

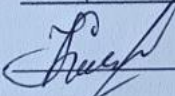
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

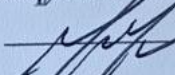
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: «Нове будівництво 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. Частина 2. Центр тепlopостачання»

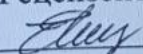
Виконав: студент 4 курсу, групи ТЕ-216
спеціальності 144 - теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

 Ковтун К.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ТЕ
Степанова Н.Д.

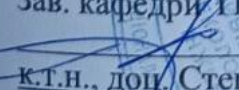
 (прізвище та ініціали)
« 05 » червня 2025 року

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри БМГА

 Лялюк О.Г.
(прізвище та ініціали)

« 11 » червня 2025 року

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ

 к.т.н., доц. Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

« 10 » червня 2025 р.

Вінниця – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 – теплоенергетика
Освітньо-професійна програма – Теплоенергетика



Д. В. Степанов

2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ковтун Катерині Русланівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Нове будівництво 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. Частина 2. Центр тепlopостачання»
керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2025 р. № 97

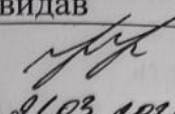
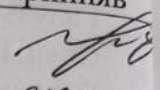
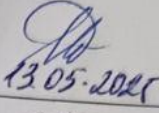
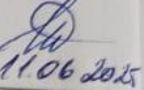
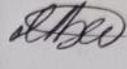
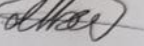
2. Термін подання студентом роботи 04.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп} = 465$ кВт, потужність системи вентиляції $Q_{вент} = 50,3$ кВт; пікова потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 160$ кВт, температурний графік розчину пропіленгліколю $65/45$ °С, температура сирої води 5 °С, температура води на гаряче водопостачання 55 °С. Розрахункова зовнішня температура повітря для опалення -22 °С, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $-0,1$ °С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки : багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору джерел теплоти для житлового будинку; дослідження режимів роботи емнісного теплообмінника в системі підготовки гарячої води; розробка теплової схеми центру тепlopостачання; підготовка та організація монтажних робіт системи теплозабезпечення; охорона праці.

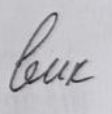
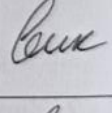
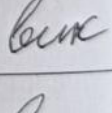
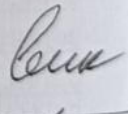
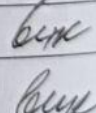
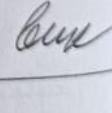
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема центру тепlopостачання теплова принципова; план центру тепlopостачання на відм. -3550; емнісний теплообмінник для потреб гарячого водопостачання потужністю 80 кВт; схема підготовки гарячої води монтажна аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи

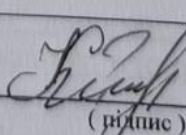
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 4	Степанова Н.Д., к.т.н, доцент кафедри ТЕ	 21.03.2025	 04.06.2025
Охорона праці	Кобилянська І.М., к.пед.н., доц. кафедри БЖДПБ	 13.05.2025	 11.06.2025
Нормоконтроль	Боднар Л.А., доцент кафедри ТЕ		

7. Дата видачі завдання 20.03.2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		Початок	Закінчення	
1.	Багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору джерел теплоти для житлового будинку	20.03.2025	04.04.2025	
2.	Дослідження режимів роботи ємнісного теплообмінника в системі підготовки гарячої води	05.04.2025	14.04.2025	
3.	Розробка теплової схеми центру тепlopостачання	15.04.2025	30.04.2025	
4.	Підготовка та організація монтажних робіт системи теплозабезпечення	1.05.2025	12.05.2025	
5.	Охорона праці	13.05.2025	22.05.2025	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2025	04.06.2025	

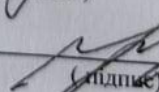
Студент


(підпис)

Ковтун К.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Ковтун К.Р. Нове будівництво 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. Частина 2. Центр теплопостачання. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2025. 69 с. Бібліогр. : 54 назви; табл. 13.

У бакалаврській роботі розглянуто питання вибору джерела теплоти для системи теплопостачання житлового будинку з урахуванням техніко-економічних показників. Проведено багатоваріантний аналіз можливих джерел теплоти, обґрунтовано вибір оптимального варіанту, а також досліджено режими роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання.

Розроблено теплову схему центру теплопостачання з розрахунком інженерних систем будівлі (опалення, вентиляції, гарячого водопостачання) та вибором відповідного обладнання. Наведено техніко-економічну оцінку роботи системи.

Особливу увагу приділено організаційно-технологічному забезпеченню монтажу обладнання, визначено склад і обсяги робіт, обґрунтовано вибір методів виконання монтажних робіт, машин і механізмів.

Окремий розділ присвячено питанням охорони праці, пожежної безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії під час експлуатації систем теплопостачання.

Результати роботи можуть бути використані при проєктуванні систем теплозабезпечення житлових будівель та впровадженні енергоефективних рішень. Графічна частина складається з 4 креслень

ABSTRACT

Kovtun K.R. New construction of a 21-storey single-section residential building on Obolonskyi Avenue in Kyiv. Part 2. Heat Supply Center. Bachelor's thesis in the specialty 144 – Heat Power Engineering, educational program – Heat Power Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 69 p.

References: 54 titles; tables: 13.

The bachelor's thesis addresses the issue of selecting a heat source for the heating system of a residential building, taking into account technical and economic indicators. A multi-option analysis of potential heat sources was conducted, the optimal option was substantiated, and the operating modes of a storage-type heat exchanger for domestic hot water supply were investigated.

A thermal scheme of the heat supply center was developed, including the calculation of the building's engineering systems (heating, ventilation, and hot water supply) and the selection of appropriate equipment. The technical and economic performance of the system was evaluated.

Special attention was given to the organizational and technological aspects of equipment installation, including the scope of work, selection of installation methods, machinery, and tools.

A separate section is devoted to occupational safety, fire protection, industrial hygiene, and sanitary conditions during the operation of the heat supply systems.

The results of the study can be used in the design of heat supply systems for residential buildings and in the implementation of energy-efficient solutions.

The graphic part includes 4 technical drawings.

ЗМІСТ

ВСТУП.	4
1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.	5
1.1 Багатоваріантний аналіз джерел теплоти для багатоквартирного будинку.	5
1.2 Техніко-економічні обґрунтування вибору джерела теплоти для системи теплопостачання	10
1.3 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти.	18
1.4 Висновки до розділу 1.	19
2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЄМКІСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОТРЕБ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.	20
2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємнісному теплообміннику	20
2.2 Аналіз режимів роботи водо-водяного теплообмінника.	20
2.3 Висновки до розділу 2.	24
3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. .	25
3.1 Розрахунок системи опалення.	25
3.2 Розрахунок системи вентиляції.	27
3.3 Розрахунок системи гарячого водопостачання	28
3.4 Вибір основного та допоміжного обладнання.	29
3.5 Висновки до розділу 3.	41
4 ПІДГОТОВКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.	43
4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу	43
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.	44
4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.	47

4.4 Вибір технічних засобів для виконання монтажних робіт.	48
4.5 Висновки до розділу 4.	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	50
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	50
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	55
5.3 Пожежна безпека	58
5.4 Висновки до розділу 5.	61
ВИСНОВКИ.	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.	64
ДОДАТКИ	70
ДОДАТОК А (Обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.	71
ДОДАТОК Б (Обов'язковий) Технічне завдання.	72
ДОДАТОК В (Обов'язковий) Графічна частина.	76
ДОДАТОК Г (Довідковий) Математична модель тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику	82
ДОДАТОК Д (Довідковий) Таблиці комплектувальна відомість основних, допоміжних матеріалів і виробів	89

ВСТУП

Сучасні тенденції у сфері енергетики вимагають підвищення ефективності та екологічності систем теплопостачання, особливо у великих міських агломераціях. Одним із перспективних напрямів розвитку є впровадження децентралізованих, автоматизованих систем теплопостачання з використанням відновлюваних джерел енергії та теплових насосів.

Зростання обсягів нового житлового будівництва в місті Києві, зокрема висотної забудови з вбудованими об'єктами соціальної інфраструктури, висуває нові вимоги до проектування центрів теплопостачання. Енергоефективність, надійність, безпека та екологічність таких систем стають визначальними критеріями при виборі обладнання і джерел теплоти.

Мета роботи – обґрунтування та проектування сучасного енергоефективного центру теплопостачання з використанням теплових насосів типу «повітря–вода» для забезпечення потреб багатоквартирного житлового будинку.

Основні задачі, які вирішуються у роботі:

- аналіз можливих джерел теплоти та обґрунтування їх вибору;
- дослідження режимів роботи ємнісного теплообмінника для гарячого водопостачання;
- розробка ємнісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання;
- розробка теплової схеми центру теплопостачання та підбір обладнання;
- виконання гідравлічних і теплотехнічних розрахунків;
- підготовка та організація монтажних робіт системи теплотапобезпечення;
- аналіз техніки безпеки при експлуатації систем.

Результати роботи можуть бути використані у проектуванні та впровадженні теплопостачальних систем житлових і громадських будівель з акцентом на раціональне використання енергоресурсів та зниження негативного впливу на довкілля.

Основні рішення, запропоновані в роботі були представлені на двох конференціях і опубліковані у [1, 2].

1 БАГАТОВАРНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

1.1 Багатоваріантний аналіз джерел теплоти для багатоквартирного будинку

Для багатоповерхового будинку з вбудованими комерційними приміщеннями в місті Київ, ключовими критеріями при виборі джерел теплоти є енергоефективність, економічна доцільність, екологічність і стабільність постачання. Серед потенційних джерел теплоти можна виділити теплові насоси типу «повітря-вода», «вода-вода» та «грунт-вода», сонячна енергія (сонячні колектори), централізоване тепlopостачання (ТЕЦ, котельні) або газова котельня, котельня на біомасі (паливні гранули, тріска), електроопалення (інфрачервоні панелі, електричні котли), когенераційні установки (одночасне виробництво теплоти і електроенергії). Для вибору того чи іншого джерела потрібно провести енергоаудит, щоб визначити конкретне навантаження на систему опалення та її сезонні коливання.

1.1.1 Аналіз енергоефективності джерел теплоти для багатоквартирного будинку

Київ – місто з помірно-континентальним кліматом, з холодною зимою, де теплове навантаження на опалення є значним.

Тепловий насос типу «повітря-вода» використовує теплоту з зовнішнього повітря для нагріву води, яка потім подається в систему опалення або ГВП. Це альтернатива газу або централізованому тепlopостачанню, яка працює на електроенергії. У таких системах у помірному кліматі коефіцієнт перетворення (COP) складає 2,5 – 3,5, тобто із кожного кіловату електроенергії отримуємо 2.5–3.5 кВт теплоти. Але узимку за зовнішньої температури -10°C COP може знижуватися до 1,8 – 2,5, а влітку за умови використання для системи охолодження коефіцієнт перетворення (у даному випадку холодильний коефіцієнт) складає 4,0. Для м. Київ середня температура взимку складає $-1,5...5^{\circ}\text{C}$, але у пікові морози до -20°C

ефективність теплового насосу типу «повітря-вода» помітно знижується, тому потрібне резервне джерело теплоти. Такі типи теплових насосів найкраще працюють у низькотемпературних системах опалення (температурний рівень $40...45^{\circ}\text{C}$)

Тепловий насос типу «ґрунт-вода» забирає теплоту з ґрунту (на глибині $1,5...100$ м і більше), де температура стабільна протягом року (в Києві це близько $+8...+12^{\circ}\text{C}$). Це дозволяє системі працювати дуже стабільно й ефективно навіть у мороз. У таких системах коефіцієнт перетворення (COP) складає $3,8 - 4,8$, тобто із кожного кіловату електроенергії отримуємо $3,8-4,8$ кВт теплоти. Такі системи стабільно працюють взимку, оскільки температура ґрунту не падає так сильно, як температура повітря. У місті з холодною зимою – одна з найефективніших систем, оскільки постійна температура ґрунту забезпечує стабільний COP та не вимагає резервного джерела теплоти за умови правильного проєктування. Для умов м. Київ доцільно вертикальне буріння свердловин у ґрунті $70-150$ м, оскільки для горизонтальних контурів потрібно великі просторові ділянки.

Тепловий насос типу «вода-вода» використовує енергію підземних вод, ґрунтових вод або відкритих водойм. Вода з джерела (температурою $+8...+12^{\circ}\text{C}$ у Києві) подається до теплообмінника, де теплота передається в систему опалення. У таких системах коефіцієнт перетворення (COP) складає $4,0 - 5,5$ (найвищий серед усіх типів теплових насосів). Взимку ефективність не знижується, бо температура води стабільна. У столиці достатньо водоносних горизонтів, особливо в районах поблизу Дніпра та малих річок. Температура підземних вод в Києві стабільна цілий рік: $+9...+12^{\circ}\text{C}$.

Сонячні колектори – це пристрої, що перетворюють сонячне випромінювання у теплову енергію, яку використовують для: підігріву гарячої води (ГВП), підтримки системи опалення (частково), підігріву басейнів (за наявності). Для м. Київ середньорічне сонячне випромінювання: складає $1100-1300$ кВт·год/м² із найвищою продуктивністю протягом травня – вересня, у зимовий період (листопад – лютий) спостерігається значне зниження. Ефективність такої системи окрім інтенсивності випромінювання ще й залежить від коефіцієнта корисної дії сонячного колектора, який

для плоских колекторів складає 40 – 60 %, а для вакуумних – 60 – 75 %, причому останні більш ефективні взимку.

Централізоване теплопостачання – це система, коли теплота (у вигляді гарячої води або пари) подається до будинків через теплові мережі від центрального джерела: ТЕЦ (теплоелектроцентралі) — одночасно виробляють електроенергію та теплоту (когенерація), районні котельні — великі локальні джерела теплоти, часто на газу, блочні котельні — компактні станції, іноді біля житлового комплексу. Сумарний (теплота + електроенергія) коефіцієнт корисної дії ТЕЦ складає 70 – 85%, тоді як ККД котелень 85 – 90 % (можуть бути сучасні газові або твердопаливні). Сезонна ефективність такого джерела теплоти у м. Київ складає 55 – 75%, що пов'язано із додатковими втратами в мережах, які залежать від стану трубопроводів мереж і їх ізоляції і складають 10 – 25%.

Автономна котельня – це локальне джерело теплоти, яке обслуговує один будинок або житловий комплекс (ЖК), працюючи незалежно від централізованої системи. Найпоширеніше рішення – котельня на природному газі. Коефіцієнт корисної дії сучасного конденсаційного газового котла: 95–98%, тоді як традиційного котла: 85–90%. Тому сезонна ефективність автономної котельні складає 80–92%. Система теплопостачання з автономною котельнею має менші втрат у порівнянні з централізованим теплопостачанням.

Котельні на біомасі використовують тверде біологічне паливо, наприклад: пелети (паливні гранули) – з тирси, агровідходів, тріска – подрібнене деревне паливо, брікет – пресовані органічні відходи. Це відновлюване джерело енергії, що підходить для автономного теплопостачання ЖК. Коефіцієнт корисної дії сучасної котельні на біомасі 80 – 90%. Паливні гранули мають вищу теплотворну здатність (~4.5–5.0 кВт·год/кг), тріска – нижчу (~3.0–4.0 кВт·год/кг). Сезонна ефективність котельні на біомасі залежить від автоматики подачі, вологості палива, якості обслуговування.

Розглянемо енергоефективність електроопалення. Інфрачервоні панелі нагрівають предмети та людей, а не повітря (пряме випромінювання) і можуть бути стельові, настінні або підлогові, мають високу ефективність у локальному обігріві (до

95% енергії перетворюється на теплоту) і має мінімальні втрати, оскільки відсутні трубопроводи і теплоносії. Електричні котли нагрівають воду або антифриз у системі радіаторів/теплої підлоги. Коефіцієнт корисної дії електродвигунів складає 98 – 99 %.

Когенераційні установки (ТЕЦ мікрорівня) – це сучасне рішення для комбінованого виробництва теплоти та електроенергії. Для багатоквартирного будинку в Києві такі системи можуть бути високоефективними, особливо з урахуванням вартості енергоносіїв та тенденцій до децентралізації енергопостачання. Когенераційна установка використовує первинний енергоносіє (газ, біогаз, дизель) для виробництва: електроенергії (через генератор, парову турбіну або двигун внутрішнього згорання), теплоту (утилізація відпрацьованих газів, охолодження двигуна). Такі установки мають високу загальну ефективність (80-90%) – у 1,5-2 рази вища, ніж при роздільному виробництві.

1.1.2 Аналіз екологічності джерел теплоти для багатоквартирного будинку

Екологічність джерел теплопостачання визначається їхнім впливом на довкілля, зокрема: викидами CO₂ та інших забруднювачів, споживанням невідновлюваних ресурсів, рівнем енергоефективності, впливом на міське середовище. Розглянемо кожен варіант окремо.

Тепловий насос типу «повітря-вода» має наступні екологічні переваги:

- нульові прямі викиди – не спалює паливо;
- низький вуглецевий слід (якщо живиться від ВДЕ або «зеленої» електроенергії);
- висока ефективність (COP 3–4) – виробляє більше теплоти, ніж споживає електроенергії.

Але тепловий насос типу «повітря-вода» має наступні недоліки:

- залежність від електроенергії (якщо вона виробляється з вугілля/газу, ефективність падає);
- шум вентиляторів (може впливати на міський комфорт).

Тепловий насос типу «ґрунт–вода» та «вода–вода» має такі екологічні переваги:

- ще вища ефективність (COP 4–5) через стабільність джерела теплоти (грунт, підземні води);
- мінімальний вплив на атмосферу.

Але вищенаведені теплові насоси мають такі недоліки:

- висока вартість буріння (для ґрунтових систем);
- ризик порушення гідрогеологічного балансу (для водяних насосів).

Сонячна енергія (сонячні колектори) мають ряд переваг:

- повна відсутність викидів під час експлуатації;
- довгий термін служби (20–25 років).

Недоліки сонячних колекторів:

- залежність від погоди (нестабільність у зимовий період);
- виробництво панелей пов'язане з викидами (але окупається за 2–3 роки експлуатації).

Централізоване теплопостачання має ряд переваг з екологічної точки зору:

- економія масштабу – менше викидів на одиницю тепла, ніж у малих котельнях.
- можливість використання альтернативних палив (біомаса, сміття).

До недоліків централізованого теплопостачання можна віднести :

- високі викиди CO₂ і SO₂ (якщо використовується вугілля);
- теплові втрати в мережах (до 15–20%).

Автономна котельня на газоподібному паливі має такі переваги

- менше викидів, ніж у вугільних/дизельних систем (на 30–50%);
- висока ефективність (ККД 90–95%).

Недоліками автономних котелень на природному газі є:

- викиди CO₂ та NO_x (сприяють парниковому ефекту);
- залежність від імпорту газу (енергетична нестабільність).

Котельні на біомасі мають наступні екологічні переваги:

- нейтральний вуглецевий слід (CO₂ поглинається при рослинному циклі);
- локальне виробництво палива (зменшує транспортні викиди).

До недоліків котелень на біомасі слід віднести:

- викиди твердих частинок (PM2.5) – проблема для якості повітря в місті;
- потреба в складських приміщеннях для палива.

Електроопалення (інфрачервоні панелі, електричні котли) відрізняються такими екологічними перевагами :

- нульові локальні викиди.

Недоліки електроопалення:

- великий вуглецевий слід, якщо електроенергія виробляється з вугілля;
- висока вартість при пікових тарифах.

Когенераційні установки мають такі екологічні переваги

- висока ефективність (ККД 80–90%) – менше викидів на одиницю енергії;
- зменшення навантаження на електромережі.

Недоліками когенераційних установок є:

- викиди CO₂ (якщо використовується газ);
- шум і вібрації (потрібна додаткова ізоляція).

1.2 Техніко-економічні обґрунтування вибору джерела теплоти для системи тепlopостачання

1.2.1 Загальні капіталовкладення в систему тепlopостачання

Загальні капіталовкладення з газовими котлами $K = 3559740,6$ грн.

Загальні капіталовкладення з котлами на трісці деревини $K = 4921952,1$ грн.

Загальні капіталовкладення з котлами на паливних гранулах з деревини
 $K = 4349432,1$ грн.

Загальні капіталовкладення з тепловими насосами типу «повітря-вода»
 $K = 16747922,1$ грн.

Загальні капіталовкладення з тепловими насосами типу «грунт-вода»
 $K = 46637668,35$ грн.

Загальні капіталовкладення з електродкотлами $K = 2528108,7$ грн.

1.2.2 Витрати коштів на паливо та електроенергію

Річне виробництво теплоти

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.1)$$

$$Q_{\text{річ}} = (595,3 \cdot 42 + 336,23 \cdot 4446 + 80 \cdot 4272) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 6701,91 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Річна витрата палива

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (1.2)$$

- для газового котла

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{6701,91 \cdot 10^3}{34,0 \cdot 0,915} = 215426,2 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

- для котла на трісці деревини

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{6701,91 \cdot 10^3}{10,2 \cdot 0,85} = 772999,8 \text{ (кг/рік)}.$$

- для котла на паливних гранулах з деревини

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{6701,91 \cdot 10^3}{18,5 \cdot 0,85} = 426194,5 \text{ (кг/рік)}.$$

Сезонні витрати на паливо

$$C_{\Pi} = \Pi_{\Pi} \cdot B_p^{\text{річ}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (1.3)$$

де $\Pi_{\Pi} = 21 \text{ грн/м}^3$ - ціна газу [3];

$\Pi_{\Pi} = 3,7 \text{ грн/кг}$ - ціна тріски деревини;

$\Pi_{\Pi} = 6,2 \text{ грн/кг}$ – ціна паливні гранули з деревини;

$B_p^{\text{річ}}$ – загальна річна витрата палива;

$k_{\text{вп}}$ - коефіцієнт, яким враховують втрати палива.

Сезонні витрати на газ

$$C_{\Pi} = 21 \cdot 1,006 \cdot 215426,2 = 4551093,3 \text{ (грн/рік)}.$$

Сезонні витрати на тріску деревини

$$C_{\Pi} = 3,7 \cdot 1,006 \cdot 772999,8 = 2903000,7 \text{ (грн/рік)}.$$

Сезонні витрати на паливні гранули з деревини

$$C_{\Pi} = 6,2 \cdot 1,006 \cdot 426194,5 = 2682041,9 \text{ (грн/рік)}.$$

Річна витрата електроенергії у тепловому насоси типу «повітря – вода» для виробництва теплової енергії

$$N_{\text{THVI}}^{\text{річ}} = Q_{\text{max}} \cdot \tau_{\text{max}} / \text{COP}_{\text{max}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} / \text{COP}_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}} / \text{COP}_{\text{між}}, \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} N_{\text{THVI}}^{\text{річ}} &= 595,3 \cdot 42 / 2,3 + 336,23 \cdot 4446 / 3 + 80 \cdot 4272 / 4,4 = \\ &= 585805,02 \text{ (кВт·год/рік)}. \end{aligned}$$

Річна витрата електроенергії у тепловому насоси типу «грунт – вода» для виробництва теплової енергії

$$\begin{aligned} N_{\text{THY2}}^{\text{річ}} &= 595,3 \cdot 42 / 4,1 + 336,23 \cdot 4446 / 4,1 + 80 \cdot 4272 / 4,1 = \\ &= 454058,82 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}. \end{aligned}$$

Річна витрата електроенергії у котельні з електродотлами

$$\begin{aligned} N_{\text{ек}}^{\text{річ}} &= 595,3 \cdot 42 + 336,23 \cdot 4446 + 80 \cdot 4272 = \\ &= 1959622,3 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}. \end{aligned}$$

Сезонні витрати на електроенергію для теплових насосів (на виробництво теплоти) типу «повітря – вода»

$$C_{\text{еє}}^{\text{THY1}} = N_{\text{THY1}}^{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{еє}}, \quad (1.5)$$

$$C_{\text{еє}}^{\text{THY1}} = 585805,02 \cdot 4,32 = 2530677,7 \text{ (грн./рік)}.$$

Сезонні витрати на електроенергію для теплових насосів (на виробництво теплоти) типу «грунт – вода»

$$C_{\text{еє}}^{\text{THY2}} = 454058,82 \cdot 4,32 = 1961534,12 \text{ (грн./рік)}.$$

Сезонні витрати на електроенергію для котельні з електродотлами

$$C_{\text{еє}}^{\text{ек}} = 1959622,3 \cdot 4,32 = 8465568,3 \text{ (грн./рік)}.$$

Річна витрата електроенергії на функціонування системи

$$EE^{річ} = N_{ВП}^{макс} \cdot \tau_{макс} + N_{ВП}^{сер} \cdot \tau_{сер} + N_{ВП}^{міжопал} \cdot \tau_{між}, \quad (1.6)$$

$$EE_{річ} = 2,71 \cdot 24 \cdot 176 + 0,502 \cdot 24 \cdot 189 = 13724,11 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

$$C_{еє} = EE_{річ} \cdot \Pi_{еє}, \quad (1.7)$$

$$C_{еє} = 13724,11 \cdot 4,32 = 59288,2 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.3 Річна витрата коштів на воду

Витрати на воду [5]

$$C_B = G_{річ} \cdot \Pi_B, \quad (1.8)$$

$$C_B = 498,43 \cdot 15,1 = 7526,4 \text{ (грн./рік)}.$$

1.2.4 Амортизаційні відрахування

Витрати на амортизацію [6]

$$C_a = \kappa_a \cdot K, \quad (1.9)$$

-для системи з газовими котлами

$$C_a = 0,075 \cdot 3559740,6 = 266980,6 \text{ (грн/рік)}.$$

-для системи з котлами на трісці деревини

$$C_a = 0,075 \cdot 4921952,1 = 369146,4 \text{ (грн/рік)}.$$

- для системи з котлами на паливних гранулах з деревини

$$C_a = 0,075 \cdot 4349432,1 = 326207,4 \text{ (грн/рік)}.$$

- для системи з тепловими насосами типу «повітря-вода»

$$C_a = 0,075 \cdot 16747922,1 = 1256094,16 \text{ (грн/рік)}.$$

- для системи з тепловими насосами типу «ґрунт-вода»

$$C_a = 0,075 \cdot 46637668,35 = 3497825,13 \text{ (грн/рік)}.$$

- для системи з електрокотлами

$$C_a = 0,075 \cdot 2528108,7 = 189608,15 \text{ (грн/рік)}.$$

1.2.5 Витрати коштів на поточний ремонт

Витрати на поточний ремонт розраховуються як 20% від амортизаційних відрахувань [6]

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_a, \quad (1.10)$$

- для системи з газовими котлами

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 266980,6 = 53396,1 \text{ (грн/рік)}.$$

- для системи з котлами на трісці деревини

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 369146,4 = 73829,28 \text{ (грн/рік)}.$$

-для системи з котлами на паливних гранулах з деревини

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 326207,4 = 65241,48 \text{ (грн/рік)}.$$

-для системи з тепловими насосами типу «повітря-вода»

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 1256094,16 = 251218,83 \text{ (грн/рік)}.$$

-для системи з тепловими насосами типу «грунт-вода»

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 3497825,13 = 699565,03 \text{ (грн/рік)}.$$

-для системи з електрокотлами

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 189608,15 = 37921,63 \text{ (грн/рік)}.$$

1.2.6 Витрати коштів на заробітну плату

Середній річний фонд заробітної плати на одного працівника

$$\Phi_{\text{зп}} = 122400 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату

$$C_{\text{зп}} = Q_{\text{вст}} \cdot k_{\text{шт}} \cdot \Phi_{\text{зп}} \cdot k_{\text{дод}}, \quad (1.11)$$

де $Q_{\text{вст}}$ – встановлена теплова потужність котельні, МВт;

$k_{\text{шт}}$ – штатний коефіцієнт (чисельність персоналу котельні);

$k_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові нарахування, $k_{\text{дод}} = 1,4012$,

$\Phi_{\text{зп}}$ – середній річний фонд заробітної плати, грн./рік.

Витрати на заробітну плату в котельнях з котлами на біопаливі

$$C_{зп} = 6 \cdot 122400 \cdot 1,4012 = 1029041,28 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату в газовій котельні, електрокотельні і у теплопунктах із тепловими насосами

$$C_{зп} = 4 \cdot 122400 \cdot 1,4012 = 686027,52 \text{ (грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{ее} + C_v + C_{пал}). \quad (1.12)$$

Результати розрахунку інших витрат наведено у табл. 1.1

1.2.7 Річні витрати коштів на експлуатацію системи та собівартість виробництва теплоти

Загальні експлуатаційні витрати коштів [5, 6]

$$C_{річ} = C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{ее}^c + C_v + C_{п} + C_{ін}. \quad (1.13)$$

Згідно розрахунків теплової схеми котельні річне виробництво теплоти на ній складатиме $Q_{річ} = 6701,908 \text{ ГДж}$.

Собівартість теплової енергії [5, 6]

$$CB_{тепл} = C_{річ} / Q_{річ}. \quad (1.14)$$

Результати розрахунку загальних річних експлуатаційних витрат та собівартості виробництва теплоти наведено у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Загальні річні експлуатаційні витрати та собівартість виробництва теплоти

Варіант	Інші витрати, тис. грн	Загальні експлуатаційні витрати коштів, тис. грн.	Собівартість виробництва теплоти, грн./ГДж
Система з газовими котлами	337,5	5961,8	889,56
Система з котлами на трісці деревини	266,5	4708,3	702,54
Система з котлами на паливних гранулах з деревини	250,16	4419,5	659,44
Система з тепловими насосами типу «повітря-вода»	287,45	5078,3	757,74
Система з тепловими насосами типу «грунт-вода»	414,7	7326,5	1093,2
Система з електрокотлами	566,76	10012,7	1494

1.3 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти

Аналізуючи результати наведених вище розрахунків встановлено:

- найнижчі капіталовкладення в теплотехнічне обладнання котельні має джерело теплоти – газовий котел;
- найнижчі експлуатаційні затрати має варіант – котел на паливних гранулах з деревини;
- найвищу собівартість теплоти має варіант - система з тепловими насосами типу «грунт-вода», а найнижчу – котел на паливних гранулах з деревини.

Приймаючи до уваги вище сказане найкращим джерелом теплоти для котельні для забезпечення потреб теплопостачання 21-поверхового односекційного житлового будинку в місті Київ є паливні гранули з деревини. Але під час спалювання паливних гранул з деревини утворюється зола, необхідно розробити заходи по зменшенню вмісту золи у відхідних газах після котла. Крім того таке

джерело теплоти потребує створення відповідного паливного складу, який потребує підтримання певних параметрів мікроклімату у ньому. Аналіз екологічних показників та економічних у комплексі показав, що найбільш доцільним варіантом і перелічених вище є варіант системи з тепловими насосами типу «повітря-вода».

1.4 Висновок до розділу 1

Проведено порівняльний техніко-економічний аналіз різних джерел теплоти для забезпечення теплопостачання 21-поверхового одноквартирного житлового будинку в місті Київ. Розглянуто кілька варіантів джерел енергії, зокрема: котельні на природному газі, паливних гранулах з деревини, трісці деревини, електрокотельні, а також теплонасосні установки типу «вода-вода» та «повітря-вода». У результаті проведених розрахунків встановлено, що найнижчу собівартість теплоти забезпечує котельня на паливних гранулах з деревини з автоматизованою подачею палива — 659,44 грн/ГДж. Дещо вищу собівартість має теплота від котельні на трісці деревини — 702,54 грн/ГДж, однак значним недоліком цього варіанту є підвищені викиди золи в атмосферу. Електрокотельня виявилася економічно не вигідною через високу вартість електроенергії та відсутність зонного тарифу. Її собівартість склала 1494 грн/ГДж. Котельня на природному газі має зручність в експлуатації, проте через високу вартість палива є нерентабельною — 889,56 грн/ГДж. Оптимальним варіантом з урахуванням економічних та екологічних критеріїв обрано теплонасосну установку типу «повітря-вода», яка забезпечує виробництво теплоти зі собівартістю 757,74 грн/ГДж. Цей варіант характеризується прийнятним рівнем витрат та мінімальним впливом на навколишнє середовище, що робить його доцільним для використання в умовах міського житлового будівництва.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЄМНІСНОГО ТЕПЛООБМІННИКА В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ГАРЯЧОЇ ВОДИ

2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємнісному теплообміннику

Побудова математичної моделі тепломасообмінних і гідродинамічних процесів у ємнісному теплообміннику є складною інженерною задачею [9], яка включає декілька послідовних етапів: ідентифікацію основних фізичних процесів, що відбуваються у теплообміннику, встановлення відповідних граничних умов, формулювання системи диференціальних рівнянь, що описують ці процеси [10; 11], а також їх аналітичне або чисельне розв'язання.

Розробка подібної моделі потребує комплексного підходу з урахуванням впливу численних параметрів. Реалізація моделі дає змогу забезпечити оптимальні умови роботи теплообмінного обладнання, зменшити витрати енергії та підвищити ефективність теплопередачі.

Аналітичне подання і характеристика розробленої моделі наведені у додатку Д [9].

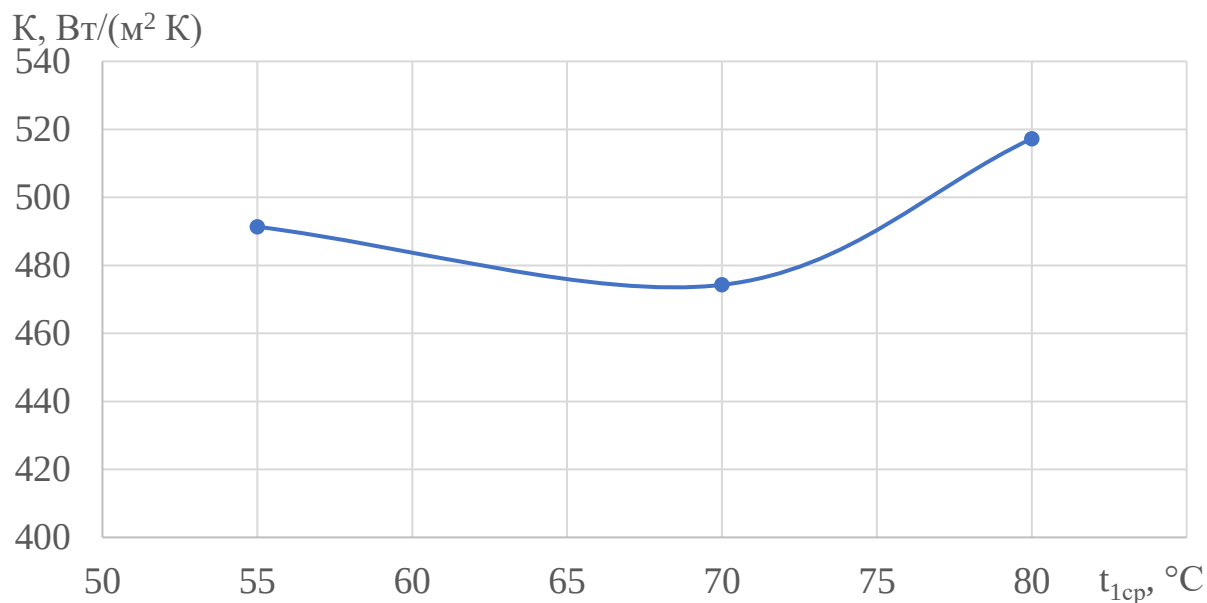
2.2 Аналіз режимів роботи водо-водяного теплообмінника

Виконано аналіз умов експлуатації водо-водяного теплообмінника, який забезпечує підігрів води для потреб гарячого водопостачання багатоквартирного житлового будинку. Зокрема, проаналізовано роботу теплообмінника із різними температурними графіками і швидкісними режимами грійного теплоносія [7].

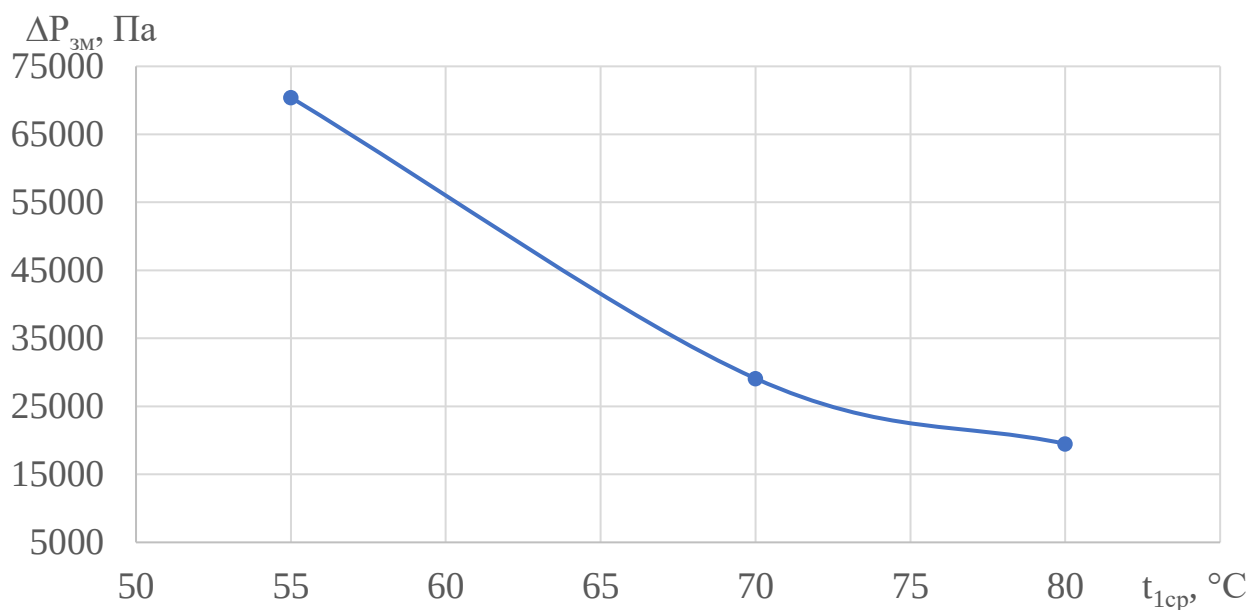
На основі розрахункової моделі побудовано графіки, що ілюструють залежність експлуатаційних характеристик ємнісного теплообмінника від змін окремих технічних параметрів, таких як температура теплоносія, швидкість його руху та геометричні розміри трубок.

З рисунка 2.1 видно, що зі збільшенням середньої температури теплоносія в системі від 55 °C до 80 °C відбувається зростання коефіцієнта теплопередачі

приблизно на 5,3 %, а гідравлічний опір знижується до 72,3 % від початкового значення. Це свідчить про доцільність використання високотемпературного графіка подачі теплоносія, наприклад, 90/70 °С.



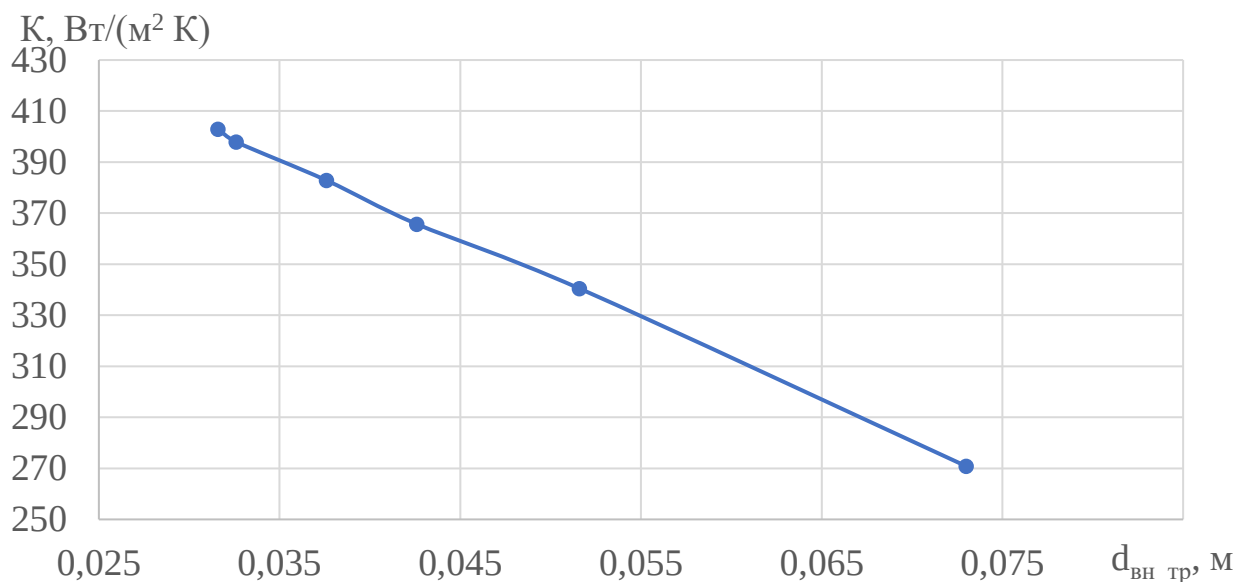
а)



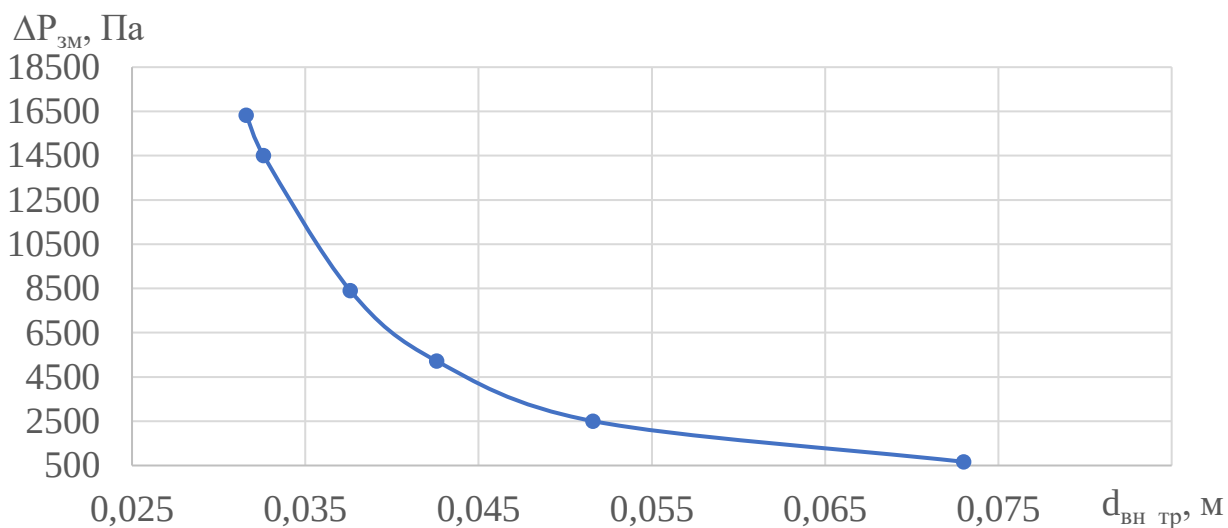
б)

Рисунок 2.1 – Залежність коефіцієнта теплопередачі теплообмінника K та його гідравлічного опору ΔP_{3M} від середньої температури грійного теплоносія t_{1cp}

Згідно з рисунком 2.2, при зменшенні внутрішнього діаметра трубки коефіцієнт теплопередачі зростає. Водночас спостерігається значне зростання гідравлічного опору. Така залежність потребує оптимізації вибору діаметра трубки для досягнення балансу між інтенсивністю теплообміну та гідравлічними втратами.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Вплив діаметра теплообмінної трубки $d_{\text{вн_тр}}$ на коефіцієнт теплопередачі теплообмінника K (а) та його гідравлічний опір $\Delta P_{\text{зм}}$ (б)

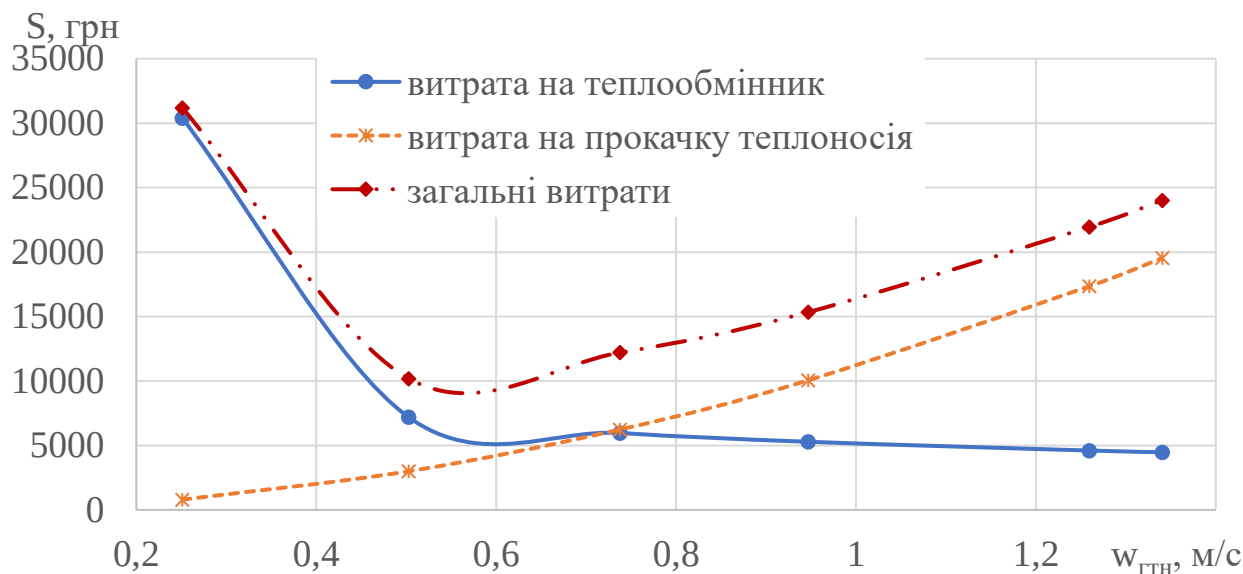


Рисунок 2.3 – Вплив швидкості грійного теплоносія $w_{гтн}$ на капітальні затрати на теплообмінну поверхню, експлуатаційні витрати протягом 10 років та загальні витрати

На рисунку 2.3 зображено залежність загальних витрат (враховуючи як капітальні, так і експлуатаційні) від швидкості теплоносія. Встановлено, що мінімальні витрати спостерігаються при швидкості 0,5–0,73 м/с, що відповідає використанню труб діаметром 54×1,2 мм або 45×1,2 мм. Це дає змогу досягти ефективного функціонування теплообмінника з мінімальними витратами енергії на прокачування.

Зважаючи на обране джерело теплоти у центрі тепlopостачання, виконано тепловий розрахунок для температурного графіку грійного теплоносія 65/45 °С, в результаті якого було визначено коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, що складає $k = 672,55 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, необхідна площа поверхні нагріву теплообмінника, яка склала 5,96 м². Для встановлення обрано змійовик з нержавіючої сталі труби діаметром 35×1,2 мм. Необхідна довжина змійовика склала 54,23 м. З врахуванням діаметра змійовика 0,47 м отримано, що необхідно 37 витків змійовика.

2.3 Висновки до розділу 2

У результаті проведених досліджень у другому розділі було розроблено математичну модель тепло- і гідродинамічних процесів, що відбуваються у ємнісному теплообміннику, який використовується для потреб гарячого водопостачання багатоповерхового житлового будинку. Проведено числове дослідження на основі розробленої математичної моделі, встановлено, що найвищий коефіцієнт тепловіддачі і найменший гідравлічний опір відповідає найвищим із досліджуваних температурних режимів, а саме 90/70 °С. Крім того найбільшій швидкості відповідає і найвищий коефіцієнт теплопередачі, але і гідравлічний опір змійовика при цьому також найвищий. Встановлено оптимальну швидкість у трубах змійовика 0,5...0,73 м/с.

Спроектовано ємнісний теплообмінник із 37 витків змійовика, виконаного із труб діаметром 35×1,2 мм із коефіцієнтом теплопередачі $k = 672,55 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$.

3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок системи опалення

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінник системи опалення житлової частини [14]

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-ж}} = \frac{Q_{\text{оп-ж}}}{C_{\text{p-г}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.1)$$

де $C_{\text{p-г}}$ – теплоємність розчину пропіленгліколю при середній температурі

$$C_{\text{p-г}} = 3,74 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-ж}} = \frac{430}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 5,866 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінник системи опалення офісних приміщень [14, 15]

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-оф}} = \frac{Q_{\text{оп-оф}}}{C_{\text{p-г}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.2)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-оф}} = \frac{15}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 0,205 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінник системи опалення торговельних приміщень [14, 15]

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-тор}} = \frac{Q_{\text{оп-тор}}}{C_{\text{p-г}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.3)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-тор}} = \frac{20}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 0,273 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води в системі опалення житлової частини [16]

$$G_{\text{TM1}}^{\text{оп-ж}} = \frac{Q_{\text{оп-ж}}}{C_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.4)$$

де $C_{\text{п}}$ – теплоємність води при середній температурі $C_{\text{п-г}} = 4,176 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

$$G_{\text{TM1}}^{\text{оп-ж}} = \frac{430}{4,176 \cdot (60 - 40)} = 5,149 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води в системі опалення офісних приміщень [14, 15, 16]

$$G_{\text{TM1}}^{\text{оп-оф}} = \frac{Q_{\text{оп-оф}}}{C_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.5)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{оп-оф}} = \frac{15}{4,176 \cdot (60 - 40)} = 0,18 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води в системі опалення торговельних приміщень [14, 15, 16]

$$G_{\text{TM1}}^{\text{оп-тор}} = \frac{Q_{\text{оп-тор}}}{C_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.6)$$

$$G_{\text{TM1}}^{\text{оп-тор}} = \frac{20}{4,176 \cdot (60 - 40)} = 0,239 (\text{кг} / \text{с}).$$

3.2 Розрахунок системи вентиляції

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінник системи вентиляції торговельних приміщень [15]

$$G_{\text{TM}}^{\text{вент-тор}} = \frac{Q_{\text{вент-тор}}}{C_{\text{p-г}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.7)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{вент-тор}} = \frac{35}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 0,477 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінник системи вентиляції офісних приміщень [16]

$$G_{\text{TM}}^{\text{вент-оф}} = \frac{Q_{\text{вент-оф}}}{C_{\text{p-г}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.8)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{вент-оф}} = \frac{15,3}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 0,209 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води в системі вентиляції торговельних приміщень [16]

$$G_{\text{TM1}}^{\text{вент-тор}} = \frac{Q_{\text{вент-тор}}}{C_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.9)$$

$$G_{\text{TM1}}^{\text{вент-тор}} = \frac{35}{4,176 \cdot (60 - 40)} = 0,419 (\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води в системі вентиляції офісних приміщень [16]

$$G_{\text{TM1}}^{\text{вент-оф}} = \frac{Q_{\text{вент-оф}}}{C_p(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.10)$$

$$G_{\text{TM1}}^{\text{вент-оф}} = \frac{15,3}{4,176 \cdot (60 - 40)} = 0,183(\text{кг} / \text{с}).$$

3.3 Розрахунок системи гарячого водопостачання

Витрата розчину пропіленгліколю через теплообмінники гарячого водопостачання [16]

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_{p-\Gamma}(t_{\text{п}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.11)$$

$$G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}} = \frac{160}{3,74 \cdot (65 - 45) \cdot 0,98} = 2,183(\text{кг} / \text{с}).$$

Витрата води на потреби гарячого водопостачання [16]

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{C_p(t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}})}, \quad (3.12)$$

$$G_{\text{ГВП}} = \frac{160}{4,178 \cdot (55 - 5)} = 0,766(\text{кг} / \text{с}).$$

Загальна витрата пропіленгліколю через теплонасосні установки [14, 15]

$$G_{\text{TM}} = G_{\text{TM}}^{\text{оп-ж}} + G_{\text{TM}}^{\text{оп-тор}} + G_{\text{TM}}^{\text{оп-оф}} + G_{\text{TM}}^{\text{вент-тор}} + G_{\text{TM}}^{\text{вент-оф}} + G_{\text{TM}}^{\text{ГВП}}, \quad (3.13)$$

$$G_{\text{TM}} = 5,866 + 0,273 + 0,205 + 0,477 + 0,209 + 2,183 = 9,213 \text{ (кг/с)}.$$

3.4 Вибір основного та допоміжного обладнання

3.4.1 Підбір теплових насосів

Загальна пікова теплова потужність споживачів теплоти даної будівлі

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{оп_ж}} + Q_{\text{оп_оф}} + Q_{\text{оп_тор}} + Q_{\text{вент_тор}} + Q_{\text{вент_оф}} + Q_{\text{ГВП}}, \quad (3.14)$$

$$Q_{\Sigma} = 430 + 15 + 20 + 35 + 15,3 + 160 = 675,3 \text{ (кВт)}.$$

Для забезпечення оптимального режиму роботи теплових насосів у будь-якому розрахунковому режимі приймемо до встановлення п'ять теплових насосів $n_{\text{TH}} = 5$, один з яких резервний.

Отже, вибираємо тепловий насос реверсивного типу AQUACIAT^{POWER} ILD 0602R тепловою потужністю 178 кВт [17]. Споживання електричної енергії в максимальному режимі роботи 61,3 кВт, а для середньоопалювального режиму 44,9 кВт.

В міжопалювальному режимі для забезпечення потреб гарячого водопостачання працюватиме один реверсивний тепловий насос, а у максимальному режимі – чотири теплових насоси.

3.4.2 Підбір теплообмінників

Для розділення теплоносіїв і забезпечення потреб теплопостачання прийнято рішення про встановлення пластинчастих теплообмінників.

Температурний графік теплової водяної теплової мережі 60 / 40 °С.

Температурний напір для протитокового руху води і розчину пропіленгліколю складе $\overline{\Delta t} = 5 \text{ °С}$.

Приймемо коефіцієнт теплопередачі теплообмінників з врахування забруднення поверхні під час експлуатації на рівні $K = 3000 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$.

Розрахункова площа поверхні нагріву теплообмінника для потреб опалення житлової частини

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-ж}} = \frac{Q_{\text{оп-ж}}}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.15)$$

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-ж}} = \frac{430000}{3000 \cdot 5} = 28,67 (\text{м}^2).$$

Розрахункова площа поверхні нагріву теплообмінника для потреб опалення офісних приміщень

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-оф}} = \frac{Q_{\text{оп-оф}}}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.16)$$

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-оф}} = \frac{15000}{3000 \cdot 5} = 1 (\text{м}^2).$$

Розрахункова площа поверхні нагріву теплообмінника для потреб опалення торговельних приміщень[15]

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-тор}} = \frac{Q_{\text{оп-тор}}}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.17)$$

$$F_{\text{то}}^{\text{оп-тор}} = \frac{20000}{3000 \cdot 5} = 1,33 (\text{м}^2).$$

Розрахункова площа поверхні нагріву теплообмінника для потреб вентиляції офісних приміщень

$$F_{\text{ТО}}^{\text{вент-оф}} = \frac{Q_{\text{вент-оф}}}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.18)$$

$$F_{\text{ТО}}^{\text{вент-оф}} = \frac{15300}{3000 \cdot 5} = 1,02 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розрахункова площа поверхні нагріву теплообмінника для потреб вентиляції торговельних приміщень

$$F_{\text{ТО}}^{\text{вент-тор}} = \frac{Q_{\text{вент-тор}}}{K \cdot \Delta t}, \quad (3.19)$$

$$F_{\text{ТО}}^{\text{вент-тор}} = \frac{35000}{3000 \cdot 5} = 2,33 \text{ (м}^2\text{)}.$$

3.4.3 Розрахунок діаметрів основних трубопроводів

Для транспортування енергоносіїв теплової схеми центру тепlopостачання використовуються сталеві електрозварні труби (ДСТУ 8943:2019) [18].

Враховуючи прийнятий діапазон швидкостей теплоносіїв $\omega = 1 \dots 1,5$ м/с (вода та розчин пропіленгліколю водний 47% з присадками) та їх теплофізичні властивості визначаємо діаметри відповідних трубопроводів за формулою

$$d_{\text{TM}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{TM}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{B}}}} \text{ (м)}, \quad (3.20)$$

де G_{TM} – масова витрата теплоносія, кг/с;

ρ_{B} – густина теплоносія за відповідної температури.

Розрахунок відповідних діаметрів трубопроводів за (2.7) зводимо у табл.2.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок діаметрів трубопроводів обв'язки теплообмінників

Назва трубопроводу	Витрата тепло- носія, кг/с,	Густина тепло- носія, кг/м ³	Розрахунко- вий діаметр, м	Стандартний діаметр, мм
1	2	3	4	5
Трубопровід грійний до теплообмінників гарячого водопостачання	2,183	1019,5	0,053	57×3,0
Трубопровід грійний до теплообмінника опалення житлової частини	5,866	1019,5	0,087	89×3,5
Трубопровід грійний до теплообмінника опалення офісних приміщень	0,205	1019,5	0,0162	21,3×2,5
Трубопровід грійний до теплообмінника опалення торгівельних приміщень	0,273	1019,5	0,019	26,8×2,5
Трубопровід грійний до теплообмінника вентиляції офісних приміщень	0,209	1019,5	0,0166	21,3×2,5
Трубопровід грійний до теплообмінника вентиляції торгівельних приміщень	0,477	1019,5	0,025	32×2,5
Трубопровід гарячого водопостачання	0,766	987,7	0,033	38×2,5
Трубопровід холодної води на теплообмінник гарячого водопостачання	0,766	999,8	0,033	38×2,5

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Трубопровід рециркуляції гарячого водопостачання	0,36	987,7	0,0215	26,8×2,5
Трубопровід системи опалення житлової частини	5,149	987,7	0,081	89×3,5
Трубопровід системи опалення офісних приміщень	0,18	987,7	0,0152	21,3×2,5
Трубопровід системи опалення торгівельних приміщень	0,239	987,7	0,0176	21,3×2,5
Трубопровід системи вентиляції офісних приміщень	0,183	987,7	0,0154	21,3×2,5
Трубопровід системи вентиляції торгівельних приміщень	0,419	987,7	0,023	32×2,5
Трубопровід мережний до одного теплового насоса	2,378	1019,5	0,055	57×3,0

3.4.4 Гідравлічний розрахунок теплової схеми центру тепlopостачання

Мережний трубопровід від теплового насоса до розподільчої гребінки.

Коефіцієнт гідравлічного опору приймаємо $\lambda = 0,036$.

Суму коефіцієнтів місцевого опору приймаємо $\sum \xi = 10$.

Втрати тиску на тертя [16]

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{\lambda \cdot L}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \quad (3.21)$$

де w – швидкість теплоносія в трубопроводі, м/с;

$d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби, м.

Приймаємо довжину прямого і зворотного трубопроводу $L_{\text{пр}}=23$ м, $L_{\text{зв}}=23$ м.

Втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тр_тн}} = 0,036 \cdot \frac{2 \cdot 23}{0,051} \cdot \frac{1,14^2}{2} = 21450 (\text{Па}).$$

Втрати тиску в місцевих опорах [16]

$$\Delta P_{\text{мо}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (3.22)$$

Для максимального режиму

$$\Delta P_{\text{мо_тн}} = 10 \cdot \frac{1,14^2}{2} = 5650 (\text{Па}).$$

Загальні втрати тиску [16]

$$\Delta P_{\text{м.тр.}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{мо}}, \quad (3.23)$$

$$\Delta P_{\text{м.тр_тн}} = \Delta P_{\text{тр_тн}} + \Delta P_{\text{мо_тн}} = 21450 + 5650 = 27100 (\text{Па}).$$

Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів грійного теплоносія наведено у табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок гідравлічних втрат в трубопроводах грійного теплоносія

Трубопровід	Коефіцієнт гідравлічного тертя λ	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\Sigma \xi$	Загальні втрати тиску, Па
Мережний трубопровід (МТ) від теплового насосу (ТН) до розподільчої гребінки (РГ	0,036	10	27100
МТ від РГ до теплообмінника гарячого водопостачання (ГВП)	0,036	10	45675
МТ від РГ до теплообмінника опалення житлової частини	0,032	10	40570
МТ від РГ до теплообмінника опалення торговельних приміщень.	0,045	10	24105
МТ від РГ до теплообмінника вентиляції офісних приміщень	0,048	10	62970
МТ від РГ до теплообмінника вентиляції торговельних приміщень	0,042	10	33855

Аналогічним чином розраховуємо відповідні трубопроводи з нагріваним теплоносієм, що направляється на споживачів.

Отже, втрати тиску у системах теплопостачання:

- трубопровід гарячого водопостачання $\Delta P_{\text{ГВП}} = 47750 \text{ (Па)};$

- трубопровід рециркуляції гарячого водопостачання

$$\Delta P_{\text{рец_гвп}} = 212030 \text{ (Па)};$$

- трубопровід системи опалення житлової частини $\Delta P_{\text{оп_ж}} = 69580 \text{ (Па)};$

- трубопровід системи опалення офісних приміщень $\Delta P_{\text{оп_оф}} = 83500 \text{ (Па)};$

- трубопровід системи опалення торговельних приміщень

$$\Delta P_{\text{оп_оф}} = 144640 \text{ (Па)};$$

- трубопровід системи вентиляції офісних приміщень

$$\Delta P_{\text{оп_оф}} = 64170 \text{ (Па)};$$

- трубопровід системи вентиляції торговельних приміщень

$$\Delta P_{\text{оп_оф}} = 32610 \text{ (Па)}.$$

3.4.5 Підбір насосного обладнання

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції теплоносія в тепловій мережі. Їх подача визначається за максимальною масовою витратою мережної води. В разі паралельної роботі кількох насосів подача кожного менше, ніж в технічній характеристиці, то загальну подачу слід приймати з відповідним запасом 10...20 %. Згідно з Правилами Держтехнагляду встановлюється не менше двох мережних насосів, причому у випадку зупинки будь-якого з насосів сумарна подача працюючих агрегатів повинна забезпечувати максимальну розрахункову подачу мережної води (для однотипного обладнання потрібно встановлювати додатково один резервний насос) [15]

Подача мережного насосу

$$V_{\text{мн}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{тм}} \cdot 3600}{\rho_{\text{тм}}}, \quad (3.25)$$

де G_{TM} – масова витрата теплоносія, кг/с;

ρ_{MH} – густина теплоносія за середньої температури.

Подача мережного насосу на контур теплообмінника системи опалення житлової частини

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{оп ж}} = \frac{1,2 \cdot 5,866 \cdot 3600}{1019,5} = 24,86 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO 80/0,5-12 PN6-R7, з такими характеристиками: подача $V_{\text{MH}} = 25,7 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H_{\text{MH}} = 7 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{cop}} = 0,714 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу на контур теплообмінника системи опалення офісних приміщень

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{оп оф}} = \frac{1,2 \cdot 0,18 \cdot 3600}{1019,5} = 0,76 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos PICO 15/0,5-8, з такими характеристиками: подача $V_{\text{MH}} = 0,76 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H_{\text{MH}} = 7,5 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{cop}} = 0,055 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу на контур теплообмінника системи опалення торговельних приміщень

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{оп тор}} = \frac{1,2 \cdot 0,273 \cdot 3600}{1019,5} = 1,16 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Yonos PICO1.0 25/1-8-130, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 1,16 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 5,2 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,051 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу на контур теплообмінника системи вентиляції офісних приміщень

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{вент-оф}} = \frac{1,2 \cdot 0,209 \cdot 3600}{1019,5} = 0,89 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Varios PICO-STG 15/1-13, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 0,89 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 9 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,069 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу на контур теплообмінника системи вентиляції торговельних приміщень

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{вент-тор}} = \frac{1,2 \cdot 0,477 \cdot 3600}{1019,5} = 2,02 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos PICO 25/0,5-8-130, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 2,02 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 6,1 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,076 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу на контур теплообмінника гарячого водопостачання

$$V_{\text{ГМН}}^{\text{ГВП}} = \frac{1,2 \cdot 2,183 \cdot 3600}{1019,5} = 9,25 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO 50/0,5-9 PN6/10-R7, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 9,25 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 7,3 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,338 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу системи опалення житлової частини

$$V_{\text{ВМН}}^{\text{оп ж}} = \frac{1,2 \cdot 5,149 \cdot 3600}{987,5} = 22,53 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO 80/0,5-12 PN6-R7, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 22,53 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 7,2 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,647 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу системи опалення офісних приміщень

$$V_{\text{ВМН}}^{\text{оп оф}} = \frac{1,2 \cdot 0,18 \cdot 3600}{987,5} = 0,79 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Varios PICO-STG 15/1-13-180, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 0,79 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 8,7 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,054 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу системи опалення торговельних приміщень

$$V_{\text{ВМН}}^{\text{оп тор}} = \frac{1,2 \cdot 0,239 \cdot 3600}{987,5} = 1,05 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO 32/0,5-16 PN6/10-R7, з такими характеристиками: подача $V_{\text{мн}} = 1,05 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_{\text{мн}} = 15 \text{ м вод. ст.}$,

споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,236 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу системи вентиляції офісних приміщень

$$V_{\text{ВМН}}^{\text{вент-оф}} = \frac{1,2 \cdot 0,183 \cdot 3600}{987,5} = 0,8 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Varios PICO-STG 15/1-13, з такими характеристиками: подача $V_{\text{МН}} = 0,8 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H_{\text{МН}} = 6,7 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,041 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача мережного насосу системи вентиляції торговельних приміщень

$$V_{\text{ВМН}}^{\text{вент-тор}} = \frac{1,2 \cdot 0,419 \cdot 3600}{987,5} = 1,83 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO 32/0,5-16 PN6/10-R7, з такими характеристиками: подача $V_{\text{МН}} = 1,84 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H_{\text{МН}} = 15 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,265 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

Подача насосу системи рециркуляції гарячого водопостачання

$$V_{\text{В}}^{\text{р-ГВП}} = \frac{1,2 \cdot 0,36 \cdot 3600}{987,5} = 1,6 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Підбираємо насос марки Wilo Stratos MAXO-Z 30/0,5-12 PN10, з такими характеристиками: подача $V_{\text{МН}} = 1,6 \text{ м}^3\text{/год}$, напір $H_{\text{МН}} = 11 \text{ м вод. ст.}$, споживана потужність (з характеристик насосу) $N_{\text{ноп}}^{\text{соп}} = 0,164 \text{ кВт}$ [19].

Встановлюємо 1 насос (резервний на складі).

3.5 Показники роботи центру теплопостачання

Потужність системи опалення в максимальному режимі 465 кВт в середньо опалювальному режимі 233,6 кВт.

Потужність системи вентиляції в максимальному режимі 50,3 кВт в середньо опалювальному режимі 35,4 кВт.

Потужність системи гарячого водопостачання $Q_{\text{гвп}} = 160$ кВт.

Річна витрата електроенергії [14, 15]

$$N_{\text{річне}}^{\text{е}} = 24 \cdot 176 \cdot \left(\sum N_{\text{мн}}^{\text{е-оп}} + \sum N_{\text{тн}}^{\text{е-оп}} \right) + 24 \cdot 189 \cdot \left(\sum N_{\text{мн}}^{\text{е-моп}} + \sum N_{\text{тн}}^{\text{е-моп}} \right), \quad (3.26)$$

$$\begin{aligned} N_{\text{річне}}^{\text{е}} &= 24 \cdot 176 \cdot (0,714 + 0,055 + 0,051 + 0,069 + 0,076 + 0,338 + 0,647 + 0,054 + \\ &+ 0,236 + 0,041 + 0,265 + 0,164 + 147,8) + 24 \cdot 189 \cdot (0,164 + 0,338 + 41,24) = \\ &= 825,096 (\text{МВт} \cdot \text{год} / \text{рік}). \end{aligned}$$

Річний відпуск теплоти [14, 15]

$$Q_{\text{річ}} = Q^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + Q^{\text{соп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{соп}} + Q^{\text{моп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{моп}}, \quad (3.27)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{річ}} &= ((465 + 50,3) \cdot 42 + (233,6 + 35,4) \cdot 4446 + 160 \cdot 8760) \cdot 3600 / 10^6 = \\ &= 9429,18 (\text{ГДж} / \text{рік}). \end{aligned}$$

3.6 Висновок до розділу 3

Спроектовано теплову схему центру теплопостачання для житлового комплексу з об'єктами соціальної інфраструктури. Як джерело теплоти обрано п'ять реверсивних теплових насосів типу AQUACIAT POWER ILD 0602R з одиничною тепловою потужністю 178 кВт. Загальне теплове навантаження об'єкта

становить:

- для системи опалення – 465 кВт,
- для вентиляції – 50,3 кВт,
- для гарячого водопостачання – 160 кВт.

У процесі проектування виконано гідравлічний розрахунок системи, підібрано діаметри трубопроводів і циркуляційні насоси марки Wilo, що забезпечують ефективне транспортування теплоносія.

Розраховано річний відпуск теплоти 9429,18 ГДж/рік та річне споживання електроенергії основним і допоміжним обладнанням – 825,096 МВт·год/рік.

Таким чином, обраний варіант центру тепlopостачання із застосуванням теплонасосного обладнання є доцільним з точки зору сучасних вимог до енергоефективності, сталого розвитку та охорони навколишнього середовища.

4 ПІДГОТОВКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

Розроблялась система монтажу теплообмінників для потреб гарячого водопостачання житлового комплексу з об'єктами соціальної інфраструктури. Джерелом теплозабезпечення для теплообмінників на даній стадії проектування є тепловий насос типу «повітря - вода», що має температурний графік 65/45 °С.

З метою згладжування у піків і провалів у споживанні гарячої води прийнято рішення щодо встановлення теплообмінників для ГВП ємкісного типу. Отже для забезпечення потреб гарячого водопостачання з піковою потужністю 160 кВт встановлюємо два високоефективних водонагрівачі із збільшеною поверхнею нагріву Storatherm Aqua Heat Pump АН 750/2_С, що оснащені двома гладкотрубними теплообмінниками. Поверхня нагріву верхнього теплообмінника 5,2 м², а нижнього – 2,2 м² [23]. Верхній теплообмінник заживлено від теплового насосу, а нижній – на перспективу від геліоколектора або від електрокотла. Внутрішня поверхня водонагрівника виконана із емальованого покриття відповідно до DIN 4753 Т3.

Storatherm Aqua Heat Pump АН 750/2_С має передвстановлений термометр, опори, висота яких регулюється, ревізійний отвір для очищення і встановлення додаткового нагрівального елементу. Корпус нагрівника ізолювано піноуретаном товщиною 100 мм. Ізоляція знімна і має плівкове облицювання.

Габаритні розміри нагрівника : висота 2050 мм, діаметр 950 мм. Ємкість накопичувача – 744 мм.

Приєднання теплоносіїв – муфтове і має розміри: холодна вода 1 ¼ " (DN 32); гаряча вода 1 ¼ " (DN 32); грійний теплоносій від теплового насосу 1 ¼ " (DN 32); грійний резервний теплоносій 1 ¼ " (DN 32); циркуляція ГВП ¾ " (DN 20).

Рециркуляція ГВП здійснюється за допомогою циркуляційного насосу Grundfos UPS 25-40 N 180, що має наступні характеристики: приєднання – муфтове

1 ½" (DN40), максимальна подача 3 м³/год, максимальний напір 4 м вод. ст., монтажна довжина 180 мм, номінальна потужність 45 Вт [24].

Облік споживання води ведеться за допомогою лічильника Gross MNK-UA C 32, що має наступні характеристики: приєднання – різьбове 1 ¼" (DN32), номінальна витрата 6 м³/год, тип лічильника – механічний, мокрохідний, матеріал корпусу – чавун, монтажна довжина 260 мм, робоче положення - вертикальне.

Контроль параметрів теплоносіїв здійснюється за допомогою біметалічних трубних термометрів ТБТ-63 (діапазон вимірювання температур 0...120°C, ціна поділки 2°C) та вертикальних манометрів Sewal d63 1/4" 10 бар.

Для зменшення тепловтрат від трубопроводів обв'язки теплообмінників передбачено накладання теплової ізоляції із мінераловатних циліндрів ТЕХНО 80 Фольга товщиною 20 та 30 мм залежно від діаметрів ізольованих трубопроводів.

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

4.2.1 Склад робіт

1. Доставка теплообмінників і елементів їх обв'язки до місця монтажу та складування.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів обв'язки теплообмінників ГВП.
3. Монтаж теплообмінників Storatherm Aqua Heat Pump AH 750/2_C.
4. Прокладання трубопроводів діаметром 57x3 мм з муфтовою арматурою.
5. Прокладання трубопроводів діаметром 45x2,5 мм з муфтовою арматурою.
6. Прокладання трубопроводів діаметром 38x2,5 мм з муфтовою арматурою.
7. Встановлення вузлу обліку води на основі лічильника Gross MNK-UA C 32.
8. Монтаж розширювального баку IMERA RV 100 л.
9. Прокладання трубопроводів діаметром 32x2,5 мм з муфтовою арматурою.
10. Прокладання трубопроводів діаметром 26,8x2,5 з муфтовою арматурою.
11. Монтаж насоса Grundfos UPS 25-40 N 180.
12. Прокладання трубопроводів діаметром 21,3x2,5 з муфтовою арматурою.
13. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.

14. Гідравлічне випробування трубопроводів.
15. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 57 мм товщиною 30 мм.
16. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 45 мм товщиною 20 мм.
17. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 38 мм товщиною 20 мм.
18. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 32 мм товщиною 20 мм.
19. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 26,8 та 21,3 мм товщиною 20 мм.
20. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
21. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.2.2 Об'єми робіт [27]

1. Доставка теплообмінників і елементів їх обв'язки до місця монтажу та складування. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса теплообмінників та елементів їх обв'язки складає 1089,56 кг (1,09 т). Приймаємо об'єм $V = 1,09$.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів обв'язки теплообмінників ГВП. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінників складає $L = 54,4$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,544$.
3. Монтаж теплообмінників Storatherm Aqua Heat Pump АН 750/2_С. Одиниці вимірювання – штуки. У тепловому пункті встановлюється 2 ємнісних теплообмінника місткістю по 750 л кожен. Приймаємо об'єм $V = 2$.
4. Прокладання трубопроводів діаметром 57х3 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів 57х3 мм складає 3,7 м. Приймаємо об'єм $V = 0,037$.
5. Прокладання трубопроводів діаметром 45х2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів діаметром 45х2,5 мм складає 14,4 м. Приймаємо об'єм $V = 0,144$.

6. Прокладання трубопроводів діаметром 38x2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів 38x2,5 мм складає 13,1 м. Приймаємо об'єм $V = 0,131$.

7. Встановлення вузлу обліку води на основі лічильника Gross MNK-UA C 32. Одиниці вимірювання – штуки. У тепловому пункті встановлюється 1 вузол обліку. Приймаємо об'єм $V = 1$.

8. Монтаж розширювального баку IMERA RV 100 л. Одиниці вимірювання – штуки. У тепловому пункті встановлюється 1 розширювальний бак. Приймаємо об'єм $V = 1$.

9. Прокладання трубопроводів діаметром 32x2,5 мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 7,7 м. Приймаємо об'єм $V = 0,077$.

10. Прокладання трубопроводів діаметром 26,8x2,5 з муфтовою арматурою.. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 9,5 м. Приймаємо об'єм $V = 0,095$.

11. Монтаж насоса Grundfos UPS 25-40 N 180. Одиниці вимірювання – штука. У схемі теплового пункту встановлюється 1 заявлений насос. Приймаємо об'єм $V = 1$.

12. Прокладання трубопроводів діаметром 21,3x2,5 з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів вказаного типорозміру складає 6 м. Приймаємо об'єм $V = 0,06$.

13. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниця вимірювання – шт. У схему обв'язки теплогенератора встановлюється сім термометрів і три манометри. Приймаємо $V = 10$.

14. Гідравлічне випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінників складає $L = 54,4$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,544$.

15. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 57 мм товщиною 30 мм. Одиниці вимірювання – 10 м трубопроводу. Довжина трубопроводів DN 50 складає $L = 3,7$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,37$.

16. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 45 мм товщиною 20 мм. Одиниці вимірювання – 10 м трубопроводу. Довжина трубопроводів DN 40 складає $L = 14,4$ м. Приймаємо об'єм $V = 1,44$.

17. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 38 мм товщиною 20 мм. Одиниці вимірювання – 10 м трубопроводу. Довжина трубопроводів DN 32 складає $L = 13,1$ м. Приймаємо об'єм $V = 1,31$.

18. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 32 мм товщиною 20 мм. Одиниці вимірювання – 10 м трубопроводу. Довжина трубопроводів DN 25 складає $L = 7,7$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,77$.

19. Влаштування теплової ізоляції трубопроводів діаметром 26,8 та 21,3 мм товщиною 20 мм. Одиниці вимірювання – 10 м трубопроводу. Довжина трубопроводів DN 20 та DN 15 складає $L = 15,5$ м. Приймаємо об'єм $V = 1,55$.

20. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінників складає $L = 54,4$ м. Приймаємо об'єм $V = 0,544$.

21. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 272,85 кг (0,273 т). Приймаємо об'єм $V = 0,273$.

4.3 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахунок та комплектування основних матеріалів наведено у подано в додатку Д.

Маса ого обладнання і матеріалів – 752,3 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 64,41 кг.

Необхідна кількість води – 3267,2 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 752,3 + 64,41 + 272,85 = 1089,56 \text{ (кг)}.$$

4.4 Вибір технічних засобів для виконання монтажних робіт

Обладнання для теплообмінників гарячого водопостачання та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем VW Crafter (2016) L2H2. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини VW Crafter (2016) L2H2 [28]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	1275
Власна маса	кг	2225
Колісна база	мм	3640
Тип палива	-	дизель
Габарити: Довжина Ширина Висота	мм	6150 2050 2650
Витрата палива у міському циклі	л/100 км	9,2

Виконання зварювальних робіт виконується за допомогою зварювальний інвертор ZEGOR MIG-300 з технічними характеристиками [31]:

- номінальна споживана потужність, кВт – 5,5;
- зварювальний струм, А – 50 – 300;
- напруга мережі живлення, В – 220 ;
- діаметр електродів , мм – 1,6 – 4,0;
- маса – 8,2 кг.

Ланка монтажників забезпечена набором інструментів для виконання робіт [32], маса якого складає 11,75 кг.

Для підйомних робіт всередині приміщення використовуємо лебідку монтажну ЛМ-1, що має такі технічні характеристики: потужність двигуна 4 кВт; тягове зусилля 1 т; розрахункова канатоємність 100 м; діаметр каната вантажного барабана 9,1 мм; маса – 231 кг [33].

Випробування трубопроводів обв'язки теплообмінників виконується за допомогою електричного пресувального насосу Aqua Word DSY-60, що має такі

характеристики: потужність 250 Вт; продуктивність – 3 л/хв; об'єм гідробака – 7 л; максимальний тиск – 60 бар; підключення - 1 ½ ”; маса – 16,5 кг [35].

Для влаштування кріплень трубопроводів використовується перфоратор Mächtz MRH-1170S DFR, що має такі характеристики: енергія удару 3,4 Дж, потужність 1170 Вт, максимальний діаметр свердління у бетоні 26 мм, частота обертів 0 – 5500 об/хв, маса 5,4 кг [35].

Загальна маса допоміжного обладнання складає 272,85 кг.

4.5 Висновок до розділу 4

Розроблено монтажну схему теплообмінників для забезпечення гарячого водопостачання житлового комплексу з об'єктами соціальної інфраструктури. Проектована схема включає два високоефективні водонагрівачі Storatherm Aqua Heat Pump AH 750/2_C зі збільшеною поверхнею теплообміну, розширювальний бак IMERA RV 100 л, насосне обладнання, лічильник холодної води, запірно-регулюючу арматуру та систему трубопроводів. Складено відомості основних і допоміжних матеріалів, необхідних для монтажу. Загальна маса основного обладнання та матеріалів становить 1841,86 кг, а допоміжних – 64,41 кг.

Також визначено обсяг монтажних робіт, потребу в технічних засобах і механізмах. Для реалізації монтажу передбачено використання: автомобіля VW Crafter (2016) L2H2 для транспортування матеріалів, зварювального інвертора ZEGOR MIG-300, електричного пресувального насоса Aqua Word DSY-60, монтажної лебідки ЛМ-1, перфоратора Mächtz MRH-1170S DFR.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розроблені заходи з охорони праці під час виконання опоряджувальних робіт на будівництві 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. На будівельно-монтажний персонал, який виконує опоряджувальні роботи: лицювальні, малярні, штукатурні, скляні), роботи з улаштування теплоізолювальних фасадних систем, впливають такі шкідливі виробничі фактори [36, 37]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря); виробничий шум, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил, оксид вуглецю);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

З метою запобігання впливу на працівників цих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, потрібно дотримуватися вимог [38], зокрема під час виконання фарбувальних робіт – вимоги ДСТУ Б А.З. 2-7, НАПБ А.01.001; під час

улаштування фасадних систем – вимоги ДБН В.2.6-33, ДСТУ Б В.2.6-34, ДСТУ Б В.2.6-35, ДСТУ Б В.2.6-36.

Живлення силового обладнання, яке використовується для виконання опоряджувальних робіт і системи освітлення здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю в приміщеннях струмопровідної підлоги.

Фасадні системи за конструктивним рішенням і класифікацією повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-34. Суміші та мастики під час виконання опоряджувальних робіт необхідно готувати, як правило, централізовано. Приготування їх, а також розчинової суміші за ДСТУ Б В.2.6-36 на будівельному майданчику необхідно здійснювати у приміщеннях, обладнаних припливно-втяжною вентиляцією для запобігання перевищенню гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Не дозволяється застосовувати лакофарбові матеріали та розчинники невідомого складу, а також речовини й матеріали, на яких нема показників пожежної і токсичної небезпеки. Експлуатація мобільних малярських станцій для приготування фарбувальних сумішей, не обладнаних примусовою вентиляцією, не допускається.

Робочі місця для виконання опоряджувальних робіт, улаштування фасадних систем на висоті повинні бути обладнані засобами підмоцнування та сходами-драбинами для піднімання на них. Засоби підмоцнування, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування фасадних систем у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів. Внутрішні штукатурні роботи, а також монтаж збірних карнизів і ліпних елементів внутрішніх приміщень необхідно виконувати тільки з помостів або пересувних столиків, встановлених на підлогу, або на суцільні настили. Зовнішні штукатурні роботи необхідно виконувати з інвентарних вертикальних або підвісних риштувань. Під час виконання робіт на внутрішніх сходових клітках необхідно застосовувати спеціальні помости (столики) з різною довжиною опорних підпорок, які устанавлюються на

сходинок. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Під час роботи зі шкідливими та пожежо- та вибухонебезпечними матеріалами, що утворюють вибухонебезпечну пару, приміщення необхідно постійно провітрювати, а також впродовж 1 год після закінчення роботи, застосовуючи природну або штучну вентиляцію. Електропроводка й електроустаткування повинні бути у вибухобезпечному виконанні. Робота з використанням вогню в цих приміщеннях заборонена. У разі застосування повітрянагрівачів (електричних або таких, що працюють на рідкому паливі) для просушування приміщень будинків і споруд необхідно дотримуватися вимог ДБН В.1.1-7. Заборонено обігрівати та сушити приміщення жаровнями та іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

Місця, над якими виконуються скляні чи облицювальні роботи, повинні бути огорожені. Заборонено скління або облицювальні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі одночасно.

Під час виконання робіт із розчинами, що містять хімічні добавки, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (гумові рукавички, захисні мазі, окуляри) відповідно до інструкції заводу-виробника, зважаючи на склад речовин, що використовуються. Під час сухого очищення поверхонь та інших роботах, пов'язаних із виділенням пилу і газів, а також під час механізованого шпаклювання і фарбування необхідно користуватися респіраторами із захисними окулярами. Під час очищення поверхонь за допомогою кислоти чи каустичної соди необхідно працювати у захисних окулярах, гумових рукавичках і кислотостійкому фартуху з нагрудником. Під час нанесення розчину на стельову чи вертикальну поверхню необхідно користуватися захисними окулярами.

Перед початком кожної зміни повинна бути перевірена справність розчинонасосів, шлангів, дозаторів та іншого обладнання, що застосовується під час штукатурних робіт. Розбирання, ремонт і чищення штукатурних машин, форсунок та іншого устаткування, що застосовується під час механізованих штукатурних робіт, проводяться після зниження в машинах тиску до атмосферного

і відключення машин від електромережі. Продування шлангів стисненим повітрям допускається тільки після виведення людей за межі небезпечної зони (10 м і більше). Не допускається перегинати шланги під гострим кутом і у вигляді петлі, а також затягувати сальники під час роботи штукатурних машин.

Оператори, які наносять штукатурний розчин на поверхню за допомогою сопла, і робітники, які виконують набризкування розчину вручну, повинні бути забезпечені захисними окулярами. Переносні струмоприймачі (інструмент, машини, світильники тощо), що використовуються для виконання штукатурних робіт, повинні бути розраховані на напругу не більше ніж 25 В.

Не допускається застосовувати розчинники на основі бензолу, хлорованих вуглеводнів, метанолу. Під час виконання фарбувальних робіт із застосуванням пневматичних агрегатів необхідно: до початку роботи перевірити справність устаткування тиском, що зазначений у паспорті, сигналізації, наявність захисного заземлення; під час виконання робіт не допускати перегинання шлангів і їх дотику до сталевих канатів, що рухаються; відключати подачу повітря та перекривати повітряний вентиль під час перерви в роботі або у разі виявлення пошкоджень механізму агрегату.

Лакофарбові матеріали необхідно зберігати на робочих місцях у щільно закритій тарі, у кількості, що не перевищує змінну потребу, або в кількості, яка не перевищує ємність фарбо- нагнітального бака або стандартної фляги (40 л). На кожній тарі з лакофарбовим матеріалом, розчинником повинна бути наклейка або бирка з точною назвою матеріалу та зазначенням

Піднімання та перенесення скла до місця його встановлення необхідно виконувати механізованим способом у спеціальній тарі. Зона піднімання повинна бути огорожена. Розкрієння скла необхідно здійснювати в окремих опалюваних приміщеннях у горизонтальному положенні на спеціальних столах. Місця, над якими проводиться скління, необхідно огородити та захистити від падіння скла козирками або суцільними настилами.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [39, 40]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [41] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [42]: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [41]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [42]. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека. Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

5.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків: 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в» [43]. Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра. Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [44].

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробнича вібрація

На робочому місці присутня вібрація типу – За [45]. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [46, 47]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і

матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [46], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [49].

Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Отже, основні приміщення житлового будинку відносяться до категорії Д (житлові) – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; та до категорії Г (котельні) – де горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо, з зонами П-ІІІ поза межами цих приміщень, де знаходяться тверді горючі речовини.

Будівлі, в яких розташовані ці приміщення, характеризується ІІ ступенем вогнестійкості. До ІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [50] наведено в таблиці 5.5.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [50] наведено в таблиці 5.6.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані

між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 5.7 (знаменник) [50].

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

Таблиця 5.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

На території будівництва житлового будинку передбачено встановлення 16 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та ВВП-9 [1].

5.4 Висновок до розділу 5

У розділі «Охорона праці» розглянуто комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці під час виконання опоряджувальних робіт на будівництві 21-поверхового житлового будинку. Проаналізовано вплив основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів, таких як фізичні, хімічні, психофізіологічні, а також розроблено технічні рішення щодо запобігання їх впливу на працівників. Особливу увагу приділено забезпеченню електробезпеки, пожежної безпеки, захисту органів зору, слуху та органів дихання при виконанні робіт із використанням хімічних речовин та електроінструменту. Наведено вимоги щодо організації робочих місць, використання засобів індивідуального захисту, дотримання правил експлуатації обладнання. Визначено параметри мікроклімату, складу повітря, рівнів шуму, вібрації та освітлення у робочій зоні відповідно до нормативних документів. Запропоновано заходи щодо вентиляції, зниження рівнів шуму та вібрації, а також використання сучасних джерел світла. Розроблені заходи сприяють мінімізації професійних ризиків, зниженню рівня виробничого травматизму та створенню безпечних умов праці для всіх учасників будівельного процесу.

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській дипломній роботі розроблено центр тепlopостачання для нового будівництва 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. Центр тепlopостачання забезпечує потреби в тепловій енергії для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Загальна теплова потужність проєктованого об'єкта становить 765,3 кВт, з яких 465 кВт припадає на систему опалення, 50,3 кВт – на вентиляцію, та 160 кВт – на потреби гарячого водопостачання.

На основі багатоваріантного аналізу можливих джерел теплоти було обґрунтовано доцільність використання теплових насосів типу «повітря-вода». Розглянуто варіанти теплозабезпечення за допомогою газових котелень, електрокотлів, біомаси, а також використання теплових насосів різних типів. Проведено порівняльний техніко-економічний і екологічний аналіз, який засвідчив, що теплові насоси мають найкращі показники з точки зору ефективності, вартості експлуатації та впливу на довкілля.

На основі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику виконано математичне моделювання процесу підігріву води для системи гарячого водопостачання. Показало, що ефективність його роботи значною мірою залежить від температури і швидкості грійного теплоносія. Підвищення температури дозволяє покращити теплопередачу та знизити гідравлічні втрати. Разом з тим, надмірне зменшення діаметра труб призводить до значного зростання опору. Оптимальними умовами експлуатації теплообмінника є температурний режим 90/70 °C та швидкість руху теплоносія в межах 0,5–0,73 м/с, що забезпечує ефективну та економічно обґрунтовану роботу системи гарячого водопостачання.

У рамках роботи виконано розрахунок теплових навантажень та гідравлічний розрахунок систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Запроєктовано теплову схему центру тепlopостачання з використанням п'яти теплових насосів реверсивного типу AQUACIAT^{POWER} ILD 0602R тепловою

потужністю 178 кВт кожен. Підбрано необхідне обладнання, включаючи теплообмінники, насоси, мембранні баки, трубопроводи тощо.

Розроблено технологічну схему монтажу системи тепlopостачання. Складено відомості матеріалів, необхідних для виконання монтажних робіт. Загальна маса основного обладнання та матеріалів становить 752,3 кг, а допоміжного – 64,41 кг. Передбачено порядок транспортування обладнання, використання механізмів та ручного інструменту для виконання робіт : автомашина VW Crafter (2016) L2H2, зварювальний інвертор ZEGOR MIG-300, електричний пресувальний насос Aqua Word DSY-60, монтажну лебідку ЛМ-1, перфоратор Mächtz MRH-1170S DFR. Запропоновано раціональне розміщення обладнання у відповідному приміщенні, дотримуючись вимог щодо вентиляції, доступу та обслуговування.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано виробничі ризики, небезпечні та шкідливі чинники, що можуть виникати під час експлуатації системи тепlopостачання. Розглянуто заходи щодо зменшення впливу шуму, пилу, вібрації, перепадів температури. Визначено вимоги до освітлення, пожежної безпеки, а також надано рекомендації щодо створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

У результаті проведеної роботи досягнуто основної мети – обґрунтовано та спроектовано сучасний енергоефективний центр тепlopостачання для житлового будинку з урахуванням сучасних вимог енергозбереження, економічної доцільності та екологічної безпеки. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні подібних об'єктів у міській забудові.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Степанова Н.Д., Ковтун К.Р., Ільчук К.П. Енергоефективні системи тепло- та холодопостачання громадських будівель. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023, 21–23 листопада 2023р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19474>. (дата звернення 22.03.2025 р.)
2. Степанова Н.Д., Ковтун К.Р., Екологічні та Економічні питання під час вибору джерел теплопостачання житлового будинку у м. Київ. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії-2025, Вінниця, ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24505> (дата звернення 22.03.2025 р.)
3. Тарифні плани. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/>. (дата звернення 23.03.2025 р.)
4. Тарифи на послуги постачальника універсальних послуг (ПУП). URL: <https://cn.enera.ua/el/tariff> (дата звернення 23.03.2025 р.)
5. Шилов Е.Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник / Шилов Е. Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
6. О. Г. Лялюк Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
7. ДСТУ Б В.2.5-39:2008. Системи гарячого водопостачання. Проектування і монтаж. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 28 с.
8. ДСТУ-Н Б В.2.5-36:2008. Настанова з проектування систем теплопостачання. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 36 с.
9. Писаревський, Р. І., Григоренко, В. П., Пелипенко, І. О. Основи теплопостачання і теплогазопостачання: навч. посібник. – Львів: Львівська політехніка, 2019. – 312 с.

10. Біла М. М., Лобода С. Є., Микитчук А. В. Теплообмінні апарати. Розрахунок і конструювання: навч. посіб. – Київ: КНУБА, 2020. – 168 с.
11. Войцехович, І. В. Тепломасообмін: підручник. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 204 с.
12. Попов В. В., Ковальов В. С. Теплотехнічні розрахунки в енергетиці: навч. посібник. Одеса: ОНАХТ, 2020. 248 с.
13. Теплові насоси – потужна технологія енергетичної трансформації. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/03/8/697791/> (дата звернення 17.04.2025 р.).
14. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. Київ : Вища школа, 1992. 280 с
15. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
16. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 135 с.
17. AQUACIAT POWER™ ILD R-32. URL: <https://www.ciat.com/en/eu/products-systems/heat-pumps-and-chillers/air-cooled-units/aquaciatpower-ild-r-32/> (дата звернення 17.04.2025 р.).
18. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення: 19.04.2025 р.)
19. Wilo-Select 4 Online. URL: <https://select4.wilo-select.com/StartMain.aspx> (дата звернення 20.04.2025 р.).
20. Шилов Е.Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посібник. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
21. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.

22. Кінаш Р. І. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт / Р.І. Кінаш, С.С. Жуковський. - Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.

23. Бойлер непрямого нагріву Reflex Storatherm Aqua Heat Pump АН 750/2_С. URL: <https://vencon.ua/ua/products/reflex-storatherm-aqua-heat-pump-ah-7502-c> (дата звернення 03.05.2025 р.).

24. Grundfos UPS 25-40 N 180 насос циркуляційний. URL: <https://volar.com.ua/ua/shop/nasos-tsirkuliationnyi-grundfos-ups-25-40-n-180.html?srsId=AfmBOop9cf7UyjNtGMpCtOdU9P1KWeBJk8rsBAGRC56K9u5rEtFUn8da> (дата звернення 03.05.2025 р.).

25. Лічильник води Gross MNK-UA C 32. URL: <https://goodmax.com.ua/uk/ru/product/7079-schetchik-vody-gross-mnkua-c-32-mokrokhod> (дата звернення 06.05.2025 р.).

26. Розширювальний бак IMERA RV 100 л. URL: <https://imera.com.ua/ua/rozshiriuvalni-bak-imera-rv-100-l> (дата звернення 11.05.2025 р.).

27. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 06.05.2025 р.).

28. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2022-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення 06.05.2025 р.).

29. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

30. Volkswagen Crafter Kasten. URL: https://volkswagen-crafter.infocar.ua/crafter-kasten_id5104.html (дата звернення: 18.05.2025 р.).

31. Зварювальний інвертор ZEGOR MIG-300. URL: <https://svarka24.com.ua/ua/svarochnye-poluavtomaty/svarochnyj-invertor-zegor-mig-300> . (дата звернення: 10.05.2025 р.).

32. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 10.05.2025 р.).

33. Лебідка монтажна ЛМ-1 (1 т). URL: <https://ukrpromgroup.com.ua/ua/p579929948-lebedka-montazhnaya.html> (дата звернення: 10.05.2025 р.).

34. ОПРЕСУВАЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНИЙ AQUA WORD DSY-60. URL: https://termosvit.com.ua/ua/p1241511580-opressovschik-elektricheskij-aqua.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA3Na5BhAZEiwAzrfagOn6ASa9FCmHO1ZAwYMy4PryC5j5vsD9VD7f2Fs0sKMX7tF-e3ufBoCvNUQAvD_BwE. (дата звернення: 10.05.2025 р.).

35. Перфоратор Mächtz MRH-1170S DFR. URL: <https://machtz.com.ua/ua/products/perforator-mchztz-mrh-1170s-dfr> . (дата звернення: 10.05.2025 р.).

36. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

37. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів

будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

38. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

39. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

40. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

41. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

42. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

43. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

44. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

45. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення: 13.05.2025 р.).

46. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.
47. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.
48. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.
49. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.
50. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.
51. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26].
52. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця: ВНТУ, 2006. 129 с.
53. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
54. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Нове будівництво 21-поверхового односекційного житлового будинку по проспекту Оболонському в місті Київ. Частина 2. Центр тепlopостачання»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра ТЕ, група ТЕ-216

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 20,21 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Степанов Д.В., зав. кафедри ТЕ

(прізвище, ініціали, посада)

Резидент Н.В., доцент кафедри ТЕ

(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Ковтун К.Р.

(прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та Економічний розділ.

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.

Зав. кафедри

Д.В. Степанов

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

Міністерство освіти, науки України
Вінницький національний технічний університет
Факкультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або
установи підпис

Підпис Ініціали і прізвище

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
доц. Д. В. Степанов
"23" 03 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу

**НОВЕ БУДІВНИЦТВО 21-ПОВЕРХОВОГО ОДНОСЕКСІЙНОГО
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПО ПРОСПЕКТУ ОБОЛОНСЬКОМУ В МІСТІ КИЇВ.
ЧАСТИНА 2. ЦЕНТР ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

08-15.БКР.001.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доцент кафедри ТЕ

Степанова Н.Д.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ -216

Ковтун К.Р.

Вінниця 2025 р.

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується систем автономного теплопостачання житлових будинків у міських умовах та присвячена впровадженню енергоефективних технологій з використанням відновлюваних джерел енергії. Об'єктом проектування є центр теплопостачання нового 21-поверхового одностороннього житлового будинку, що будується по проспекту Оболонському в місті Київ. У дипломній роботі запропоновано застосування теплових насосів типу «повітря–вода» для забезпечення потреб опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Таке рішення дозволяє скоротити споживання традиційних викопних енергоносіїв, зменшити експлуатаційні витрати, а також підвищити екологічну ефективність системи теплопостачання. Враховуючи тенденції до децентралізації та переходу на чисту енергію, обрана система є актуальною для житлових будівель великої поверховості у щільній міській забудові.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврський кваліфікаційний проект, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БКР № 97 від «20» березня 2025 р.

3 Мета і призначення розробки

Метою розробки є зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення потреб теплопостачання 21-поверхового одностороннього житлового будинку шляхом впровадження технології використання теплового насоса типу «повітря–вода». Розробка включає в себе багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору джерела теплоти для системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; дослідження режимів роботи ємкісного теплообмінника для системи ГВП; розробку теплової схеми центру теплопостачання та її елементів; організаційно-технологічне забезпечення прийнятих технічних рішень; а також заходи з охорони праці під час монтажу та експлуатації обладнання.

4 Джерела розробки

Основою для розробки енергоефективного центру тепlopостачання є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу, чинна нормативна база, а також літературні та технічні джерела, що висвітлюють принципи роботи теплових насосів, проєктування систем теплозабезпечення та енергоефективних технологій.

1. ДБН В.2.5–77:2014. Котельні. Київ: Мінрегіон України, 2014. 65 с.
2. ДСТУ Н Б В.2.5-36:2008. Настанова з проєктування систем тепlopостачання. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 36 с.
3. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проєктування джерел тепlopостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
4. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Вінниця: ВНТУ, 2009. 135 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Технічні характеристики

- теплова потужність системи опалення.....465 кВт
- теплова потужність гарячого водопостачання.....160 кВт
- температурний графік роботи котельні90/70 °С
- температура води для потреб ГВП.....55 °С
- вид палива паливні гранули з деревини, наявна теплота....18,5 МДж/кг.

5.2 Вимоги до стандартизації та уніфікації. Деталі та вузли обладнання котельні повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

5.3 Вимоги з надійності. На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах

6 Економічні вимоги

Провести економічне обґрунтування застосування теплового насоса типу «повітря–вода» для теплопостачання житлового будинку. Визначити капітальні витрати, собівартість виробництва теплоти та порівняти техніко-економічні показники з альтернативними варіантами джерел теплоти.

7 Етапи розробки та терміни їх виконання

№	Назва та зміст етапу	Терміни виконання етапів
1	Багатоваріантний аналіз та обґрунтування вибору джерел теплоти для житлового будинку	20.03.2025...04.04.2025
2	Дослідження режимів роботи ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання	05.04.2025...14.04.2025
3	Розробка теплової схеми центру теплопостачання	15.04.2025...30.04.2025
4	Підготовка та організація монтажних робіт системи теплозабезпечення	01.05.2025...12.05.2025
5	Охорона праці	13.05.2025...22.05.2025
6	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2025...04.06.2025
7	Захист БДР	12.06.2025

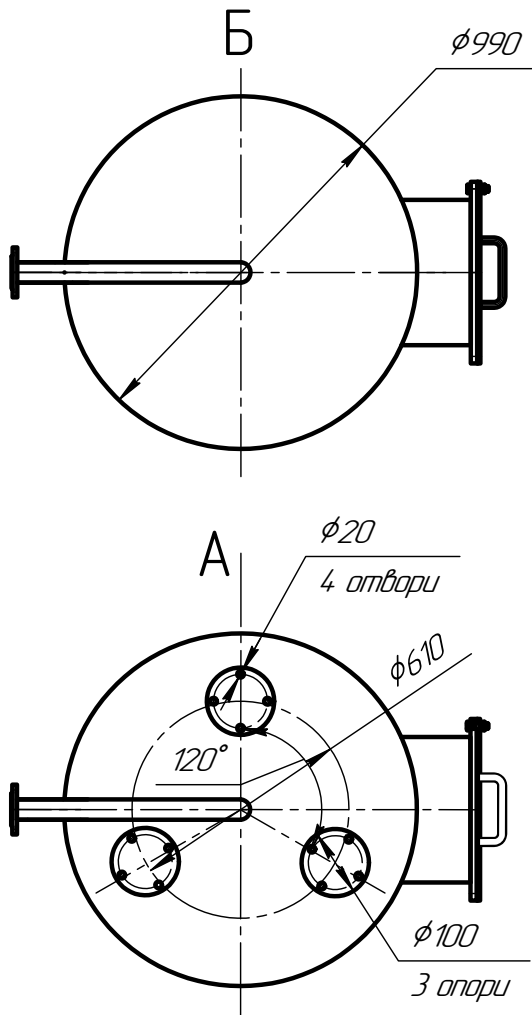
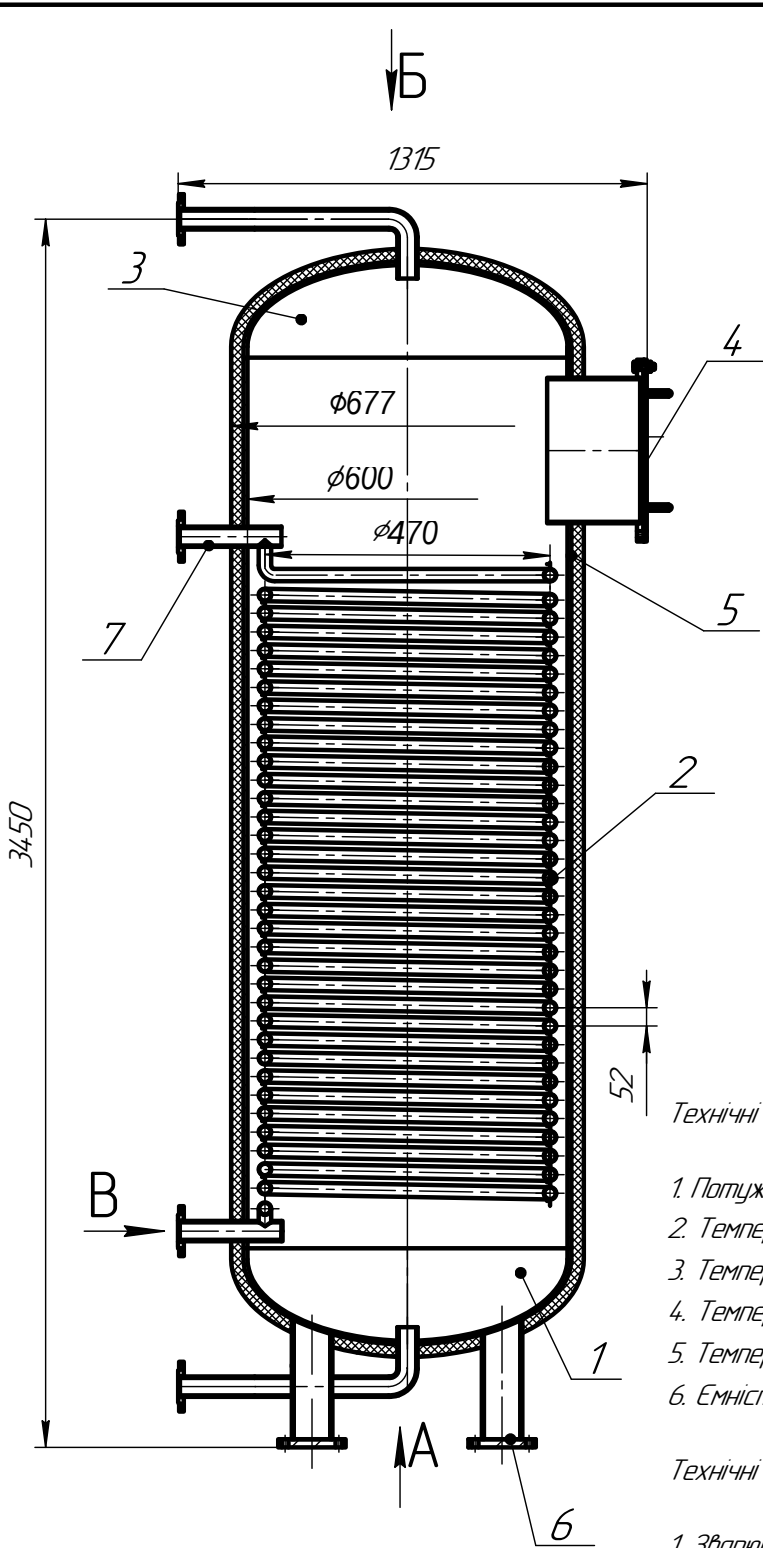
8 Порядок контролю і приймання

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється керівником БДР згідно з графіком виконання. Приймання БДР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

НОВЕ БУДІВНИЦТВО 21-ПОВЕРХНЕВОГО ОДНОСЕКЦІЙНОГО
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПО ПРОСПЕКТУ ОБОЛОНСЬКОМУ В МІСТІ КИЇВ.
ЧАСТИНА 2. ЦЕНТР ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ



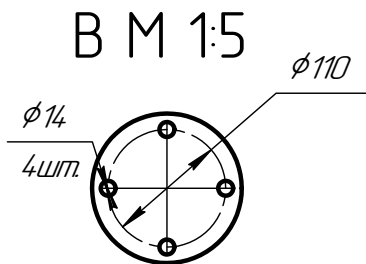
08-15.БКР.001.01.00.000 СК

Технічні характеристики

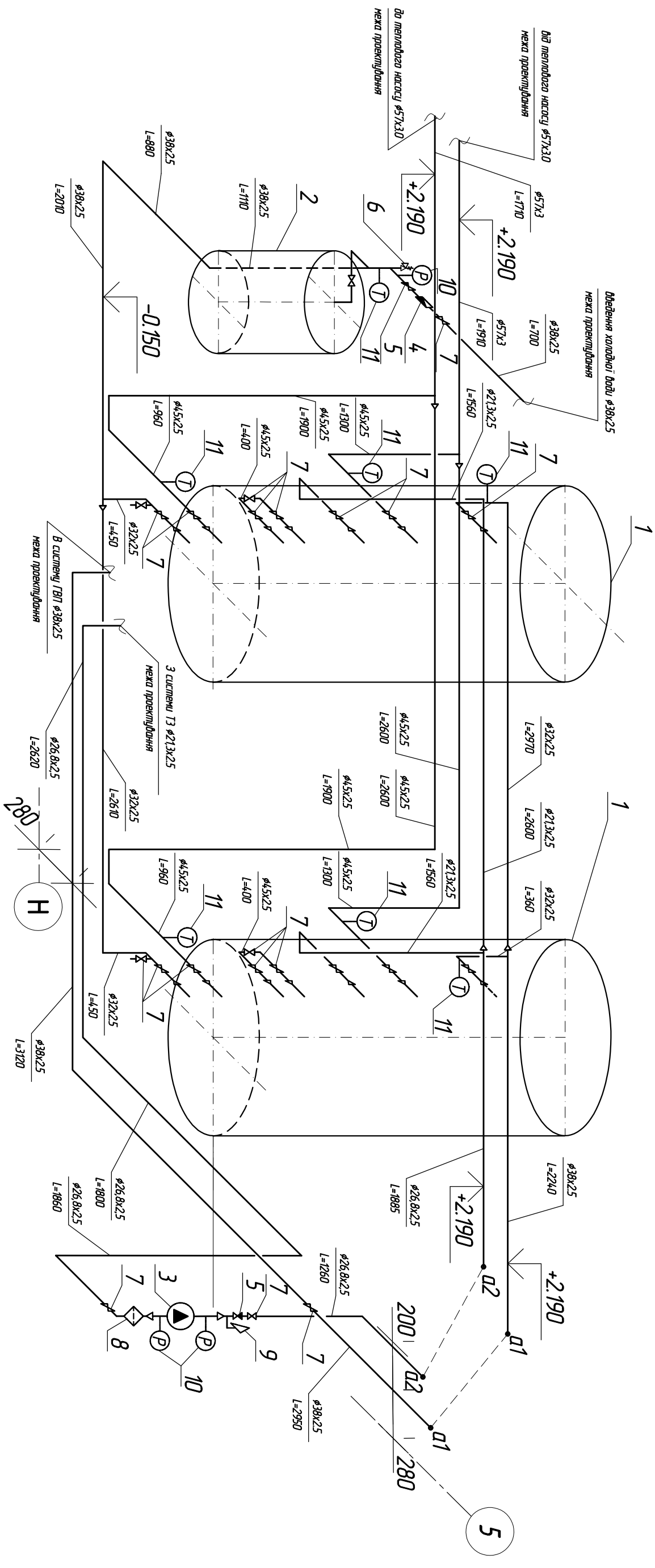
1. Потужність теплообмінника $Q_m=80$ кВт.
2. Температура теплоносія на вході в теплообмінник $t_{в2}=10^{\circ}\text{C}$.
3. Температура теплоносія на виході в теплообмінника $t_{в2}=55^{\circ}\text{C}$.
4. Температура теплоносія на вході в змішувач $t_{в1}=65^{\circ}\text{C}$.
5. Температура теплоносія на виході із змішувача $t_{в}=55^{\circ}\text{C}$.
6. Ємність апарату $V = 1,6372 \text{ м}^3$.

Технічні вимоги

1. Зварювання виконати по місцях прилягання деталей швами згідно ГОСТ 5264-80.
2. Катет шва зварювальних з'єднань призначити за меншою товщиною з'єднуваних деталей.
3. Зовнішні поверхні зварювальних швів зачистити з плавним переходом до основного металу. Параметр шорсткості Ra40.



					08-15.БКР.001.01.00.000 СК			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Ємнісний водо-водяний теплообмінник потужністю 80 кВт	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Ковтун КР.							1:15
Перев.	Степанова Н.Д.				Складальне креслення	Арк.	Аркшів	1
Т.контр.								
Рецензент	Лялюк О.Г.				ВНТУ зр. ТЕ-215			
Н.контр.	Боднар Л.А.							
Затв.	Степанов Д.В.							



Експлікація обладнання

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Бойлер непрямого нагріву	2	
2	Розширювальний бак	1	
3	Циркуляційний насос ТВП	1	
4	Личильник холодної води	1	
5	Зворотний клапан	2	
6	Запобіжний клапан	1	
7	Кран шаровий муфтовий	21	
8	Фільтр осадковий муфтовий	1	
9	Підігрівальний клапан	1	
10	Манометр	3	
11	Термометр	7	

						08-15.БКР.001.04.000 СК		
Зм.	Ки.уч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	м. Київ		
Розробив	Ковтун К.Р.							
Перевірив	Степанова Н.Д.							
Т. контроль								
Рецензент	Лялюк О.Г.							
Н. контроль	Боднар Л.А.					Схема монтажна аксонометрична		
Затвердив	Степанов Д.В.							
Монтажна схема теплообмінників для потреб гарячого водопостачання житлового комплексу з об'єктами соціальної інфраструктури						Смадія	Акр.	Аркушів
Схема монтажна аксонометрична						ВНТУ, гр. ТЕ-215		

ДОДАТОК Г

(Довідковий)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЄМКІСНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

Програма для реалізації дослідження була створена в середовищі Excel та призначена для виконання теплового, гідравлічного та конструктивного розрахунків ємнісного теплообмінника. Об'єктом моделювання був взятий ємнісний теплообмінник. Грійне та нагріване середовище – вода.

Для реалізації розрахунків необхідно ввести відповідні початкові дані у позначених клітинках. Далі програма виконає відповідні розрахунки, а отримані результати моделювання можна записати або скопіювати у інші прикладні програми.

За результатами варіантних обчислень проводять аналіз та за необхідності виконують графічну інтерпретацію результатів.

Дана модель є нелінійною, статичною у часі, функціональною, дискретною відносно змін параметрів [6]. За допомогою створеної програми можна виконувати оптимізацію. Розв'язується задача за алгоритмом. Дана модель містить 30 лінійних рівнянь.

Кінцевим результатом програму є: режим течії теплоносія, його температури, швидкість протікання теплоносія в трубках, довжину змійовика, гідравлічні втрати під час течії теплоносія у змійовику, затрату електроенергію на транспортування теплоносія.

Початковими даними є:

- витрата холодного теплоносія, кг/с;
- холодний теплоносій – вода для потреб гарячого водопостачання (ГВ);
- температура холодного теплоносія на вході в теплообмінник, °C;
- температура холодного теплоносія на виході з теплообмінника, °C;;

- гарячий теплоносій – мережна вода від твердопаливних теплогенераторів (МВ);
- температури МВ на вході у теплообмінник, °С; ;
- температури МВ на виході з теплообмінника, °С;;
- швидкість МВ в першому наближенні, м/с;
- діаметр теплообмінної трубки, мм;
- діаметр вигину змійовика, м;
- коефіцієнт теплопровідності металу змійовика, Вт/(м·К));
- критеріальні рівняння теплообміну для вільної конвекції у великому об'ємі в міжтрубному просторі теплообмінника;
- критеріальні рівняння теплообміну для вимушеної конвекції в трубному просторі змійовикового теплообмінника;
- ККД насосів для транспортування теплоносія;
- критеріальні рівняння гідродинамічного опору;
- ціни металу та електроенергії на підприємстві.

Розрахунковими величинами є:

- потужність ємнісного теплообмінника, кВт;
- середні температури МВ і ГВ, °С;
- теплофізичні характеристики МВ і ГВ;
- критерії Re потоку гарячого теплоносія;
- критерії Nu потоків МВ і ГВ;
- коефіцієнти тепловіддачі для МВ і ГВ, Вт/(м²·К);
- коефіцієнт теплопередачі змійовикового теплообмінника, Вт/(м²·К);
- площа поверхні нагріву змійовика, м²;
- загальна довжина грійної труби змійовика;
- кількість витків змійовикового теплообмінника;
- уточнена швидкість МВ, м/с
- гідродинамічні опори теплообмінника з боку МВ, Па;
- затрати електроенергії на прокачування теплоносія у теплообміннику,

кВт·год;

– економічні витрати на метал та електроенергію.

При створенні моделі прийняті такі спрощення та допущення:

– в теплообміннику встановлюються стаціонарні температурні поля, температури теплоносіїв не змінні з часом;

– теплофізичні властивості МВ і ГВ визначаються за апроксимованими залежностями, що отримані з таблиць із похибкою до 1%;

– розподіл швидкостей МВ в перерізі труби приймаємо рівномірний;

– температурне розширення елементів теплообмінника не враховуємо.

Дана математична модель реалізована в середовищі Excel.

Розроблена програма в середовищі Microsoft Excel дає можливість співставляти розрахунки в табличній формі за різних початкових даних, що дозволяє швидко виконати аналіз розрахункових характеристик теплообмінника за зміни основних величин, співставити результати, побудувати графіки залежностей та зробити відповідні висновки про роботу системи підготовки гарячої води. Також можливо визначити оптимальні значення параметрів.

Математичний опис моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у ємкісному теплообміннику

Середня температура МВ, °С

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (t_1' + t_1''). \quad (\text{Д.1})$$

Масова витрата МВ, кг/с

$$G_1 = \frac{Q + Q_{\text{втр}}}{C_{\text{рв1}} \cdot (t_1' - t_1'')}. \quad (\text{Д.2})$$

Середня температура ГВ, °С

$$\overline{t_2} = 0,5 \cdot (t_2' + t_2''). \quad (\text{Д.3})$$

Більша різниця температур між МВ і ГВ, °С [52]

$$\Delta t_6 = t_1'' - t_2'. \quad (\text{Д.4})$$

Менша різниця температур між МВ і ГВ, °С

$$\Delta t_m = t_1' - t_2''. \quad (\text{Д.5})$$

Середньологарифмічний температурний напір, °С [52]

.

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / (\ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)). \quad (\text{Д.6})$$

Об'ємна витрата МВ, м³

.

$$V_1 = G_1 / \rho_1. \quad (\text{Д.7})$$

Площа поперечного перерізу труби для проходження МВ, м²

$$f_{тр} = 0,785 \cdot d_{вн}^2. \quad (\text{Д.8})$$

Швидкість МВ у теплообміннику змійовикового типу, м/с

.

$$w_1 = V_1 / f_{тр}. \quad (\text{Д.9})$$

Критерій Рейнольдса для МВ [53]

$$Re_1 = w_1 \cdot d_{\text{вн}} / \nu_1. \quad (\text{Д.10})$$

Поправковий коефіцієнт до критеріального рівняння теплообміну [52]

.

$$\varepsilon_{\text{зм}} = 1 + \frac{1,77 \cdot d_{\text{вн}}}{R}. \quad (\text{Д.11})$$

Критерій Нусельта для МВ [54]

$$Nu = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{\text{ст}})^{0,25} \cdot \varepsilon_{\text{зм}}. \quad (\text{Д.12})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від МВ до стінки труби, Вт/ (м²·К) [52]

$$\alpha_1 = Nu_1 \times \lambda_1 / d_{\text{вн}}. \quad (\text{Д.13})$$

Критерій Грасгофа для міжтрубного простору [54]

.

$$Gr_2 = \frac{g \cdot \Delta t \cdot d \cdot \beta}{\nu_2^2}. \quad (\text{Д.14})$$

Критерій Релея для міжтрубного простору

$$Ra_2 = Gr_2 \cdot Pr_2. \quad (\text{Д.15})$$

Критерій Нусельта для міжтрубного простору [52]

$$Nu_2 = 0,5 \cdot Ra_2^{0,25} \cdot (Pr_2 / Pr_{\text{сн}})^{0,25}. \quad (\text{Д.16})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від ГВ, до стінки змійовика, Вт/ (м²·К)

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{3H}}. \quad (Д.17)$$

Коефіцієнт теплопередачі ємнісного теплообмінника, Вт/ (м²·К) [52]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (Д.18)$$

Питомий тепловий потік, Вт/м² [53]

$$q = k \cdot \Delta t_{cp}. \quad (Д.19)$$

Температура стінки труби з боку МВ, °С;

.

$$t_{ст} = \bar{t}_1 - q / \alpha_1. \quad (Д.20)$$

Площа поверхні нагріву змійовика, м² [52]

.

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}. \quad (Д.21)$$

Довжина змійовика, м

.

$$1 = \frac{F}{\pi \cdot d}. \quad (Д.22)$$

Довжина кола змійовика, м

$$L = \pi \cdot D. \quad (\text{Д.23})$$

Кількість витків в змійовику

.

$$n_B = \frac{1}{L}. \quad (\text{Д.24})$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для МВ

.

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{k_c}{d} \right)^{0,25}. \quad (\text{Д.25})$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = \xi_{\text{ВХ}} + \xi_{\text{ВЫХ}} + n + \xi_{\text{ЗМ}}. \quad (\text{Д.26})$$

Втрати напору на тертя за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па

.

$$\Delta P = \left(\lambda_T \cdot \frac{1}{d_{\text{ек}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}. \quad (\text{Д.27})$$

Затрати електроенергії на прокачування теплоносія у теплообміннику

$$N_{\text{еє}} = \Delta P \cdot V_l / (\eta_H \cdot 10^3). \quad (\text{Д.28})$$

ДОДАТОК Д

Таблиця Д1– Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

№ п/п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірюван ня	Кіль- кість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
1	Водонагрівник Storatherm Aqua Heat Pump AH 750/2_C	шт.	2	290	580
2	Розширювальний бак IMERA RV 100 л [24]	шт.	1	14,25	14,25
3	Насос Grundfos UPS 25-40 N 180	шт.	1	2,9	2,9
4	Лічильник Gross MNK-UA C 32	шт.	1	2,25	2,25
5	Фільтр сітчастий муфтовий Ayvaz YS-600 DN 20	шт	1	0,22	0,22
6	Фільтр сітчастий муфтовий Ayvaz YS-600 DN 32	шт	1	0,56	0,56
7	Клапан зворотний муфтовий F.I.V. EURA DN 20	шт	1	0,193	0,193
8	Клапан зворотний муфтовий F.I.V. EURA DN 32	шт	1	0,405	0,405
9	Кран кульовий муфтовий Valtec Base VT 215 Ду 20	шт	2	0,276	0,552
10	Кран кульовий муфтовий Valtec Base VT 215 Ду 25	шт	5	0,429	2,145
11	Кран кульовий муфтовий Valtec Base VT 215 Ду 32	шт	2	0,711	1,422
12	Кран кульовий муфтовий Valtec Base VT 215 Ду 40	шт	10	1,055	10,55
13	Кран кульовий муфтовий Valtec Base VT 215 Ду 15	шт	2	0,186	0,372
14	Манометр технічний Sewal d63 1/4" 10 бар	шт	3	0,088	0,26
15	Термометр біметалевий трубчастий ТБТ-63	шт	7	0,09	0,63

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6
16	Повітровідвідник Genebre 70037 04 02 G1/2"	шт	1	0,155	0,16
17	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 40	м	14,4	2,6	37,44
18	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 50	м	3,7	4,0	14,8
19	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 32	м	13,1	2,15	28,17
20	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 25	м	7,7	1,76	13,55
21	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 20	м	9,5	1,5	14,25
22	Труба сталева електрозварна ДСТУ 8943:2019, Ду 15	м	6	1,16	6,96
23	Перехід концентричний 40/20, $\delta = 2,6$ мм	шт.	2	0,19	0,38
24	Перехід концентричний 20/15, $\delta = 3,2$ мм	шт	2	0,07	0,14
25	Перехід концентричний 40/32, $\delta = 2,6$ мм	шт	8	0,19	0,38
26	Перехід концентричний 32/25 $\delta = 2,6$ мм	шт	4	0,13	0,52
27	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000x57x30	шт	4	0,721	2,88
28	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000x45x20	шт	15	0,360	5,4
29	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000x38x20	шт	13	0,320	4,16
30	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000x32x20	шт	8	0,287	2,3

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6
31	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000х27х20	шт	10	0,260	2,6
32	Циліндр ТЕХНО 80 Фольга 1000х25х20	шт	6	0,249	1,49
				Σ	752,3

Таблиця Д.2– Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірюв ання	Кіль- кість	Маса	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
Допоміжні матеріали					
для монтажу водонагрівників Storatherm Aqua Heat Pump АН 750/2_С [27]					
1	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00006	0,12
2	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	2	0,00468	9,36
3	Масло індустрієне И-20А	т	2	0,0001	0,2
4	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00062	1,24
5	Оліфа натуральна	кг	2	0,03	0,06
6	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,00316	6,32
7	Вода	м ³	2	0,9	1800
8	Очіс льняний	т	1	0,00003	0,06
9	Згін роз'ємний В-3 (американка) ¾ "	шт.	2	0,141	0,282
Для монтажу насоса нао[25]					
10	Згін роз'ємний В-3 (американка) 1 ¼ "	шт.	12	0,424	5,088
11	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6
12	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,07	0,07
13	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою	т	1	0,0022	2,2
14	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
15	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	1	0,014	25,2
Для монтажу розширювального баку IMERA RV 100 л [27]					
16	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00008	0,08
17	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
18	Вода	м ³	1	0,31	310
19	Очіс льняний	т	1	0,00004	0,04
Для монтажу трубопроводів обв'язки водонагрівників з встановленням муфтової арматури [27]					
20	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,037 0,144 0,131 0,077 0,095 0,06	0,00015 0,00012 0,00012 0,00012 0,00012 0,00012	0,066
21	Оліфа натуральна	кг	0,037 0,144 0,131 0,077 0,095 0,06	0,08 0,06 0,06 0,06 0,06 0,06	0,033

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6
22	Вода	м ³	0,037 0,144 0,131 0,077 0,095 0,06	2,75 1,76 1,13 0,69 0,44 0,25	613,15
23	Очіс льняний	т	0,037 0,144 0,131 0,077 0,095 0,06	0,00006 0,00006 0,00006 0,00006 0,00006 0,00006	0,033
24	Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм	т	0,037 0,144 0,131 0,077 0,095 0,06	0,0026 0,0021 0,0017 0,0012 0,0009 0,0009	0,853
для монтажу термометрів і манометрів [27]					
25	Масло індустріальне И-20А	т	10	0,00011	1,1
26	Оліфа натуральна	кг	10	0,01	0,1
27	Очіс льняний	т	10	0,00001	0,1
28	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	10	0,00001	0,1
Для монтажу лічильника Gross MNK-UA C 32 [27]					
29	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00005	0,05
30	Оліфа натуральна	кг	1	0,05	0,05
31	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	0,0001	1800	0,18

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6
32	Очіс льняний	т	1	0,00001	0,01
Для влаштування теплової ізоляції [28]					
33	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7 мм х (20 мм – 50 мм	т	1,55 0,72 1,31 1,44 0,37	0,00153 0,00163 0,0017 0,00177 0,00233	9,183
34	Пряжки	кг	5,39	0,09	0,485
для гідравлічного випробування трубопроводів [28]					
35	Оліфа натуральна	кг	0,544	0,02	0,011
36	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,544	0,00005	0,027
37	Очіс льняний	т	0,544	0,00002	0,011
38	Вода	м ³	0,544	1	544
				Σ	64,412