

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

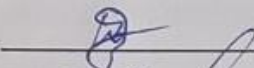
Кафедра теплоенергетики

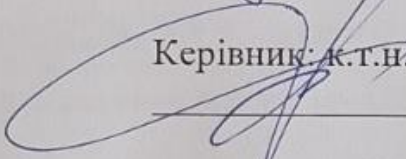
БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Центр теплохолодопостачання житлового будинку»

Виконала: студент 2 курсу групи ТЕ-22мс
спеціальності 144 - теплоенергетика

 Заверуха Д.В.

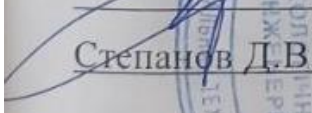
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТЕ
 Степанов Д.В.

« 17 » 06 2024 р.

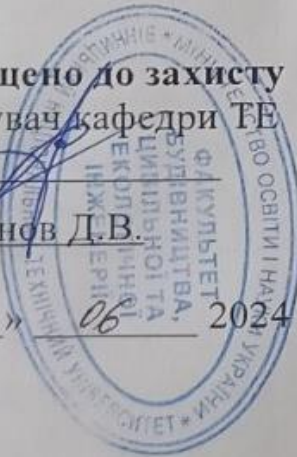
Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. БМГА
 Андрухов В.М.

« 19 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

 Степанов Д.В.

« 20 » 06 2024 р.



Вінницький національний технічний університет

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

“ 11 ” 03 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ЗАВЕРУСІ ДЕНИСУ ВАСИЛЬОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Центр теплохолодопостачання житлового будинку»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 р. № 80.

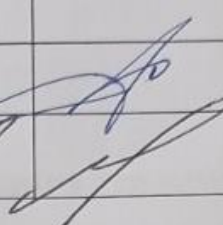
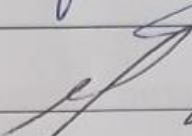
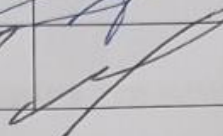
2. Строк подання студентом роботи 03 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: теплова потужність системи опалення будинку 235 кВт; теплова потужність системи гарячого водопостачання 70 кВт. Температурний графік системи опалення 55/45°C. Температура гарячої води 55°C. Розрахункова температура для опалення -21°C. Середня внутрішня температура в приміщеннях в режимі опалення 20°C, а в режимі охолодження 24°C.

4. Зміст текстової частини: аналітичний огляд методів та обладнання для забезпечення будівель теплою та холодом; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплохолодопостачання будинку; розробка теплової схеми джерела теплохолодопостачання житлового будинку; розробка пластинчастого водоводяного теплообмінника потужністю 70 кВт; охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплохолодопостачання будинку; схема теплову пункту теплова принципова; план теплову пункту з розташуванням обладнання; пластинчастий теплообмінник потужністю 70 кВт;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В зав. каф. БЖДПБ		
Інші розділи	Степанов Д.В., зав.каф. ТЕ		
Нормоконтроль	Співак О.Ю. к.т.н., доц. каф. ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

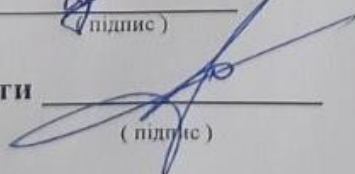
№ з/п	Назва етапів БДР	Строк виконання етапів БДР	Примітка
1	Аналітичний огляд методів та обладнання для забезпечення будівель теплою та холодою	12.03.2024 – 31.03.2024	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплохолодопостачання будинку	01.04.2024 – 30.04.2024	
3	Розробка теплової схеми джерела теплохолодопостачання житлового будинку	01.05.2024 – 14.05.2024	
4	Розробка пластинчастого водоводяного теплообмінника потужністю 70 кВт	15.05.2024 – 21.05.2024	
5	Охорона праці	22.05.2024 – 28.05.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	29.05.2024 – 03.06.2024	
7	Перевірка на плагіат. Нормоконтроль		

Студент


(підпис)

Заверуха Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Заверуха Д.В. Центр теплохолодопостачання житлового будинку.
Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня
програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ

В даній бакалаврській роботі розглядаються питання багатоваріантного
аналізу та техніко-економічного обґрунтування вибору джерела
теплохолодопостачання житлового будинку

В роботі проведено розробку теплової схеми джерела теплохоло-
допостачання житлового будинку. Розроблено пластинчастий водоводяний
теплообмінник потужністю 70 кВт. Виконано розробку технології монтажу
водоводяного теплообмінника. У розділі охорони праці визначені умови праці в
центрі теплохолодопостачання та заходи з пожежної безпеки.

Ключові слова: теплохолодопостачання, теплонасосна установка, ємкісний
теплообмінник, житлова будівля

Анотація (англ)

D.V. Zaveryukha. Residential Building Heating and Cooling Supply Center.
Bachelor's Thesis in the specialty 144 – Thermal Power Engineering, Educational
Program – Thermal Power Engineering. Vinnytsia: VNTU

This bachelor's thesis addresses the issues of multi-variant analysis and the techno-economijustification for choosing a heating and cooling supply source for a residential building.

The thesis develops a thermal scheme for the heating and cooling supply source of a residential building. A plate water-to-water heat exchanger with a capacity of 70 kW has been developed. The technology for installing the water-to-water heat exchanger has been designed. The labor protection section defines the working conditions in the heating and cooling supply center and the fire safety measures.

Keywords: heat and cold supply, heat pump installation, capacious
heat exchanger, residential building

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТЕПЛОТОЮ ТА ХОЛОДОМ.....	9
1.1 Обладнання на викопних паливах	9
1.2 Теплонасосні опалювальні технології.....	10
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ.....	12
2.1 Теплогенератори на біомасі	12
2.2 Теплогенератори на природному газі.....	16
2.3 Теплові насоси.....	19
2.4 Електрокотли.	20
2.5 Узагальнення результатів	21
3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ.....	23
3.1 Розрахунок теплової схеми.	23
3.2 Вибір основного та допоміжного обладнання.....	32
4 РОЗРОБКА ВОДОВОДЯНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 70 КВТ.....	40
4.1 Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінника.....	40
4.2 Конструктивний розрахунок теплообмінника.....	45
4.3 Гідравлічний розрахунок пластинчастого водонагрівача	47
4.4 Розрахунок товщини теплоізоляції теплообмінного апарату.....	49
4.5 Заходи з обслуговування теплообмінника	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	53
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	54
5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.	59
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	72
ДОДАТОК Б (обов'язковий) Технічне завдання.....	73
ДОДАТОК В (обов'язковий) Графічна частина.....	78

ВСТУП

В сучасних умовах глобальних екологічних викликів та зростаючого попиту на енергоресурси, питання забезпечення енергетичної безпеки та стабільності набувають особливої актуальності. Україна, як держава з багатими природними ресурсами та розвинутою промисловістю, стоїть перед необхідністю адаптації своєї енергетичної системи до нових умов та вимог. Одним із головних завдань є впровадження екологічно чистих та ефективних технологій, що дозволять знизити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити економічну стабільність країни.

Екологічність енергетичних рішень стає важливим фактором у стратегії розвитку держави. Впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та гідроенергія, дозволяє зменшити залежність від традиційних викопних видів палива та знизити викиди парникових газів. Ефективність використання енергоресурсів є ще одним важливим аспектом, який забезпечує не тільки економію ресурсів, але й підвищення конкурентоспроможності економіки.

Стан енергетики в Україні потребує глибокого аналізу та реформування. Значна частина енергетичної інфраструктури застаріла та потребує модернізації. Водночас, впровадження сучасних технологій та підходів дозволяє оптимізувати енергетичні процеси, знизити втрати та підвищити загальну ефективність системи. Важливу роль у цьому процесі відіграють державні програми та ініціативи, спрямовані на стимулювання інновацій та підтримку проектів у сфері енергоефективності.

Таким чином, інтеграція екологічних принципів та ефективних рішень в енергетичний сектор є ключем до сталого розвитку України. Важливість даної теми визначається не тільки національними інтересами, але й глобальними тенденціями, що сприяють переходу до зеленої економіки.

В процесі проектування планується розробити центр тепло холодопостачання нової житлової будівлі в місті. Місце розташування об'єкту потребує підвищені вимоги по екологічних показниках та енергоефективності всієї системи.

Метою даної роботи є теплохолодозабезпечення будівлі з використанням енергоефективного обладнання та відновлюваних джерел енергії.

Завданнями даної роботи є:

- 1) аналітичний огляд методів та обладнання для забезпечення будівель теплотою та холодом
- 2) багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплохолодопостачання будинку;
- 3) розробка теплової схеми центру теплохолодопостачання;
- 4) розробка водоводяного теплообмінника потужністю 70 кВт;
- 5) розробка заходів з охорони праці.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТЕПЛОТОЮ ТА ХОЛОДОМ

1.1 Обладнання на викопних паливах

1. Загальні характеристики та принцип роботи

Обладнання, що використовує викопні палива, включає газові, вугільні та

нафтові котли. В Україні газові котли є найпоширенішими через доступність природного газу. Принцип їхньої роботи полягає в спалюванні палива для отримання теплової енергії, яка використовується для нагрівання води або повітря в системі опалення.

Газові котли, як правило, мають високий ККД (до 98%), що робить їх ефективними у використанні. Вугільні котли, хоча менш популярні, все ще використовуються в деяких регіонах через дешевизну вугілля. Нафтові котли в Україні є менш розповсюдженими через високу вартість пального.

1.2. Техніко-економічний аналіз

Переваги:

- Висока потужність і здатність забезпечувати значні теплові навантаження.
- Широка доступність технологій та обладнання.
- Досить низькі початкові витрати на установку.

Недоліки:

- Високі експлуатаційні витрати через коливання цін на паливо.
- Значний негативний вплив на навколишнє середовище через викиди CO₂ та інших забруднюючих речовин.
- Необхідність постійного постачання палива.

Економічні аспекти: В Україні ціна на природний газ є ключовим фактором при виборі системи опалення. Залежність від імпорту газу, особливо з Росії, створює ризики для енергетичної безпеки країни. Високі ціни на газ можуть значно впливати на витрати домогосподарств і

підприємств. Державна політика регулювання цін та субсидій на газ для населення часто змінюється, що також впливає на економічну стабільність. Вартість обслуговування та модернізації обладнання на викопних паливах також є значним фактором витрат.

2. Теплонасосні опалювальні технології

2.1. Загальні характеристики та принцип роботи

Теплонасоси є сучасними і високоефективними системами, що використовують поновлювані джерела енергії для опалення і охолодження. В Україні теплонасоси стають все більш популярними через свою ефективність та екологічність. Принцип їхньої роботи полягає у передачі тепла з одного середовища до іншого за допомогою робочого циклу. Існують різні типи теплонасосів: повітряні, водяні та геотермальні.

Повітряні теплонасоси використовують тепло зовнішнього повітря для обігріву будівель. Вони легко встановлюються і мають відносно низькі початкові витрати.

Водяні теплонасоси використовують тепло підземних вод або інших водних джерел. Вони мають вищий ККД порівняно з повітряними, але потребують доступу до водних ресурсів.

Геотермальні теплонасоси використовують тепло землі, що забезпечує стабільну ефективність незалежно від погодних умов. Вони мають найвищий ККД серед усіх типів теплонасосів, але вимагають значних початкових інвестицій на буріння свердловин.

2.2. Техніко-економічний аналіз

Переваги:

- Висока енергоефективність (ККД до 400%).
- Використання поновлюваних джерел енергії, що знижує викиди CO₂.
- Низькі експлуатаційні витрати порівняно з традиційними системами на викопних паливах.

Недоліки:

- Високі початкові витрати на встановлення, особливо для геотермальних систем.

- Необхідність спеціальних умов для встановлення (наявність водних ресурсів для водяних систем, доступність земель для геотермальних).
- Обмежена ефективність у дуже холодних кліматичних умовах (для повітряних теплонасосів).

Економічні аспекти: В Україні теплонасосні системи мають значний потенціал завдяки підтримці держави у сфері енергоефективності та зростаючому попиту на екологічні технології. Початкові інвестиції у встановлення теплонасосних систем можуть бути високими, але існують програми державної підтримки та субсидії, які спрямовані на стимулювання використання таких технологій. Зниження залежності від імпортованого газу та підвищення енергетичної незалежності країни робить теплонасоси привабливим вибором для домогосподарств та підприємств.

У контексті України вибір між обладнанням на викопних паливах і теплонасосними технологіями залежить від багатьох факторів, включаючи економічні, екологічні та технічні аспекти. Обладнання на викопних паливах, зокрема газові котли, залишаються популярним вибором через доступність та знайомість технологій, але вони мають високі експлуатаційні витрати та негативний вплив на довкілля.

Теплонасоси, навпаки, пропонують високу ефективність і екологічність, хоча їхні початкові витрати на встановлення можуть бути значними. Державна підтримка та наявність субсидій можуть суттєво полегшити фінансове навантаження на етапі впровадження цих технологій. Враховуючи національну стратегію з енергоефективності та екологічну політику, інвестиції у теплонасоси можуть бути економічно виправданими в довгостроковій перспективі.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ БУДІВЛІ

Об'єктом розробки даної бакалаврської дипломної роботи є новий житловий будинок у м. Вінниця. Згідно до завдання теплова потужність системи опалення будинку складає в розрахунковому режимі 235 кВт, а в середньому 110 кВт.

Крім того, джерело теплопостачання має забезпечити тепловою системою гарячого водопостачання потужністю 70 кВт.

Ціна електроенергії $C_{ee} = 7$ грн/(кВт · год). Ціна води $C_v = 13,12$ грн / м³.

Ціна природного газу 8,5 грн/м³. Ціна гранул з лушпиння соняшника 6,2 грн./кг.

2.1 Теплогенератори на біомасі

Для точного підрахунку капітальних вкладень на створення центру теплохолодопостачання з котлами на біомасі необхідно скласти локальний кошторис. Попередньо приймаємо інвестиції в твердопаливну котельню на гранулах з автоматичним завантаженням потужністю 300 кВт 600 тис. грн.

Витрати палива в різних режимах роботи

$$B_{\text{макс}}^p = (Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{оп}}) / (Q_{\text{н}} \cdot p \cdot \eta_k), \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{н}}^p = 15,4$ МДж/кг – теплота згорання гранул з лушпиння соняшника;

$\eta_k = 0,85$ – орієнтовний середній ККД котла на біомасі;

- розрахунковий режим

$$B_p^{\text{макс}} = (235 + 70) / (15400 \cdot 0,85) = 0,0233 \text{ (кг/с)} = 83,8 \text{ (кг/Год.)}.$$

- міжопалювальний режим

$$B_p^{\text{моп}} = 70 / (15400 \cdot 0,85) = 0,00534 \text{ (кг/с)} = 19,25 \text{ (кг/Год.)}.$$

- середньоопалювальний режим

$$B_{\text{оп}}^{\text{сер}} = (110 + 70) / (15400 \cdot 0,85) = 0,0137 \text{ (кг/с)} = 49,5 \text{ (кг/Год.)}.$$

Витрати палива за рік

$$B_{\text{річ}} = (B_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + B_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + B_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600, \quad (2.2)$$

$$B_{\text{річ}} = (0,0233 \cdot 30 + 0,0138 \cdot 4246 + 0,00534 \cdot 4484) \cdot 3600 = 298,1 \text{ (т/рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{\text{річ}} = (Q_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + Q_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + Q_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600, \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{річ}} = (308,1 \cdot 30 + 110 \cdot 4246 + 70 \cdot 4484) \cdot 3600 = 2844 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок витрат на паливо

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}, \quad (2.4)$$

де Ц - ціна палива, приймаємо 6,2 грн/кг;

$$S_{\text{пал}} = 298,1 \cdot 6,2 = 1848,2 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальні витрати води на підживлення

$$G_{\text{в}} = (G_{\text{пж}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 365) / 1000, \quad (2.5)$$

$$G_{\text{в}} = (0,00726 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 365) / 1000 = 228,9 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат на воду для водогрійних котлів

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \text{Ц}_{\text{в}}, \quad (2.6)$$

$$S_{\text{в}} = 228,9 \cdot 13,12 = 3,003 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію

$$S_{\text{ее}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \text{Ц}, \quad (2.7)$$

де N – електрична потужність власних потреб котельні, кВт.

$$S_{\text{ее}} = (8,135 \cdot 30 + 1,7 \cdot 4246 + 1,1 \cdot 4484) \cdot 7 = 86,7 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k, \quad (2.8)$$

де ЗП – середня заробітна плата, грн/місяць.

$$S_{зп} = 5 \cdot 18000 \cdot 12 = 1080 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Відрахування на заробітну плату

$$S_{відр.зп} = 0,41 \cdot S_{зп} , \quad (2.9)$$

де 0,41 – відрахування в Пенсійний фонд, фонди соціального страхування.

$$S_{відр.зп} = 0,41 \cdot 1080 = 442,8 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Загальна заробітна плата [12]

$$S_{заг.зп} = S_{зп} + S_{відр.зп} , \quad (2.10)$$

$$S_{заг.зп} = 1080 + 442,8 = 1522,8 \text{ (тис.грн/рік)}$$

Амортизаційні відрахування [13]

$$S_A = 6 \dots 8\% \cdot B_{оф} , \quad (2.11)$$

де $B_{оф}$ – вартість основних виробничих фондів на підприємстві, приймаємо 0,6 млн. грн.

$$S_A = 0,075 \cdot 600 = 45 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Витрати на ремонт

$$S_P = 0,2 \cdot S_A , \quad (2.12)$$

$$S_P = 0,2 \cdot 45 = 9 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Інші витрати

$$S_I = 0,3 \cdot (S_A + S_P + S_{\text{заг.зп}}), \quad (2.13)$$

$$S_I = 0,3 \cdot (45 + 9 + 1522,8) = 473,04 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину

$$S_c = S_{\text{пал}} + S_b + S_{\text{ее}}, \quad (2.14)$$

$$S_c = 1848,2 + 3 + 86,7 = 1937,9 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати

$$S = S_c + S_a + S_p + S_{\text{заг.зп}} + S_I, \quad (2.15)$$

$$S = 1937,9 + 45 + 9 + 1522,8 + 473,04 = 4528,95 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

$$C_b = S / Q_{\text{рік}}, \quad (2.16)$$

$$C_b = 4528,95 / 2844 = 1592 \text{ (грн / ГДж)}.$$

2.2 Теплогенератори на природному газі

Приймаємо інвестиції в газову котельню потужністю 300 кВт на рівні 540 тис. грн.

Витрати палива в різних режимах роботи за (2.1)

- розрахунковий режим

$$V_p^{\text{макс}} = (235 + 70) / (33000 \cdot 0,88) = 0,0119 \text{ (м}^3\text{/с)} = 40,28 \text{ (м}^3\text{/год.)}.$$

- міжопалювальний режим

$$V_p^{\text{моп}} = 70 / (33000 \cdot 0,88) = 0,0024 \text{ (м}^3\text{/с)} = 8,67 \text{ (м}^3\text{/год.)}.$$

- середньоопалювальний режим

$$V_{\text{оп}}^{\text{сеп}} = (110 + 70) / (33000 \cdot 0,88) = 0,0061 \text{ (м}^3\text{/с)} = 22,31 \text{ (м}^3\text{/год.)}.$$

Витрати палива за рік за (2.2)

$$V_{\text{річ}} = (0,0119 \cdot 30 + 0,0061 \cdot 4246 + 0,0024 \cdot 4484) \cdot 3600 = 133,2 \text{ (тис.м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат на паливо за (2.4)

$$S_{\text{пал}} = 133,2 \cdot 8,5 = 1132,2 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{\text{ее}} = (8,135 \cdot 30 + 1,1 \cdot 4246 + 0,4 \cdot 4484) \cdot 7 = 469 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці за (2.8)

$$S_{\text{зп}} = 3 \cdot 18000 \cdot 12 = 648 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Відрахування на заробітну плату за (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 648 = 265,68 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальна заробітна плата за (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 648 + 265,68 = 913,4 \text{ (тис.грн/рік)}$$

Амортизаційні відрахування за (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 540 = 40,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Витрати на ремонт за (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 40,5 = 8,1 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати за (2.13)

$$S_I = 0,3 \cdot (40,5 + 8,1 + 913,4) = 288,6 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 1132,2 + 3,15 + 46,9 = 1182,25 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 1182,25 + 40,5 + 8,1 + 913,4 + 288,6 = 2432,85 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_B = 2432,85 / 2844 = 855 \text{ (грн / ГДж)}.$$

2.3 Теплові насоси

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання робіт складається локальний кошторис. Орієнтовні капіталовкладення в теплопункт потужністю 308 кВт приймемо 6 млн. грн.

Витрати на електроенергію для теплових насосів за рік

$$EE_{\text{річ}} = (Q_{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} / \varphi_{\text{тну}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} / \varphi_{\text{тну}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}} / \varphi_{\text{тну}}) \quad (2.17)$$

$$EE_{\text{річ}} = (308,1 \cdot 30 / 3,0 + 189,05 \cdot 4246 / 3,5 + 70 \cdot 4484 / 5) \cdot 10^{-3} = 295,3 (\text{МВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{\text{еє}} = (13,7 \cdot 30 + 10 \cdot 4246 + 11,9 \cdot 30 + 9,14 \cdot 4454) \cdot 7 = 520,4 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці (2.8)

$$S_{\text{зп}} = 3 \cdot 20000 \cdot 12 = 720 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Відрахування на заробітну плату (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 720 = 295,2 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Загальна заробітна плата (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 720 + 295,2 = 1015 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Амортизаційні відрахування (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 6000 = 450 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Витрати на ремонт (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ (тис. грн/рік)}.$$

Інші витрати (2.13)

$$S_I = 0,1 \cdot (450 + 90 + 1015) = 155,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 520,4 + 3,15 = 523,55 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 523,55 + 450 + 90 + 1015 + 155,5 = 2234 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_b = 2234 / 2844 = 785 \text{ (грн / ГДж)}.$$

2.4 Електрокотли

Капіталовкладення в джерела теплопостачання з електрокотлами загальною потужністю 300кВт прийняті в розмірі 300 тис.грн, ККД електрокотлів 0,99 котельня повністю автоматизована, її обслуговує 1 працівник

Витрати електроенергії на котли за (2.17)

$$\begin{aligned} EE_{\text{річ}} &= (308 \cdot 30 / 0,99 + 110 \cdot 4246 / 0,99 + 70 \cdot 4454 / 0,99) \cdot 10^{-3} = \\ &= 769,04 \text{ (МВт·год /рік)}. \end{aligned}$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{ee} = (8,135 \cdot 30 + 1,1 \cdot 4246 + 0,4 \cdot 4454 + 769040) \cdot 7 = 5430 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці за (2.8)

$$S_{зп} = 1 \cdot 20000 \cdot 12 = 2400 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Відрахування на заробітну плату за (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 240 = 98,4 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальна заробітна плата за (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 240 + 98,4 = 338,4 \text{ (тис.грн/рік)}$$

Амортизаційні відрахування за (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 300 = 22,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Витрати на ремонт за (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 22,5 = 4,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати за (2.13)

$$S_I = 0,3 \cdot (22,5 + 4,5 + 338,4) = 109,6 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 5430 + 3,15 = 5433,15 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 5433,15 + 22,5 + 4,5 + 338,4 + 109,6 = 5908,15 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_v = 5908,15 / 2844 = 2077 \text{ (грн / ГДж)}.$$

2.5 Узагальнення результатів

Порівняємо техніко-економічні показники джерела теплопостачання, який працюватиме на природному газі, гранулах з біомаси, електроенергії або теплових насосах. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Співставлення розрахункових техніко-економічних показників різних джерел енергії для теплопостачання житлового будинку

Найменування величини	Котли на природному газу	Електро-котли	Тепло-насосні установки	Котли на гранулах з біомаси
Наявна теплота палива	33 МДж/м ³	---	---	15,4 МДж/кг
ККД котла або коефіцієнт перетворення теплового насосу	88%	99%	3,2	85%
Розрахункова витрата палива	40,28 м ³ /год	---	---	83,8 кг/год
Ціна на енергоресурс	25,75 грн./м ³	7 грн/кВт·год	7 грн/кВт·год	6,2 грн./кг
Витрати на паливо, тис. грн./рік	1332	---	---	2981
Витрати на електроенергію, тис. грн./рік	46,9	5430	520,4	86,7
Капіталовкладення, тис. грн.	540	300	6 000	600
Собівартість теплоти, грн./ГДж	855	2077	785	1592

З таблиці 2.1 видно що найбільш доцільним по собівартості теплоти джерелом теплопостачання даної житлової будівлі є котли на природному газу та теплонасосні установки. Ці два варіанти в середньому по собівартості теплоти майже в два рази дешевше теплоти від котельні на гранулах з біомаси та на 2.5 раза дешевше електродотлів. Оскільки джерело теплопостачання проектується для міського району з щільною забудовою при спалюванні біомаси необхідно передбачити заходи для очищення димових газів від сажі, золи та смол.

Найбільш доцільно використовувати теплонасосні установки , так як їх суттєвою перевагою є значно більші екологічні показники, незважаючи на значно більші капіталовкладення.

3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок теплової схеми

Схема за якою працює система центру теплохолодопостачання показана на рис. 3.1.

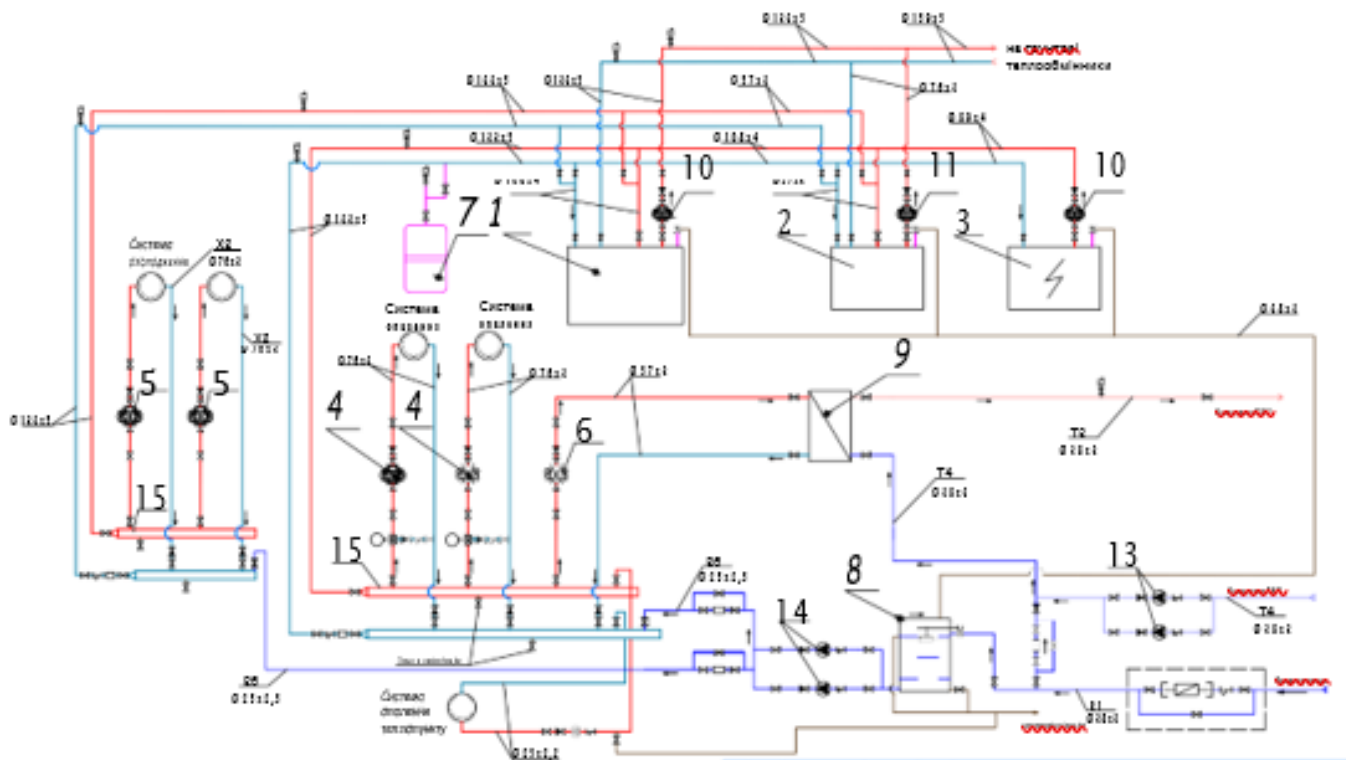


Рисунок 3.1 – Теплова схема центру теплохолодопостачання:

1- Тепловий насос Dunaciat LG 600A; 2- Тепловий насос Dunaciat LG 200A; 3- Електрокотел ДНПРО КЗО-Б-200; 4-6 Насос циркуляційний Grundfoss CME; 7- Бак розширювальний Reflex N250; 8- Бак запасу води; 9- Теплообмінник ГВП; 10-11- Насос циркуляційний Grundfoss CRE; 12- Розподільний колектор; 13- Насоси сирої води; 14- Насоси підживлювальні MAGNA; 15- Вузол обліку холодної води.

3.1.1 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму

Система опалення живиться від водогрійної котельні. Згідно завдання розрахункова потужність системи опалення $Q_{оп} = 235$ кВт, пікова потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 70$ кВт, система замкнута, графік мережної води 55/45°C, температура сирої води 5°C, температура води на гаряче водопостачання 55°C. Температура зовнішнього повітря -21°C.

Витрата мережної води на опалення [1]

$$G_{TM}^{оп} = \frac{Q_{оп}}{c_p(t_{п} - t_{зв})} \quad (3.2)$$

$$G_{TM}^{оп} = \frac{235}{4,2(55-45)} = 5,595 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата мережної води на теплообмінник системи гарячого водопостачання

$$G_{TM}^{гвп} = \frac{Q_{гвп}}{c_p(t_{п} - t_{зв})}, \quad (3.2)$$

$$G_{TM}^{гвп} = \frac{70}{4,2(55-45)} = 1,667 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Загальна витрата мережної води

$$G_{TM} = G_{TM}^{оп} + G_{TM}^{гвп} \quad (3.3)$$

$$G_{TM} = 5,595 + 1,667 = 7,262 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення мережі

$$G_{пж} = G_{TM} \cdot \alpha, \quad (3.4)$$

$$G_{пж} = 7,262 \cdot 0,001 = 0,00726 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води

$$G_{зв} = G_{TM} - G_{пж}, \quad (3.5)$$

$$G_{зв} = 7,262 - 0,00726 = 7,255 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед тепловими насосами

$$T_{MH} = \frac{G_{3B} \cdot t_{3B} + G_{пж} \cdot t_{CB}}{G_{MH}} \quad (3.6)$$

$$t_{MH} = \frac{7,255 \cdot 45 + 0,00726 \cdot 5}{7,262} = 44,9 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води через тепловий насос Dynaciat LG 200A

$$G_{TM}^{200A} = \frac{Q_{200A}}{c_p(t_{п} - t_{3B})}, \quad (3.7)$$

$$G_{TM}^{200A} = \frac{77}{4,2 \cdot (55 - 45)} = 1,83 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата води через тепловий насос Dynaciat LG 600A

$$G_{TM}^{600A} = \frac{Q_{600A}}{c_p(t_{п} - t_{3B})}, \quad (3.8)$$

$$G_{TM}^{600A} = \frac{230}{4,2 \cdot (55 - 45)} = 5,48 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Потужність теплового пункту

$$Q_{кот} = G_k \cdot C_p \cdot (t_{пp} - t_{3B}), \quad (3.9)$$

$$Q_{TH} = 7,262 \cdot 4,2 \cdot (55 - 44,9) = 308,1 \text{ (кВт)}.$$

Коефіцієнт перетворення теплового насоса Dynaciat LG 200A приймемо 3,3, а для теплового насоса Dynaciat LG 600A – 3,5.

Електрична потужність теплових насосів

$$N^{600A} = \frac{Q_{600A}}{\varphi_{600A}}, \quad N^{200A} = \frac{Q_{200A}}{\varphi_{200A}}, \quad (3.10)$$

$$N^{600A} = \frac{308,1 - 70}{3,5} = 68,0, \quad N^{200A} = \frac{70}{3,3} = 21,1 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного палива на виробництво електроенергії

$$B_{\text{ум}} = \frac{N^{600A} + N^{200A}}{Q_{\text{н.у.}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{ес}} \cdot \eta_{\text{ем}}}, \quad (3.11)$$

$$B_{\text{ум}} = \frac{68 + 21,1}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,00999 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{кот}}}, \quad (3.12)$$

$$b_y = \frac{0,00999}{308,1} = 32,4 \left(\frac{\text{кг}}{\text{ГДж}} \right).$$

3.1.2 Розрахунок теплової схеми для середньо-опалювального режиму

Із зміною температури зовнішнього повітря кількість теплоти для систем опалення необхідно збільшувати або зменшувати. Потепління, тобто підвищення температури, викликає зменшення витрати теплоти, похолодання – збільшення. Для цього використовують методи регулювання.

У даній тепловій схемі використано центральне якісне регулювання – це регулювання подачі теплоти зміною температури теплоносія, але сталою витратою [2].

Розрахуємо температуру в подавальному і зворотному трубопроводі при середній температурі зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{\text{з}} = 0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$. Розрахункова температура навколишнього повітря для опалення $t_{\text{з.о}} = -21 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температурний графік мережної води 55/45°C. Розрахункова внутрішня температура опалювальних приміщень $t_{в.р}=20$ °C.

Відносне теплове навантаження для опалення при t_3

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{в.р}-t_3}{t_{в.р}-t_{3,0}}, \quad (3.13)$$

$$\left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right) = \frac{20 - 0,8}{20 - (-21)} = 0,468.$$

Температурний напір опалювального приладу в розрахунковому режимі

$$\Delta t_0 = \frac{t''+t'}{2} - t_{в.р}, \quad (3.14)$$

$$\Delta t_0 = \frac{55+45}{2} - 20 = 30 \text{ (°C)}.$$

Перепад температур мережної води для розрахункового режиму

$$\Delta \tau_0 = t' - t', \quad (3.15)$$

$$\Delta \tau_0 = 55 - 45 = 10 \text{ (°C)}.$$

Перепад температур води в опалювальній системі для розрахункового режиму

$$\theta_0 = \Delta \tau_0 = 10 \text{ (°C)}.$$

Температура в подавальному трубопроводі при t_3

$$\tau_1 = t_{в.р} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right)_{оп}^{0,8} + (\Delta \tau_0 - 0,5 \cdot \theta_0) \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0}\right), \quad (3.16)$$

$$\tau_1 = 20 + 30 \cdot 0,468^{0,8} + (10 - 0,5 \cdot 10) \cdot 0,468 \approx 39 \text{ (°C)}.$$

Температура в зворотному трубопроводі при t_3

$$\tau_2 = t_{в.р} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{оп}^{0,8} - 0,5 \cdot \theta_0 \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right), \quad (3.17)$$

$$\tau_2 = 20 + 30 \cdot 0,468^{0,8} - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,468 \approx 34 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Від тепловий насосів температурний графік не зміниться з врахуванням необхідності нагріву води на ГВП.

Витрата води в системі опалення

$$G^{оп} = \frac{Q_{оп} \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)}{c_p (t_{п} - t_{зв})}, \quad (3.18)$$

$$G_{тм}^{оп} = \frac{235 \cdot 0,486}{4,2(39 - 34)} = 5,44 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата мережної води на систему опалення

$$G_{тм}^{оп} = \frac{Q_{оп} \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)}{c_p (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (3.19)$$

$$G_{тм}^{оп} = \frac{235 \cdot 0,486}{4,2(55 - 34)} = 1,295 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата мережної води на теплообмінник гарячого водопостачання за (1.2)

$$G_{тм}^{гвп} = \frac{70}{4,2(55 - 45)} = 1,667 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Загальна витрата мережної води за (1.3)

$$G_{тм} = 1,295 + 1,667 = 2,962 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення мережі за (1.4)

$$G_{\text{ПЖ}} = 2,962 \cdot 0,001 = 0,00296 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед тепловими насосами

$$t_{\text{ТН}} = \frac{G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} \cdot t_2 + G_{\text{ТМ}}^{\text{ОП}} \cdot t_2 + G_{\text{ПЖ}} \cdot t_{\text{СВ}}}{G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} + G_{\text{ТМ}}^{\text{ОП}} + G_{\text{ПЖ}}}, \quad (3.20)$$

$$t_{\text{ТН}} = \frac{1,667 \cdot 45 + 1,295 \cdot 34 + 0,00296 \cdot 5}{1,667 + 1,295 + 0,00296} = 40,16(^{\circ}\text{C}).$$

Витрата мережної води за

$$G_{\text{ТН}} = G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} + G_{\text{ТМ}}^{\text{ОП}}, \quad (3.21)$$

$$G_{\text{ТН}} = 1,667 + 1,295 = 2,962 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність теплопункту за (1.9)

$$Q_{\text{ТП}} = 2,962 \cdot 4,2 \cdot (55 - 40,16) = 184,6 \text{ (кВт)}.$$

Коефіцієнт перетворення теплового насоса Dynasiat LG 200A приймемо 3,3, а для теплового насоса Dynasiat LG 600A – 3,5.

Електрична потужність теплових насосів за (1.10)

$$N^{600\text{A}} = \frac{184,6 - 70}{3,5} = 32,7, \quad N^{200\text{A}} = \frac{70}{3,3} = 21,1 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного палива на виробництво електроенергії за (1.11)

$$B_{\text{ум}} = \frac{32,7 + 21,1}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,00604 \text{ (кг/с)}.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти за (1.12)

$$b_y = \frac{0,00604}{184,6} = 32,69 \left(\frac{\text{кг}}{\text{ГДж}} \right).$$

3.1.3 Розрахунок теплової схеми в максимальному режимі охолодження

Для даного режиму працює система охолодження та система

гарячого водопостачання.

Витрата мережної води на теплообмінник системи гарячого водопостачання

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{c_p(t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.22)$$

$$G_{\text{ТМ}}^{\text{ГВП}} = \frac{70}{4,2(55 - 45)} = 1,667 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата води для підживлення теплової мережі за (1.4)

$$G_{\text{ПЖ}} = 1,667 \cdot 0,001 = 0,001667 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед тепловим насосом за (1.6)

$$t_{\text{МН}} = \frac{1,665 \cdot 45 + 0,001667 \cdot 7}{1,667} \approx 44,9 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Потужність теплового контуру тепlopункту за (1.9)

$$Q_{\text{ТП1}} = 1,667 \cdot 4,2 \cdot (55 - 44,9) = 70,7 \text{ (кВт)}.$$

Потужність системи охолодження будівлі в максимальному режимі 150 кВт. Температурний графік системи охолодження 7/12°C.

Витрата води в системі охолодження будівлі за (1.1)

$$G^{\text{хол}} = \frac{150}{4,2(12-7)} = 7,15 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Коефіцієнт перетворення теплового насоса Dynasiat LG 200A (на гаряче водопостачання) приймемо 3,3, а холодильний коефіцієнт для реверсивного теплового насоса Dynasiat LG 600A (на холод) – 2,8.

Електрична потужність теплових насосів за (1.10)

$$N^{600A} = \frac{150}{2,8} = 53,6, \quad N^{200A} = \frac{70}{3,3} = 21,1 \text{ (кВт)}$$

Витрата умовного палива на виробництво електроенергії за (1.11)

$$B_{\text{ум холод}} = \frac{21,1}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,00236 \text{ (кг/с)}.$$

$$B_{\text{ум холод}} = \frac{53,6}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,0060 \text{ (кг/с)}.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти за (1.12)

$$b_{\text{у тепло}} = \frac{0,00236}{70,7} = 33,38 \text{ (кг/ГДж)}.$$

$$b_{\text{у холод}} = \frac{0,006}{150} = 40 \text{ (кг/ГДж)}.$$

3.1.4 Розрахунок теплової схеми в середньому режимі охолодження

Для даного режиму працює система охолодження в половинному навантаженні та система гарячого водопостачання.

Витрата мережної води на теплообмінник системи гарячого водопостачання

$$G_{\text{тм}}^{\text{ГВП}} = \frac{70}{4,2(55 - 45)} = 1,667 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата води для підживлення теплової мережі за (1.4)

$$G_{\text{пж}} = 1,667 \cdot 0,001 = 0,001667 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед тепловим насосом за (1.6)

$$t_{\text{TH}} = \frac{1,665 \cdot 45 + 0,001667 \cdot 7}{1,667} \approx 44,9(^{\circ}\text{C}).$$

Потужність теплового контуру тепlopункту за (1.9)

$$Q_{\text{TH1}} = 1,667 \cdot 4,2 \cdot (55 - 44,9) = 70,7 \text{ (кВт)}.$$

Потужність системи охолодження будівлі в середньому режимі охолодження 75 кВт. Температурний графік системи охолодження 7/12°C.

Витрата води в системі охолодження будівлі за (1.1)

$$G^{\text{хол}} = \frac{75}{4,2(12-7)} = 3,77 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Коефіцієнт перетворення теплового насоса Dynaciat LG 200A (на гаряче водопостачання) приймемо 3,3, а холодильний коефіцієнт для реверсивного теплового насоса Dynaciat LG 600A (на холод) – 2,8.

Електрична потужність теплових насосів за (1.10)

$$N^{600A} = \frac{75}{2,8} = 26,8, \quad N^{200A} = \frac{70}{3,3} = 21,1 \text{ (кВт)}$$

Витрата умовного палива на виробництво електроенергії за (1.11)

$$V_{\text{ум тепло}} = \frac{21,1}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,00236 \text{ (кг/с)}.$$

$$V_{\text{ум холод}} = \frac{26,8}{29300 \cdot 0,35 \cdot 0,87} = 0,0030 \text{ (кг/с)}.$$

Питома витрата умовного палива на виробництво теплоти за (1.12)

$$b_{\text{у тепло}} = \frac{0,00236}{70,7} = 33,38 \text{ (кг/ГДж)}.$$

$$b_{\text{у холод}} = \frac{0,003}{75} = 40 \text{ (кг/ГДж)}.$$

3.2 Вибір основного та допоміжного обладнання

Вибір типу, кількості та одиничної продуктивності теплових насосів,

котлів і іншого устаткування проводиться за результатами розрахунку теплової схеми теплопункту.

3.2.1 Вибір теплових насосів та котлоагрегату

Вибір водогрійного електричного котла проводимо за розрахунковою продуктивністю теплопункту для максимально-опалювального режиму для забезпечення половини потужності

$$Q_{\text{кот}} = 308,1 / 2 = 154,05 \text{ кВт.}$$

До встановлення приймаємо один електричний водогрійний котел потужністю 200 кВт, ДНІПРО КЭО-Б-200 кВт/380.

Крім того, підбираємо одну реверсивну холодильну машину / тепловий насос «грунт-вода» Dypaciat LG 600A та одну реверсивну холодильну машину / тепловий насос «грунт-вода» Dypaciat LG 200A.

3.2.2 Вибір насосів

В тепловій схемі теплопункту встановлені циркуляційні насоси системи опалення (2 шт.), циркуляційний насос системи підготовки гарячої води (1 шт.), насос подавання підживлювальної води (2 шт.), насоси циркуляції гарячого водопоостачання (2 шт.), насоси циркуляції через ґрунтові теплообмінники (3 шт.), насоси циркуляції системи охолодження (2 шт.).

Подача насосів системи опалення

$$V_{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{оп}}^{\text{ТМ}} \cdot 3600}{\rho_{\text{под}}}, \quad (2.1)$$

де $G_{\text{к}}$ – масова витрата води через систему опалення в максимальному режимі, кг/с;

$\rho_{\text{к}}$ – густина мережної води на вході в котели, яка дорівнює 980 кг/м³ при температурі 95°C.

$$V_{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot 5,59 \cdot 3600}{\rho_{\text{под}}} = 22,4 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Встановлюємо два насоси марки СМЕ 10-3, характеристики якого: подача $V=15 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=35 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{мн}} = 3,7 \text{ кВт}$ [6].

Подача насоса сирій води з врахуванням нерівномірності роботи

$$V_{\text{нсв}} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot G_{\text{пж}} \cdot 3600}{\rho_{\text{св}}}, \quad (2.2)$$

де $G_{\text{пж}}$ – масова витрата підживлювальної води, кг/с;

$\rho_{\text{пж}}$ – густина підживлювальної води на вході в насос, яка дорівнює $999,8 \text{ кг/м}^3$ при температурі 5°C .

Подача насоса підживлення

$$V_{\text{нсв}} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot 0,00726 \cdot 3600}{999,8} = 0,06 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right)$$

Встановлюємо два насоси підживлення з врахуванням нерівномірності роботи MAGNA3 25-120, характеристики якого: подача $V=2 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=10 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{нсв}}=0,185 \text{ кВт}$ [6].

Подача циркуляційного насоса системи підготовки гарячої води

$$V_{\text{н}} = \frac{1,1 \cdot 1,667 \cdot 3600}{990} = 6,668 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Встановлюємо один циркуляційний насос СМЕ 10-2, характеристики яких: подача $V = 8 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H = 15 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{гвп}} = 0,4 \text{ кВт}$ [6].

Подача насоса циркуляції гарячої води

$$V_{\text{н}} = \frac{1,1 \cdot 0,4 \cdot 3600}{990} = 1,5 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Встановлюємо два циркуляційні насоси ALPHA1 25-80 N 130, характеристики яких: подача $V = 1,5 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H = 6 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{гвп}} = 0,05 \text{ кВт}$ [6].

Подача насосів системи охолодження

$$V_{\text{хол}} = \frac{1,1 \cdot 7,15 \cdot 3600}{998} = 28,4 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Встановлюємо два насоси марки CME 10-3, характеристики якого: подача $V=30 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=35 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{мн}} = 2,8 \text{ кВт}$ [6].

Подача насосів з теплового насосу Dypaciat LG 600A на ґрунтовий теплообмінник

$$V_{\text{гр.то.600}} = \frac{1,1 \cdot 9,15 \cdot 3600}{998} = 36,3 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Встановлюємо насос марки CRE 45-1-1, характеристики якого: подача $V=40 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=25 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{мн}} = 4,0 \text{ кВт}$ [6].

Подача насосів з теплового насосу Dypaciat LG 600A на ґрунтовий теплообмінник

$$V_{\text{гр.то.200}} = \frac{1,1 \cdot 3 \cdot 3600}{998} = 11,9 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Встановлюємо насос марки CRE 20-2, характеристики якого: подача $V=13 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=25 \text{ м}$, потужність електродвигуна $N_{\text{мн}} = 1,7 \text{ кВт}$ [6].

Розрахункову електричну потужність тепловпункту знаходимо як суму активних потужностей працюючого обладнання, а саме циркуляційних насосів

систем опалення, охолодження та ГВП, підживлювального насосу, насосів ґрунтового теплообмінника

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}} + N_{\text{пн}} \cdot n_{\text{пн}} + N_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{ГВП}} + N_{\text{хол}} \cdot n_{\text{хол}} + N_{\text{гр.то}} \cdot n_{\text{гр.то}}, \quad (2.3)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс.оп}} = 3,7 \cdot 2 + 0,185 + 0,4 + 0,05 + 4 + 1,7 = 13,7 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{сер.оп}} = 3,7 + 0,185 + 0,4 + 0,05 + 4 + 1,7 = 10 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{сер.охол}} = 0,185 + 0,4 + 0,05 + 2,8 + 4,0 + 1,7 = 9,14 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс.охол}} = 0,185 + 0,4 + 0,05 + 2,8 \cdot 2 + 4,0 + 1,7 = 11,9 \text{ (кВт)}.$$

3.2.3 Підбір мембранного розширювального бака

Розширювальний бак в системі опалення призначений для компенсації надлишкового тиску викликаний нагріванням теплоносія.

Розширювальний бак системи опалення закритого (мембранного) типу являє собою закриту ємність, в якій встановлена еластична мембрана. Мембрана ділить розширювальний бак на дві порожнини, в одній з яких знаходиться повітря під тиском, в іншій надлишки теплоносія.

Необхідний об'єм бака-розширника [7]

$$V_{\text{бака}} = \frac{V_{\text{рас}}}{f} \quad (2.4)$$

де $V_{\text{рас}}$ – надлишковий об'єм теплоносія викликаний нагріванням;

– коефіцієнт заповнення розширювального бака.

Надлишковий обсяг теплоносія, викликаний його нагріванням

$$V_{\text{рас}} = V_{\text{сист}} \cdot \beta, \quad (2.5)$$

де $V_{\text{сист}}$ – повний обсяг системи опалення;

β – коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія, який дорівнює 5% для водяних систем опалення з максимальною температурою теплоносія до 95°C.

Під обсягом системи опалення мається на увазі обсяг усіх трубопроводів, батарей опалення та нагрівальних котлів. Об'єм системи

опалення можна визначити за потужністю котла або теплової потреби будівлі з розрахунку 11 л/кВт, тоді повний обсяг системи опалення

$$V_{\text{сист}} = 235 \cdot 11 = 2585 \text{ (л)}.$$

Надлишковий обсяг теплоносія, викликаний його нагріванням

$$V_{\text{рас}} = 2585 \cdot 0,05 = 129 \text{ (л)}.$$

Коефіцієнт заповнення бака показує, який максимальний відсоток обсягу розширювального баку може займати теплоносій і визначається за формулою:

$$f = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{газ}}}{P_{\text{max}} + 1}, \quad (2.6)$$

де P_{max} – максимальний тиск теплоносія в системі опалення, який може бути прийнятий рівним тиску спрацювання запобіжного клапана і дорівнює 1,6 МПа.;

$P_{\text{газ}}$ – тиск газу в розширювальному баку.

Тиск газу в розширювальному баку визначається за формулою

$$P_{\text{газ}} = P_{\text{г}} + 0,3, \quad (2.7)$$

де $P_{\text{г}}$ – гідростатичний тиск системи опалення, який визначається за формулою:

$$P_{\text{г}} = 0,1 \cdot \rho \cdot h_{\text{г}}, \quad (2.8)$$

де ρ – густина теплоносія, для води дорівнює 1 г/см³;

$h_{\text{г}}$ – відстань по вертикалі від найнижчої до найвищої точки системи опалення. Для нашої теплової схеми ця відстань дорівнює 5,28 м.

Гідростатичний тиск системи опалення

$$P_{\text{г}} = 0,1 \cdot 1 \cdot 5,28 = 0,528 \text{ (бар)}.$$

Тиск газу в розширювальному баку

$$P_{\text{газ}} = 0,528 + 0,3 = 0,828 \text{ (бар)}.$$

Коефіцієнт заповнення розширювального бака

$$f = \frac{1,6 - 0,0828}{1,6 + 1} = 0,58.$$

Необхідний об'єм бака-розширника

$$V_{\text{бака}} = \frac{129}{0,58} = 222 \text{ (л)}.$$

Підбираємо 1 мембранний розширювальний бак “Reflex” об'ємом 250 л. такими характеристиками: максимальний робочий тиск 6 бар, діапазон робочих температур системи від -10 до +99 °C, розміри D = 664 мм, H = 805 мм, вага без води 28 кг [7].

3.2.4 Розрахунок діаметрів трубопроводів

Розрахунковий діаметр трубопровода [8]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho \cdot 3,14 \cdot w}}, \quad (2.9)$$

де G – витрата теплоносія, кг/с w

– швидкість теплоносія, м/с.

Результати розрахунку діаметрів трубопроводів та співставлення з реальними діаметрами показано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунки діаметрів трубопроводів

№	Назва трубопроводу	Витрата, кг/с	Густина, кг/м ³	Розрахунковий діаметр, м	Прийнятий діаметр
1	трубопровід системи опалення	2,8	988	0,060	Ø76x3
2	трубопровід грійної води на теплообмінник ГВП	1,667	988	0,046	Ø57x3
4	трубопровід підживлення мережі	0,0076	999	0,003	Ø25x2,2
5	трубопровід холодної та гарячої води	0,4	999	0,023	Ø38x3
6	Трубопровід системи охолодження	3,58	999	0,068	Ø76x3
7	Трубопровід від конденсатора Dynaciat LG 200A	1,83	988	0,049	Ø57x3
8	Трубопровід від випарника Dynaciat LG 200A	3,14	999	0,063	Ø76x3
9	Трубопровід від конденсатора Dynaciat LG 600A	5,48	988	0,084	Ø108x4
10	Трубопровід від випарника Dynaciat LG 600A	9,14	999	0,108	Ø133x5

4 РОЗРОБКА ВОДОВОДЯНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 70 кВт

В даній дипломній роботі за конструктивним розрахунком виявлено, що необхідно скомпонувати один пакет пластин по грійному теплоносію і два пакети по нагрівному. Необхідна кількість пластин склала 19 шт.

В гідравлічному розрахунку визначено витрати тиску обох теплоносіїв в теплообміннику. Виявлено, що втрати тиску грійної води склали 22,35 кПа, а втрати тиску нагріваної води склали 12,15 кПа, відповідно необхідні потужності на прокачування склали 58,46 Вт та 69,73 Вт.

При розрахунку товщини теплоізоляції теплообмінника визначено, що необхідна товщина шару ізоляції складає 30 мм, при цьому тепловтрати через стінку теплообмінника не перевищують нормативні питомі тепловтрати 30 Вт/м².

Розроблено заходи з обслуговування теплообмінника.

4.1 Тепловий розрахунок пластинчастого теплообмінника

Вихідні дані для розрахунку.

Теплообмінник – пластинчастий.

Грійне та нагріване середовище – вода.

Потужність теплообмінника $Q_T = 70$ кВт.

Температура нагрівної води на вході в теплообмінник $t'_2 = 10$ С.

Температура нагрівної води на виході з теплообмінника $t'_2' = 50$ С.

Температура грійної води на вході $t'_1 = 55$ С.

Температура грійної води на виході $t'_1 = 45$ С.

Геометричні розміри пластин і типи каналів:

- площа теплообміну одної пластини $f_1 = 0,06$ м²;
- ширина пластини 0,145 м;
- довжина пластини 0,60 м;
- товщина міжпластинного каналу $e = 0,0021$ м;

– площа поперечного перерізу одного каналу $f_{\text{каналу}}=0,29 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Середня температура нагрівної води

$$t_2 = \frac{t'_2 + t''_2}{2} \quad (4.1)$$

де, t'_2 t''_2 – температура води на вході та виході з підігрівника відповідно С.

$$t_2 = \frac{10 + 50}{2} = 30(^{\circ}\text{C})$$

Теплофізичні характеристики нагріваної води для середньої температури в теплообміннику [5].

Густина води $\rho_2 = 996 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,62 \text{ Вт/(мК)}$.

Критерій Прандтля для води $Pr_2 = 5,42$.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_2 = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{/с)}$.

Теплоємність води $C_{p2} = 4,17 \text{ (кДж / кг)}$.

Середня температура грійної води

$$t_1 = \frac{t'_1 + t''_1}{2} \quad (4.2)$$

$$t_1 = \frac{55 + 45}{2} = 50(^{\circ}\text{C}).$$

Теплофізичні характеристики води для середньої температури грійної води [5].

Густина води $\rho_1 = 988 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 0,648 \text{ (Вт / м} \cdot \text{К)}$.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_1 = 0,556 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{ / с)}$.

Критерій Прандтля $Pr_1 = 3,54$.

Теплоємність води $Cp_1 = 4,17$ (кДж/(кг·К)).

Більша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_B = t'_1 - t''_2, \quad (4.3)$$

$$\Delta t_B = 45 - 10 = 35 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_M = t'_1 - t''_2, \quad (4.4)$$

$$\Delta t_M = 55 - 50 = 5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln\left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}\right)} \quad (4.5)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{35 - 5}{\ln\left(\frac{35}{5}\right)} = 15,4 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Витрата грійної води

$$G_1 = Q_T / (Cp_1 \cdot (t'_1 - t''_1)), \quad (4.6)$$

$$G_1 = 70 / (4,17 \cdot (55 - 45)) = 1,68 \text{ (кг / с)}.$$

Об'ємна витрата грійної води

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (4.7)$$

$$V_1 = \frac{1,68}{988} = 17 \cdot 10^{-4} \text{ (} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \text{)}.$$

Витрата води, що нагрівається

$$G_2 = Q_T / (C_{p2} \cdot (t'_2 - t_2)), \quad (4.8)$$

$$G_2 = 70 / (4,17 \cdot (55 - 10)) = 0,373 \text{ (кг / с)}.$$

Об'ємна витрата нагрівної води

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2}, \quad (4.9)$$

$$V_2 = \frac{0,373}{996} = 3,74 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Швидкість нагрівного теплоносія приймаємо $w_2 = 0,3 \text{ м/с}$.

Еквівалентний діаметр міжпластинного каналу приймається рівним подвоєній товщині зазору між пластинами, тобто $d_e = 2 \cdot 0,0021 = 0,0042 \text{ (м)}$.

Число Рейнольдса для нагрівної води

$$Re_2 = w_2 \cdot d_e / \nu_2 \quad (4.10)$$

$$Re_2 = 0,3 \cdot 0,0042 / 0,9 \cdot 10^{-6} = 1400 \text{ — режим турбулентний}$$

Задамося температурою стінки $t_{ст} = 40^\circ\text{C}$. Тоді $Pr_{ст} = 4,3$ [5].

Критерій Нусельта для нагрівної води

$$Nu = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (4.11)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 1400^{0,73} \cdot 5,42^{0,43} \cdot (5,42 / 4,3)^{0,25} = 56,2.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до нагрівної води

$$\alpha_2 = Nu_2 \cdot \lambda_2 / d_e \quad (4.12)$$

$$\alpha_2 = 56,2 \cdot 0,62 / 0,0042 = 8296 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$$

Приймаємо, що нагрівана вода рухається в двох пакетах каналів, а грійна в одному, тоді швидкість грійної води в каналах пропорційна швидкості нагрівної води з врахуванням об'ємних витрат потоків та кількості пакетів

$$w_1 = w_2 \frac{n_1 V_1}{n_2 V_2}, \quad (4.13)$$

$$w_1 = 0,3 \frac{1}{2} \frac{17 \cdot 10^{-4}}{3,73 \cdot 10^{-4}} = 0,68 \text{ (м/с)}$$

Число Рейнольдса для грієної води

$$Re_1 = w_1 \cdot d_e / \nu_1, \quad (4.14)$$

$$Re_1 = 0,68 \cdot 0,0042 / 0,556 \cdot 10^{-6} = 5136 \text{ — режим турбулентний}$$

Задамося температурою стінки $t_{ст} = 45^\circ\text{C}$. Тоді $Pr_{ст} = 3,9$ [5].

Критерій Нусельта для грієної води

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (4.15)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 5136^{0,73} \cdot 3,54^{0,43} \cdot (3,54 / 3,9)^{0,25} = 113,25.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від грієної води до стінки

$$\alpha_1 = Nu_1 \cdot \lambda_1 / d_e \quad (4.16)$$

$$\alpha_1 = 113,25 \cdot 0,648 / 0,0042 = 17473 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.17)$$

де $\delta_{ст}$ — товщина стінки пластини $\delta_{ст} = 0,0006 \text{ м}$;

$\lambda_{ст}$ — теплопровідність сталі, $\lambda_{ст} = 16 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$.

$$K = \frac{0,9}{\frac{1}{8296} + \frac{0,0005}{16} + \frac{1}{17473}} = 4305 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$$

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} \text{ [Вт/м}^2\text{]}, \quad (4.18)$$

$$q = 4305 \cdot 15,4 \cdot 10^{-3} = 66,3 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Розрахункова температура холодної і гарячої сторін пластини

$$t_{ст2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} \quad t_{ст1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (4.19)$$

$$T_{ст2} = 30 + \frac{66300}{8296} = 38(^\circ\text{C}), \quad t_{ст1} = 50 - \frac{66300}{17473} = 46,2(^\circ\text{C}).$$

Оскільки різниця між раніше прийнятими та розрахунковими температурами стінки складає менше 3°C , то уточнювати розрахунки не потрібно.

Необхідна площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (4.20)$$

$$F = \frac{70 \cdot 10^3}{4305 \cdot 15,4} = 1,056 \text{ (м}^2\text{)}.$$

4.2 Конструктивний розрахунок теплообмінника

Площа поперечного перерізу пакета:

-по стороні ходу “гарячого” теплоносія

$$f_{\text{пакета1}} = \frac{V_1}{w_1 \cdot n_1}, \quad (4.21)$$

$$f_{\text{пакета1}} = \frac{17 \cdot 10^{-4}}{0,68} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

-по стороні ходу “холодного” теплоносія

$$f_{\text{пакета2}} = \frac{V_2}{w_2 \cdot n_2}, \quad (4.22)$$

$$f_{\text{пакета1}} = \frac{3,74 \cdot 10^{-4}}{0,3} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Число паралельних каналів в одному пакеті:

-для “гарячого” теплоносія

$$n_{k1} = \frac{f_{\text{пакета1}}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (4.23)$$

$$n_{k1} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 8,62 (\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{k1} = 9 \text{ шт.};$$

-для “холодного” теплоносія

$$n_{k2} = \frac{f_{\text{пакета2}}}{f_{\text{каналу}}}, \quad (4.24)$$

$$n_{k2} = \frac{1,24 \cdot 10^{-3}}{0,29 \cdot 10^{-3}} = 4,27 (\text{шт.}), \text{ приймаємо } n_{k2} = 5 \text{ шт.};$$

Число пластин в теплообміннику

$$n = n_1 \cdot n_{k1} + n_2 \cdot n_{k2}, \quad (4.25)$$

$$n = 1 \cdot 9 + 2 \cdot 5 = 19 (\text{шт.}).$$

Площа теплообміну пластин

$$F_{\text{пакета}} = n \cdot f_1, \quad (4.25)$$

$$F_{\text{пакета}} = 19 \cdot 0,06 = 1,14 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Запас поверхні нагріву

$$\varepsilon = \frac{F_{\text{пакету}} - F}{F_{\text{пакету}}} 100\%, \quad (4.26)$$

$$\varepsilon = \frac{1,14 - 1,056}{1,14} 100\% = 7,3 (\%).$$

4.3 Гідравлічний розрахунок пластинчастого водонагрівача

Коефіцієнти загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу

$$\xi_1 = \frac{5,8}{Re_1^{0,25}} \quad (4.27)$$

$$\xi_1 = \frac{5,8}{5136^{0,25}} = 0,685$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{Re_2^{0,25}} \quad (4.28)$$

$$\xi_2 = \frac{5,8}{1400^{0,25}} = 0,948.$$

Гідравлічний опір пакетів пластин

$$\Delta P_1 = \frac{\xi_1 \cdot L_{\text{пр}} \cdot p_1 \cdot w_1^2 \cdot n_1}{d_e \cdot 2}, \quad (4.29)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,685 \cdot 0,6 \cdot 988 \cdot 0,68^2 \cdot 1}{0,0042 \cdot 2} = 22353 \text{ (Па) або } 22,353 \text{ (кПа)}.$$

$$\Delta P_2 = \frac{\xi_2 \cdot L_{\text{пр}} \cdot p_2 \cdot w_2^2 \cdot n_2}{d_e \cdot 2}, \quad (4.30)$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,948 \cdot 0,6 \cdot 996 \cdot 0,3^2 \cdot 2}{0,0042 \cdot 2} = 12152 \text{ (Па) або } 12,152 \text{ (кПа)}.$$

Перевіримо швидкість руху теплоносіїв в штуцерах

$$W_{\text{шт1}} = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{\text{шт}}^2}, \quad (4.31)$$

$$W_{\text{шт1}} = \frac{4 \cdot 17 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,07^2} = 0,442 \text{ (м/с)}.$$

$$W_{\text{шт2}} = \frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot d_{\text{шт}}^2}, \quad (4.32)$$

$$W_{\text{шт1}} = \frac{4 \cdot 3,74 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,07^2} = 0,0969 \text{ (м/с)}.$$

Оскільки швидкість теплоносіїв в штуцері менша допустимих $0,442 < 2,5(\text{м/с})$ та $0,0969 < 2,5(\text{м/с})$, то місцевий опір штуцерів враховано при розрахунку ξ_1 і ξ_2 .

Потужність, необхідна для подолання гідравлічних опорів при протіканні “гарячого” та “холодного” теплоносія

$$N_1 = \frac{V_1 \cdot \Delta P_1}{\eta_{\text{насоса}}}, \quad (4.33)$$

$$N_1 = \frac{17 \cdot 10^{-4} \cdot 22353}{0,65} = 58,46(\text{Вт}).$$

$$N_2 = \frac{V_2 \cdot \Delta P_2}{\eta_{\text{насоса}}}, \quad (4.34)$$

$$N_1 = \frac{3,74 \cdot 10^{-4} \cdot 12152}{0,65} = 69,73(\text{Вт}).$$

4.4 Розрахунок товщини теплоізоляції теплообмінного апарату

Початкові дані:

температура грійної води в теплообміннику $t_b = 50^\circ\text{C}$;

теплообмінник має плоскі стінки;

нормативні питомі тепловтрати з поверхні теплоізоляції $q = 30 \text{ Вт/м}^2$ [3];

температура повітря в приміщенні $t_{\text{пов}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

конструкція ізоляція – пінополіуретан ($\lambda_{\text{п}} = 0,036 \text{ Вт/мК}$).

Теплофізичні характеристики повітря при температурі $t_{\text{пов}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ [5]

коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{п}} = 2,59 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_{\text{п}} = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; критерій Прантля $\text{Pr}_{\text{п}} = 0,703$;

В першому наближенні приймаємо температуру стінки $t_{ст} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тоді критерій Прантля для стінки $Pr_{ст} = 0,701$.

Безрозмірний коефіцієнт термічного розширення середовища, для повітря

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{пов}}, \quad (4.35)$$

$$\beta = \frac{1}{273 + 20} = 0.00341.$$

Критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{q \cdot \Delta t \cdot l^{*3} \cdot \beta}{\nu^2}, \quad (4.36)$$

$$Gr = \frac{9.8 \cdot (28 - 20) \cdot 0.6^3 \cdot 0.00341}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 0,254 \cdot 10^9.$$

де g – прискорення вільного падіння, $\text{м}^2/\text{с}$;

Δt – перепад температур між стінкою і повітрям, $^{\circ}\text{C}$;

l^* – визначальний розмір, мм ;

ν – кінематична в'язкість, $(\text{м}^2/\text{с})$.

Критерій Релея

$$Ra = Gr \cdot Pr, \quad (4.37)$$

$$Ra = 0,254 \cdot 10^9 \cdot 0,703 = 0,178 \cdot 10^9.$$

Критерій Нусельта

$$Nu = c \cdot Ra^n \cdot (Pr / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (4.38)$$

де c і n – значення з таблиці [5];

$$Nu = 0,15 \cdot (0,178 \cdot 10^9)^{0,333} \cdot (0,701 / 0,703)^{0,25} = 84,5.$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{1}, \quad (4.39)$$

$$\alpha = \frac{84,5 \cdot 0,0259}{0,6} = 3,65 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Температура на стінці теплоізоляції теплообмінника

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{пов}} + \frac{q}{\alpha}, \quad (4.40)$$

$$t_{\text{ст}} = 20 + \frac{30}{3,65} = 28,2 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Оскільки різниця між раніше прийнятою та розрахованою температурами стінки не перевищує 1 °С, то уточнювати розрахунки не потрібно.

Товщина шару теплоізоляції

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \left(\frac{\Delta t}{q} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right), \quad (4.41)$$

$$\delta_{\text{із}} = \left(\frac{50-20}{30} - \frac{1}{17473} - \frac{1}{3,65} \right) \cdot 0,036 = 0,0262 \text{ (м)}.$$

Отже, товщина стінки ізоляції 30 мм.

4.5 Заходи з обслуговування теплообмінника

Кожна посудина, що працює під тиском, повинна мати паспорт форматом 210×297 мм у твердій обкладинці. У паспорті вказується реєстраційний номер. При передачі посудини іншому власнику разом з нею передається паспорт. У паспорті наводиться характеристика посудини (робочий тиск, Мпа; температура стінки, °С; робоче середовище та його корозійні властивості; місткість, м³), відомості про ос- новні частини посудини (розміри, назва основного металу, дані про зварювання (паяння)), дані про штуцери, фланці, кришки і кріпильні вироби, про термообробку посудини та її елементів. Наводиться перелік арматури, контрольно- вимірювальних приладів та приладів безпеки. В паспорті також

записуються відомості про місцезнаходження посудини, вказується особа, відповідальна за справний стан та безпечну дію посудини.

На корпусі апарата прикріплюють пластину, на яку нанесені дані:

- назва підприємства-виробника;
- номер;
- рік виготовлення;
- робочий та пробний тиск;
- допустимі температури стінки.

Вимоги щодо техніки безпеки наведені в галузевих правилах. Нагляд за такими об'єктами організовується керівником підприємства, який несе відповідальність за безпечну експлуатацію та виконання робіт по ремонту цих об'єктів. Перед запуском у роботу такі об'єкти мають бути оглянуті органами держнаглядохоронпраці, які їх реєструють і видають дозвіл на експлуатацію.

Для своєчасного виявлення можливих об'єктів обладнання, що працює під тиском, підлягає технічному опосвідченню перед запуском у роботу, періодично та позачергово.

Періодичне технічне опосвідчення існує двох видів:

1. Зовнішній та внутрішній огляд один раз на 4 роки;
2. Гідравлічні випробування один раз на 8 років.

При гідравлічних випробуваннях апарат має перебувати під пробним тиском не менше 10 хв. Апарат обладнують запірною арматурою, приладами для вимірювання тиску і температури середовища. Манометр має бути з класом точності не більше 2,5 і таку шкалу, щоб межа вимірювання знаходилась в першій третині шкали. Термометр має бути захищений оправкою, що прикріплена за допомогою фланця, для дотримання техніки безпеки при знятті показів.

Виробниче обладнання має бути пожежо- та вибухобезпечним. Елементи конструкції не повинні мати гострих кутів, поверхонь з нерівностями, що є джерелом небезпеки. Конструкція повинна виключати можливість дотику працюючих до гарячих чи переохолоджених частин [7].

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі бакалаврської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі розробки центру теплохолодопостачання житлового будинку в місті Вінниця.

Завданням охорони праці є зведення до мінімуму вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань. Під час виконання будівельно-монтажних та опоряджувальних робіт (штукатурних, малярних, лицювальних, скляних), робіт з улаштування теплоізолювальних систем необхідно передбачати заходи із запобігання впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Фізичні фактори: рухомі машини і механізми; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; підвищена та понижена температура повітря робочої зони, рухливість повітря, вологість повітря, запиленість повітря робочої зони; підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів; недостатність природного освітлення та освітленість робочої зони; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги); гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

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 щодо безпечної експлуатації об'єкта

Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць.

Робочі місця для виконання будівельно-монтажних та опоряджувальних робіт, улаштування систем на висоті центру теплохолодопостачання повинні бути обладнані підмостками і сходами- драбинами для піднімання на них. Підмостки, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування 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 встановлюються на сходинок. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Під час роботи зі шкідливими та пожежовибухонебезпечними матеріалами, що утворюють вибухонебезпечну пару, приміщення необхідно постійно провітрювати, а також протягом 1 год після закінчення роботи, застосовуючи природну або штучну вентиляцію. Робота з використанням вогню в цих приміщеннях заборонена.

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

У разі застосування повітрянагрівачів (електричних або таких, що працюють на рідкому паливі) для просушування приміщень будинків і споруд необхідно дотримуватися вимог безпеки. Заборонено обігрівати та сушити приміщення жаровнями та іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

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 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. Манометри повинні бути випробувані та опломбовані (пройти державну перевірку). Якщо тиск на манометрах розчинонасосів перевищує допустимі значення, зазначені у паспорті, працювати на розчинонасосі не дозволяється.

Під час виконання робіт із приготування і нанесення фарбувальних сумішей, включаючи імпорتنі, необхідно дотримувати вимоги інструкцій підприємств-виробників з безпеки праці. На усі вихідні компоненти, що надходять, і готові фарбувальні суміші повинні бути гігієнічні сертифікати із зазначенням пожежо-вибухонебезпечності, строків і умов зберігання, наявності в них шкідливих речовин, рекомендацій щодо методу нанесення, необхідності застосування засобів колективного та індивідуального захисту.

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 несправностей механізму агрегату.

Тару з вибухонебезпечними матеріалами (лаками, емалями, нітрофарбами тощо) під час перерви в роботі необхідно закривати пробками

або кришками, а відкривати інструментом, що не спричиняє іскроутворення. 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 пожежонебезпечних властивостей. Порожня тара з-під лакофарбових матеріалів повинна бути щільно закритою і зберігатися на спеціально відведених місцях.

Вогневі роботи (зварювальні тощо) необхідно проводити на відстані не ближче ніж 15 м від відчинених отворів приміщень, в яких виконуються роботи із застосуванням лакофарбових матеріалів, що містять у собі леткі органічні розчинники.

Під час сухого опоряджування всередині приміщення робочі місця повинні бути обладнані місцевими пиловідсмоктувачами. Під час механізованого розпилювання опоряджувальних блоків і плит необхідно використовувати засоби пилопридушення – зокрема воду.

5.1.2 Електробезпека

Приміщення в яких виконуються монтажні роботи по умовам небезпеки електротравматизму відносяться до категорії приміщень з підвищеною небезпекою так, як роботи виконуються в теплий період року є ймовірність підвищення температури повітря до 28° С і є можливість одночасного контакту працюючих з корпусом електрообладнання та з металоконструкціями, що мають контакт із землею.

Тип електричної мережі, від якої живиться обладнання будівлі підприємства (припливна вентиляційна установка, електродвигуни вентиляторів, світильники робочого та зовнішнього освітлення), – трифазна, чотирипровідна електрична мережа напругою 380 х 220 В (фазна напруга -220 В, а між фазна лінійна – 380 В) з глухозаземленою нейтраллю.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату в приміщенні центру теплохолодопостачання для категорії робіт Пб, до якої належать данні будівельно-монтажні роботи згідно з [35] наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: утеплення фасаду будівлі; температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм; якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них; встановлено вентиляцію приміщень при проведенні робі всередині.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони в роботі передбачені такі рішення відповідно до [36]: робочі місця, де можливе виділення пилу, обладнані вентиляційними пристроями, які повинні бути постійно готовими до роботи; будь-які порушення у системі вентиляції відображаються попереджувальними сигнальними пристроями; установки для кондиціонування повітря або механічні вентиляційні установки під час їх роботи не створюють для працівників протягів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Штучне освітлення в будівлі запроєктоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення). Нормовані значення виробничого освітлення наведені в табл. 5.3.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до [37] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Для забезпечення нормованого значення освітлення у проєкті передбачено: використання природного та штучного освітлення; штучне освітлення повинне бути рівномірне та достатньо інтенсивне; світло не повинне створює різких тіней на місцях роботи, значних контрастів між освітленим робочим місцем і навколишньою обстановкою; штучне світло не створює зайвих відблисків у полі зору працівника.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне присис-темі комбінованого освітлення		При-родне Ен пр	Суміс-не Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

5.2.4 Виробничий шум

До виробничих шуму відносяться: шум, вібрація інфразвук та ультразвук.

В даному дипломному проекті основним джерелом шуму є механічний інструмент та технологічне обладнання.

Класифікація шумів за ДСН 3.3.6-037.99 :

1) По характеру спектра (широкосмугові, тональні);

В даному приміщенні при виконанні робіт виникає шум по характеру спектра широкосмуговий, з безперервним спектром шириною більше однієї октави.

2) По часовим характеристикам (постійні, непостійні);

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 3.3.6-037-99 і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4- Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Основні виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено: постійний контроль режиму

праці і відпочинку працівників; обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються насосні агрегати, вентилятори, дрелі, перфатори, які відносяться до типу загальної вібрації. Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та Віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

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.

5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення, задіяні під час будівництва за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д згідно [39] –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, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості. До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за [39] наведено в табл. 5.6. Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)							
	стіни				колонни	сходові площадки, косогури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхами (у т.ч. горючі надпідвалами)	елементи суміщених покриттів
	несучі та сходові клітки	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони балки, ферми, арки, рами
ІІІ	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за [39] наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за табл. 5.8 (знаменник).

Таблиця 5.8 - Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
III	8/9	8/12	10/15

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській дипломній роботі виконано розробку центру теплохолодопостачання житлової будівлі.

Для обґрунтованого вибору джерела теплової енергії для опалення та гарячого водопостачання будівлі виконано багатоваріантний аналіз та технікоекономічне обґрунтування. Розглянуто варіанти котлів на гранулах з лушпиння соняшника, природньому газі, теплові насоси та електрокот. Під час порівняння результатів техніко-економічних розрахунків виявлено, що найменшу собівартість теплоти та найкращі екологічні показники має тепlopункт з тепловими насосами. Собівартість теплоти для такого варіанту складає 785 грн /ГДж.

В даному курсовому проєкті було проведено розрахунок теплової схеми для максимального, середнього опалювального, максимального охолоджувального та середнього охолоджувального режимів.

Підібрано основне та допоміжне обладнання тепlopункту, а саме електричний водогрійний котел, два реверсивні теплові насоси Dypaciat LG 200A та Dypaciat LG 600A, насос сирої води, циркуляційні насоси системи опалення, охолодження та ГВП, насоси циркуляції дл ґрунтового теплообмінника, розширювальний бак об'ємом 250 л.

В даній бакалаврській дипломній роботі було розраховано пластинчастий водоводяний теплообмінник для підігріву води на гаряче водопостачання потужністю 70 кВт, причому нагрівана вода нагрівається від 10°C до 50°C, а грійна вода охолоджується від 55°C до 45°C.

В тепловому розрахунку було визначено необхідно площу поверхні нагріву теплообмінника, яка склала 1,056 м². Для встановлення обрано пластини TP-2 з площею поверхні 0,06 м², розміри пластин: висота 600 мм, ширина 145 мм.

За конструктивним розрахунком виявлено, що необхідно скомпонувати один пакет пластин по грійному теплоносію і два пакети по нагрівному.

Необхідна кількість пластин склала 19 шт.

В гідравлічному розрахунку визначено витрати тиску обох теплоносіїв в теплообміннику. Виявлено, що втрати тиску грійної води склали 22,35 кПа, а втрати тиску нагріваної води склали 12,15 кПа, відповідно необхідні потужності на прокачування склали 58,46 Вт та 69,73 Вт.

При розрахунку товщини теплоізоляції теплообмінника визначено, що необхідна товщина шару ізоляції складає 30 мм, при цьому тепловтрати через стінку теплообмінника не перевищують нормативні питомі тепловтрати 30 Вт/м².

Розроблено заходи з обслуговування теплообмінника.

Розроблено заходи з охорони праці. Проаналізовані умови праці при виконанні монтажних робіт. В результаті виявлені основні небезпечні та шкідливі фактори праці та їх вплив на організм працюючих. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розроблені технічні рішення з пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137с
2. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. Київ : Вища школа, 1992. 280с.
3. Чепурний М.М. Енергозбережні технології в теплоенергетиці. Навчальний посібник. – Вінниця ВНТУ, 2009. 115 с.
4. Тепловий насос Dynaciat. LG.URL: <https://intranet.ciat.com/fichiers/customtelechargement.php?f=ciatbrochuredynaciaten.pdf> (дата звернення 15.01.2024)
5. ДБН В 2.5-77:2014 Котельні установки. –К.: Мінрегіон України, 2014. 61 с.
6. ДСТУ Б А.2.-12:2009 – Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котелень. – К. : Мінрегіон, 2009 . – 16 с.
7. Циркуляційні насоси Грундфос. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/cm-cme?tab=products> (дата звернення 15.01.2024)
8. Сайт teploterm.ua. URL: <https://www.teploterm.ua/membrannyj-bak-reflex-n-200-200-l.html> (дата звернення 15.01.2024)
9. Сайт teploterm.ua. URL: <https://www.teploterm.ua/membrannyj-bak-reflex-n-200-200-l.html> (дата звернення 15.01.2024)
10. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
11. Тарасюк В.М. Експлуатація котлів. Настільна книга для операторів котелень. Київ : Основа, 2001. 288 с.
12. Розрахунок теплообмінних апаратів. URL : <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38231/1/RozrahunokTOA.pdf> (дата звернення 20.05.2024)

13. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі : навч. посіб. Вінниця :ВНТУ, 2009. 135 с
14. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
15. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
16. Пішенін В. О. Основи конструювання: навчальний посібник / В. О. Пішенін, Н. В. Пішеніна. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 87 с.
17. ДСТУ ISO 1771:2006. Термометри загальної призначеності з вкладеною шкалою. URL : https://dnaop.com/html/61805/doc_ISO_1771_2006 (дата звернення 20.05.2024)
18. Гавадзин Н.О. Природно-техногенні процеси та економічні збитки від шкідливих впливів нафтогазових підприємств на навколишнє середовище. Науковий вісник ІФНТУНГ. 2010. № 1. С. 125-130.
19. Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Буянов А. О. Обґрунтування раціонального джерела теплопостачання навчального корпусу ВНТУ. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2016. № 1. С. 123-127.
20. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Тернопіль: Наукова думка, 2010. 295 с.
21. Степанов Д.В., Боднар Л.А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія. Вінниця. ВНТУ. 2011. 151 с.
22. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. Будівельні конструкції. 2017. № 1. С. 118-122.
23. Степанов Д. В., Сулима О.К. Ефективність застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в схемах котелень на різних паливах. Будівельні конструкції. 2018. № 1. С. 117-121.
24. Степанов Д. В., Верещак М. І., Обуховський М. В. Раціональні режими

роботи реверсивних чіллерів з ґрунтовими теплообмінниками та радіаторними системами опалення. Будівельні конструкції. 2018. № 2. С. 158-163.

25. Соломаха А. С., Серeda В. В. Енергоефективні системи кондиціонування повітря. Навч. посіб. Київ: КПІ. 2020. 53 с.

26. Джеджула В.В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів. навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.

27. Дубровська В.В. Розрахунок системи кондиціонування. Навчальний посібник. Київ : КПІ. 2021. 56 с.

28. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.

29. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137с.

30. Теплові насоси та чіллери Dynaciat. URL: <https://www.ciat.com/en/eu/products-systems/heat-pumps-and-chillers/water-cooled-units/dynaciat-lg/> (дата звернення: 11.06.2024).

31. Technical characteristics of Dynaciat. URL: <https://intranet.ciat.com/fichiers/customtelechargement.php?f=10188iom112021dynaciatlgln.pdf> (дата звернення: 11.06.2024).

32. ДБН В.2.5-64:2012: Внутрішній водопровід та каналізація, URL:<http://images.mofcom.gov.cn/ua/201706/20170615150100003.pdf> (дата звернення: 11.06.2024)

33. ДСТУ 8943:2019 Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. Введ. 2021–01–01. Київ. : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 15 с.

34. Гідрогазодинаміка. Курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, / В.М. Турик. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 145 с.

35. Програма автоматичного підбору насосів Grundfos WinCAPS,

URL:<http://ua.grundfos.com/business-> (дата звернення: 11.06.2024).

36. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.

37. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с. 69

38. Пішенін В. О., Пішеніна Н. В. Основи конструювання: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2010. 87 с.

39. ДСТУ Б А.2.4-4: 2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації URL :

https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-10-781 (дата звернення: 11.06.2024).

40. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 11.06.2024).

41. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – URL : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 11.06.2024).

42. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

43. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення: 11.06.2024)

44. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 11.06.2024)

45. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (дата звернення: 11.06.2024)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

назва роботи: Центр теплохолододопостачання житлового будинку

тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

розділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 67,8

Схожість 32,2

Висновок з звіту подібності (відмітити потрібне):

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її написання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на намір приховування недобросовісних запозичень.

Викладач, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Висновок оформлений з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Заверуха Д.В.

(прізвище, ініціали)

Виконавець роботи

(підпис)

Степанов Д.В.

(прізвище, ініціали)

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

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.
Зав. кафедри Д.В. Степанов

Додаток Б
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц.

Д.В. Степанов

підпис

" 12 "

2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу:

ЦЕНТР ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ
08-15.БДР.011.00.00.000 СК

Керівник роботи: к.т.н., доц.

Степанов Д.В.

Виконавець: студент гр. ТЕ – 22мс

Заверуха Д.В.

Вінниця 2024

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується комунальної теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності системи теплохолодопостачання житлової будівлі та зменшенню споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи тепlopункту житлової будівлі.

2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення енергоефективності та екологічності системи теплохолодопостачання житлової будівлі з вбудованими приміщеннями у м.Вінниці шляхом встановлення теплонасосних установок.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є геометричні характеристики будівлі, режимні параметри роботи системи опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання, а також нормативні дані по методиках визначення енергоефективності будівель, допустимих термічних опорах зовнішніх огорожень, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Бабенко О. В. Моделювання комплексної дії заходів з термомодернізації будівлі з урахуванням інвестиційних обмежень [Текст] / О. В. Бабенко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Вісник Хмельницького національного університету. серія «Економічні науки». – 2023. – № 1 (314). – С. 85-88.
2. Степанов Д. В., Степанова Н.Д., Оникієнко С. М., Мартиненко В.В., Показники енергоефективності громадської будівлі. *Сучасні технології*,

матеріали та конструкції в будівництві, вип. 34, вип. 1, с. 134–139, Сер 2023.

3. Степанов Д. В., Степанова Н.Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. №1. С.118-122.
4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/Laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 11.12.2022)
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2014.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2022 р.

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 247 від 18.09.2023 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей даної житлової будівлі, температурних режимів її роботи та можливостей впровадження реверсивних теплонасосних установок для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання. Це дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище.

5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення мінімальної енергопотреби, енергоспоживання будівлі та високого рівня її енергоефективності;
- забезпечення житлової будівлі теплотою та холодом з відповідними параметрами (витрата та температура енергоносія);

– розробка заходів для підвищення ефективності та екологічної чистоти енергопостачання житлової будівлі;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу обладнання тепlopункту житлової будівлі, але не обмежуються даними видами робіт.

Необхідно зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів для забезпечення теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом використання реверсивних теплових насосів типу «грунт-вода».

Технічні вимоги до виконання розрахунків енергоспоживання будівлі приймаються згідно ДСТУ 9190 – «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання тепlopункту, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусконаладжувальні роботи та підготовку кадрів обрати найбільш раціональний варіант.

Необхідно оцінити доцільність впровадження теплонасосного обладнання типу «грунт - вода» для теплохолодопостачання житлової будівлі.

7 Заходи з енергозбереження

При розробці проектних рішень в магістерській роботі розглянуто такі заходи з енергозбереження:

- виконано оцінку впливу вибору джерела теплоти для тепlopостачання житлової будівлі;
- виконано енергетичну сертифікацію житлової будівлі;

- виконано розробку технології монтажу обладнання тепlopункту житлової будівлі, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;
- на всіх трубопроводах подавання теплоти та холоду передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання теплохолодопостачання житлової будівлі впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

9 Стадії і етапи розробки

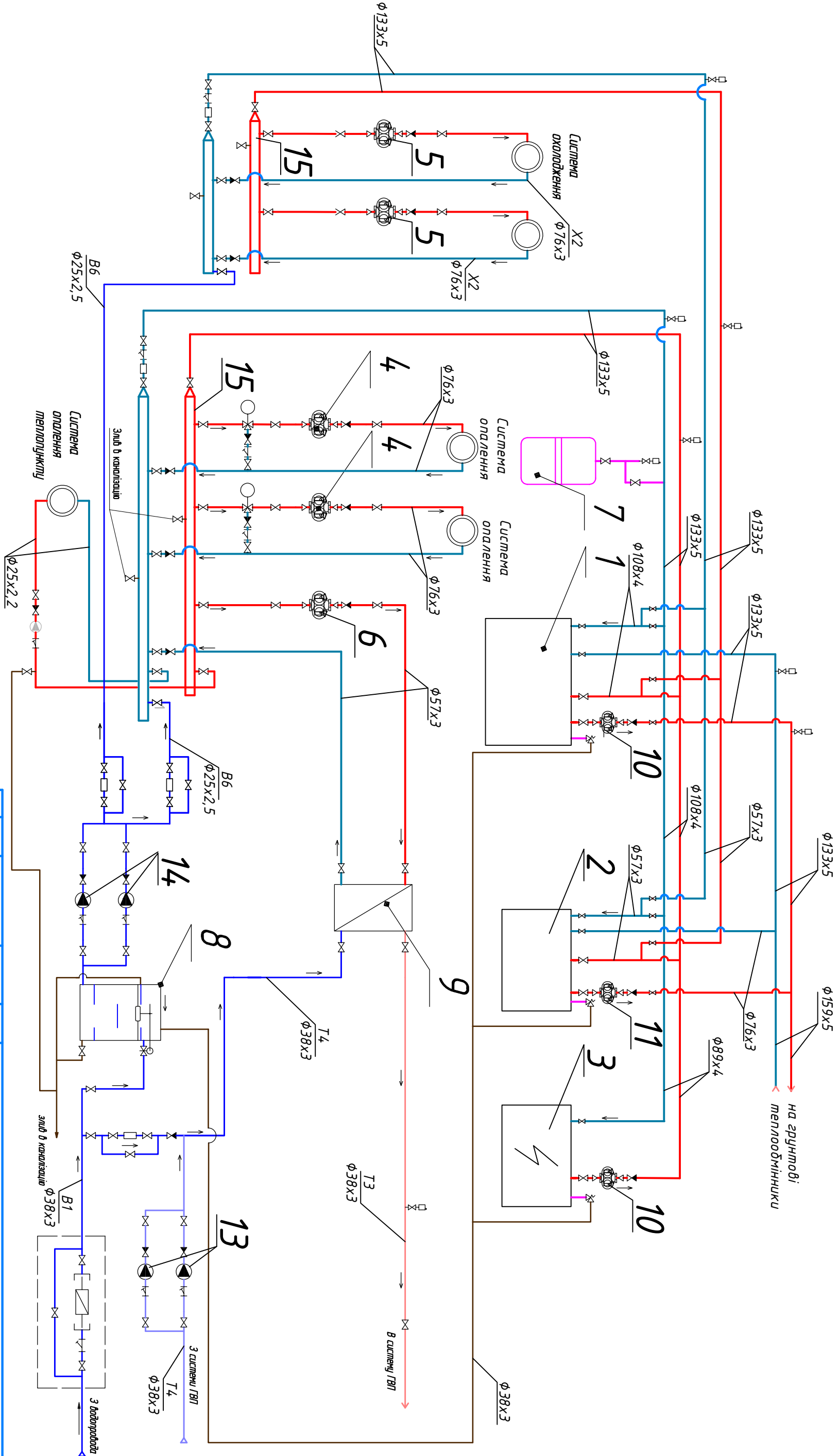
- характеристика об'єкту проектування;
- аналітичний огляд наявної інформації;
- розробка математичної моделі для дослідження показників енергоефективності житлової будівлі;
- результати моделювання та дослідження впливу вибору джерела теплоти на показники енергоефективності житлової будівлі;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту житлової будівлі;
- розробка економічних показників тепlopункту житлової будівлі;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ДОДАТОК В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ЄІ 00010700ПШД51-80

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.



08-15.БДР.004.01.000 Т3				Схема теплода принципа			
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб	
Разроб.	Заверху Д.В.			Лист			
Проб.	Степанов Д.В.			Лист			
Реценз.	Андрюхов М.			Лист			
Нкомпр	Сидак О.О.			Лист			
Затверд	Степанов Д.В.			Лист			

Копировал

Формат А3

ВНТУ, гр. ТЕ-22МС

[illegible]

Техніко-економічне обґрунтування

Найменування величини	Котли на природному газу	Електрокотли	Теплонасосні установки	Котли на гранулах з біомаси
Наявна теплота палива	МДж/м ³			МДж/кг
ККД котла або коефіцієнт перетворення теплового насосу				
Розрахункова витрата палива	м ³ /год			кг/год
Ціна на енергоресурс	грн./м ³	грн/кВт×год	грн/кВт×год	грн./кг
Витрати на паливо, тис. грн./рік				
Витрати на електроенергію, тис. грн./рік				
Капіталовкладення, тис. грн.				
Собівартість теплоти, грн./ГДж				

