверховість будівель

β_n розрахункове	$10 \leq N \leq 15$	$N \geq 16$
0.10	0.10	0.20
0.10	0.10	0.20
0.05	0.05	0.15
0	0	0.10
0	0	0

Таблиця 5.5. Додаткові тепловтрати $\Sigma \beta$ через огорожуючі конструкції

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПлЗ	З	ПнЗ
1 поверх	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,10
2 поверх	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,10
3 поверх	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,05
4 поверх	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,00
Типовий поверх	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,00

Дані щодо зовнішніх конструкцій розглянутих приміщень представлені в таблиці, що містить проміжні дані, що використовуються для розрахунку теплової потужності системи опалення, як для кожного приміщення, так і для будівлі в цілому (див. розділ 4, таблиця 4.1).

У першому стовпці таблиці вказано номер і назву кімнати. Нумерація кімнат така: останні дві цифри відповідають номеру кімнати на плані, а перші дві - поверху. Назви кімнат скорочуються, наприклад: ЖК – житлова кімната, Кух – кухня, СХ – сходова клітка, ЛХ – ліфтовий хол тощо.

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							34
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.6. Розрахунок тепловтрат приміщень багатопверхового будинку

Приміщення			Огороджувальна конструкція						Теплові мости			Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, ϵ_1	Температурний коефіцієнт кореляції (неопал. пр.), b_n	Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні	Характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні	Тепловтрат опал. прим. через ОК до трансмісійні тепловтрати приміщення, $Q_{T,1}$, Вт	Мінімальний саятарно-дзігненцій повітрообмін в приміщенні, $V_{min,1}$	Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, $H_{1,1}$, Вт/°C	Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $Q_{V,1}$, Вт	Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.), $Q_{Ф,1}$, Вт	Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $Q_{SO,1}$	Теплова потужність системи опалення приміщення, $Q_{H,1}$, Вт	
№ Приміщення/Найменування	Площа приміщення, A_k , m^2	Температура, $\Theta_{int,1}$, °C	Позначення	Орієнтація	Довжина, a , м	Ширина (висота), $b(h)$, м	Площа, A_k , m^2	Коефіцієнт теплопередачі, U_k	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, ϵ_k	Коефіцієнт теплопередачі теплового мосту, ψ_k , Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$)	Довжина теплового мосту, l , м												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
101	23,5	22,0	ЗС	Пд	7,6	3,5	26,6	0,3	1,2						8,0		881,6	54,0	18,4	807,8	-234,8	646,8	1454,7
ЖК	3,4		ЗС	З	4,4	3,5	10,6	0,3	1,2					3,2									
			В	З	3,5	1,4	4,9	1,1	1,2					6,3									
			ПЛ	-	7,6	4,4	33,3	0,2	1,0				0,4		2,6								
102	11,7	20,0	ЗС	Пд	0,5	3,5	1,9	0,3	1,2						0,6		366,5	54,0	18,4	807,8	-117,3	249,2	1057,0
ЖК	1,7		ЗС	З	3,9	3,0	9,2	0,3	1,2					2,8									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,2					3,1									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0				0,4		2,9								
201	23,5	22,0	ЗС	Пд	7,6	3,0	22,7	0,3	1,2						6,8		687,7	54,0	18,4	807,8	-234,8	452,9	1260,8
ЖК	3,4		ЗС	З	4,4	3,0	8,3	0,3	1,2					2,5									
			В	З	3,5	1,4	4,9	1,1	1,2					6,3									
			СТ	-	7,6	4,4	33,3	0,2	1,0					5,8									
202	11,7	20,0	ЗС	Пд	0,5	3,0	1,6	0,3	1,2						0,5		245,0	54,0	18,4	807,8	-117,3	127,7	935,5
ЖК	1,7		ЗС	З	3,9	3,0	9,2	0,3	1,2					2,8									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,2					3,1									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
301	23,5	22,0	ЗС	Пд	7,6	3,0	22,7	0,3	1,2						6,5		659,1	54,0	18,4	807,8	-234,8	424,3	1232,1
ЖК	3,4		ЗС	З	4,4	3,0	8,3	0,3	1,2					2,4									
			В	З	3,5	1,4	4,9	1,1	1,2					6,1									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
302	11,7	20,0	ЗС	Пд	0,5	3,0	1,6	0,3	1,2						0,5		234,8	54,0	18,4	807,8	-117,3	117,4	925,3
ЖК	1,7		ЗС	З	3,9	3,0	9,2	0,3	1,2					2,6									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,2					2,9									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
401	23,5	22,0	ЗС	Пд	7,6	3,0	22,7	0,3	1,1						6,2		630,4	54,0	18,4	807,8	-234,8	395,6	1203,5
ЖК	3,4		ЗС	З	4,4	3,0	8,3	0,3	1,1					2,3									
			В	З	3,5	1,4	4,9	1,1	1,1					5,8									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
402	11,7	20,0	ЗС	Пд	0,5	3,0	1,6	0,3	1,1						0,4		224,6	54,0	18,4	807,8	-117,3	107,2	915,1
ЖК	1,7		ЗС	З	3,9	3,0	9,2	0,3	1,1					2,5									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,1					2,8									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
1001	23,5	22,0	ЗС	Пд	7,6	3,4	25,9	0,3	1,1						6,8		771,2	54,0	18,4	807,8	-234,8	536,5	1344,3
ЖК	3,4		ЗС	З	4,4	3,4	10,2	0,3	1,1					2,8									
			В	З	3,5	1,4	4,9	1,1	1,1					5,8									
			СТ	-	7,6	4,4	33,3	0,2	1,0				0,4		2,1								
1002	11,7	20,0	ЗС	Пд	0,5	3,4	1,8	0,3	1,1						2,8		359,7	54,0	18,4	807,8	-117,3	242,3	1050,2
ЖК	1,7		В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,1					2,8									
			ЗС	З	3,9	3,4	10,9	0,3	1,1					3,0									
			СТ	-	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0				0,4		0,9								
403	14,9	20,0	ЗС	Пд	1,5	3,0	2,5	0,3	1,1						0,7	0,0	452,3	54,0	18,4	807,8	-149,1	303,2	1111,0
Кух	1,9		ЗС	З	3,9	3,0	7,1	0,3	1,2					2,1									
			В	Пд	1,3	1,4	1,8	1,1	1,1					2,2									
			В	З	3,2	1,4	4,5	1,1	1,2					5,8									
404	14,5	20,0	ЗС	Пд	0,3	3,0	1,0	0,3	1,1						0,3	0,0	250,3	81,0	27,5	1211,8	-145,1	105,3	1317,0
ЖК	1,8		ЗС	З	3,7	3,0	8,7	0,3	1,2					2,6									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,2					3,1									
			ПЛ	З	3,9	3,8	14,6	0,2	1,0					2,9									
405	11,2	20,0	ЗС	Пд	0,7	3,0	2,2	0,3	1,1					0,1	0,1		424,0	81,0	27,5	1211,8	-112,3	311,7	1523,4
Кух	1,4		ЗС	З	4,3	3,0	9,1	0,3	1,2					2,7									
			ЗС	Пн	0,7	3,0	0,1	0,3	1,0					0,0									
			В	З	2,8	1,4	4,0	1,1	1,2					5,1									
406	17,6	20,0	ЗС	Пд	1,6	3,0	2,8	0,3	1,1					0,1	0,1		433,4	81,0	27,5	1211,8	-175,5	257,9	1469,6
Кух	2,2		ЗС	З	4,3	3,0	9,1	0,3	1,2					2,7									
			ЗС	Пн	0,7	3,0	0,1	0,3	1,0					0,0									
			В	З	2,8	1,4	4,0	1,1	1,2					5,1									
407	15,9	20,0															219,1	81,0	27,5	1211,8	-158,6	60,5	1272,3
ЖК	2,0		ЗС	З	3,2	3,0	7,1	0,3	1,2					2,1									
			В	З	1,7	1,4	2,4	1,1	1,2					3,1									

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

Зм. Кільк. Арк. Нодок. Підп. Дата

Кваліфікаційна робота

Розрахункове річне споживання

Величину розрахункового річного теплоспоживання системою опалення будинку W , ГДж/рік розраховано за формулою [10] :

$$W = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o.} \cdot 24 \cdot Z_{o.c.} (t_{вн} - t_{oc}) \cdot 10^{-6} abc}{t_{вн} - t_{зовн}} = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o.} \cdot 24 \cdot S_{jc} \cdot 10^{-6} abc}{t_{вн} - t_{зовн}}$$

де $Q_{c.o.}$ -розрахункова теплова потужність;

$S_{c.o.}$ - кількість градусо - діб опалювального сезону [7];

$t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього приміщення;

$t_{зовн5}$ - середня температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки [7];

$b=0,9$ коефіцієнт, який враховується коли більше 75% опалювальних приладів обладнані автоматичними регуляторами.

$$W = 435480 \text{ ГДж/рік (120966 кВт*год/рік).}$$

Питоме річне теплоспоживання

Питоме річного теплоспоживання системою опалення будинку W , ГДж/рік·м² розраховано за формулою [12]:

$$w = W / A_{з.п.} = 54,37 \text{ кВт.год/рік·м}^2;$$

$$(E_{\max} = 55,0 \text{ кВт.год/м}^2 \text{ за рік [10]).}$$

Висновок: знайдена величина питомого річного теплоспоживання системою опалення w не перевищує нормативного контрольного значення E_{\max} , а отже розрахунок тепловтрат відповідає нормам.

Витрата води

Витрату води в системі опалення визначають за формулою [4]:

$$G_{co} = \frac{0,86 Q_{co}}{t_r - t_o} = 12197 \text{ кг/год}$$

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
									38
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

5.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи водяного опалення

А) Вибір системи водяного опалення.

У рамках проєкту було обрано двотрубну систему водяного опалення для багатоквартирного житлового будинку. Ця система має важливі переваги:

- 1) У порівнянні з однотрубними системами, двотрубна система знижує загальні витрати на експлуатацію.
- 2) У всіх опалювальних приладах забезпечується постійна різниця температур теплоносія, що дозволяє ефективно нагрівати приміщення.
- 3) Середня температура води у приладах двотрубного стояка залишається однаковою, що дозволяє використовувати менші за розміром фанкойли без втрати ефективності.
- 4) Ця система дозволяє встановлювати більшу кількість опалювальних приладів, що є важливим для будинків з різноманітними плануваннями.
- 5) Простота гідравлічного налаштування, тобто забезпечується рівномірний розподіл тепла по всіх поверхах і приміщеннях.
- 6) Завдяки поквартирному відключенню можна локально регулювати, проводити ремонтні або профілактичні роботи без необхідності зупиняти всю систему опалення.
- 7) Прокладання трубопроводів під підлогою покращує зовнішній вигляд інтер'єру та забезпечує санітарно-гігієнічні умови, що забезпечує естетичність та зручність.
- 8) Індивідуальний контроль теплоспоживання, тобто можливість регулювання кількості тепла, що подається в приміщення, за допомогою термостатичних клапанів.

Недоліки двотрубної системи:

- 1) Триваліший процес налаштування тепловіддачі кожного приладу під час пусканалагоджувальних робіт.

Б) Опалювальні прилади

Для ефективної роботи системи опалення заплановано використання сучасних фанкойлів MYCOND серії SEC/F. Ці прилади мають високі теплотехнічні характеристики, надійність та естетичний зовнішній вигляд. Детальна інформація про їх технічні параметри наведена у додатку 2.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

Для компенсації тепловтрат санвузлів пропонується встановлення електричних рушникосушарок NAVIN Омега 530x800 з терморегулятором, максимальною потужністю 190 Вт.

В) Запірна та терморегулююча арматура

Для надійного функціонування системи передбачено використання гарнітури HERZ-2000, яка забезпечує точне налаштування режиму роботи фанкойлів.

На підводках до кожного фанкойлу встановлюватимуться термостатичні крани HERZ-TS, що мають такі переваги:

- 1) Висока чутливість до змін температури.
- 2) Точне підтримання заданого температурного режиму.
- 3) Здатність враховувати додаткові джерела тепла, такі як сонячне випромінювання, освітлення чи електроприлади.
- 4) Економія теплоносія до 30% завдяки автоматичному регулюванню.

Г) Трубопроводи

У проекті передбачено використання двох видів трубопроводів:

Металопластикові труби Herz-Нака для внутрішньоквартирної розводки. Вони мають такі переваги:

- 1) Висока якість матеріалу, який не піддається корозії та утворенню відкладень.
- 2) Стійкість до високих температур.
- 3) Тривалий термін служби, що становить не менше 50 років.
- 4) Зручність та швидкість монтажу.

Сталеві водогазопровідні труби (відповідно до ДСТУ 8936:2019) для вертикальних та горизонтальних стояків.

Прокладання трубопроводів до фанкойлів запроектовано під підлогою приміщень, що забезпечить приховане розташування комунікацій, зручність експлуатації та естетичний вигляд.

5.4 Розрахунок опалювальних приладів сходово-ліфтового холу

Розрахункову теплову потужність системи опалення сходового холу обчислюємо за формулою [10]:

$$Q_{ск}=(Q_{1ск} b_1 b_2)/0,97=12580 \text{ Вт}$$

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							40
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Обчислюємо витрату води, що надходить із теплової мережі і проходить через опалювальні прилади сходового та ліфтового холу:

$$G_{TM} = G_{оп} = \frac{0,86Q_{ck}}{t_r - t_o} = 541 \text{ кг/год}$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік опалювального приладу:

$$Q_{он} = (Q_1 - Q_{вн} - 0,9Q_{тр} - Q_{зп})b_2b_3 = Q_1 = 11334 \text{ Вт}$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

$$\Delta t_T = T_r - \frac{\Delta t_{он}}{2} - t_{вн} = 24^\circ\text{C}$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta t_T}{70}\right)^{1+n} = 0,34; \quad \varphi_2 = \left(\frac{G_{он}}{360}\right)^p = 1,01;$$

Поправочний коефіцієнт b для сталевих радіаторів типу 33 при барометричному тиску для м. Луцьк приймаємо рівним 0,99.

Значення інших коефіцієнтів:

$\psi_1=0,98$ – схема руху води «зверху-вниз»

$\psi_2=1$ - дворядна установка радіаторів по вертикалі

$\psi_3=1$ - однорядна установка радіаторів у глибину

$c=1$ - показник сталевих радіаторів типу 33

Необхідний тепловий потік опалювального приладу, адаптований до стандартних умов.:

$$Q_{н}^{потр} = \frac{Q_{он}}{\varphi_1\varphi_2bc\psi_1\psi_2\psi_3} = 29758 \text{ Вт}$$

Приймаємо до установки 7 сталевих радіаторів Romstal 33 тип 600x1600 мм бокове підключення з сумарним номінальним тепловим потоком $Q_{н} = 32053 \text{ Вт}$

Перевищення необхідного теплового потоку складає – 7,7%.

5.5 Гідралічний розрахунок системи опалення

Гідралічний розрахунок системи опалення проводиться шляхом вибору головного циркуляційного контуру - ділянки, що проходить від ІТП до опалювального приладу, який розташований на верхньому 10-му поверсі 11-ї квартири.

Гідралічний розрахунок системи опалення проводиться з урахуванням теплових навантажень (див. таблицю 5.7). Внутрішній діаметр труби визначається на ділянках, де досягаються економічні швидкості теплоносія від 0,4 до 0,7 м/с. За технічними даними труб та їх діаметрами визначаються відповідні гідралічні характеристики: умовний діаметр d_y для сталевих труб, внутрішній діаметр для

Зм. інв. №						Арк.
Підпис та дата						Арк.
Інв. № ор.						Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	41

неметалевих труб, коефіцієнт тертя λ/d , питому пропускну здатність G/v , питомий динамічний тиск A або питомий гідравлічний опір R .

Коефіцієнти місцевого опору труб розраховуються за таблицями гідравлічного опору та технічними паспортами обладнання. Якщо ці коефіцієнти відсутні, втрати тиску обладнання визначаються на основі витрати теплоносія, розрахованої за допомогою діаграм у технічних паспортах.

Для забезпечення гідравлічної стабільності системи опалення під час статичного балансування передбачається, що втрати тиску в контрольованих секціях становлять щонайменше 70% від загальних втрат у головному контурі.

Для підвищення ефективності регулювання температури втрати тиску в термостатичному клапані радіатора повинні становити щонайменше 25% від загальних втрат у головному контурі. Встановлення автоматичних диференціальних регуляторів у житлових приміщеннях дозволяє зменшити розмір регульованих секцій і, як наслідок, втрати тиску.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

Таблиця 5.8. Гідралічний розрахунок головної магістралі системи опалення багатоквартирного житлового будинку

Інв. № ор.		Підпис та дата		Зм. інв. №													
№	діл.	$Q_{об}, Вт$	Теплове навантаження ділянки	Коефіцієнт проходу теплової та гідралічного потоку ϕ	Втрата води на ділянці $G, кг/год$	Довжина ділянки $L, м$	Діаметр трубопроводу $d, мм$	Приведений коефіцієнт тертя $\lambda/d, м^{-1}$	Питома витрата води $G/v, (кг/год)/ (м/с)$	Питомий динамічний тиск $A \cdot 10^{-4}, Па/(кг/год)^2$	Швидкість води на ділянці $V, м/с$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\Sigma \zeta$	Приведений коефіцієнт місцевих опорів $\zeta_{пр}$	Характеристика опору ділянки $S, Па/(кг/год)^2$	Втрата тиску на ділянці $\Delta P_{об}, Па$	Загальні втрати тиску $\Sigma \Delta P, Па$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
III-A	250197	1,0000	10758	6,2	100	0,24006	28040	0,0000006	0,384	0,9	2,388	0,000001	171	171			
III-A	250197	1,0000	10758	7,1	100	0,24006	28040	6,1847E-07	0,384	0,9	2,604	0,000002	186	357			
A-1	132843	0,5310	5712	9,50	70	0,38	13600	0,0000027	0,420	1,3	4,91	0,000013	433	790			
A-1	132843	0,5310	5712	9,50	70	0,38	13600	0,0000027	0,420	1,3	4,91	0,000013	433	1223			
1-2	117873	0,4711	5069	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,649	1,5	3,12	0,000025	649	1872			
1"-2"	117873	0,4711	5069	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,649	2	3,62	0,000029	753	2625			
2-3	104643	0,4182	4500	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,576	1	2,62	0,000021	430	3055			
2"-3"	104643	0,4182	4500	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,576	1	2,62	0,000021	430	3484			
3-4	91583	0,3660	3938	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,504	3	5,16	0,000042	648	4133			
3"-4"	91583	0,3660	3938	4,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,504	3	5,16	0,000042	648	4781			
4-5	78769	0,3148	3387	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,434	1	2,62	0,000021	243	5024			
4"-5"	78769	0,3148	3387	3,00	50	0,54	7810	0,0000081	0,434	1	2,62	0,000021	243	5268			
5-6	65955	0,2636	2836	3,00	40	0,75	4670	0,000225	0,607	1,5	3,75	0,000084	679	5946			
5"-6"	65955	0,2636	2836	3,00	40	0,75	4670	0,000225	0,607	2	4,25	0,000096	769	6716			
6-7	53141	0,2124	2285	4,00	40	0,75	4670	0,000223	0,489	3	6	0,000135	705	7420			
6"-7"	53141	0,2124	2285	4,00	40	0,75	4670	0,000223	0,489	3	6	0,000135	705	8125			
7-8	40328	0,1612	1734	3,00	32	0,9	3580	0,000383	0,484	1,5	4,2	0,000161	484	8609			
7"-8"	40328	0,1612	1734	3,00	32	0,9	3580	0,000383	0,484	2	4,7	0,000180	541	9150			
8-9	27514	0,1100	1183	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,580	1,5	5,4	0,000637	892	9017			
8"-9"	27514	0,1100	1183	3,00	25	1,3	2040	0,0001180	0,580	2	5,9	0,000696	974	9992			
9-10	14700	0,0588	632	3,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,506	1,5	6,87	0,002164	865	10015			
9"-10"	14700	0,0588	632	3,00	20	1,79	1250	0,0003150	0,506	2	7,37	0,002322	928	10943			
$Q_{10} =$		14700 Вт															
$N =$		0,00 %															

Для забезпечення гідралічної сталості роботи системи опалення при статичному балансуванні приймаємо, що втрати тиску у приладових ділянках складають не менше 70% від загальних втрат у головному циркуляційному кільці. Тоді мінімальні втрати тиску у найбільш навантаженій приладовій ділянці X поверну повинні бути не менше:

Таблиця 5.9. Гідравлічна ув'язка приладових ділянок 10 поверху

№ діл.	$Q_{оп}$, Вт	φ	G , кг/год	l , м	d , мм	λ/d , м ⁻¹	G/v , (кг/год)/(м/с)	$A \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/год) ²	V , м/с	$\Sigma \xi$	$\xi_{пр}$	S , Па/(кг/год) ²	$\Delta P_{дир}$, Па	$\Sigma \Delta P$, Па
10-K10	14700	0,0588	632	0,05	20	1,79	1250	0,0003150	0,506	3,25	3,34	0,001052	420	11363
10"-K10"	14700	0,0588	632	0,15	20	1,79	1250	0,0003150	0,506	2,75	3,019	0,000951	380	11743
Для приладових віток приймаємо металопластикові трубопроводи фірми Herz PE-RT/Al/PE-HD - D _{вн} × S = 16 × 2, d _{вн} = 16 мм														
K10-a	3320	0,0133	143	0	15	2,69	685	0,0010500	0,208	48,98	48,98	0,051429	7048	18791
K10-a	3320	0,0133	143	24	16	1,86109	395,83	0,00310369	0,361	0	44,67	0,138630	2825	21616
a"-b"	3250	0,0130	140	5,1	16	1,86109	395,826	0,0031037	0,353	1,5	10,99	0,034114	666	22283
a"-b"	3250	0,0130	140	4,2	16	1,86109	395,826	0,0031037	0,353	1,5	9,317	0,028916	565	22847
b-on1011	1700	0,0068	73	10	16	1,86109	395,826	0,0031037	0,185	1,5	20,11	0,062418	334	23181
b'-on1011'	1700	0,0068	73	0	16	1,86109	395,826	0,0031037	0,185	1,5	1,5	0,004656	1825	25006
on1011	1700	0,0068	73	0	16	2,69	685	0,0010500	0,107	2,5	2,5	0,002625	2094	27100
Втрати тиску на приладовій ділянці, Па														
Авторитет приладової ділянки, %														
Авторитет радіаторного клапана, %														

Обладнання	Ступінь поперерего налаштування	ΔP , Па
Herz-TS-90V	9	1800
Herz-4002 41	1,3	2000

Гідравлічний розрахунок інших ділянок чотквартирного стояка 10-2.

b - on1010	1550	0,0062	67	3	16	1,29895	703,69	0,0009820	0,095	1	4,897	0,004809	21
b" - on1010"	1550	0,0062	67	3	16	1,29895	703,69	0,0009820	0,095	1	4,897	0,004809	21
a - on1012	70	0,0003	3	4	16	1,29895	703,69	0,0009820	0,004	1	6,196	0,006084	0,1
a" - on1012"	70	0,0003	3	4	16	1,29895	703,69	0,0009820	0,004	1	6,196	0,006084	0,1

Гідравлічна ув'язка опалювальних приладів приладової ділянки 5 кв. X поверху

Поверх-квартира-оп.прилад	Розрахункові величини			
	Q _{оп.} , Вт	Со-л., кг/год	$\Delta P_{пор.РТ}$, Па	Ступінь поперерего налаштування Herz-TS-90-V
1010	1550	66,7	4210	6
1011	1700	73,1	1800	8
1012	70	3,0	5483	2
			$\Delta P_{д.гтк}$, Па	Нев'язка, %
			7200	160,88
			3500	91,46
			550	265,41

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №
Зм.	Кільк.	Арк.
№ док.	Підп.	Дата

Тиск P_n циркуляційного насосу системи опалення визначається за формулою [10]:

$$P_n = 1.1 \cdot (\Delta P_{co} - 0.7 \cdot P_e)$$

де ΔP_{co} - втрата тиску в системі опалення, Па (з врахуванням втрат тиску у фанкойлі BRIO-I-SLIM-MPV тип 20 – $P_{ф.сер.} = 7900$ Па)

P_e - максимальний природний тиск, Па, який розраховується за формулою [10]:

$$P_e = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{max.o/p} - H_{ит})$$

де g - прискорення вільного падіння;

β - середній приріст об'ємної маси води при охолодженні її на 1°C , яке в інтервалі температур $65...95^\circ\text{C}$ приймається рівним 0.624 кг/(м³К) [10];

Δt - розрахункова різниця температур в подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення, $^\circ\text{C}$;

$H_{max.o/p}$ - відмітка о/п найбільш віддаленого ОП по вертикалі від джерела теплоти, м;

$H_{ит}$ - відмітка джерела теплоти, м.

$$P_e = 4162 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{co} = 27100 + 7100 + 7900 = 42300 \text{ Па}$$

$$P_n = 43325 \text{ Па}$$

Отримавши результати гідравлічного розрахунку (таблиця 5.8) - загальна витрата води на опалення становить 11246 кг/год, а тиск P_n циркуляційного насоса системи опалення становить 43 кПа, а також враховуючи технічні характеристики мережевого насоса (додаток 3), було прийнято рішення про встановлення двох насосів з мокрим ротором WILLO-TOP S 50/7, один з яких буде використовуватися як резервний.

5.6 Підбір опалювальних приладів (фанкойлів)

Для поквартирного опалення прийнято до встановлення фанкойли Mycond SEC/F x.3 (2-трубні. 3-рядні).

Підбір фанкойлів виконано з врахуванням розрахованої теплопродуктивності та гранично дозведеного рівня шуму закріпленого у Державних санітарних нормах допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови (наказ від 22.02.2019 № 463) - у житлових приміщеннях допустимий рівень шуму вдень (08:00 - 22:00) - 40 дБА, а вночі (22:00 - 08:00) - 30 дБА. При цьому максимальний рівень вдень - 55 дБА, вночі - 45 дБА.

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. №док. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						45

Таблиця 5.10. Результати підбору фанкойлів Mycond SEC/F

№ опал. приміщ.	Необхідна розрахункова теплова потужність	Типорозмір фанкойлу	Розрахункова швидкість вентилятора	Фактичний тепловий потік фанкойлу	Звукова потужність фанкойлу	Невязка
№ прим.	Q_1 , Вт	SEC/F	від 1 до 6	$Q_{н. \phi}$, Вт	дБ(А)	M, %
101	1455	5.3	1	1650	26	13,4
102	1057	2.3	2	1060	33	0,3
103	1290	3.3	1	1260	31	-2,3
104	1530	5.3	1	1650	26	7,8
105	1760	4.3	2	1740	33	-1,1
106	1700	4.3	2	1740	33	2,4
107	1470	5.3	1	1650	26	12,24
108	1570	5.3	1	1650	26	5,10
109	1500	5.3	1	1650	26	10,00
110	1560	5.3	1	1650	26	5,77
111	1840	5.3	2	2020	31	9,78
112	70	Ел. рушникосушарка NAVIN Omega 530x800 (190 Вт)				
113	1060	2.3	2	1060	33	0,00
114	840	2.3	1	940	30	11,90
115	760	1.3	2	760	34	0,00
116	1040	2.3	2	1060	33	1,92
117	710	1.3	2	760	34	7,04
118	850	2.3	1	940	30	10,59
119	890	2.3	1	940	30	5,62
120	740	1.3	2	760	34	2,70
121	1030	2.3	2	1060	33	2,91
122	720	1.3	2	760	34	5,56
123	970	2.3	1	940	30	-3,09
124	750	1.3	2	760	34	1,33
125	1050	2.3	2	1060	33	0,95

Інв. № ор.	Зм. інв. №
Підпис та дата	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

46

Таблиця 5.10. Результати підбору фанкойлів Mycond SEC/F (продовження)

№ прим.	Q_1 , Вт	SEC/F	від1 до 6	$Q_{н. \phi}$, Вт	дБ(А)	M, %
201/901	1203	3.3	1	1260	31	4,70
202/902	915	2.3	1	940	30	2,72
203/903	1111	3.3	1	1260	31	13,41
204/904	1317	3.3	1	1260	31	-4,33
205/905	1523	5.3	1	1650	26	8,31
206/906	1470	5.3	1	1650	26	12,27
207/907	1272	3.3	1	1260	31	-0,97
208/908	1355	3.3	2	1560	36	15,14
209/909	1295	3.3	1	1260	31	-2,68
210/910	1346	3.3	2	1560	36	15,89
211/911	1516	3.3	2	1560	36	2,93
212/912	60	Ел. рушникосушарка NAVIN Omega 530x800 (190 Вт)				
213/913	876	2.3	1	940	30	7,34
214/914	725	1.3	2	760	34	4,86
215/915	656	1.3	1	640	32	-2,41
216/916	897	2.3	1	940	30	4,75
217/917	614	1.3	1	640	32	4,21
218/918	733	1.3	2	760	34	3,72
219/919	766	1.3	2	760	34	-0,81
220/920	636	1.3	1	640	32	0,65
221/921	889	2.3	1	940	30	5,71
222/922	615	1.3	1	640	32	4,11
223/923	835	2.3	1	940	30	12,52
224/924	645	1.3	1	640	32	-0,83
225/925	866	2.3	1	940	30	8,59

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

47

Таблиця 5.10. Результати підбору фанкойлів Musond SEC/F (закінчення)

№ прим.	Q_1 , Вт	SEC/F	від 1 до 6	$Q_{н.ф.}$, Вт	дБ(А)	М, %
1001	1344	3.3	2	1560	36	16,05
1002	1050	2.3	2	1060	33	0,94
1003	1280	3.3	1	1260	31	-1,56
1004	1520	5.3	1	1650	26	8,55
1005	1750	4.3	2	1740	33	-0,57
1006	1690	4.3	2	1740	33	2,96
1007	1470	5.3	1	1650	26	12,24
1008	1560	5.3	1	1650	26	5,77
1009	1490	5.3	1	1650	26	10,74
1010	1550	5.3	1	1650	26	6,45
1011	1700	5.3	1	1650	26	-2,94
1012	70	Ел. рушникосушарка NAWIN Омега 530x800 (190 Вт)				
1013	980	2.3	1	940	30	-4,08
1014	840	2.3	1	940	30	11,90
1015	760	1.3	2	760	34	0,00
1016	1030	2.3	2	1060	33	2,91
1017	710	1.3	2	760	34	7,04
1018	850	2.3	1	940	30	10,59
1019	880	2.3	1	940	30	6,82
1020	730	1.3	2	760	34	4,11
1021	1030	2.3	2	1060	33	2,91
1022	710	1.3	2	760	34	7,04
1023	960	2.3	1	940	30	-2,08
1024	750	1.3	2	760	34	1,33
1025	970	2.3	1	940	30	-3,09

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

48

РОЗДІЛ 6.
ВЕНТИЛЯЦІЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО
БУДІНКУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

49

Таблиця 6.1. Підбір вентиляційних припливних решіток першого поверху

№ Кварт	Площа, м ²	Приплив, м ³ /год	Площа живого перерізу решітки, м ²	Розмір настінної решітки, мм	Кількість, шт
1	83	134,46	0,03735	Вентс МВ 160с	2
2	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
3	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
4	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
5	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
6	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
7	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
8	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
9	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
10	53	85,86	0,02385	Вентс МВ 160с	1
11	83	134,46	0,03735	Вентс МВ 160с	2

Аналогічні моделі встановлюємо на інших поверхах.



Рис.6.2. Зовнішній вигляд Вентс 160с



Рис.6.3. Зовнішній вигляд Вентс МВ 450/2

Витяжні решітки та вентилятори. Для ефективного видалення повітря з **кухні** передбачено встановлення витяжних побутових вентиляторів Вентс 100 М. Вентилятор вбудовується безпосередньо у вентиляційну шахту.

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Таблиця 6.2. Технічні характеристики вентилятора Вентс 100 М

Параметр	Величина	Одиниця виміру
		Напруга
Частота струму	50	Гц
Максимальна потужність	14	Вт
Продуктивність	98	м3/год
Струм	0.085	А
Швидкість обертання	2300	об/хв
Рівень шуму на відстані 3 м	34	дВ(А)
Вага	0.55	кг
Захист	IP 34	клас
Розмір патрубку	100	мм



Рис. 6.4. Зовнішній вигляд вентилятора Вентс 100 М

Для суміщених санвузлів обираємо витяжний вентилятор осьовий Вентс 100 Ейс ТН. Ця модель обладнана датчиком вологості, таймером затримки вимкнення та зворотним клапаном. Вентилятор встановлюється у вентиляційну шахту безпосередньо. Видалення повітря відбувається через щілину між лицьовою панеллю і корпусом вентилятора. Вентилятор з датчиком вологості автоматично включається при перевищенні вологості і працює до досягнення необхідного рівня. Після чого він вимикається не відразу, а через час, виставлений на таймері. Також вентилятор можна включити примусово за допомогою звичайного вимикача, при припиненні подання напруги від нього, вентилятор відпрацює алгоритм, приведений вище. Рівень вологості виставляється від 60 до 90 %. Час затримки виключення виставляється від 2 до 30 хвилин.

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							53
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.3. Технічні характеристики вентилятора Вентс 100 Ейс ТН

Параметр	Величина
Напруга, В	220
Частота струму, Гц	50
Максимальна потужність, Вт	8
Витрата повітря, м3/год	90
Струм, А	0,05
Швидкість обертів, хв-1	2165
Рівень шуму на відстані 3 м, дБ(А)	29
Захист, клас	IP24
Розмір патрубку, мм	100



Рис. 6.5. Зовнішній вигляд вентилятора Вентс 100 Ейс ТН

Дефлектори. Для економії електроенергії, під час знаходження вентиляторів в стані «очікування», витягне повітря із кухонь та санвузлів планується видаляти за рахунок встановлення у верхній частині вентканалів турбодефлекторів. Це також дозволяє запобігати утворенню «зворотньої тяги». Принцип роботи дефлектора ґрунтується на ефекті несиметричного обтікання повітряним потоком куполоподібного корпусу пристрою. Незалежно від напрямку та сили вітру, повітряний потік, рухаючись перпендикулярно до вісі обертання, обтікає ліву половину з меншою швидкістю, ніж праву. При взаємодії з відкритими кромками лопатей потік повітря загальмовується та одночасно надає обертання корпусу. У правій половині колеса дефлектора лопаті звернені в протилежному напрямку, тому повітряний потік, що набігає, обтікає поверхню без опору і втрат швидкості руху. В результаті ефекту Бернуллі і відцентрової сили повітря викидається за межі

Зм. інв. №						Арк.
Підпис та дата						Кваліфікаційна робота
Інв. № ор.	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

корпусу з більш низькою швидкістю, ніж у вітру. Прийнято до встановлення турбодефлектори **AVD-200 Вентсистемс**. Вузол встановлення показаний на рисунку 6.6.

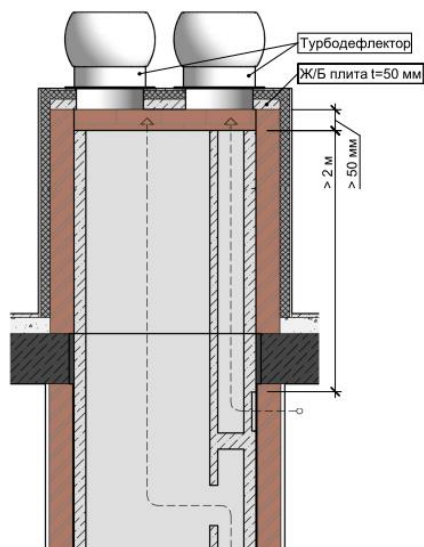


Рис. 6.6. Вузол встановлення турбодефлекторів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата					Зм. інв. №	
						Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		55

РОЗДІЛ 7.
ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №					Кваліфікаційна робота	Арк.
								56
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

7.1. Опис системи гарячого водопостачання

Кількість мешканців - 330 люд.

Кількість встановлених санітарно-технічних приладів $N = 110 \cdot 3 = 330$ шт.

Максимальна допустима швидкість руху води у трубопроводах:

Металеві – 1,5 м/с, мідні – 1,5-2,0 м/с, полімерні матеріали – 2,5 м/с.

Внутрішня мережа акумулювання гарячої води будівлі включає кілька важливих елементів: баки холодної води, труби гарячого водопостачання, стояки, лінії водопостачання сантехнічних приладів у квартирах, кільцеві фітинги між стояками в різних частинах будівлі, магістральні лінії циркуляції, циркуляційні насоси та лічильники води.

Лінія подачі холодної води водонагрівача підключається до входу холодної води квартири після водоміра.

Рекомендується використовувати проточні водонагрівачі, які бувають трубчастими, блочними або пластинчастими. У конструкції водопровідної мережі використовуються оцинковані водо- та газопровідні труби відповідно до стандарту ДСТУ 8936:2019.

Магістральні труби гарячого водопостачання та циркуляційного водопостачання прокладаються в технічному підвалі на висоті -0,6 м. Стояки підключаються до магістрального трубопроводу гарячого водопостачання та встановлюються відкрито у ванних кімнатах (якщо вони окремі). У квартирах стояки підключаються на висоті 1300 мм від підлоги. Горизонтальні ділянки труб дозволяють встановлювати клапани, фільтри, лічильники гарячої води та зворотні клапани. У ванних кімнатах, біля раковин та умивальників, труби встановлюються на висоті 380 мм від підлоги (на 80 мм вище труб холодного водопостачання).

На водомірі, на підключенні водопровідних стояків до основного трубопроводу гарячого водопостачання та на циркуляційному трубопроводі необхідно встановити запірну арматуру. На кільцевих з'єднувачах для видалення повітря встановлюються автоматичні повітрявідвідні клапани. Клапани з номінальним проходом до 50 мм виготовляються з бронзи, латуні або термостійкого пластику..

Під час ремонту водопровідних труб та арматури циркуляційних труб, а також у нижніх ділянках труб необхідно встановити заглушки або кришки для забезпечення стоку води. Ухил горизонтальних труб повинен бути не менше 0,002 для забезпечення ефективного стоку. Зворотні клапани встановлюються на циркуляційних трубах перед підключенням до водонагрівачів та після водомірів. Всі труби побутового водопостачання (крім запірних клапанів рушникосушок та квартирної проводки) покриваються теплоізоляцією для мінімізації тепловтрат.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

7.2. Визначення розрахункових витрат

У багатоквартирному житловому будинку з 330 мешканцями встановлені санітарно-технічні прилади з окремими змішувачами, до яких підводиться гаряча вода: мийка, умивальник та ванна довжиною 1700 мм, що обладнана душем. Загальна кількість санітарно-технічних приладів, до яких підводиться гаряча вода: $N = 110 \cdot 3 = 330$ шт.

Згідно з ДБН В.2.5.-64:2012 дод.А, табл. 6 [14], визначаємо розрахункові максимальні секундні витрати гарячої води для житлового будинку, в якому проживає 330 мешканців. Для цього використовуємо розрахунок (питомо середню за рік) добову витрату води на одного мешканця, яка становить 250 л/добу.

Максимальна секундна витрата гарячої води для цього житлового будинку складає $q^h = 2,05$ л/с

Максимальна годинна витрата гарячої води для цього будинку складає $q_{hr}^h = 5,01$ м³/Год

Середня витрата гарячої води за добу:

$$q_{ht} = \frac{q_{hu} \cdot U}{1000 \cdot 24} = \frac{120 \cdot 330}{1000 \cdot 24} = 1,2 \text{ м}^3/\text{Год}$$

$q_{hu} = 120$ л/добу – денна норма для гарячої води [14]

Витрата за опалювальний період:

$$q_{htm} = \frac{q_{hum} \cdot U}{1000 \cdot 24} = \frac{105 \cdot 330}{1000 \cdot 24} = 1,05 \text{ м}^3/\text{Год}$$

$q_{hu} = 105$ л/добу – норма для ГВ в опалювальний період [14]

7.3. Визначення теплового навантаження на систему гарячого водопостачання

Тепловий потік Q_T^h, Q_{hr}^h за період максимального споживання на потреби гарячого водопостачання (з урахуванням теплових втрат) визначається за формулами [14]:

а) середній за годину:

$$Q_T^h = 1,16q_T^h(55 - t^c) + Q^{ht}$$

б) упродовж години максимального споживання:

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h(55 - t^c) + Q^{ht}$$

де t^c — температура холодної води, Q^{ht} — теплові втрати.

Зм. інв. №					
	Підпис та дата				
Інв. № ор.					
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.
Кваліфікаційна робота					
					Арк.
					58

Теплові втрати Q^{ht} визначаються за формулою:

$$Q^{ht} = q_{w,k}l_{w,k} + q_{w,s}l_{w,s}$$

де:

$q_{w,k}$ — питомі теплові втрати трубопроводів, що прокладаються в підвалах, технічних підпіллях або на горищах: $q_{w,k} = 11$ Вт/м,

$l_{w,k}$ — довжина трубопроводів, що прокладаються в підвалах, технічних підпіллях або на горищах: $l_{w,k} = 80$ м,

$q_{w,s}$ — питомі теплові втрати трубопроводів, що прокладаються в шахтах, каналах або штробах: $q_{w,s} = 7$ Вт/м,

$l_{w,s}$ — довжина трубопроводів, що прокладаються в шахтах, каналах або штробах: $l_{w,s} = 30$ м;

Обчислення теплових втрат:

$$Q^{ht} = 80 \cdot 11 + 30 \cdot 7 = 1090 \text{ Вт}$$

Для максимального споживання гарячої води:

1. Максимальна секундні витрати гарячої води $q_{hr}^h = 3,2$ м³/год,

2. Витрата гарячої води за годину:

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot 3,99(55 - 5) + 1090 = 1264 \text{ Вт}$$

7.4. Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Згідно розробленої аксонометричної схеми гарячого водопостачання всю мережу розподіляють на розрахункові ділянки. За результатами гідравлічного розрахунку визначаються діаметри трубопроводів та втрати тиску.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

Таблиця 7.1. Розрахунок втрат тиску.

№	l, м	N	U	q	d	v	втрати тиску	
							питомі, Па/м	На ділянці, Па
1-2	6	1	2	0,257	0,015	2	1500	10800
2-3	1,6	2	2	0,257	0,015	2	1500	2880
3-4	0,5	3	2	0,257	0,015	2	1500	900
4-5	3	3	2	0,257	0,02	1	300	1080
5-6	3	6	4	0,27	0,02	1	320	1152
6-7	3	9	6	0,29	0,02	1,1	330	1188
7-8	3	12	8	0,31	0,02	1,2	340	1224
8-9	3	15	10	0,33	0,02	1,3	350	1260
9-10	3	18	12	0,35	0,02	1,3	360	1296
10-11	3	21	14	0,37	0,02	1,3	420	1512
11-12	3	24	16	0,39	0,02	1,4	490	1764
12-13	3	27	18	0,405	0,02	1,5	500	1800
13-14	8,5	30	20	0,42	0,025	0,85	160	1632
14-15	3,4	60	40	0,57	0,025	1,1	200	816
15-16	4,7	90	60	0,71	0,032	0,8	75	423
16-17	1,4	120	80	0,84	0,032	1	100	168
17-18	0,4	150	100	0,955	0,032	1,3	150	72
18-19	11,5	180	120	1,07	0,032	1,3	170	2346
19-20	1,6	210	140	1,185	0,032	1,4	180	345,6
20-21	0,9	270	190	1,45	0,04	1,2	110	118,8
21-22	1,6	300	220	1,6	0,04	1,4	150	288
22-23	3	330	240	1,71	0,04	1,5	190	684
								33749,4

7.5. Визначення об'єма бака-акумулятора

За середньостатистичними даними для багатоповерхового житлового будинку витрати гарячої води за добу наводимо у вигляді гістограми.



Рис.7.1. Гістограма витрати гарячої води у відсотках

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Таблиця 7.2. Розрахункові дані для побудови інтегрального графіку теплового навантаження за добу для будинку.

Період, год	Частка сер. попиту, %	Потужність, кВт	Тривалість, год	Надходження теплоти, кВт·год	Σ
0-6	5	12	6	70	70
6-7	35	81	1	81	151
7-8	85	198	1	198	349
8-9	130	302	1	302	651
9-13:30	160	372	4,5	1674	2325
13:30-15:30	130	302	2	605	2930
15:30-20	110	256	4,5	1151	4081
20-22	180	419	2	837	4918
22-24	140	326	2	651	5569

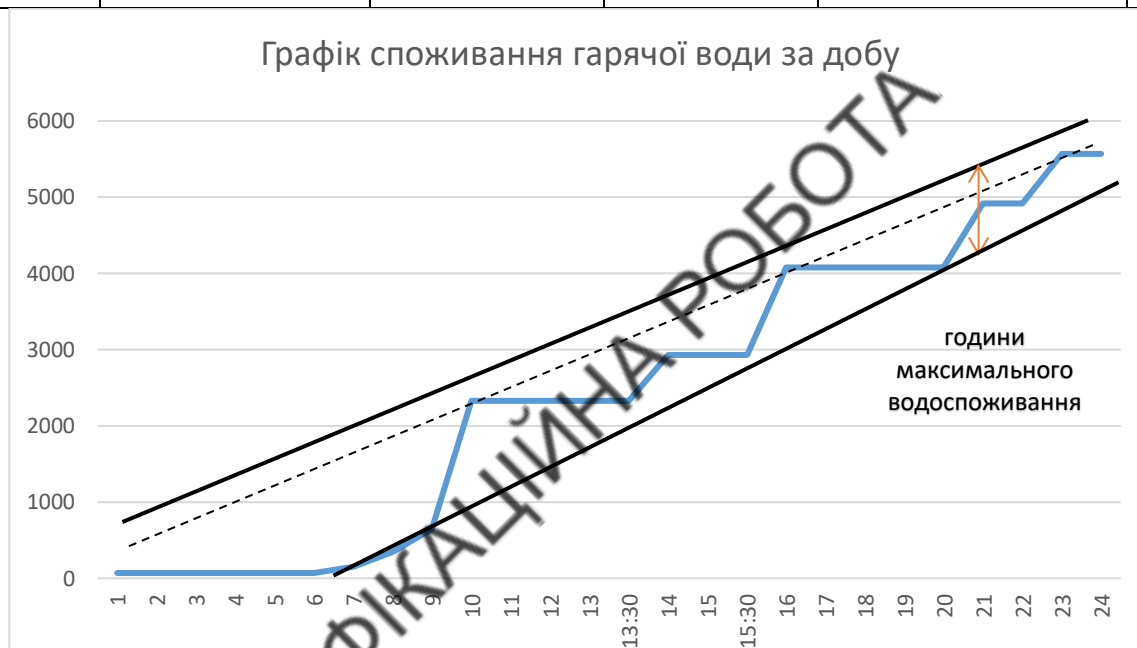


Рис.7.2. Графік споживання гарячої води за добу

$$\Delta Q = 650 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо об'єм бака-акумулятора:

$$V = \frac{3600 \cdot \Delta Q}{c \cdot \rho \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 650}{4,19 \cdot 1000 \cdot (55 - 5)} = 11,1 \text{ м}^3.$$

Передбачається до встановлення чотири баки- акумулятори для ГВП VakiLux модель АБН-1В-2500і з двома теплообмінниками для нагріву від ТН та (за необхідності) від теплової мережі. Також, для забезпечення енергоефективності, існує можливість приєднання системи сонячних колекторів для підігріву води на ГВП.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
									61
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

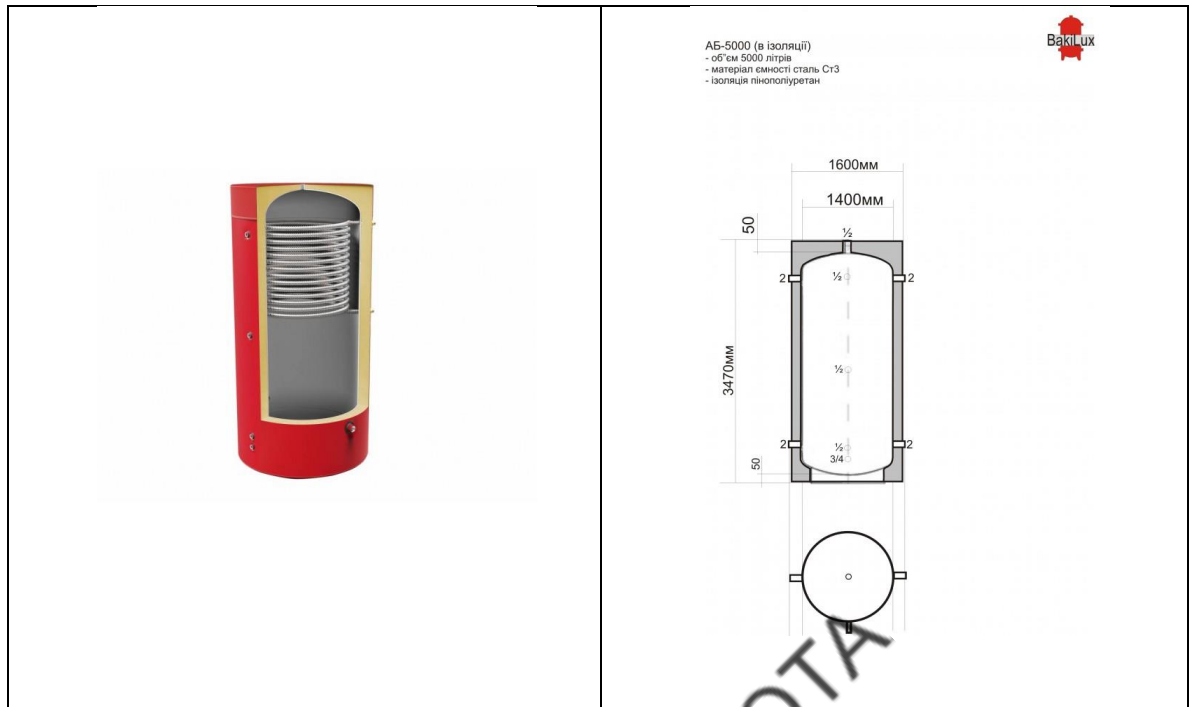


Рис.7.3. Бак- акумулятор для ГВП Vakulux модель АБН-1В-2500і

7.6. Розрахунок та підбір обладнання ГВП

7.6.1 Станція для приготування гарячої води ГВП (контур теплових насосів).

Станція для приготування гарячої води великої потужності. Готує воду в проточному режимі за допомогою пластинчастого теплообмінника. Станція поставляється в блоковій ЕРР-ізоляції, і підходить як для настінного монтажу, так і для монтажу на стінку буферної ємності за допомогою додаткового комплекту монтажу. Забезпечує високу чистоту санітарної води та її миттєве нагрівання за рахунок тепла із системи опалення. Усі трубні підключення всередині станції виконані попередньо ізольованою нержавіючою трубою в теплоізоляції.

Матеріал фітінгів – латунь.

Комплектація станції LogoFresh XL-Line 346 кВт, до 100 л/хв, з рециркуляцією:

- Паяний теплообмінник із нержавіючої сталі для приготування гарячої води.
- Ручні повітря відвідники в опалювальній частині станції.
- Зворотний клапан.
- Кран для зливу.
- Датчик протоки (датчик Холла).
- Контролер.
- ЕРР-теплоізоляція.

Технічна інформація станції LogoFresh XL-Line 346 кВт.

Максимальний тиск в контурі опалення: 6 бар;

Максимальний тиск у санітарному контурі: 10 бар;

Максимальна робоча температура: 90 ° C / 90 ° C;

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота		62	

Діапазон налаштування температури санітарної води: 30 – 85 °С;
Електроживлення: 230 V/50 Hz.



7.6.2. Пластинчатий теплообмінник ГВП (контур теплової мережі).

На схемі обладнання ІТП пластинчатий теплообмінник контуру теплової мережі – позиція 25.

З рівняння теплового балансу визначимо масову витрату теплоносія

$$G_{co} = \frac{Q_{co}}{c \cdot \Delta t} = \frac{261531}{4,19 \cdot 20} = 3,12 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаємо об'ємну витрату теплоносія:

$$V_{co} = 3,6G_{co} = 3,6 \cdot 3,12 = 11,2 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Визначаємо витрату води, яка нагрівається:

$$G_2 = \frac{Q_{гвп} \cdot 1,8}{c \cdot (t''_{2(II)} - t'_{2(I)})} = \frac{232,51 \cdot 1,8}{4,19 \cdot (50 - 5)} = 2,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаємо об'ємну витрату води, яка нагрівається

$$V_2 = 3,6G_2 = 3,6 \cdot 2,2 = 7,9 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Теплообмінник контуру теплових насосів.

Температурний графік.

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

$$t'_{1(I)} = 90^{\circ}\text{C}; \rightarrow t''_{1(I)} = 50^{\circ}\text{C};$$

$$t''_{2(I)} = 70^{\circ}\text{C}; \rightarrow t'_{2(I)} = 5^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{б}} = t''_{1(I)} - t'_{2(I)} = 90 - 5 = 85^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t'_{1(I)} - t''_{2(I)} = 70 - 50 = 20^{\circ}\text{C};$$

Середній температурний напір:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{85 - 20}{\ln \frac{85}{20}} = 44,9^{\circ}\text{C}.$$

Приймаємо пластинчатий теплообмінник РС 0,5 з такими технічними характеристиками:

$K=1800-3200$ Вт/м²К – орієнтований коефіцієнт теплопередачі в межах швидкості 0,2-0,5 м/с;

$K_{\text{п}} = 2000$ Вт/м²К – приведений коефіцієнт теплопередачі.

$G1 = 0,38-2,2$ кг/с

$V1 = 1-8$ м³/год

$\Delta P = 0,606-37,8$ кПа

$H = 0,5-7$ м.в.ст.

Площа поверхні теплообмінника:

$$F = \frac{Q_{\text{гвп}}}{k \Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}}} = \frac{232510}{2000 \cdot 44,9} = 0,36 \text{ м}^2$$

Визначаємо число пластин в теплообміннику:

$$n = \frac{F}{f} + 2 = \frac{0,36}{0,5} + 2 = 3$$

Визначаємо число каналів, по яких рухається теплоносій:

$$N = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

Розрахунок по контуру, що нагріває.

Приймаємо кількість каналів $N_{1(I)} = 2$.

Визначаємо кількість каналів в одному ході теплообмінника:

Зм. інв. №						Арк.	
							64
Підпис та дата						Арк.	
							64
Інв. № ор.						Арк.	
							64
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	Арк.
							64

$$m_{1(I)} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{V_{1(I)}}{V_{min}}\right)^2 \cdot \Delta p_{min} N_{1(I)}}{\Delta p_{доп}}} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{7,9}{1}\right)^2 \cdot 0,606 \cdot 2}{150}} = 0,78 \text{ (приймаємо 1)}$$

Визначаємо кількість ходів:

$$x_{1(I)} = \frac{N_{1(I)}}{m_{1(I)}} = \frac{2}{1} = 2$$

Визначаємо втрати тиску по гріючому контуру:

$$\Delta p_{1(I)} = \left(\frac{V_{1(I)}}{V_{min}}\right)^2 \cdot \Delta p_{min} \frac{N_{1(I)}}{m_{1(I)}^3} = \left(\frac{7,9}{1}\right)^2 \cdot 0,606 \frac{2}{1^3} = 75,6 \text{кПа} < 150 \text{кПа}$$

Умова виконана.

7.6.3 Підбір лічильника гарячої води

Якщо в квартирі є водонагрівач, споживання гарячої води необхідно вимірювати лічильником холодної води, встановленим зі зворотним клапаном перед водонагрівачем. З обох боків лічильника встановлюється запірний кран. Між лічильником та іншим запірним клапаном (у напрямку потоку води) розташований кульовий кран з нерухомою заглушкою, призначений для підключення вимірювальних приладів. Цей кран необхідно встановлювати на відстані максимум 0,5 метра від запірного клапана. Для труб номінальним діаметром 50 мм діаметр регулюючого клапана становить 15 мм, а для діаметрів понад 50 мм - 25 мм.

Лічильник гарячої води підбирають за максимальними секундними $q^h = 1,71 \frac{\text{л}}{\text{с}}$, максимальними годинними $q_{hr}^h = 3,99 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, середніми за годину q_T^h та мінімальними годинними $q_{hr \text{ min}}^h$ витратами гарячої води.

$$q_T^h = \frac{G_T^h}{T \cdot 1000} = \frac{250 \cdot 330}{24 \cdot 1000} = 3,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Для житлового будинку встановлюється витратомір крильчастий ЛЛГ з робочою температурою теплоносія 90°C, з умовним діаметром $D_n = 25\text{мм}$, номінальним тиском $P_n = 1,6\text{МПа}$, максимальними витратами $G_{max} = 7,0 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, номінальними

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							65
Інв. № ор.							Кваліфікаційна робота
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

витратами $G_n = 3,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, перехідними витратами $G_T = 0,35 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ та мінімальними витратами $G_{min} = 0,14 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

7.7. Визначення необхідного напору на ввіді водопроводу до будинку

Необхідний напір водопроводу має визначатися за вимогами гарячого водопостачання тому, що внаслідок наявності підігрівника (бака акумулятора теплоти), втрати напору в системі гарячого водопостачання вищі, ніж у системі холодного водопостачання.

Необхідний напір на ввіді водопроводу до будинку дорівнює сумі всіх втрат напору в системі гарячого водопостачання на шляху до найвіддаленішого водорозбірного приладу:

$$\Delta H_{\text{необ}} = H_{\text{геом}} + \Delta H_{\text{тр}}^* + \Sigma H_{\text{гол}} + h_{\text{ліч}} + \Delta H_{\text{зв.кл.}} + H_f$$

$H_{\text{геом}}$ – різниця між позначкою вводу холодного водопроводу до будинку і позначкою душевої сітки на верхньому поверсі будинку, м;

$\Delta H_{\text{тр}}^*$ - гідравлічний опір підігрівника (контур теплових насосів) за водопровідною водою, м.в.ст.;

$\Sigma H_{\text{гол}}$ – сума втрат напору по трубопроводах головної подавальної гілки системи гарячого водопостачання будинку, м.в.ст.;

$h_{\text{ліч}}$ – втрати напору у лічильнику, встановленому на ввіді холодного водопроводу до будинку, м.в.ст.;

$\Delta H_{\text{зв.кл.}}$ – втрати напору в зворотньому клапані, приймаємо рівним 0,5 м.в.ст.;

H_f – мінімальний вільний напір на злив перед санітарно-технічним приладом, приймаємо в межах від 2 до 3 м.в.ст.

$$\Delta H_{\text{необ}} = 34,6 + 8 + 3,4 + 3 + 0,5 + 2,5 = 52 \text{ м. в. ст.}$$

$$\Delta H_{\text{гар}} = \Delta H_{\text{необ}} - 10 = 52 - 10 = 42 \text{ м. в. ст.}$$

Для забезпечення необхідного напору та нормальної роботи циркуляційної лінії обираємо циркуляційний насос Stratos MAXO-Z 65/0,5-12 PN 16 фірми WILO.

7.8 Заходи по енергозбереженню

1) Основними перевагами розбірних пластинчастих теплообмінників є:

- а) можливість розбирання та механічного чищення;
- б) можливість нарощування потужності додаючи пластини;

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
									66
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

- в) швидкі терміни виробництва;
- г) досягнення мінімальної різниці температур (до одного градуса і менше.);
- д) мінімальні тепловтрати в навколишнє середовище (за рахунок малих габаритів прошарку повітря між крайніми пластинами і плитою);
- е) простота обслуговування.

2) Сучасні насоси.

Енергоефективність циркуляційного насоса може значно зменшити ваші рахунки за електроенергію. Ці пристрої розроблені для роботи відповідно до фактичних параметрів вашої домашньої водопровідної системи. Сучасні насоси також мають функцію зниження швидкості в нічний час, яка автоматично регулює оберти насоса.

Завдяки регульованим налаштуванням, енергозберігаючі насоси сумісні як зі старими, так і з новими домашніми водопровідними системами. Не замінюючи всю систему, можна встановити спеціальний насос, який покращує її теплопровідність.

У сучасних системах встановлення циркуляційного насоса планується на етапі проектування. Це усуває необхідність у великих ділянках трубопроводів і, як наслідок, зменшує споживання води.

Більшість сучасних побутових водопровідних насосів компактні, що значно спрощує монтаж. Монтаж здійснюється на ділянці труби, яку використовують мешканці. У цьому випадку немає потреби в обхідній трубі або відключенні системи від основної мережі.

3) Трубопроводи ізольованні

Завдяки оптимальному проектуванню теплоізоляції втрати тепла під час наземного прокладання труб зменшуються в 10–15 разів, а підземного – у 3–5 разів порівняно з неізольованими трубами.

4) Циркуляційна система ГВП.

У цій системі вода розподіляється до кожної точки споживання з двох напрямків. Це запобігає застою води та, як наслідок, забрудненню мережі бактеріями *Legionella pneumophila*, небезпечним збудником хвороби легіонерів. Ця система використовує більше труб, ніж попередня, але можна використовувати труби меншого діаметра. Крім того, заміна води в трубі набагато простіше, ніж у тупиковій системі.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота		67	

Температура контуру стабільна. Регулювання температури залежить від налаштувань термостата (за наявності відповідного пристрою керування), а не від циклу охолодження та нагрівання.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №					Кваліфікаційна робота	Арк.
						68		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

РОЗДІЛ 8.
ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ГРУНТОВОГО ТЕПЛОВОГО
НАСОСУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

8.1 Розрахунок геополя

Розрахунки проводимо за допомогою програми Earth Energy Designer (EED). EED – це шведська PC-програма для проектування вертикальних свердловинних теплообмінників. Його простота у використанні, коротка крива навчання, швидкий час розрахунків і властиві бази даних роблять EED корисним інструментом у повсякденній інженерній роботі для проектування системи геотермального теплового насоса (GSHP). У дуже великих і складних завданнях EED дозволяє отримати приблизний необхідний розмір і схему свердловини.

EED базується на вивченні параметрів за допомогою чисельної імітаційної моделі (SBM), в результаті чого отримані аналітичні рішення теплового потоку з декількома комбінаціями для схеми та геометрії свердловини (g-функції). Ці g-функції залежать від відстані між свердловинами на поверхні ґрунту та глибини свердловини. У випадку з градуйованими свердловинами також існує залежність від кута нахилу. Значення g-функції, отримані в результаті чисельного моделювання, були збережені у файлі даних, до якого EED звертається для швидкого отримання даних.

Розрахунок температури розсолу проводиться для місячних навантажень на тепло/охолодження. Бази даних містять ключові параметри заземлення (теплопровідність і питома теплоємність), а також властивості матеріалів труб і теплоносіїв. Середньомісячні навантаження на опалення та охолодження є вхідними даними. різні методи встановлення щомісячного профілю навантаження.

ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

Розрахунки проводились з врахуванням вимог ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами (EN 154550:2007, MOD) [15] та ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель [16].

Результати розрахунків зведено в таблиці 8.1, 8.2 та 8.3

Річні теплові навантаження розраховано з використанням формул та рекомендацій [16]. Результати розрахунків надано в таблиці 8.1.

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. №док. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						70

Таблиця 8.1 Результати розрахунків річних навантажень

8.1.1 Опалення

γ_H	$Q_{H,nd}$	$\alpha_{H,red}$	$b_{H,red}$	$\tau_{H,0}$	τ	$f_{H,hr}$	$Q_{H,nd,interm}$
0,196899	29177,24	1	3	15	27,8055281	1	29177,23597
0,326677	21244,3	1	3	15	27,8055281	1	21244,30297
0,572895	13696,22	1	3	15	27,8055281	1	13696,21515
1,179357	3469,435	1	3	15	27,8055281	1	3469,435429
2,752683	330,2444	1	3	15	27,8055281	1	0
5,99557	22,60718	1	3	15	27,8055281	1	0
11,26609	2,177576	1	3	15	27,8055281	1	0
7,105199	10,99564	1	3	15	27,8055281	1	0
2,05019	695,278	1	3	15	27,8055281	1	0
0,75598	6674,32	1	3	15	27,8055281	1	6674,319691
0,266414	18837,18	1	3	15	27,8055281	1	18837,18444
0,17065	27867,19	1	3	15	27,8055281	1	27867,18761
							120965,88

8.1.2 Охолодження

Q_{ve} , КВт*год	Q_{ht} , КВт*год	Q_{sol} , КВт*год	Q_{int} , КВт*год	Q_{gn} , КВт*год	γ_C	$\eta_{H,gn}$	$Q_{C,nd}$
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,999948	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,999859	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,999445	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,952278	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,444043	0
19,7208	805,5952	25204,21	1747,2	26951,41	33,45528019	0,536778	26518,98715
33,42676	1365,484	25204,45	1805,44	27009,89	19,78045492	0,430472	26422,08913
39,4416	1611,19	22662,13	1805,44	24467,57	15,18602006	0,596699	23506,17433
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,602181	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,993041	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,999736	0
0	0	0	0	0	#ДІЛЕННЯ/0!	0,999936	0
92,58916	3782,269	73070,8	5358,08	78428,88			76447,251

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Розглянемо два варіанти:

- 1 – підбір оптимальної довжини свердловин за вказаною кількістю;
- 2 – підбір потрібної кількості свердловин з оптимальною нормованою довжиною 100м.

Для визначення вихідних даних про землю, вказуємо шари, їх породу і товщину (див. Рис. 8.1).

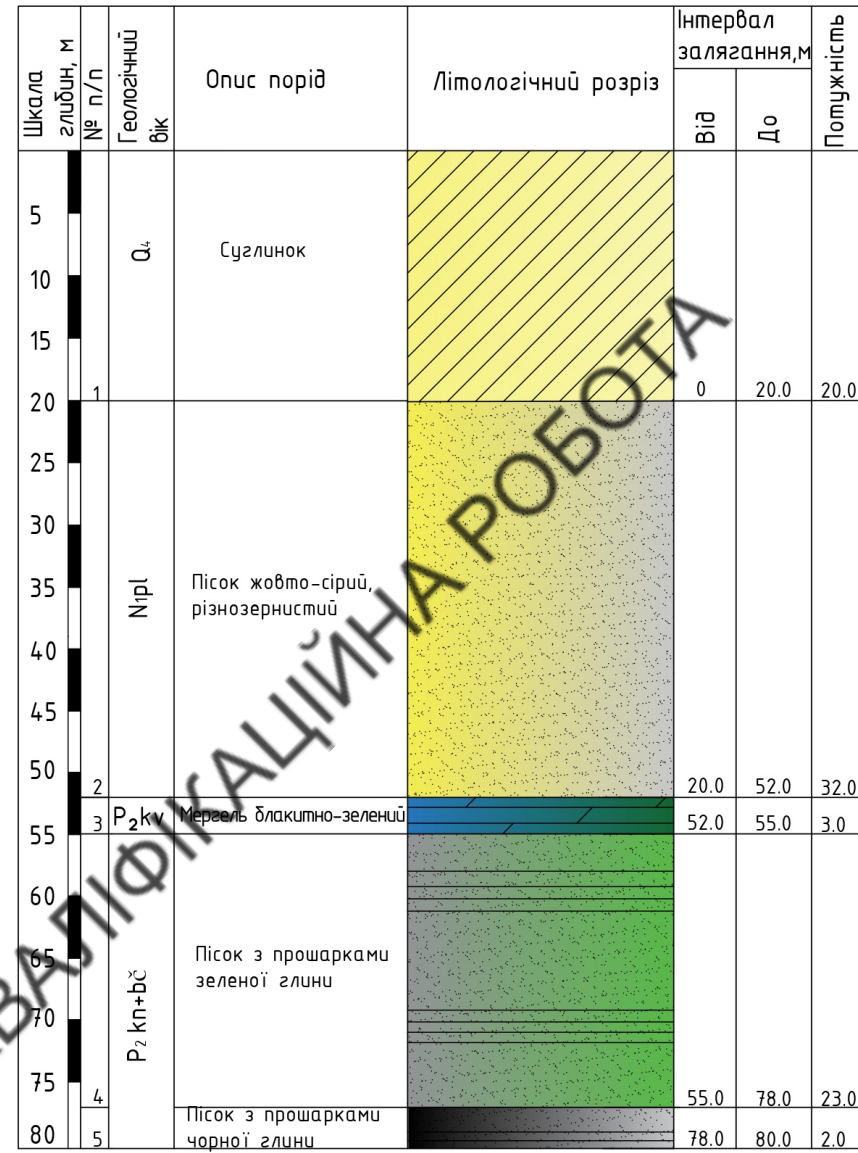


Рис. 8.1. Опис шарів землі

Інв. № ор.	Зм. інв. №
Підпис та дата	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата
-----	--------	------	-------	-------	------

Проектні дані для першого варіанту занесено до таблиці 8.2. Значення коефіцієнтів та даних взято з каталогу програми.

Таблиця 8.2. Підбір оптимальної довжини скважин за вказаною кількістю

Показник	Значення	Одиниця виміру
ЗЕМЛЯ		
Теплопровідність	1	Вт/(м*К)
Теплоємність	1,6	МДж/(м ³ *К)
Температура поверхні	8,6	°С
Геотермальний тепловий потік	0,06	Вт/м ²
СВЕРДЛОВИНА		
Конфігурація	Прямокутна	-
Кількість	32 (4x8)	шт
Тип зонду	Одинарний U-подібний	-
Діаметр свердловини	152	мм
Діаметр U-подібної труби	40	мм
Товщина U-подібної труби	2,4	мм
Теплопровідність U-подібної труби	0,42	Вт/(м*К)
Відстань між стовпами U-подібної труби	75	мм
Теплопровідність тампожу	1,47	Вт/(м*К)
Тепловий опір труба-тампонаж	0	(м*К)/Вт
ТЕПЛОНОСІЙ		
Теплопровідність	0,47	Вт/(м*К)
Питома теплоємність	3930	Дж/(кг*К)
Густина	1033	кг/м ³
В'язкість	0,0079	кг/(м*с)
Температура замерзання	-10	°С
Витрата на свердловину	0,5	л/с

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата
-----	--------	------	-------	-------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

73

БАЗОВІ НАВАНТАЖЕННЯ		
Річне навантаження на ГВП	140	МВт
Річне навантаження на опалення	125	МВт
Річне навантаження на охолодження	76,1	МВт
Сезонний коефіцієнт продуктивності (ГВП)	2,8	
Сезонний коефіцієнт продуктивності (опалення)	5,14	
Сезонний коефіцієнт продуктивності (охолодження)	5,58	
ТЕРМІН		
Кількість років моделювання	50	років
Перший місяць роботи	Вересень	

Використавши програму, підбираємо оптимальну довжину свердловин для прийнятої кількості – становить 168 мм.

Маємо такі результати:

Загальна довжина свердловин - 5380 м

Внутрішній термічний опір свердловини - 0,43 (м·К)/Вт

Число Рейнольдса - 2365

Тепловий опір рідини/труби - 0,01446 (м·К)/Вт

Тепловий опір матеріалу труби - 0,04844 (м·К)/Вт

Терм. опір труба/тампонаж - 0 (м·К)/Вт

Терм. опір рідина/земля - 0,1045 (м·К)/Вт

Ефективний терм. опір свердловини - 0,1098 (м·К)/Вт

Таблиця 8.3. Середня температура рідини (на кінець місяця)

Рік	1	2	5	10	50
СІЧЕНЬ	13,6	9,02	6,99	5,16	0,19
ЛЮТИЙ	13,6	8,86	6,78	4,96	0,0003
БЕРЕЗЕНЬ	13,6	8,98	6,91	5,1	0,15
КВІТЕНЬ	13,6	9,21	7,23	5,43	0,49
ТРАВЕНЬ	13,6	11,8	9,96	8,18	3,25
ЧЕРВЕНЬ	13,6	13,7	12	10,3	5,36
ЛИПЕНЬ	13,6	15,4	13,8	12,1	7,2
СЕРПЕНЬ	13,6	15,8	14,2	12,5	7,66
ВЕРЕСЕНЬ	12,2	11,4	9,88	8,22	3,4
ЖОВТЕНЬ	10,9	10,1	8,48	6,83	2,03
ЛИСТОПАД	10,2	9,37	7,73	6,08	1,3
ГРУДЕНЬ	9,47	8,68	6,99	5,34	0,58

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								74
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

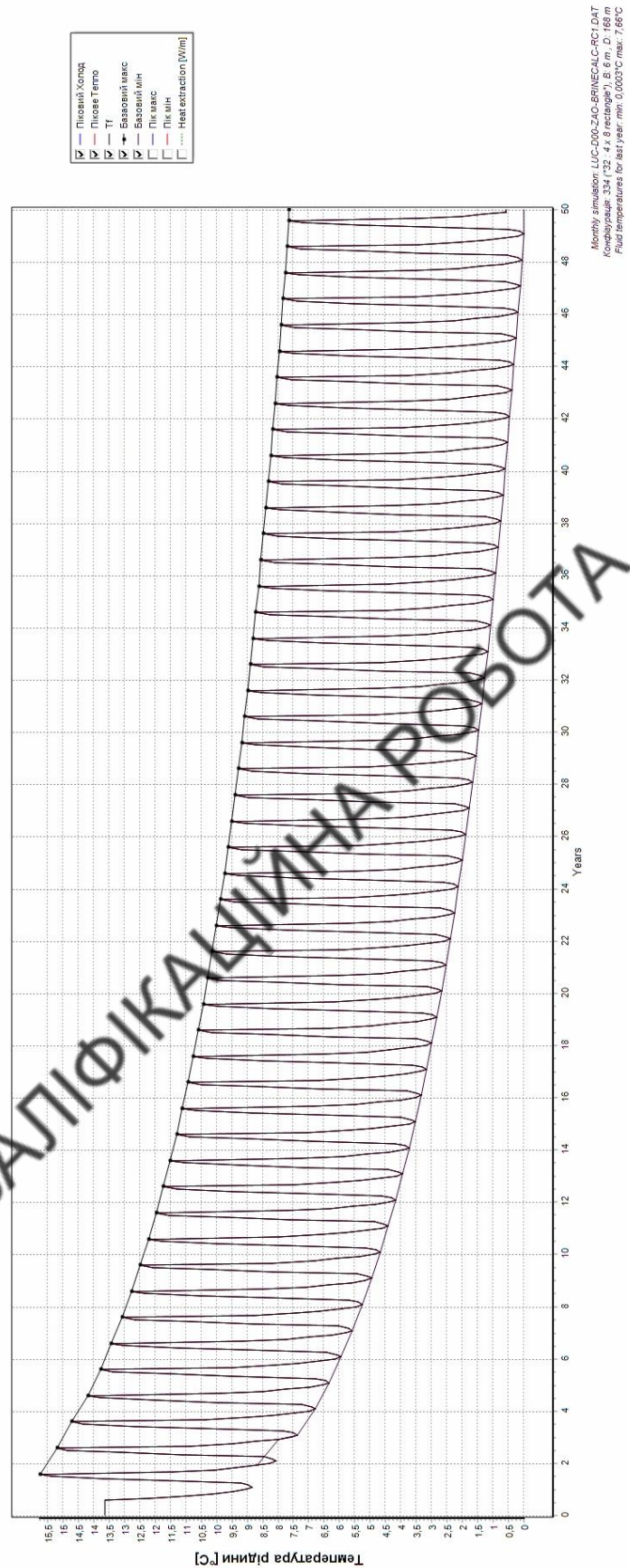


Рис. 8.2. Графік зміни температури ґрунту при конфігурації 4x8 (32) та глибиною занурення скважин 168 мм

За результатами розрахунку можемо бачити, що мінімальна середня температура рідини: 0,0003 °С в кінці лютого через 50 років експлуатації, а отже ми дотримались вимоги.

Але в Україні допускається бурити свердловини максимум на глибину 100 м. [15]. Отже, розглянемо 2-ий варіант.

Таблиця 8.4 Підбір потрібної кількості свердловин з довжиною 100м

Показник	Значення	Одиниця виміру
ЗЕМЛЯ		
Теплопровідність	1	Вт/(м*К)
Теплоємність	1,6	МДж/(м3*К)
Температура поверхні	8,6	°С
Геотермальний тепловий потік	0,06	Вт/м2
СВЕРДЛОВИНА		
Конфігурація	Прямокутна	-
Глибина свердловини	100	м
Тип зонду	Одинарний U-подібний	-
Діаметр свердловини	152	мм
Діаметр U-подібної труби	40	мм
Товщина U-подібної труби	2,4	мм
Теплопровідність U-подібної труби	0,42	Вт/(м*К)
Відстань між стовпами U-подібної труби	75	мм
Теплопровідність тампону	1,47	Вт/(м*К)
Тепловий опір труба-тампонаж	0	(м*К)/Вт

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

ТЕПЛОНОСІЙ

Теплопровідність	0,47	Вт/(м*К)
Питома теплоємність	3930	Дж/(кг*К)
Густина	1033	кг/м ³
В'язкість	0,0079	кг/(м*с)
Температура замерзання	-10	°С
Витрата на свердловину	0,5	л/с

БАЗОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

Річне навантаження на ГВП	140	МВт
Річне навантаження на опалення	125	МВт
Річне навантаження на охолодження	76,1	МВт
Сезонний коефіцієнт продуктивності (ГВП)	2,8	
Сезонний коефіцієнт продуктивності (опалення)	5,14	
Показник	Значення	Одиниця виміру
Сезонний коефіцієнт продуктивності (охолодження)	5,58	

ТЕРМІН

Кількість років моделювання	50	років
Перший місяць роботи	Вересень	

Використавши програму, підбираємо оптимальну кількість свердловин для прийнятої глибини – становить 72 шт (8x9).

Маємо такі результати:

- Загальна довжина свердловин - 7200 м
- Внутрішній термічний опір свердловини - 0,43 (м·К)/Вт
- Число Рейнольдса - 2365
- Тепловий опір рідини/труби - 0,01446 (м·К)/Вт
- Тепловий опір матеріалу труби - 0,04844 (м·К)/Вт
- Терм. опір труба/тампонаж - 0 (м·К)/Вт
- Терм. опір рідина/земля - 0,1045 (м·К)/Вт
- Ефективний терм. опір свердловини - 0,1064 (м·К)/Вт

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							77
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Таблиця 8.5. Середня температура рідини (на кінець місяця)

Рік	1	2	5	10	50
СІЧЕНЬ	11,6	8,1	6,46	4,72	-0,033
ЛЮТИЙ	11,6	7,96	6,26	4,53	-0,2
БЕРЕЗЕНЬ	11,6	8,04	6,31	4,58	-0,12
КВІТЕНЬ	11,6	8,21	6,42	4,68	-0,00084
ТРАВЕНЬ	11,6	10,1	8,26	6,51	1,85
ЧЕРВЕНЬ	11,6	11,5	9,69	7,93	3,29
ЛИПЕНЬ	11,6	12,8	11,1	9,31	4,69
СЕРПЕНЬ	11,6	13,1	11,5	9,76	5,16
ВЕРЕСЕНЬ	10,5	9,98	8,57	6,81	2,24
ЖОВТЕНЬ	9,55	8,98	7,64	5,91	1,36
ЛИСТОПАД	8,99	8,39	7,07	5,37	0,83
ГРУДЕНЬ	8,46	7,83	6,5	4,84	0,32

За результатами розрахунку можемо бачити, що мінімальна середня температура рідини: $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в кінці лютого через 50 років експлуатації. Це менше, ніж 0°C , але така похибка допустима, тому умову витримано.

При розробці проектної документації для буріння геотермальних свердловин в Україні ключовим є врахування вимог ДБН В.2.2-5-74:2013 [19], який встановлює, що максимальна глибина свердловин колоновим методом не повинна перевищувати 150 метрів. Тому другий варіант краще відповідає діючим нормативно-правовим актам України, знижує ризики технічних складнощів і дозволяє оптимізувати витрати.

Проектуємо систему на 300 кВт. Підбираємо три блока теплових насосів НОТJET Н-100w W10/W50. Технічні характеристики цієї моделі надані у додатку 4.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

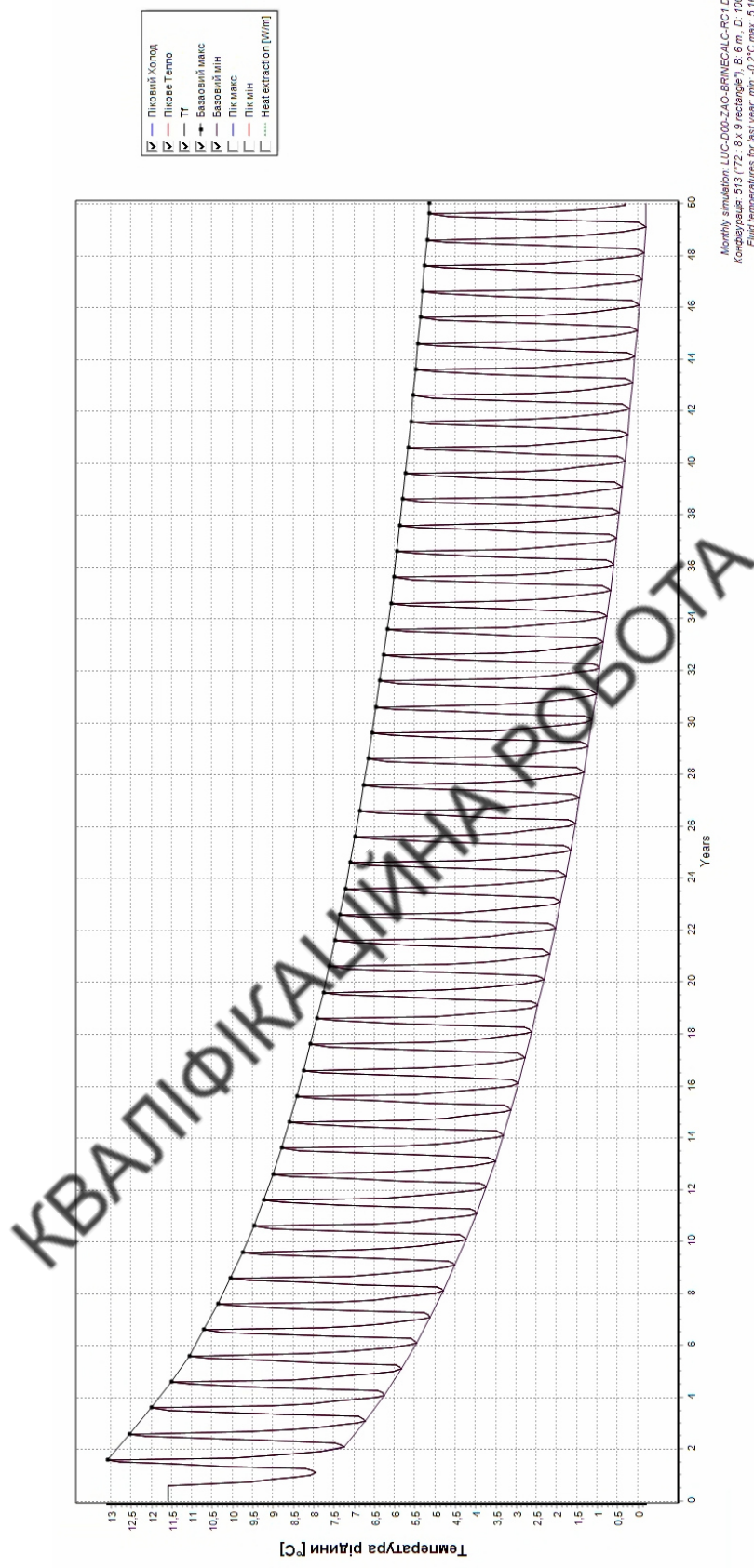


Рис. 8.3. Графік зміни температури ґрунту при конфігурації 9x8 (72) та глибиною занурення скважин 100 мм

Система ГВП представлена баками акумуляторами тепла загальним об'ємом 10000 л. та проточними швидкісними водонагрівачами фірми Meibes.

Для автоматичного підтримання тиску в системі опалення / кондиціонування передбачається система динамічного регулювання, дегазації та автоматичного підживлення Reflex Variomat VS.

Для компенсації температурних розширень теплоносія геотермального контуру передбачаються розширювальні ємності фірми Reflex

Арматура трубопроводів запроектована фірми Danfoss, FIV

ГЕОТЕРМАЛЬНИЙ КОНТУР

Маємо, що за результатами розрахунку для роботи геотермальних теплових насосів передбачається влаштування системи геотермального первинного контуру, що складається: 72 вертикальних зондів (L=100 м), системи розподільчих колекторів та магістралей.

Геотермальний U - подібний тепловий зонд складається двох поліетиленових труб діаметром 40мм та наконечника. Один зона має одне циркуляційне кільце. Проектом передбачається використання збірних зондів відчизняного виробництва. Установка теплообмінника в свердловину виконується із подальшим заповненням простору між трубами та ґрунтом тампонажною сумішшю.

Як теплоносій використовується водяний розчин 25% вмістом пропіленгліколю. Графік теплоносія протягом усього циклу роботи змінний, з роботою на постійній перепад температур $\Delta t=3^{\circ}\text{C}$.

Геотермальний первинний контур поділено на 3 зони. Кожна група U - зондів підключається до розподільних колекторів, як розташовуються в бетонних камерах заводського виробництва. В якості камер застосовуються заводські теплові камери. З кожної камери передбачений дренаж.

Магістральні труби поліетилену від кожної камери проходять до приміщення теплогенераторної в землі на глибині 1,2 м від поверхні землі. У місцях перетину мережами ВК потрібно передбачати теплову ізоляцію з пінополіуретану у футлярі, із захистом термоусадочними муфтами. Мінімальна відстань від холодних ділянок системи до трубопроводів водопостачання та каналізації складає 1,5 м, а до мереж електропостачання 1,0 м.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Кваліфікаційна робота	Арк.
										81
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

БУРІННЯ

Мінімальна відстань від осі свердловини до існуючих будівельних конструкцій або споруд має бути 2 м. Процес буріння не повинен впливати на стабільність існуючих споруд. Вертикальні ділянки свердловин слід виконувати вертикально або з невеликим кутом нахилу. При бурінні свердловин слід чітко дотримуватись одного значення відхилення від вертикалі по всій довжин свердловини для всіх зондів.

УСТАНОВКА ТЕПЛООБМІННИКІВ

Перед початком монтажних робіт слід провести пневматичні випробування герметичності теплообмінників. Випробування слід проводити відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014 [18]. Тиск під час пневматичних випробувань повинен становити щонайменше 1,5 робочого значення для всіх складових частин та матеріалів теплообмінників.

Правильне встановлення теплообмінників первинного контуру в свердловини, а також ретельне тампонування - це найбільш відповідальні роботи, які є передумовою бездоганної роботи теплових насосів. В процесі будівельно-монтажних робіт слід обережно поводитися з теплообмінниками, не допускаючи будь-яких механічних ушкоджень. Монтаж геотермальних теплообмінників у свердловини ділиться на наступні етапи і має бути зафіксований протоколом випробувань та здач робіт:

1) Для полегшення занурення теплообмінника у свердловину *труби слід заповнити водою*. Навіть у разі монтажу зондів у зон сухих ґрунтів, труби теплообмінників слід заповнити водою до процедури тампонування. Це потрібно для того, щоб теплообмінник не видавлювався тампонажним розчином при заповненні. Після встановлення першого зонда в протоколі монтажу слід зазначити, чи є потреба встановлювати додаткові вантажі на наконечник при подальших етапах будівництва.

2) *Занурення теплообмінника у свердловину*. Слід застосовувати спеціальний пристрій, що дозволяє одночасно спрямовувати зусилля, необхідні для занурення зонда і контролювати, щоб труби зонда рухалися по прямій лінії без зламів і загинів. Теплообмінник слід стримувати від ковзання і занадто швидкого занурення в свердловину, тільки при досягненні половини глибини свердловини, почати застосовувати додатково слабкі зусилля для його занурення.

3) Під час занурення теплообмінника в свердловину слід паралельно занурювати тампонажну магістраль. Після процесу занурення теплообмінника та тампонажної магістралі, на поверхні землі слід зафіксувати кінці трубопроводів, щоб уникнути можливих осьових переміщень.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
									82
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

4) Після процесу занурення, але до процесу тампонування рекомендується виконати гідравлічні випробування теплообмінника на герметичність. Тиск, на який слід випробувати систему, складає 3 бар у верхній точці зонту, попереднє випробування тиском проводиться протягом 30 хв. Потім слід витримати систему під тиском протягом 60 хв. Максимальна втрата тиску за цей час не має перевищувати 0,2 бар.

5) У випадку монтажних робіт у зимовий період із теплообмінника потрібно частково видавити рідину за допомогою повітряного компресора до підключення до загальної системи та її заповнення. Рівень рідини має бути на 2 м нижче за відмітку землі.

6) Після завершення робіт над зондом кінці трубопроводів слід герметично закрити, а місця виходу труб із ґрунту захистити кришками з будівельних конструкцій.

ВЕНТИЛЯЦІЯ

В приміщені теплогенераторної передбачено припливно-витяжну систему вентиляції для підтримання допустимої температури в приміщенні, а також аварійна вентиляція для контролю допустимої концентрації фреону в повітрі. [17]

Припливно-витяжна установка фірми VENTS встановлюється під стелею приміщення теплогенераторної. Установка забезпечує стандартний режим вентиляції у вигляд трьохкратного повітрообміну при нормальній експлуатації приміщення, рекуперацією та фільтрацією повітря, а також підігрівом в зимовий період за рахунок електричного догрівача. У разі виникнення аварійного витоку фреону вентиляційна установка вимикається автоматично, та вмикається витяжний вентилятор для забезпечення видалення шкідливого повітря із приміщення. Повітряні заслінки обладнані електричними приводами для забезпечення автоматичного переключення між режимами роботи «нормальний / аварійний». Всі повітропроводи виконати із оцинкованої сталі. Повітропроводи повітрозабору та викиду після ПВ установки покрити ізоляцією K-flex 20 мм (два шари по 10 мм).

ТАМПОНУВАННЯ

Установка теплообмінника на проектне місце, підключення труб до магістральних трубопроводів та розподільчих колекторів слід виконувати тільки після повного тампонування свердловини. Це означає, що свердловина має бути повністю заповнена від наконечника до верху без будь-яких пустот. Тампонування слід виконувати бездоганно з трьох причин:

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								83
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

1. Для забезпечення якісного теплообміну між теплоносієм до геологічних порід вздовж усієї довжини зонду.
2. Для герметизації свердловини та отворів на поверхні землі
3. Для захисту ґрунтових вод від забруднення поверхневими речовинами, рідинами та матеріалами.

Якісне заповнення свердловини тампонажною сумішшю можливе лише під час заповнення "знизу вгору". Це буде гарантувати водонепроникний і міцний, фізично та хімічно стабільний контакт теплообмінника та оточуючих порід. Попадання повітря та утворення порожнеч слід уникати за будь-яких обставин. Досягнення якісного результату можливе при виконанні наступних рекомендацій:

1) Під час занурення теплообмінника в свердловину слід паралельно занурювати тампонажну магістраль, якою слід закачувати насосом тампонажну суміш.

2) Магістраль слід поступово вилучати з свердловини у процесі заповнення тампонажною сумішшю. У разі складних геологічних умов на майданчику можуть виникнути складнощі із вилученням магістралі. У такому випадку слід використовувати дві тампонажні магістралі для надійнішого заповнення по всій довжині. Один трубопровід занурюється на повну глибину, інший - на половину загальної глибини свердловини. Заповнення слід проводити по черзі, починаючи з глибшої позначки. Після досягнення позначки низу другого трубопроводу слід продовжити тампонування через другий трубопровід. Нижній трубопровід залишається у свердловині повністю заповнений тампонажною сумішшю, залишки підрізаються. Верхній трубопровід виймається повністю у процесі поступового тампонування.

3) Процес поступового вилучення тампонажної магістралі повинен проводитись за умови, що рівень суміш завжди знаходиться вище від вихідного отвору тампонажної магістралі

4) Приготування тампонажного розчину відбувається на місці проведення бурових робіт. Тампонажна суміш повинна бути морозостійкою та складатися у відсотковому відношенні в таких цифрах:

- 1 Бентоніт 30%
- 2 Тампонажний теплопровідний матеріал Celiduthern - 17%
- 3 Цемент 20%
- 4 Вода 33%

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата				

ВКАЗІВКИ ДО МОНТАЖУ

Перелік робіт, на як повинні складатися акти прихованих робіт:

1. Герметичність ділянок трубопроводів, зондів та проведення випробувань.
2. Правильність установки і справність арматури.
3. Виконання теплової ізоляції трубопроводів

Після проведення гідравлічних та пневматичних випробувань на міцність та щільність зварних швів нанести антикорозійне покриття та пофарбувати в 2 шари всі сталеві труби. Трубопроводи теплоносія розчину пропіленгліколю (25% концентрація) виконати із нержавіючих трус марки AISI 201 та 304 (для контуру ГВП). Всі сталеві трубопроводи в приміщені теплогенераторної покрити ізоляцією K-flex ST на клею, товщиною:

1) Для труб із первинного контуру, системи В1 та Т91 (зворотньої ліній нагріву баків акумуляторів системи ГВП) -9 мм.

2) Для труб систем опалення / кондиціонування:

Ду 15-Ду 40 - 9 мм.

Ду 40-Ду 65 - 32 мм.

Ду 80-Ду 150 - 40мм.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

РОЗДІЛ 9.
АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО
ПУНКТУ З ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №					Кваліфікаційна робота	Арк.
						86		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата			

9.1. Завдання на автоматизацію теплогенераторної.

Теплогенераторна працює на забезпечення тепловою та холодильною енергією системи опалення, вентиляції та ГВП житлового будинку. [19]

Основний режим роботи.

Джерелом енергії теплогенераторної є геотермальне поле. Насоси 81-83 завантажують тепло- (холодо-) носій до теплових насосів із параметрами X90/X91-25/20 та 0/3 °C відповідно. Теплові насоси 67-69 (1-3 шт.) мають по 1 насосному контуру кожен.

Насоси 84-86 разом із триходовими змішувачими клапанами 55-57 відіграють роль завантаження теплообмінника гліколевого контуру теплового насосу параметри X90/X91 - 0/3 та 25/20 °C відповідно. Насоси 87-89 подають теплоносій із відповідними параметрами на споживача. Триходові переключачі клапани 58-60 направляють теплоносій від теплових насосів на систему опалення/охолодження або на систему ГВП.

Система опалення/охолодження представлена одним контуром із змішувачими насосними групами .

Система ГВП представлена баками акумуляторами теплоти VakiLux АБН-1В-2500і (1-4шт.) та модулями швидкісного нагріву 99-100. Параметри води системи В1/Т3/Т4 відповідно 5/55/45/ °C.

Модулі швидкісного нагріву мають в своїй конструкції модуль автоматизації, насоси та змішувачий клапан.

Система підживлення та підтримки тиску 79 та 81 повинна працювати в автоматичному режимі.

Резервний режим.

В режимі резерву теплові насоси 67-69, насоси 81-89, клапани 55-60 не працюють. Натомість перекриваються засувки після теплових насосів та відкриваються засувки 62, 63 за допомогою електроприводів.

Джерелом теплової енергії для системи опалення є тепла мережа, яка завантажуюється насосом 90, та має параметри теплоносія Т90/Т91 – 85/70 °C.

Система опалення представлена одним контуром із змішувачими насосними групами .

Система ГВП представлена такими ж баками VakiLux АБН-1В-2500і (1-4 шт.), але в якості джерела енергії відіграють електричні ТЕНи 70-77 потужністю 9 кВт кожен, які монтуються безпосередньо в бак по 2 шт. в кожен.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			87

Система підживлення та підтримки тиску 79 та 81 повинна працювати в автоматичному режимі.

9.2. Завдання на автоматизацію вентиляції теплогенераторної.

Система вентиляції в теплогенераторній прийнята приточно-витяжна із ПВ установкою (ПВ1), яка монтується під балками конструкції приміщення.

Система вентиляції може працювати в 2 режимах: основний та аварійний.

Основний режим роботи

В основному режимі ПВ установка (ПВ1) працює на забезпечення повітрообміну теплогенераторної, каналний вентилятор В1 вимкнений, моторизовані дросельні клапани ДР1 та ДР2 закриті, ДР3 – відкрита.

Аварійний режим роботи

У разі аварійного витoku гліколю, та підвищення рівня концентрації шкідливих речовин в приміщенні дросельні клапани ДР1 та ДР2 відкриті, ДР3 – закриті, установку ПВ1 вимкнути та ввімкнути каналний вентилятор В1.

Дросельні клапани ДР1-ДР3 приводяться в рух за допомогою приводів TF 230 Belimo.

9.3. Засоби автоматизації ГПП

Принципову схему ГПП та схему підключення обладнання до контролерів дивись графічну частину аркуші 7 та 8.

Згідно нумерації обладнання на аркуші 7 передбачається встановлення наступного обладнання, що вказано в таблиці 9.1.

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота			

Таблиця 9.1. Обладнання автоматизації

№з/п	Позначення	Найменування	Виробник	Номер на схемі
1	TE1-TE7, TE26-TE29	Термоперетворювач опору накладний STw-02	RAUT	1,2,3,4,5,6,7 35,36,37
2	TE8-TE13, TE18-TE23	Термоперетворювач опору накладний STw-03	RAUT	8,9,10,11,12 13,18,19,20 21,22,23
3	TE14-TE17	Термоперетворювач опору занурювальний STw-04	RAUT	14,15,16,17
4	TE24	Датчик температури зовнішнього повітря ST-01	RAUT	24
5	TE25	Датчик температури внутрішнього повітря ST-02	RAUT	34
6	PE1-PE3, PE8, PE9	Перетворювач тиску з торцевою мембраною для в'язких середовищ ПД100-Нх-121-0,5	AQ teck	25,26,27,32 33
7	PE4-PE7	Перетворювач тиску загальнопромисловий з нержавіючою вимірювальною мембраною ПД100-Нх-1у1-0,5	AQ teck	28,29,30,31
8	FA1	Датчик протипожежної сигналізації СПДЗ		38
9	QE1-QE4	Детектор фреону Gazex DG-61/N	Gazex	39 (4шт)
10	LE1-LE4	Сигналізатор рівня ДПК G1/2	AQ teck	51,52,53,54
11	LE9	Поплавковий датчик рівня ДРП-1.1.550.X/10	AQ teck	80
12	LE5-LE8	Датчик затоплення контактний Octopus	Octopus	79 (4шт)
13	PS1-PS11	Реле потоку FQS	Danfoss	40,41,42,43 44,45,46,47 48,49,50
14		Клапан 3-ходовий з сервоприводом R3050-BL4	Belimo	55,56,57,58 59,60,61
15		Клапан 2-позиційний із сервоприводом AVPA	Danfoss	62,63,64,65
16		Клапан установки підживлення мережевої води AVPA	Danfoss	66
17		Головний контролер Siemens POL648.80	Siemens	101

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата
-----	--------	------	-------	-------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

89

10.1. Техніка безпеки

Даний розділ складений на основі наступних нормативних документів: Закон України "Про охорону праці"[20], НПАОП 0.00-4.12-05 "Типи положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питання охорони праці"[21], НПАОП 0.00-4.15-98 "Положення про розробку інструкцій з охорони праці"[22], НПАОП 0.00-4.21-04 "Типи положення про службу охорони праці"[23], Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затверджених наказом МОЗ України від 21.05.2007 р. №246, ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва [24], ДБН В.1.1-24-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування [25].

Відповідно до [20] роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити дотримання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці

За цією методикою роботодавець забезпечує функціонування систем управління охороною праці, а саме:

а) створює відповідні служби та призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, підтверджує інструкції щодо їх обов'язків, прав та відповідальності за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх дотримання;

б) забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

в) здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

г) організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у сфері охорони праці;

д) вживає термінових заходів для допомоги постраждалим, залучає за необхідності професійної аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення визначених вимог.

Працівник зобов'язаний:

а) дбати про особову безпеку та здоров'я, а також про безпеку та здоров'я оточуючих людей у процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. №док. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						91

б) знати та виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правил поведження з машинами, механізмами, обладнанням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

в) проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди. Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення встановлених вимог.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення встановлених вимог.

Відповідно до [24] "Охорона праці та промислова безпека в будівництві" необхідно:

1. Забезпечити для працівників наявність санітарно-побутових приміщень.
2. Робочі місця повинні бути забезпечені необхідними засобами колективного та індивідуального захисту, первинними засобами пожежогащення, а також засобами зв'язку та сигналізації.
3. Забезпечення всіх працівників, які перебувають на будівельному майданчику захисними касками та сигнальним жилетами.

Особи, що перебувають на території будівельного майданчика, на робочих місцях і ділянках робіт, зобов'язані виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку. Відповідальними за виконання цих вимог є керівники робіт (майстри, виконавці). На завершеному будівельному об'єкті повинні бути виконані всі передбачені проектною документацією роботи, монтаж та випробування обладнання, а також створено безпечні умови для роботи працівників.

Медична допомога працівникам повинна надаватися відповідно до Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом МОЗ України від 21.05.2007 р. № 246

Для зменшення шкідливого впливу пилу, шуму, вібрації, у разі їх виникнення, усі працюють в засобах захисту.

До колективних засобів захисту працюючих відносяться:

- 1) вентиляція санітарно-побутових приміщень;
- 2) полив дороги в літній час;
- 3) опалення побутових та виробничих приміщень;
- 4) наявність побутових приміщень на підприємстві.

При проведенні робіт, що пов'язане із забрудненням атмосферного повітря, концентрація шкідливих речовин і газів у повітрі на робочих місцях, не повинна перевищувати допустимі значення.

Протипожежні заходи на підприємстві мають відповідати ДБН В.1.1-7-2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва".

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	92

Експлуатація будівельних машин повинна виконуватися відповідно до організації будівельного виробництва та інструкцій заводів-виробників.

Під час організації будівельного майданчика необхідно визначити небезпечні для людей зони, де діють або можливо будуть діяти небезпечні виробничі фактори.

Небезпечні зони постійно діючих факторів повинні мати охорону, потенційно діючих - позначені знаками.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата				

Таблиця 10.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів [26]

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Види робіт	Кількісна оцінка	Нормативні документи
Падіння з висоти матеріалів, конструкцій, тощо	При розташуванні робочих місць поблизу перепаду по висоті 1,3м і більше	1,3-30 м	ДБН А.3.2-2:2009
Падіння з висоти людей	При розташуванні робочих місць поблизу перепаду по висоті 1,3м і більше	1,3-30 м	ДБН А.3.2-2:2009; ДБН В.2.2-41:2019
Шкідливі фактори	Електрозварювальні роботи	ГДК 300 мг/м ³	НПАОП 0.00-5.23-16
	ацетилен		
	Опоряджувальні роботи	ГДК 200 мг/м ³	
ацетон			
Недостатня освітленість	Монтаж конструкцій, монтажні, опоряджувальні (внутрішні)	30лк; 30лк; 30лк; 50лк	ДБН В.2.5-28:2018 ДСТУ Б.А.3.2.-15:2011
Шум	Роботи з інструментами	<80 дБ	ДСН 3.3.6.037-99
Вібрація	Експлуатація насосних станцій, систем вентиляції	(по видам робіт	ДСН 3.3.6.039-99
Мікроклімат	Монтаж, експлуатація систем	t=20-22°C φ=60-46% v=0,3 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Електрострум	Електрозварні	6000/380 В	ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.21-98
	Машини, механізми	380 В	
	Електромонтажні	220, 380 В	
	освітлення	220 В, <25 В	
Атмосферна електрика	Захист від блискавки	II кат.	ДСТУ EN 62305-3:2012
Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнестійк. категор. пож.безп В	ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-7-2008 ДСТУ Б В.1.1.-36:2016

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

94

10.2. Заходи для уникнення шкідливої та небезпечної дії факторів.

Падіння з висоти людей

Для запобігання падінню з висоти людей необхідно[26]:

- 1) встановлювати бар'єри, огорожі та перила навколо робочих зон;
- 2) використовувати засоби індивідуального захисту, такі як захисне взуття, страхувальні пояси, мотузки та каски;
- 3) чітко планувати та організовувати роботу та організовувати обов'язкові інструкції працівникам;
- 4) забезпечувати регулярне навчання з безпеки роботи на висоті;
- 5) забезпечувати технічне обслуговування та перевірку обладнання, призначеного для роботи на висоті.

Падіння з висоти матеріалів, конструкцій тощо

Щоб уникнути падіння матеріалів та конструкцій з висоти, слід:

- 1) використовувати надійні засоби кріплення, такі як троси, стропи та ланцюги, для підймання та переміщення вантажів;
- 2) забезпечувати належне зберігання матеріалів та конструкцій, враховуючи ризик падіння;
- 3) встановлювати захисні бар'єри та огорожі навколо місць зберігання та монтажу;
- 4) регулярно перевіряти технічний стан кранів та підйомного обладнання;
- 5) організовувати навчання з безпечного поводження з конструкціями;

Для захисту від шкідливих факторів під час електрозварних та опоряджувальних робіт слід:

- 1) забезпечити ефективну вентиляцію та видалення шкідливих газів і парів;
- 2) використовувати засоби індивідуального захисту, такі як респіратори, маски, захисні окуляри та захисний одяг;
- 3) регулярно перевіряти якість повітря для виявлення наявності шкідливих речовин;
- 4) правильно організувати робоче місце, забезпечуючи оптимальне розміщення обладнання та робочих зон;
- 5) провести навчання з техніки безпеки для працівників.

Недостатня освітленість

Для усунення недостатньої освітленості необхідно:

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм. Кільк. Арк. Нодок. Підп. Дата					
Кваліфікаційна робота						Арк.
						95

- 1) встановлювати додаткове освітлення, переконавшись, що є достатня кількість ламп та світильників;
- 2) регулярно перевіряти освітлення та замінюйте лампи за потреби;
- 3) використовувати переносні лампи у важкодоступних або тимчасових робочих місцях;
- 4) використовувати лампи з регульованим кутом для спрямованого освітлення.

Шум

Для зменшення впливу шуму на працюючих слід:

- 1) використовувати засоби захисту слуху (навушники або беруші);
- 2) встановлювати звукоізоляційні панелі та бар'єри для зниження рівня шуму;
- 3) контролювати рівень шуму;
- 4) запроваджувати ротацію працівників для зменшення часу впливу шуму.

Вібрація

Для зменшення впливу вібрації на працюючих необхідно:

- 1) використовувати антивібраційне обладнання;
- 2) запроваджувати ротацію працівників для зменшення часу впливу вібрації;
- 3) регулярно обслуговувати та регулювати обладнання;
- 4) навчати працівників безпечному використанню вібраційного обладнання.

Мікроклімат

Для забезпечення комфортного мікроклімату необхідно:

- 1) встановити систему вентиляції та кондиціонування повітря для підтримки належної температури, вологості та вентиляції;
- 2) регулярно контролювати параметри мікроклімату;
- 3) організувати робочі місця для забезпечення комфортних умов праці;
- 4) забезпечувати перерви для працівників, які працюють у важких умовах;
- 5) носити засоби індивідуального захисту під час роботи в екстремальних умовах.

Електрострум

Для запобігання небезпечному впливу електричного струму на працюючих слід:

- 1) використовувати надійну ізоляцію на всіх електричних проводах та кабелях;

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

							Кваліфікаційна робота	Арк.
								96
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата			

харчовим пропіленгліколем з Сертифікатом аналізу про нетоксичність, тому виконані роботи не мають негативного впливу на санітарно-гігієнічні умови території

2) Екологічні:

Згідно з Сертифікатом відповідності Державної системи сертифікації України. СЕНПО, геотермальний зонд заповнюється харчовим пропіленгліколем з сертифікатом якості про нетоксичність. Завдяки цьому екологічних наслідків роботи з встановлення та налагоджування теплових насосів із зовнішнім контуром трубопроводів не несуть.

2. Фізико-географічна та кліматична характеристика району розташування об'єкта.

Клімат в м. Луцьк помірно-континентальний з помірно-холодною зимою теплим літом. Середньорічна температура повітря становить +7,2°C. Найвищим місяцем є липень із середньорічною температурою +19,8°C. Середня температура о 13 годині найвищого місяця +23,5°C [7].

Розрахункова температура найхолодніших 5 днів -11°C [7].

На цій території протягом року частіше вітри західного напрямку (середньорічні повторення 20%, при середній швидкості 4,3 м/сек у січні та відповідно 18% і 3,3 м/сек у липні), а також південно-західного напрямку (відповідно 16% та 24% при середніх швидкостях 4,1 та 3,3 м/сек). Тільки у жовтні та листопаді переважають вітри північно-східного напрямку[7].

Середньорічна кількість дощових опадів становить 610 мм.

3. Загальна характеристика об'єкта та господарської діяльності в зонах його впливу.

За технічними умовами, щоб забезпечити теплопостачання об'єкта, проектується буріння 72 свердловин, які характеризуються такими показниками:

Глибина - 100,0 м;

діаметр свердловин - 150 мм;

встановлення U подібних зондів у свердловинах та заливання ствола свердловин тампонажним розчином у відсотковому складі такого:

Бентоніт 30%

Тампонажний теплопровідний матеріал Celiduthern-17%

Цемент 20%

Вода -33%.

4. Характеристика середнього природного середовища та оцінка впливів на нього.

4.1. Геологічні середовища

У геоморфологічному відношенні район знаходиться в межах Придніпровської висоти, на лівобережжі Дніпра.

Зм. інв. №	Підпис та дата	Інв. № ор.							Арк.
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	98

Абсолютні відмітки поверхні коливаються в межах 129,0 131,0 м

У геоструктурному відношенні територія розташована між північно-східним схилом Українського кристалічного масиву.

У геологічній будівлі району до глибини, що нас цікавить (100,0 м) розширені відклади, палеогенового та четвертинного віку

Свердловини буряться до глибини 100,0 м та проходять лише водоносні горизонти в четвертинних та палеогенових відкладах, які підстилаються водотривкими породами, що включає перетік води з них у водоносні горизонти, які використовуються для господарсько-питного водопостачання так само, як і за геологічним розрізом залежать нижче та захищені від поверхневих забруднень товщою водотривких порід.

Вплив даних робіт на геологічне середовище відсутній.

4.2. Повітряне середовище.

Будівництво свердловин буде проходити протягом 2 місяців. При цьому буде працювати один буровий агрегат УРБ-2А-2 та одна водовозка. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від роботи двигунів цих агрегатів не мають практичного значення щодо забруднення атмосфери

Вплив даних робіт на повітряне середовище відсутній.

4.3. Водне середовище

Свердловини, що проектуються, не будуть негативно впливати на поверхневі води. Свердловини буряться на глибині 100,0 м і проходять лише водоносні горизонти в четвертинних та палеогенових відкладеннях, які не захищені від поверхневих забруднень та не використовуються для водопостачання населення. Свердловини заливаються тампонажним розчином. Все це виключає негативний вплив на водне середовище.

4.4. Рослинний та тваринний світ, заповідні об'єкти

На території м. Луцьк поширені: сосни, дуби, берези, верби та інші типи дерев. Відсутні насадження та ділянки зростання рідких та зникаючих видів рослин, занесених у Червону книгу України.

Тваринне середовище відповідає місцевим умовам. У районі розташування роботи не заважають шляхам міграції птахів та тварин.

Вплив об'єкта на рослинне середовище та тваринний світ відсутній

5. Характеристика навколишнього соціального середовища та оцінка впливів на нього.

Будівництво свердловин негативного впливу на навколишнє середовище мати не буде, тому що функціонування свердловин не погіршить:

- стан навколишнього середовища;
- умови життя населення;

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

- стан здоров'я населення

6. Оцінка впливів проектованої діяльності на навколишній техногенне середовище.

Свердловини, що проектується розташована на території, де відсутні пам'ятки архітектури, історії та культури, тому негативний вплив на навколишній техногенне середовище відсутній

7. Заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки.

Завдяки прийняттю заходів, а також:

- засіб заглиблення роторний, суцільним забоем з промивкою глиняним розчином.

- герметична заливка ствола свердловин бентонітовим розчином запобігає проникненню води до встановлених у них і подібних зондів, що забезпечує екологічну безпеку навколишнього середовища.

8. Комплексна оцінка впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище.

Завдяки прийняттю рішень та заходам роботи по встановленню теплових насосів із мережею зовнішніх трубопроводів не мають негативного впливу на навколишнє природне середовище. Екологічний ризик відсутній.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

$$+0,01 \cdot 118,61) = 35,52 \text{ МДж/м}^3.$$

Відповідно, витрата первинного палива при використанні природного газу:

$$V_{tot}^{\Sigma} = 3,6 \cdot 369,1 \cdot 10^3 \cdot \frac{10^{-3}}{35,52} = 37,4 \text{ тис. м}^3/\text{рік}.$$

Витрати за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Розраховуємо показники емісії при спалюванні природного газу.

При факельному спалюванні природного газу в котлах з тепловою потужністю до 300 кВт показник емісії оксидів азоту NO_x без урахування первинних заходів (k_{NO_x}) дорівнює 100 г/ГДж[30].

Котли працюють із запасом потужності. Відповідно, співвідношення $Q_{\phi}/Q_o = 0,75$ [30].

Значення емпіричного коефіцієнта для водогрійних котлів, які в якості палива використовують природний газ, складає $z = 1,25$ [30].

Ефективність первинних заходів зі скорочення викидів оксидів азоту в котлах з малотоксичними пальниками зі ступеневою подачею повітря і рециркуляцією димових газів становить $\eta_I = 0,5$ [30].

Таким чином, показник емісії оксидів азоту k_{NO_x} , г/ГДж в перерахунку на діоксид NO_2 дорівнює:

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_o \cdot \left(\frac{Q_{\phi}}{Q_H}\right)^z \cdot (1 - \eta_I) (1 - \eta_{II}\beta) = 100 \cdot 0,75^{1,25} (1 - 0,5) = 34,90 \text{ г/ГДж}.$$

Показник емісії оксиду вуглецю CO при факельному спалюванні природного газу становить $k_{CO} = 17,0$ г/ ГДж[30].

Для розрахунку показника емісії діоксиду вуглецю CO_2 потрібно дізнатись питому масу кожного індивідуального газу в сухому стані газоподібного палива:

$$m_{CH_4} = 0,716 \cdot 0,01(C_{H_4})_v = 0,716 \cdot 0,01 \cdot 98,9 = 0,7081 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{C_2H_6} = 1,342 \cdot 0,01(C_{H_6})_v = 1,342 \cdot 0,01 \cdot 0,12 = 0,0016 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{C_3H_8} = 1,967 \cdot 0,01(C_{H_8})_v = 1,967 \cdot 0,01 \cdot 0,011 = 0,0002 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{C_4H_{10}} = 2,593 \cdot 0,01(C_{H_{10}})_v = 2,593 \cdot 0,01 \cdot 0,01 = 0,0003 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{N_2} = 1,250 \cdot 0,01(N_2)_v = 1,250 \cdot 0,01 \cdot 0,9 = 0,0113 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{CO_2} = 1,964 \cdot 0,01(CO_2)_v = 1,964 \cdot 0,01 \cdot 0,06 = 0,0012 \text{ кг/м}^3.$$

Густина сухого газоподібного палива ρ_H , кг/м³ - це сума питомих мас індивідуальних газів, що входять до складу палива:

$$\rho_H = \Sigma m_i = 0,7081 + 0,0016 + 0,0002 + 0,0003 + 0,0113 + 0,0012 = 0,7227.$$

Масовий елементний склад сухого природного газу знаходять за формулами (3.16) – (3.19):

$$C^{daf} = \frac{100}{\rho_H} \left(\Sigma \frac{12p}{12p+q} m_{C_pH_q} + 0,429 \cdot m_{CO} + 0,273 \cdot m_{CO_2} \right) = \frac{100}{0,7227} \left(\frac{12}{12+4} 0,7081 + \frac{12 \cdot 2}{12 \cdot 2 + 6} 0,0016 + \frac{12 \cdot 3}{12 \cdot 3 + 8} 0,0002 + \frac{12 \cdot 4}{12 \cdot 4 + 10} 0,0003 + 0,273 \cdot 0,0012 \right) = 73,76 \%;$$

$$H^{daf} = \frac{100}{\rho_H} \left(\Sigma \frac{q}{12p+q} m_{C_pH_q} + 0,059 m_{H_2S} \right) = \frac{100}{0,7227} \left(\frac{4}{12+4} 0,7081 + \frac{6}{12 \cdot 2 + 6} 0,0016 + \frac{8}{12 \cdot 3 + 8} 0,0002 + \frac{10}{12 \cdot 4 + 10} 0,0003 \right) = 24,55 \%;$$

$$N^{daf} = \frac{100}{\rho_H} m_{N_2} = \frac{100}{0,7227} 0,0113 = 1,56 \%;$$

$$O^{daf} = \frac{100}{\rho_H} (0,571 m_{CO} + 0,727 m_{CO_2}) = \frac{100}{0,7227} 0,727 \cdot 0,0012 = 0,12\%.$$

Зм. інв. №					
	Підпис та дата				
Інв. № ор.					
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.
Кваліфікаційна робота					
Арк. 103					

Масову нижчу теплоту згорання природного газу знаходять за формулою (3.22):

$$Q_i^r = \frac{Q_p^H}{\rho_H} = \frac{35,52}{0,7227} = 49,15 \text{ МДж/кг.}$$

Для природного газу рекомендоване значення ступеню окислення вуглецю палива ε_C становить 0,995[30].

Таким чином, показник емісії вуглекислого газу при згорянні палива дорівнює:

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{73,76}{100} \cdot \frac{10^6}{49,15} \cdot 0,995 = 54751 \text{ г/ГДж.}$$

При факельному спалюванні природного газу показник емісії оксиду діазоту N_2O $k_{N_2O} = 0,1$ г/ГДж[30].

Для природного газу показник емісії метану CH_4 $k_{CH_4} = 1,0$ г/ГДж[30].

Розраховані показники емісії речовин, що утворюються під час спалювання природного газу та потрапляють в повітря, подані в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2. Викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферу при спалюванні природного газу

Інгредієнт	Показник емісії, г/ГДж	Викид в атмосферу, т/рік	Податкові зобов'язання за викид, грн./рік
1	2	3	4
А. Забруднювальні речовини			
Діоксид азоту NO_2	34,898	0,0464	119,38
Оксид вуглецю CO	17	0,0226	2,19
Разом		0,0690	121,57
Б. Парникові гази			
Діоксид вуглецю CO_2	54755	72,7566	2182,70
Оксид діазоту N_2O	0,1	0,0001	0,56
Метан CH_4	1	0,0013	0,19
Разом		72,7581	2183,45
Всього		72,8270	2305,02

Загальний обсяг викидів будь-якого забруднювача чи парникового газу, який виділяється разом із димовими газами, визначають на основі емісійних коефіцієнтів, кількості використаного палива та його характеристик, зокрема теплоти згорання[30].

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \cdot \sum k_{ji} \cdot V_i \cdot (Q_i^r)_i, \quad (11.1)$$

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

Результати розрахунків наведені у табл. 11.2. Витрата природного газу в котельні дорівнює $V_{tot}^{\Sigma} = 37,4$ т/рік, а теплота згорання – $Q_p^{daf} = 35,52$ МДж/кг.

Розглянемо на прикладі діоксиду азоту. Його викиди становлять:

$$E_{NOx} = 10^{-6} \cdot 34,9 \cdot 37,4 \cdot 35,52 = 0,0464 \text{ т/рік.}$$

Зм. інв. №
Підпис та дата
Інв. № ор.

										Арк.
										104
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота				

Аналогічно розраховуємо для решти інгредієнтів.

При спалюванні вугілля сумарні викиди забруднювальних речовин – $\Sigma E_1 = 0,069 \text{ т/рік}$ (0,095 %), парникових газів – $\Sigma E_2 = 72,758 \text{ т/рік}$ (99,905 %), загальні – $\Sigma E = 72,827 \text{ т/рік}$ (100,00 %).

Наступний етап – розрахунок **вартості палива**. Ціна палива (природний газ) – $c = 16390 \text{ грн./1000 м}^3$ [31], а витрата – $V_{tot}^{\Sigma} = 32,54 \text{ тис. м}^3$.

$$C = 16390 \cdot 37,4 = 613130 \text{ грн./рік}$$

або з розрахунку на 1 м^2 кондиціонованої площі будинку

$$\frac{613130}{7000} = 87,58 \text{ грн./}(м^2 \cdot \text{рік}).$$

Враховуємо податкові зобов'язання за викиди продуктів згорання в атмосферне повітря.

До атмосфери, разом із продуктами згорання, потрапляють дві забруднюючі речовини - діоксид азоту NO_x та оксид вуглецю CO , а також компоненти, що належать до парникових газів - діоксид вуглецю CO_2 , діазоту оксид N_2O , метан CH_4 .

Плату за забруднення довкілля розраховують окремо для кожного із інгредієнтів за формулою:

$$C_i = c_i \cdot E_i, \text{ грн./рік} \quad (11.2)$$

де c_i – ставка податку за викид в атмосферне повітря i -ої забруднювальної речовини/парникового газу, грн./т; E_i – валовий викид i -ого інгредієнта, т/рік

Ставки податку вказані у Податковому кодексі України [32].

Наприклад, ставка податку за викиди діоксиду азоту дорівнює $2574,43 \text{ грн./т}$, а викид в атмосферне повітря становить $0,04 \text{ т/рік}$.

Тоді:

$$C_{NO_x} = 2574,43 \cdot 0,0464 = 119,4 \text{ грн./рік.}$$

Результати розрахунків наведені у табл. 11.2. Сумарні податкові зобов'язання за викиди в атмосферу продуктів згорання палива становлять 2305 грн./рік (100.0 %).

Найбільший внесок у загальне навантаження на довкілля дає діоксид вуглецю CO_2 – $2182,7 \text{ грн./рік}$ (94,69 %).

Під час горіння природного газу серед шкідливих домішок найбільш небезпечним вважають оксиди азоту. Потрапляючи в атмосферу, діоксид азоту знижує прозорість повітря та зменшує інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, що досягає земної поверхні. Це сприяє утворенню смогів та «кислотних дощів», що є екологічною проблемою.

Основні технології зменшення утворення NO_x ґрунтуються на зниженні температури в зоні горіння та концентрації реагентів. До таких методів належать двоступеневе спалювання, зменшення коефіцієнта надлишку повітря тощо. Для очищення димових газів від оксидів азоту зазвичай застосовують спеціальні каталізатори.

Варто врахувати, що більшість способів зниження утворення NO_x супроводжуються підвищенням вмісту оксиду вуглецю у викидах. Вийняток є введення води або пари безпосередньо в зону горіння.

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							Арк.
Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	
						105	

11.1.2. Обладнання для котельні

Підбираємо котлоагрегати Vaillant ecoCRAFT exclusiv VKK 1206/3-E-HL, технічні характеристики якого вказані на рисунку 11.1.

Основне

Джерело енергії ?	газ
Розміщення ?	підлоговий
Тип ?	одноконтурний (тільки опалення)
Площа опалення ?	914 м²
Конденсаційний ?	✓

Характеристики котла

КПД ?	110 %
Камера згоряння ?	закрита (турбований)
Діаметр димаря ?	150/130 мм
Номінальний тиск газу на вході ?	20 мбар
Макс. витрати газу ?	12.3 м³/год

Комплект обладнання

Виносний блок управління ?	✓
----------------------------	---

Підключення труб

Подача газу ?	1 1/2"
Вхід в систему опалення ?	2"
Повернення із системи опалення ?	2"

Технічні х-ки

Корисна потужність ?	121.8 кВт
Джерело живлення ?	230 В
Споживана потужність ?	260 Вт
Мін. t теплоносія ?	35 °С
Макс. t теплоносія ?	85 °С
Макс. тиск у контурі опалення ?	6 бар

Безпека

Системи захисту ?	падіння тиску газу перегрів води згасання полум'я відсутність тяги
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------

Споживчі х-ки

Датчик зовнішньої t ?	✓
Літній режим роботи ?	✓
Циркуляційний насос ?	×
Шина управління ?	eBus

Інше

Габарити (ВxШxГ)	1290x700x1240 мм
Вага	220 кг
Дата додавання на E-Katalog	вересень 2012

Рис. 11.1. Характеристики котла Vaillant ecoCRAFT exclusiv VKK 1206/3-E-HL.

Його ціна в середньому становить 250 000 грн[34].

Маємо такий перелік витрат:

1 - котли: 250 000 (грн) * 3(шт.) = 750 000 грн;

2 - димовидалення: (коаксіальні димоходи, конденсатовідвід, оголовки), орієнтовно 60 тис. грн на весь комплект для трьох котлів;

3 - газова арматура: (ГРУ/ГРП, лічильники, запірні арматура, газоаналіз), орієнтовно 100 тис. грн.;

4 - електрика та автоматика: (Щити, датчики, диспетчеризація) Орієнтовно 100 тис. грн.;

5 - монтаж і пусконаладка: орієнтовно 200 тис. грн..

Отже, маємо капітальні затрати в розмірі:

$750000 + 60000 + 120000 + 100000 + 200000 = 1210000$ грн.

Примітка. Ціни вказані станом на 20.10.2025

11.2. Витрати для системи ґрунтових теплових насосів

11.2.1. Витрати на обладнання

Найбільшим недоліком встановлення теплових насосів є початкові витрати. Термін роботи теплових насосів в середньому складає 20-25 років, що дозволяє

Зм. інв. №						
	Підпис та дата					
Інв. № ор.						
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
Кваліфікаційна робота						Арк.
						107

розглядати це як довгострокове вкладення. Для порівняння систем теплопостачання на основі РОК та теплових насосів розглянемо складові витрат:

- вартість теплових насосів НОТJET Н-100w W10/W50 (100 кВт), має вартість 924750 грн, загальна вартість встановлення трьох установок 2 774 250 грн[35];
- циркуляційний насос Grundfos MAGNA1 40-80 F (43500 грн, отримаємо 130500 грн) [36];
- бурильні роботи (300грн/м) становлять $300 \cdot 7200 = 2\,160\,000$ грн;
- поліетиленові труби діаметром 40мм та довжиною 7200 м (32грн/п.м.), загальна вартість становить 230 400 грн.

Отже, маємо первинні витрати в сумі **5 295 150** грн.

Примітка. Ціни вказані станом на 20.10.2025

11.2.2. Витрати на електроенергію

Єдиними щорічними експлуатаційними витратами є рахунок на споживання електроенергії для роботи обладнання.

Оскільки загальна потреба будинку в теплі становить 300 МВт·год за опалювальний сезон, а сезонний коефіцієнт продуктивності (SCOP) моделі НОТJET Н-100w W10/W50 дорівнює 3,9, річне споживання електроенергії всіма трьома тепловими насосами разом становитиме приблизно 76,92 МВт·год. Додатково враховується споживання електроенергії циркуляційними насосами: для трьох насосів MAGNA1 40-80 F річне споживання становить приблизно 2,3 МВт·год. Сумарна електропотреба становить $76,92 + 2,3 = 79,22$ МВт·год.

Отже, маємо $79,22 \cdot 4,32 = 340\,30,4$ грн/рік

У реальних умовах експлуатації ця сума може коригуватися залежно від зміни температури зовнішнього повітря, гідравлічного балансування, режимів ГВП, графіків навантаження та умов тарифів на електроенергію оператора мережі.

11.3. Термін окупності системи з тепловими насосами.

Для оцінки економічної ефективності впровадження теплових насосів порівняно з традиційним використанням природного газу виконаємо розрахунок терміну окупності. Остаточні результати пунктів 11.1 та 11.2 наведені в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3. Дані для розрахунку окупності.

	Індивідуальна котельня	Теплові насоси
Капітальні витрати	1 230 000	5 295 150
Річні витрати	618 355	342 230

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							108
Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	

$$\frac{5295150 - 1230000}{618355 - 342230} \approx 15 \text{ років}$$

Візуалізація результатів розрахунків можна побачити в таблиці 11.4 та на рис. 11.2 і 11.3.

Таблиця 11.4. Порівняння щорічних витрат для індивідуальної котельні та системи теплових насосів.

Роки експлуатації	Індивід. котельня, грн	Теплові насоси, грн
0 (капітальні витрати)	1230000	5295150
1	1848355	5637380
2	2466710	5979611
3	3085065	6321841
4	3703420	6664072
5	4321775	7006302
6	4940130	7348532
7	5558485	7690763
8	6176840	8032993
9	6795195	8375224
10	7413550	8717454
11	8031905	9059684
12	8650260	9401915
13	9268615	9744145
14	9886970	10086376
15	10505325	10428606
16	11123680	10770836
17	11742035	11113067
18	12360390	11455297
19	12978745	11797528
20	13597100	12139758
21	14215455	12481988
22	14833810	12824219
23	15452165	13166449
24	16070520	13508680
25	16688875	13850910

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

109

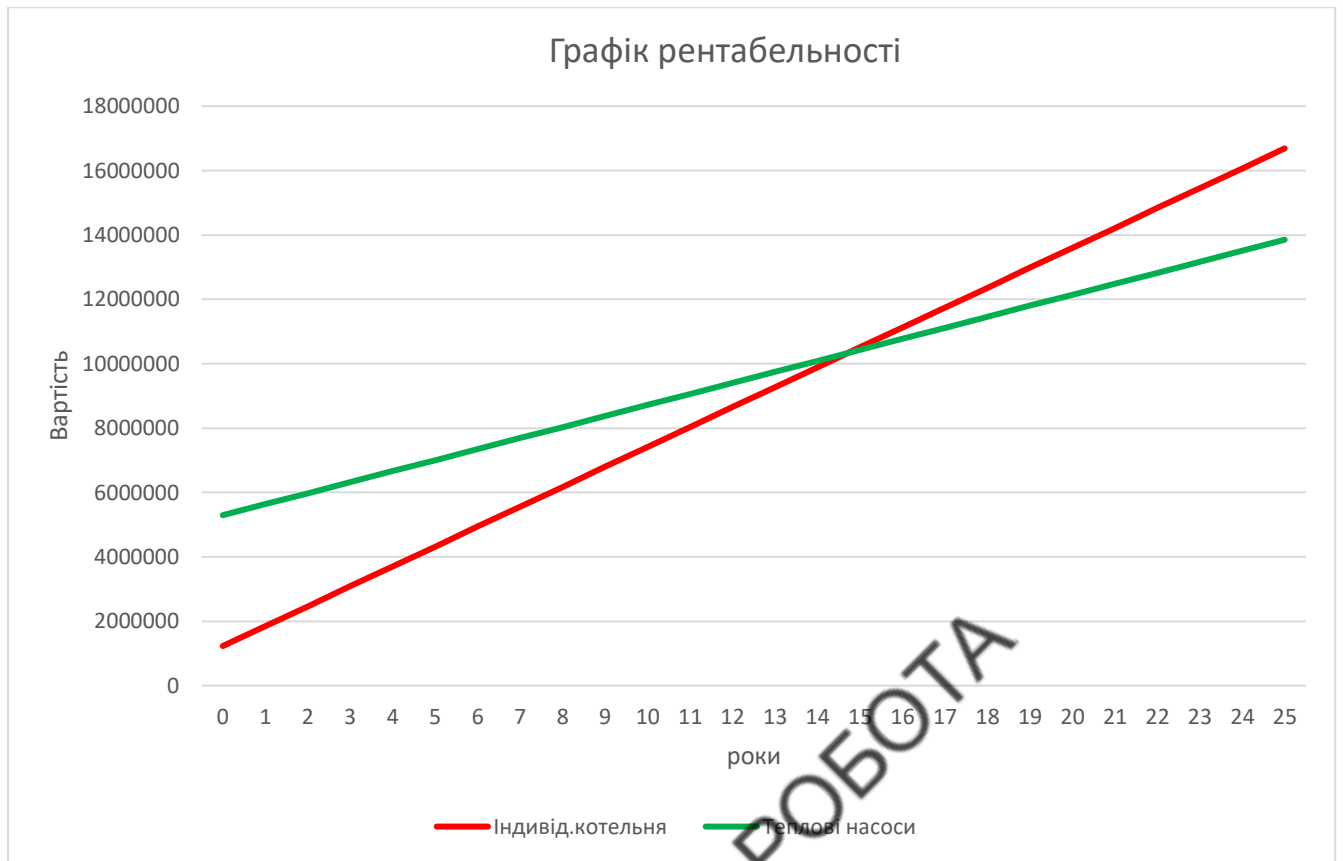


Рис. 11.2. Графік рентабельності теплових насосів.



Рис. 11.3. Порівняння капітальних (початкових) витрат для індивідуальної котельні та теплових насосів.

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Зробимо загальний висновок. Порівняння індивідуальної газової котельні та системи ґрунтових теплових насосів показує різницю у підходах до енергозабезпечення будівлі. Котельні є традиційним і відносно недорогим рішенням на етапі будівництва, однак їх використання суперечить курсу України на декарбонізацію згідно зобов'язань за Паризькою кліматичною угодою. Використання природного газу означає постійні викиди продуктів горіння, що не лише погіршує екологічну ситуацію, а й підвищує залежність від імпорتنих енергоносіїв.

Ґрунтові теплові насоси, навпаки, повністю відповідають енергетичній стратегії країни. Вони не мають локальних викидів, працюють на електроенергії (основна залежність в експлуатації) та забезпечують не лише систему опалення та гаряче водопостачання, але і охолодження. Хоча початкові інвестиції є значними, що може відлякати, однак термін окупності становить 10-15 років, що робить їх економічно вигідними в довгостроковій перспективі. Додатковою перевагою є довговічність ґрунтових контурів (до 50 років) та безпечність експлуатації.

У контексті післявоєнної відбудови та «зеленого переходу» Україна вже активно співпрацює з міжнародними партнерами для розвитку відновлюваної енергетики. Наприклад, у рамках програм ПРООН та ЄС «Рішення у сфері відновлюваної енергії» (Renewable Energy Solutions, RES) передбачено фінансування у розмірі 16,5 млн євро для ПРООН з метою прискорення впровадження «зеленої» енергетики в державній інфраструктурі України[37]. Це підтверджує, що теплові насоси розглядають не лише з технологічної точки зору, але і як частина державної стратегії енергетичної незалежності та використання міжнародних екологічних зобов'язань.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Зм. інв. №		Підпис та дата		Інв. № ор.			Арк.
						Кваліфікаційна робота	111
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

1. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (укр/рос) : Протокол Орг. Об'єдн. Націй від 11.12.1997 : станом на 17 листоп. 2006 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text (дата звернення: 21.07.2025).

2. Ukrainian air temperature surging at twice the rate of Europe's average. Rubryka. URL: <https://rubryka.com/en/2024/08/20/temperatura-povitrya-v-ukrayini-zrostaе-vdvichi-shvydshe-za-serednoyevropejsku-yak-poperedyty-posuhy/> (date of access: 21.07.2025).

3. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. «Декарбонізація енергетики України» : Проект Центра Разумк., 11 листоп. 2022 р. / ред. В. Омельченко. С. 31.

4. Ochsner K. Geothermal heat pumps: A guide for planning and installing. London : Earthscan, 2008. 146 p.

5. Aquamen. Принцип роботи теплового насоса - як працює для опалення будинку і що це таке. Бурова компанія Aquamen - надаємо послуги в Києві та області. URL: <https://aquamen.com.ua/bloh/pryntsyр-raboty-terlovoho-nasosa> (дата звернення: 21.07.2025).

6. Мальований М.С., Берлінг О.Ю. СВІТОВИЙ ДОСВІД, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ. Енергетика та електротехніка. 2012. Т. 3. С. 89–94.

7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"// Мінрегіонбуд України.-К.:2011.

8. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель./ Мінрегіон України.- К.: ДН „Укрархбудінформ”, 2022.- 23 с.

9. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель./ Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд». –К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022.- 51 с.

10. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь: Vello-print

11. ДСТУ EN 12831-1:2017. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проєктного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT).

12. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ Мінрегіонбуду № 169 від 11.07.2018 року. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 липня 2018 р. за № 822/32274.

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							Арк.
Інв. № ор.							Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	
						113	

13. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування./ Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2013.- 141 с.

14. 1. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Чинний від 2013-03-01. Вид. офіц. "МІСЬКБУДПРОЕКТ", 2012. 100 с.

15. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинний від 2010-02-02. Вид. офіц. Київ, 2010. 100 с.

16. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. Чинний від 2015-07-27. Вид. офіц. Київ, 2015. 100 с.

17. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання/ Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд»)-К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022.-147с.

18. ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014. Настанова щодо виготовлення, монтажу та випробування технологічних трубопроводів, що працюють під тиском до 10 МПа. Чинний від 2015-10-01. Вид. офіц. Мін регіон України, 2015. 26 с.

19. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. На заміну СНиП 2.04.02-84 ; чинний від 2019-02-01. Вид. офіц. Київ : Мін регіон України, 2019. 180 с.

20. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ : станом на 4 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

21. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) та Переліку робіт з підвищеною небезпекою : Наказ Держ. ком. України з нагляду за охорон. пр. від 26.01.2005 № 15 : станом на 25 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

22. Про затвердження Положення про розробку інструкцій з охорони праці (ДНАОП 0.00-4.15-98) : Наказ М-ва пр. та соц. політики України від 29.01.1998 № 9 : станом на 1 верес. 2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

Зм. інв. №							
Підпис та дата							
Інв. № ор.							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота	Арк.
							114

23. Про затвердження Типового положення про службу охорони праці. (НПАОП 0.00-4.35-04) : Наказ Держ. ком. України з нагляду за охорон. пр. від 15.11.2004 № 255 : станом на 14 квіт. 2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

24. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Чинний від 2017-06-01. Вид. офіц. Київ : Мін регіон України, 2017. 35 с.

25. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. Чинний від 2010-07-29. Вид. офіц. Київ : Мін регіон України, 2010. 31 с.

26. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

27. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

28. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення : Закон України від 24.02.1994 № 4004-ХІІ : станом на 1 жовт. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> (дата звернення: 21.07.2025).

29. ДБН А.2.2-1:2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). Чинний від 2022-05-16. Вид. офіц. Київ : Мін регіон України, 2022. 37 с.

30. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Вид-цтво «КВІЦ», 2002. – 29 с.

31. Вартість альтернативного палива. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecowarm.com.ua/tovary/> (дата звернення: 19.10.2025). – Назва з екрана.

32. Податковий кодекс України. – Документ 2755-VI, чинний, поточна редакція. – Редакція від 03.09.2023, підстава – 3303-IX, 3325-IX. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 19.10.2023). – Назва з екрана.

33. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Головна | Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/naselennya/cini-ta-tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-pobutovih-spozhivachiv-naselennya-v-ukrayini/fiksovani-cini-na->

Зм. інв. №							Арк.
Підпис та дата							Арк.
Інв. № ор.							Арк.
	Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	115

elektrichnu-energiyu-dlya-pobutovih-spozhivachiv-z-01062024 (дата звернення: 20.10.2025).

34. Газовий котел Vaillant ecoCRAFT exclusiv VKK 1206/3-E-HL. ек.ua - порівняння, відгуки, ціни в інтернет-магазинах. URL: <https://ek.ua/ua/VAILLANT-ECOCRAFT-EXCLUSIV-VKK-1206-3-E-HL.htm> (дата звернення: 20.10.2025).

35. Heat Pumps HOTJET H-100w (100 kW) Sale Heat pump- Price: 924 750. Avante - solar battery, heat pump and renewable energy. URL: https://web1.avante.com.ua/en/catalog/nasos_teplovoiy_geotermaljnyy_hotjet_n-100w_w10_w50_100_kvт-03712/ (дата звернення: 20.10.2025).

36. Циркуляційний насос Grundfos MAGNA1 40-80 F. ек.ua - порівняння, відгуки, ціни в інтернет-магазинах. URL: <https://ek.ua/ua/GRUNDFOS-MAGNA1-40-80-F.htm> (дата звернення: 20.10.2025).

37. Мінрозвитку та ПРООН в Україні підписали угоду на 16,5 млн євро для розвитку відновлюваної енергетики в будівлях соціального сектора. UNDP. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/press-releases/minrozvytku-ta-proon-v-ukrayini-pidpysaly-uhodu-na-165-mln-yevro-dlya-rozvytku-vidnovlyuvanoyi-enerhetyky-v-budivlyakh> (дата звернення: 20.10.2025).

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №							Арк.
			Кваліфікаційна робота						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата				

ДОДАТКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата

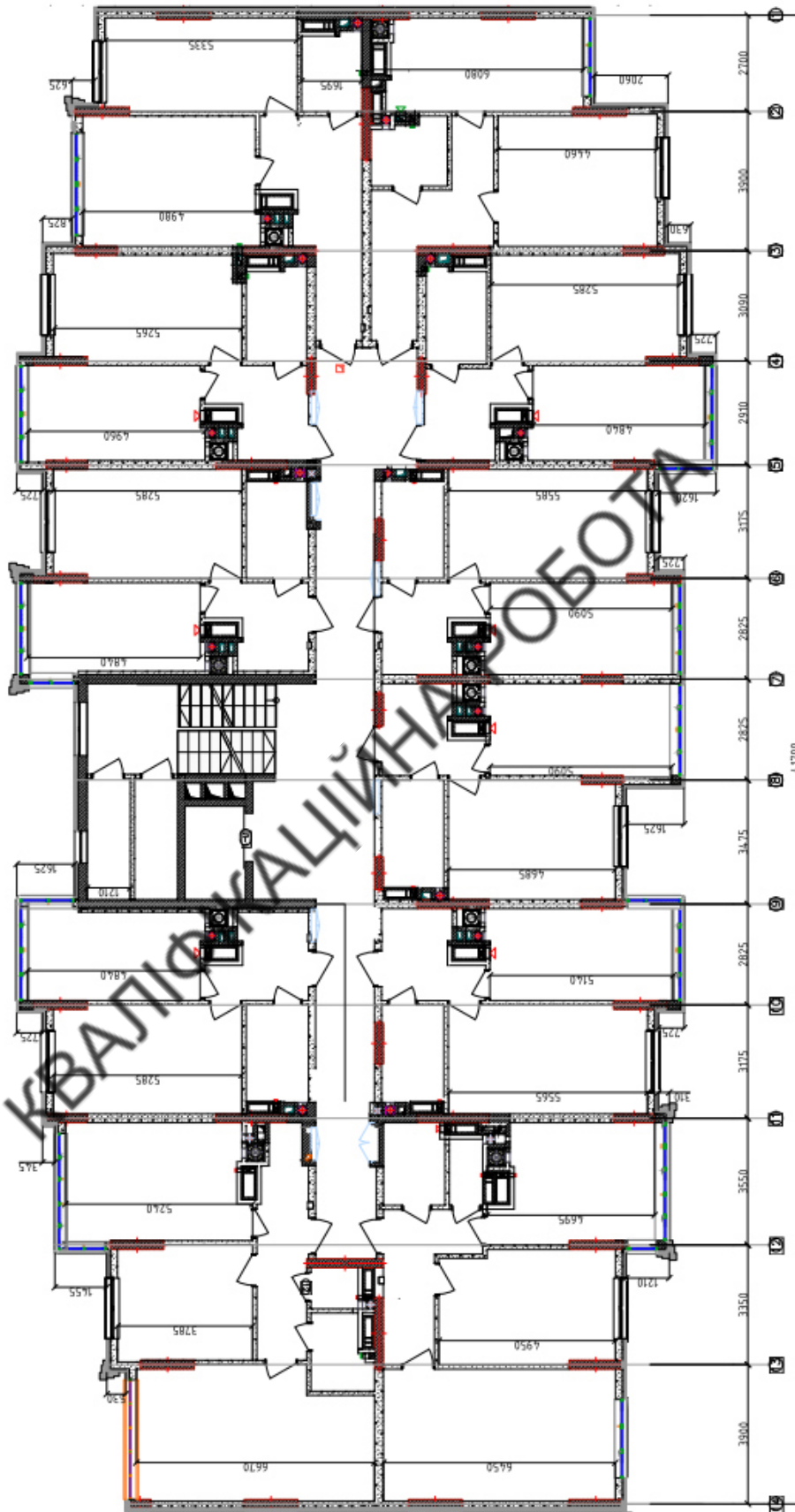
Кваліфікаційна робота

Арк.

117

Додаток 1. План типового поверху житлового будинку

План типового поверху



Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

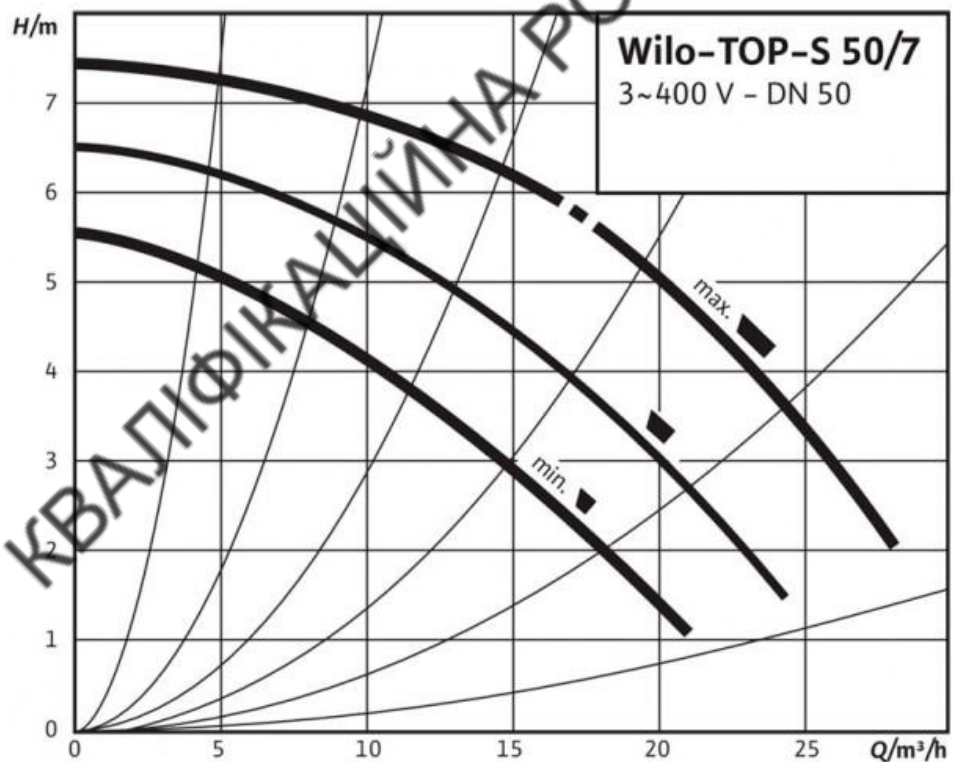
Додаток 2. Технічні характеристики фанкойлів Mycond SEC/F

МУСОНД технічні характеристики	Одиниці виміру	SEC/F 1.3						SEC/F 2.3						SEC/F 3.3					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Швидкість																			
Витрата повітря	м³/год	105	125	150	175	195	220	145	170	220	250	295	340	185	235	270	325	385	440
Повна холодопродуктивність	кВт	0,57	0,66	0,75	0,84	0,91	1,00	0,90	0,99	1,23	1,35	1,53	1,70	1,27	1,55	1,76	2,04	2,35	2,61
Явна холодопродуктивність	кВт	0,45	0,53	0,60	0,69	0,75	0,83	0,68	0,76	0,95	1,06	1,21	1,36	0,92	1,13	1,30	1,51	1,76	1,97
Теплопродуктивність	кВт	0,64	0,76	0,86	0,98	1,07	1,19	0,94	1,06	1,34	1,49	1,70	1,92	1,26	1,56	1,79	2,10	2,44	2,74
Втрати тиску (охолодження)	кПа	2,5	3,0	3,8	4,7	5,4	6,3	2,5	3,0	4,4	5,3	6,5	7,9	6,6	9,4	11,8	15,3	19,7	23,8
Втрати тиску (нагрівання)	кПа	0,9	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,2	2,8	4,2	5,0	6,4	7,9	5,4	7,8	10,0	13,2	17,1	21,0
Споживна потужність	Вт	16	19	21	25	29	33	14	16	22	26	32	40	15	20	25	32	41	49
Звукова потужність	дБ(А)	32	34	36	39	42	45	30	33	40	43	47	51	31	36	40	45	49	52
Звуковий тиск(*)	дБ(А)	23	25	27	30	33	36	21	24	31	34	38	42	22	27	31	36	40	43

МУСОНД Технічні характеристики	Одиниці виміру	SEC/F 4.3						Калькулятор Відео	SEC/F 5.3						SEC/F 6.3					
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Швидкість																				
Витрата повітря	м³/год	185	265	335	400	485	570	250	315	420	495	545	650	415	505	590	680	760	830	
Повна холодопродуктивність	кВт	1,25	1,71	2,11	2,43	2,83	3,19	1,66	2,01	2,55	2,90	3,13	3,58	2,50	2,94	3,32	3,70	4,01	4,26	
Явна холодопродуктивність	кВт	0,91	1,26	1,57	1,82	2,15	2,45	1,22	1,49	1,91	2,19	2,38	2,76	1,87	2,23	2,54	2,86	3,12	3,35	
Теплопродуктивність	кВт	1,25	1,74	2,18	2,52	2,97	3,41	1,65	2,02	2,61	3,00	3,24	3,75	2,56	3,05	3,45	3,90	4,26	4,56	
Втрати тиску (охолодження)	кПа	6,5	11,2	16,2	20,8	27,2	33,8	4,1	5,8	8,8	11,1	12,7	16,2	8,6	11,4	14,1	17,2	19,8	22,1	
Втрати тиску (нагрівання)	кПа	5,3	9,5	14,0	18,2	24,3	30,8	3,4	4,8	7,5	9,6	11,0	14,2	7,3	9,9	12,3	15,2	17,8	20,1	
Споживана потужність	Вт	14	21	28	34	44	57	18	22	32	39	46	61	37	46	55	67	78	88	
Звукова потужність	дБ(А)	27	33	39	43	47	53	26	31	37	41	43	48	37	42	46	49	52	54	

Зм. інв. №						Підпис та дата	Інв. № ор.	Кваліфікаційна робота						Арк.
														119
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата								

Додаток 3. Технічні характеристики циркуляційного насосу WILO TOP S 50/7



Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

120

**Додаток 4. Технічні характеристики теплового насосу
HOTJET H-100w W10/W50**



Теплова потужність / Споживча потужність / COP:

B0/W45 - 80/19,5/4,1

W10/W35 - 110/20,3/5,4

W10/W45 - 102/27/3,8

Температура теплоносія в системі опалення, °C - 60°C (R407C)

Протока (первинний контур), м³/ч - 16

Падіння тиску, кПа - <35

Протока (вторинний контур), м³/ч - 14

Падіння тиску, кПа - <30

Габарити (д/ш/в), мм - 900/1400/990

Вага, кг - 470

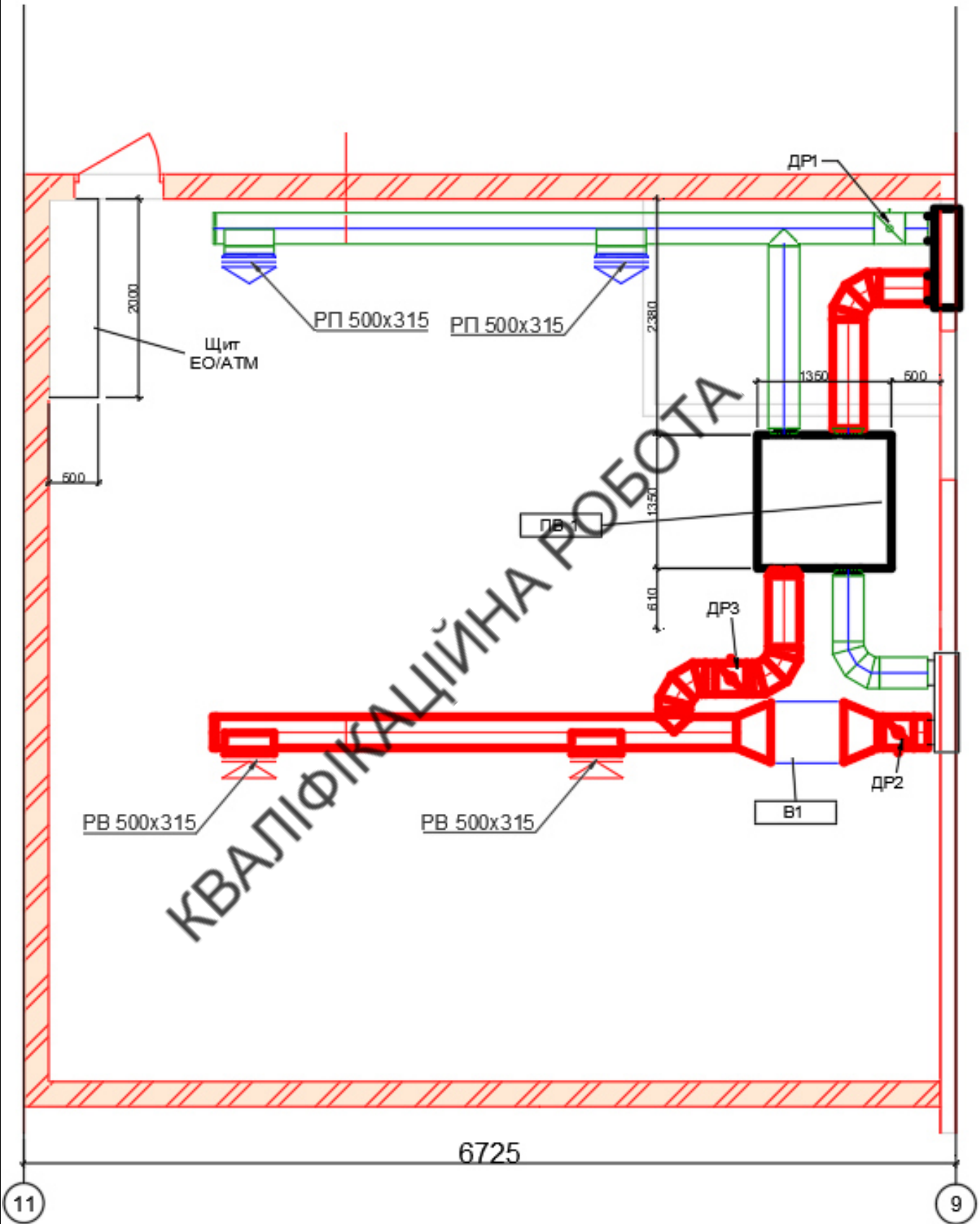
Елект ропітаніє, В/Гц - 380/3/50

Рівень шуму, дБ (А) - <60

Зм. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № ор.	

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							121
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Додаток 5. План вентиляції теплогенераторної М1:500



Інв. № ор.	Підпис та дата	Зм. інв. №
Зм.	Кільк.	Арк.
№ док.	Підп.	Дата

Кваліфікаційна робота