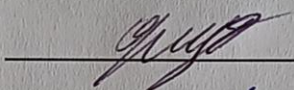


**БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА**

на тему:

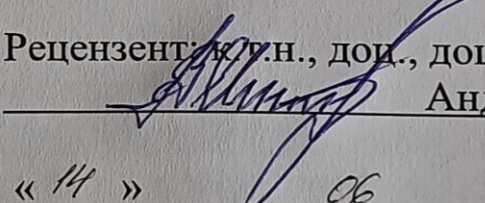
«Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолодопостачання»

Виконав: студент 4 курсу групи ТЕ-196  
спеціальності 144 - теплоенергетика

  
\_\_\_\_\_ Дяченко П.О.

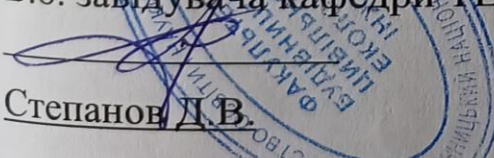
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТЕ  
\_\_\_\_\_ Степанов Д.В.

«12» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

«14» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2023 р.

Допущено до захисту  
В.о. завідувача кафедри ТЕ

  
\_\_\_\_\_ Степанов Д.В.

«12» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2023 р.

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



## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дяченку Павлу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолодопостачання.

керівник роботи Степанов Дмитро Вікторович, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.03.2023 р. № 67

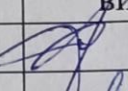
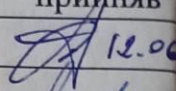

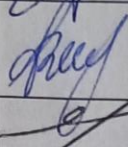
2. Термін подання студентом роботи 12.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: архітектурно-будівельні креслення будівлі; кількість мешканців 130 люд., максимальна потужність системи опалення 151 кВт, максимальна потужність системи гарячого водопостачання 90 кВт, температурний графік води в системі опалення 50/40°C; температурний графік розчину етиленгліколю 4/1°C.

4. Зміст текстової частини Аналітичний огляд методів та обладнання для забезпечення будівель теплотою та холодом. Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти для будівлі. Розробка теплової схеми центру теплохолодопостачання будівлі. Розробка ємкісного теплообмінника. Технологія монтажу теплообмінника потужністю 100 кВт. Охорона праці.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема теплова принципова. План з розташуванням обладнання. Теплообмінник ємкісний змішувковий. Схема монтажна аксонометрична.

### 6. Консультанти розділів роботи

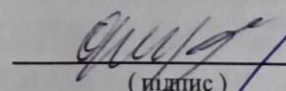
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 - 4	Степанов Д.В., в.о.зав.каф.ТЕ	 22.03.	 12.06
5	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		
<i>Нормоконтроль</i>		<i>Сивак О.О.</i>	

7. Дата видачі завдання 22.03.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим
		початок	закінчення	
1	Аналітичний огляд методів та обладнання забезпечення будівель теплотою та холодом	22.03.2023	10.04.2023	<i>вик</i>
2	Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти для будівлі	11.04.2023	15.04.2023	<i>вик</i>
3	Розробка теплової схеми центру теплохолодопостачання будівлі	16.04.2023	28.04.2023	<i>вик</i>
4	Розробка ємкісного теплообмінника	29.04.2023	10.05.2023	<i>вик</i>
4	Технологія монтажу теплообмінника потужністю 100 кВт	11.05.2023	22.05.2023	<i>вик</i>
5	Охорона праці	23.05.2023	30.05.2023	<i>вик</i>
6	Оформлення БДР	31.05.2023	11.06.2023	<i>вик</i>
7	Захист БДР	12.06.2023	19.06.2023	<i>вик</i>

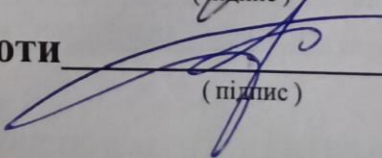
Студент

  
(підпис)

Дяченко П.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

## Анотація

УДК 621.577

Дяченко П.О. Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолодопостачання. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 77 с.

Бібліогр.: 39 назв; рис.: 2; табл. 13.

В даній бакалаврській дипломній роботі розглядаються питання підвищення енергоефективності та екологічності системи теплохолодопостачання житлової будівлі з вбудованими приміщеннями шляхом встановлення реверсивних теплонасосних установок та ємкісного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання.

В роботі проведено аналіз методів та обладнання для забезпечення житлових будівель теплотою та холодом. Виконано обґрунтування вибору джерела енергії для теплохолодопостачання будівлі. Виконано розробку теплової схеми центру теплохолодопостачання з використанням реверсивних теплонасосних установок. Розроблено математичну модель та проведені числові дослідження конструкції ємкісного теплообмінника. Виконано розробку технології монтажу теплообмінника потужністю 100 кВт. У розділі з охорони праці визначені умови праці в центрі теплохолодопостачання та заходи з пожежної безпеки.

Графічна частина складається з 5 аркушів.

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

## Annotation

Dyachenko P.O. New construction of an apartment building with underground parking and built-in public facilities in the city of Vinnytsia. Part 3. Center for heating and cooling. Bachelor's degree on specialty 144 - heat power engineering, educational program - heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 77 p.

Bibliography: 39 titles; Fig.: 2; table 13.

This bachelor's diploma work examines the issue of increasing the energy efficiency and environmental friendliness of the heating and cooling system of a residential building with built-in premises by installing reversible heat pump units and a capacitive heat exchanger for hot water supply needs.

The work analyzes the methods and equipment for providing residential buildings with heat and cold. The justification of the choice of the energy source for heating and cooling of the building has been completed. The development of the thermal scheme of the center of heat and cold supply using reversible heat pump units was carried out. A mathematical model was developed and numerical studies of the capacitive heat exchanger design were carried out. The technology for installing a heat exchanger with a capacity of 100 kWt has been developed. The labor protection section defines the working conditions in the heating and cooling supply center and fire safety measures.

The graphic part consists of 5 sheets

Key words: heating and cooling supply, heat pump installation, capacitive heat exchanger, residential building

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТЕПЛОТОЮ ТА ХОЛОДОМ</b> .....	8
1.1 Системи опалення будівель .....	8
1.2 Системи кондиціонування будівель .....	11
<b>2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ БУДІВЛІ</b> .....	13
2.1 Теплогенератори на біомасі.....	13
2.2 Теплогенератори на природному газі .....	17
2.3 Теплові насоси .....	20
2.4 Електрокотли.....	21
2.5 Узагальнення результатів.....	23
<b>3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ</b> .....	25
3.1 Розрахунок теплової схеми .....	25
3.2 Підбір насосного обладнання .....	31
3.3 Розробка ємкісного теплообмінника.....	33
<b>4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 100 КВТ</b> .....	44
4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей .....	45
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	49
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань .....	51
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	55
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта .....	56
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	59
5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки .....	62
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	65
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	67
<b>ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень</b> .....	71
<b>ДОДАТОК Б (обов'язковий) Технічне завдання</b> .....	72
<b>ДОДАТОК В (обов'язковий) Графічна частина</b> .....	77

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

У житлово-комунальному секторі України спостерігається складна ситуація, що пов'язана з такими проблемами: застаріла інфраструктура; недостатня енергоефективність; недостатня фінансова стійкість; недостатня прозорість та корупція; низька свідомість про енергоефективність.

Існує кілька методів і стратегій для підвищення енергоефективності житлових будинків.

1. Покращена ізоляція будівельної оболонки. Хороша ізоляція стін, покрівлі та підлоги може значно зменшити проникнення тепла та холоду у будинок. Це допомагає зберегти енергію, зменшити витрати на опалення та кондиціонування повітря.
2. Більш енергоефективні вікна. Встановлення вікон з високоякісними склопакетами та теплоізоляційними рамами допомагає утримувати тепло всередині будинку та запобігати його виходу на зовні.
3. Енергоефективне опалення та системи кондиціонування повітря. Встановлення ефективних систем опалення, таких як конденсаційні котли або теплові насоси, може значно знизити споживання енергії. Також важливо регулярно обслуговувати та очищати системи, щоб вони працювали оптимально.
4. Використання енергозберігаючих приладів. Заміна старих енергожерел на нові, енергоефективні пристрої, такі як електроприлади, освітлення та системи вентиляції, може допомогти зменшити споживання енергії.
5. Використання відновлювальних джерел енергії. Встановлення сонячних панелей або вітрових турбін на даху будинку може забезпечити додаткове джерело енергії та знизити залежність від традиційних джерел енергії.
6. Управління енергоспоживанням. Використання автоматичних систем управління та регулювання.

Дана робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від систем теплохолодопостачання житлової будівлі, тому тема роботи є актуальною.

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

Для досягнення даної мети розв'язані такі **завдання**:

- аналітичний огляд літературної та патентної інформації щодо методів та обладнання для теплохолодопостачання житлових будівель;
- обґрунтування вибору джерела енергії для забезпечення будівлі теплою та холодом;
- розробка теплової схеми центру теплохолодопостачання будівлі;
- розробка ємкісного теплообмінника;
- розробка технології монтажу теплообмінника потужністю 100 кВт;
- розробка заходів з охорони праці.



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

## 1.1 Системи опалення будівель

У різних регіонах України можуть використовуватися різні методи та обладнання для опалення будівель залежно від доступних ресурсів, кліматичних умов і технологій. Ось деякі поширені методи опалення:

1. Газове опалення: Використання природного газу для опалення є досить поширеним методом в багатьох країнах. Газові котли або системи центрального опалення забезпечують комфортну температуру в будинках [1].

Природний газ є досить ефективним та широко використовуваним джерелом енергії, проте він також має свої недоліки. Ось декілька з них:

- викиди парникових газів: Природний газ, як і будь-яке інше паливо, під час згоряння викидає в атмосферу парникові гази, зокрема вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ). Це призводить до глобального потепління та зміни клімату;
- витрати на видобуток та транспортування: Для видобутку природного газу потрібні значні фінансові та технічні зусилля. Також існують витрати на його транспортування через газопроводи або судноплавство;
- вразливість поставок: Через залежність від зовнішніх поставок, країни можуть стати вразливими до геополітичних ризиків, таких як конфлікти або політичні напруги з постачальниками газу. Це може призвести до коливання цін та нестабільності у сфері енергетики;
- негативний вплив на навколишнє середовище: Видобуток природного газу може мати негативний вплив на довкілля. Наприклад, гідророзривна технологія (фракційна дістація) для отримання сланцевого газу може призвести до забруднення ґрунту та водних ресурсів хімічними речовинами;

- викиди метану: Під час видобутку та транспортування природного газу можуть втрачатися великі обсяги метану - сильного парникового газу. Метан має вищу потенційну шкоду для клімату, ніж CO<sub>2</sub>;
- незворотність ресурсів: Природний газ - це природний ресурс, який є обмеженим.

2. Електричне опалення: Електричні системи опалення включають в себе електричні радіатори, конвектори або інфрачервоні панелі. Вони прості у використанні та встановленні, але мають такі недоліки [2]:

- високі витрати для споживача: Електрична енергія, як правило, коштує більше, ніж інші джерела енергії, такі як природний газ або нафта. Тому електричне опалення може бути вищим за вартість для споживача порівняно з іншими системами опалення;
- потреба у великій потужності: Електричне опалення вимагає достатньої потужності електричних систем для забезпечення опалення приміщень;
- залежність від електричної мережі: Електричне опалення повністю залежить від ефективності та надійності електричної мережі. В разі відключення електропостачання, особливо в холодну пору року, система опалення може перестати працювати;
- екологічні проблеми: Виробництво електроенергії може мати свій власний вплив на навколишнє середовище, особливо якщо джерелом електроенергії є вугільна електростанція.

3. Опалення на твердому паливі: Використання дров, вугілля або пелет для опалення є поширеним методом у сільській місцевості або в країнах з великими резервами твердого палива. Вона може бути економічно вигідною, але потребує певних зусиль у збереженні та зборі палива [3, 4]. Твердопаливне опалення має такі недоліки:

- забруднення повітря: Твердопаливне опалення може призводити до значного забруднення повітря внаслідок викидів шкідливих речовин, таких як частки, діоксид сірки, діоксид азоту та інші токсичні

речовини. Це може негативно впливати на якість повітря та здоров'я людей, особливо у місцях з концентрацією твердопаливних систем опалення;

- викиди парникових газів: Твердопаливне опалення, особливо при використанні вугілля, може викидати в атмосферу значні кількості парникових газів, зокрема вуглекислого газу. Це призводить до зміни клімату та глобального потепління;
  - вплив на здоров'я: Викиди токсичних речовин від твердопаливного опалення можуть мати шкідливий вплив на здоров'я людей. Наприклад, дим та частки можуть спричинити проблеми з диханням, особливо у людей з респіраторними захворюваннями;
  - залежність від постачання палива: Для твердопаливного опалення потрібне постійне постачання палива, такого як дрова або вугілля. Це може вимагати великого простору для зберігання палива та потребувати постійного вантаження та підтримки системи;
  - незручності та затрати на експлуатацію: Твердопаливні системи опалення вимагають регулярного очищення, поповнення палива та підтримки для ефективної роботи та великих площ для зберігання палива.
4. Теплові насоси: Теплові насоси використовують відновлювальну енергію з навколишнього середовища (повітря, ґрунт або вода) для опалення будівель. Вони є ефективними та екологічно чистими, хоча вимагають певних витрат на установку [5-7]. Теплові насоси мають свої недоліки:
- для повітряних теплових насосів - залежність від зовнішньої температури. При низьких температурах повітря ефективність теплового насоса може знижуватися, що призводить до менш ефективного опалення та вимагає додаткових джерел тепла. Залежність від властивостей ґрунту: Ефективність ґрунтового теплового насоса залежить від властивостей ґрунту. Наприклад, якщо ґрунт має низьку

теплопровідність або низьку геотермальну потенцій, це може знизити ефективність системи опалення;

- висока вартість встановлення: Теплові насоси вимагають встановлення спеціального обладнання. Грунтові теплові насоси вимагають скважинного буріння або закладання замкненої петлі геотермального колектора в ґрунт. Це може призвести до значних витрат на встановлення, оскільки потрібне спеціалізоване обладнання та професійні роботи;
- вимоги до електропостачання: Теплові насоси потребують електричної енергії для своєї роботи. Це може призводити до збільшення споживання електроенергії в будинку, особливо в холодних періодах, коли потрібне більше опалення. Це може призвести до збільшених витрат на електричну енергію;
- шум: Повітряні теплові насоси можуть бути шумними, особливо зовнішні блоки, які розташовуються поблизу будинку. Це може створювати незручності для мешканців та сусідів;
- екологічні проблеми: Хоча теплові насоси вважаються екологічно більш чистими порівняно з деякими іншими системами опалення, вони все ще використовують електроенергію, яка може бути вироблена з використанням вугілля;
- залежність від властивостей ґрунту: Ефективність ґрунтового теплового насоса залежить від властивостей ґрунту. Наприклад, якщо ґрунт має низьку теплопровідність або низьку геотермальну потенцій, це може знизити ефективність системи опалення.

## 1.2 Системи кондиціонування будівель

Існують різні методи охолодження будівель.

1. Фреонові системи кондиціонування повітря: Системи кондиціонування повітря, такі як центральні кондиціонери або спліт-системи, викорис-

товуються для охолодження повітря всередині будівель. Вони вбирають тепло з приміщень та випускають охолоджений повітря, забезпечуючи комфортні умови [8].

2. Вентиляційні системи: Вентиляційні системи можуть використовуватись для циркуляції повітря та охолодження приміщень. Це можуть бути системи з використанням вентиляторів, які забезпечують свіже повітря та створюють потік повітря для охолодження [9].
3. Системи чіллер-фанкойли: Холодильні системи використовують компресори та теплообмінники для охолодження циркуляційної води для охолодження приміщень. Це можуть бути системи з окремими холодильниками або централізовані холодильні системи, які постачають охолоджене повітря по всій будівлі [9].
4. Випаровувальні охолоджувальні системи: Системи використовують вологий процес для охолодження повітря. Вони використовують воду або інші розчини для охолодження повітря шляхом випаровування, що дозволяє знизити температуру повітря всередині будівлі [10].
5. Геотермальні системи: Геотермальні системи використовують стабільну температуру ґрунту або води під землею для охолодження будівель. Вони використовують насоси, щоб перекачувати тепло з будівлі у ґрунт або воду [11].

В подальших дослідженнях буде виконане обґрунтування вибору джерела теплоти для системи теплохолодопостачання житлової будівлі з вбудованими громадськими приміщеннями.

## 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 151 кВт, а в середньому 74,3 кВт.

Крім того, джерело теплопостачання має забезпечити теплою системою гарячого водопостачання потужністю 90 кВт.

Початкові дані для аналізу техніко-економічних показників теплопостачання житлового будинку обрано з завдання. Розрахункова потужність системи опалення 151 кВт. Потужність системи опалення в середньому режимі  $Q_{оп} = 74$  кВт. Потужність системи гарячого водопостачання  $Q_{гвп} = 90$  кВт.

Ціна електроенергії  $C_{еe} = 6,8$  грн/(кВт · год). Ціна води  $C_{в} = 20$  грн / м<sup>3</sup>. Ціна природного газу 24,0 грн/м<sup>3</sup>. Ціна гранул з лушпиння соняшника 4,5 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 250 кВт 500 тис. грн .

Витрати палива в різних режимах роботи

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

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

$\eta_{\text{к}} = 0,85$  – орієнтовний середній ККД котла на біомасі;

– розрахунковий режим

$$V_p^{\text{макс}} = (151 + 90) / (15400 \cdot 0,85) = 0,01841 \text{ (кг/с)} = 66,3 \text{ (кг/год.)}.$$

– міжопалювальний режим

$$V_p^{\text{моп}} = 90 / (15400 \cdot 0,85) = 0,00688 \text{ (кг/с)} = 24,75 \text{ (кг/год.)}.$$

- середньоопалювальний режим

$$V_{\text{оп}}^{\text{сер}} = (74,3 + 90) / (15400 \cdot 0,85) = 0,01255 \text{ (кг/с)} = 45,2 \text{ (кг/год.)}.$$

Витрати палива за рік

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

$$V_{\text{річ}} = (0,01841 \cdot 30 + 0,01255 \cdot 4246 + 0,00688 \cdot 4484) \cdot 3600 = 304,9 \text{ (т/рік)}.$$

Річний відпуск теплоти

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

$$Q_{\text{річ}} = (241 \cdot 30 + 164,3 \cdot 4246 + 90 \cdot 4484) \cdot 3600 = 3990 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок витрат на паливо

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

де Ц - ціна палива, приймаємо 4,5 грн/кг;

$$S_{\text{пал}} = 304,9 \cdot 4500 = 1372 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальні витрати води на підживлення

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

$$G_{\text{в}} = (0,005 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 365) / 1000 = 157,7 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат на воду для водогрійних котлів

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

$$S_{\text{в}} = 157,7 \cdot 20 = 3,15 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію

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

де  $N$  – електрична потужність власних потреб котельні, кВт.

$$S_{\text{еє}} = (3,0 \cdot 30 + 1,7 \cdot 4246 + 1,1 \cdot 4484) \cdot 6,8 = 83,2 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці

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

де ЗП – середня заробітна плата, грн/місяць.



$$S_{зп} = 4 \cdot 15000 \cdot 12 = 720 \text{ (тис. грн./рік).}$$

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.

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

Загальна заробітна плата [12]

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

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

Амортизаційні відрахування [13]

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

де  $B_{оф}$  – вартість основних виробничих фондів на підприємстві, приймаємо 0,5 млн. грн.

$$S_A = 0,075 \cdot 500 = 37,5 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Витрати на ремонт

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

$$S_P = 0,2 \cdot 37,5 = 7,5 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Інші витрати

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

$$S_I = 0,3 \cdot (37,5 + 7,5 + 1015,2) = 318,1 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину

$$S_c = S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{се}}, \quad (2.14)$$

$$S_c = 1372 + 3,15 + 83,2 = 1458,4 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати

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

$$S = 1458,4 + 37,5 + 7,5 + 1015,2 + 318,1 = 2836,7 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

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

$$C_B = 2836,7 / 3990 = 711 \text{ (грн / ГДж)}.$$

## 2.2 Теплогенератори на природному газі

Приймаємо інвестиції в газову котельню потужністю 250 кВт на рівні 450 тис. грн.

Витрати палива в різних режимах роботи за (2.1)

– розрахунковий режим

$$V_p^{\text{макс}} = (151 + 90) / (33000 \cdot 0,88) = 0,0083 \text{ (м}^3\text{/с)} = 29,9 \text{ (м}^3\text{/Год.)}.$$

– міжопалювальний режим

$$V_p^{\text{моп}} = 90 / (33000 \cdot 0,88) = 0,00310 \text{ (м}^3\text{/с)} = 11,12 \text{ (м}^3\text{/Год.)}.$$

- середньоопалювальний режим

$$V_{\text{оп}}^{\text{сеп}} = (74,3 + 90) / (33000 \cdot 0,88) = 0,00566 \text{ (м}^3\text{/с)} = 20,4 \text{ (м}^3\text{/Год.)}.$$

Витрати палива за рік за (2.2)

$$V_{\text{річ}} = (0,0083 \cdot 30 + 0,00566 \cdot 4246 + 0,00310 \cdot 4484) \cdot 3600 = 137,5 \text{ (тис.м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат на паливо за (2.4)

$$S_{\text{пал}} = 137,5 \cdot 24000 = 3299 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{\text{еє}} = (1,6 \cdot 30 + 1,1 \cdot 4246 + 0,4 \cdot 4484) \cdot 6,8 = 44,3 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці за (2.8)

$$S_{\text{зп}} = 2 \cdot 15000 \cdot 12 = 360 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Відрахування на заробітну плату за (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 360 = 147,6 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальна заробітна плата за (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 360 + 147,6 = 507,6 \text{ (тис.грн/рік)}$$

Амортизаційні відрахування за (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 450 = 33,75 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Витрати на ремонт за (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 33,75 = 6,75 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати за (2.13)

$$S_I = 0,3 \cdot (33,75 + 6,75 + 507,6) = 163,53 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 3299 + 3,15 + 44,3 = 3346,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 3346,5 + 33,75 + 6,75 + 507,6 + 163,53 = 4058,1 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_b = 4058,1 / 3990 = 1017 \text{ ( грн / ГДж)}.$$

### 2.3 Теплові насоси

Капіталовкладення в теплонасосну установку потужністю 250 кВт прийняті в розмірі 4,0 млн. грн, дійсний коефіцієнт перетворення теплових насосів 3,0...5,0, центр теплохолодопостачання повністю автоматизований, його обслуговує 1 працівник [14].

Витрати електроенергії на теплові насоси

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

$$EE_{\text{річ}} = (241 \cdot 30 / 3,0 + 164,3 \cdot 4246 / 3,5 + 90 \cdot 4484 / 5) \cdot 10^{-3} = 280,3 (\text{МВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{\text{еє}} = (1,6 \cdot 30 + 1,1 \cdot 4246 + 0,4 \cdot 4484 + 280300) \cdot 6,8 = 1950,3 (\text{тис.грн/рік}).$$

Розрахунок оплати праці за (2.8)

$$S_{\text{зп}} = 1 \cdot 15000 \cdot 12 = 180 (\text{тис. грн./рік}).$$

Відрахування на заробітну плату за (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 180 = 73,8 (\text{тис. грн./рік}).$$

Загальна заробітна плата за (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 180 + 73,8 = 253,8 (\text{тис.грн/рік})$$

Амортизаційні відрахування за (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 4000 = 300 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Витрати на ремонт за (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати за (2.13)

$$S_I = 0,3 \cdot (300 + 60 + 253,8) = 184,1 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 1950,3 + 3,15 = 1953,5 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 1953,5 + 300 + 60 + 253,8 + 184,1 = 2751,4 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_b = 2751,4 / 3990 = 689,5 \text{ ( грн / ГДж)}.$$

## 2.4 Електрокотли

Капіталовкладення в джерела теплопостачання з електрокотлами загальною потужністю 250 кВт прийняті в розмірі 250 тис. грн, ККД електрокотлів 0,99, котельня повністю автоматизована, її обслуговує 1 працівник.

Витрати електроенергії на котли за (2.17)

$$\begin{aligned} EE_{\text{річ}} &= (241 \cdot 30 / 0,99 + 164,3 \cdot 4246 / 0,99 + 90 \cdot 4484 / 0,99) \cdot 10^{-3} = \\ &= 1\,120 \text{ (МВт}\cdot\text{год /рік)}. \end{aligned}$$

Розрахунок витрат на електроенергію за (2.7)

$$S_{ee} = (1,6 \cdot 30 + 1,1 \cdot 4246 + 0,4 \cdot 4484 + 1\,120\,000) \cdot 6,8 = 7\,660 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці за (2.8)

$$S_{зп} = 1 \cdot 15000 \cdot 12 = 180 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Відрахування на заробітну плату за (2.9)

$$S_{\text{відр.зп}} = 0,41 \cdot 180 = 73,8 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Загальна заробітна плата за (2.10)

$$S_{\text{заг.зп}} = 180 + 73,8 = 253,8 \text{ (тис.грн/рік)}$$

Амортизаційні відрахування за (2.11)

$$S_A = 0,075 \cdot 250 = 18,8 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Витрати на ремонт за (2.12)

$$S_p = 0,2 \cdot 18,8 = 3,75 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати за (2.13)

$$S_I = 0,3 \cdot (18,8 + 3,75 + 253,8) = 82,9 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Затрати на сировину за (2.14)

$$S_c = 7660 + 3,15 = 7663,15 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Експлуатаційні витрати за (2.15)

$$S = 7663,15 + 18,8 + 3,75 + 253,8 + 82,9 = 8022 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти за (2.16)

$$C_B = 8022 / 3990 = 2010 \text{ ( грн / ГДж)}.$$

## 2.5 Узагальнення результатів

Порівняємо техніко-економічні показники джерела тепlopостачання, 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	Електрокотли	Теплонасосні установки	Котли на гранулах з біомаси
Наявна теплота палива	33 МДж/м <sup>3</sup>	---	---	15,4 МДж/кг
ККД котла або коефіцієнт перетворення теплового насосу	88%	99%	3,2	85%
Розрахункова витрата палива	29,9 м <sup>3</sup> /год	---	---	66,3 кг/год
Ціна на енергоресурс	24 грн./м <sup>3</sup>	6,8 грн/кВт·год	6,8 грн/кВт·год	4,5 грн./кг
Витрати на паливо, тис. грн./рік	3 299	---	---	1 372
Витрати на електроенергію, тис. грн./рік	44,3	7 660	1950	83,2
Капіталовкладення, тис. грн.	450	250	4 000	500
Собівартість теплоти, грн./ГДж	1017	2010	689,5	711

З таблиці 2.1 видно що найбільш доцільним по собівартості теплоти джерелом теплопостачання даної житлової будівлі є теплонасосні установки котли на гранулах з лушпиння соняшника. Ці два варіанти по собівартості теплоти майже в 3 рази дешевше теплоти від електростанції. В 1,5 рази дорожче теплота від газових котлів. Оскільки джерело теплопостачання проектується для житлового району з щільною забудовою при спалюванні біомаси необхідно передбачити посилені заходи для очищення димових газів від золи, сажі та смол.

Капіталовкладення в теплонасосні установки набагато вищі, ніж в твердопаливні котли, але їх суттєвою перевагою є екологічні показники.

Для подальшого проектування обрано варіант встановлення теплонасосних установок з ґрунтовими теплообмінниками.

## 3 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЦЕНТРУ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

### 3.1 Розрахунок теплової схеми

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

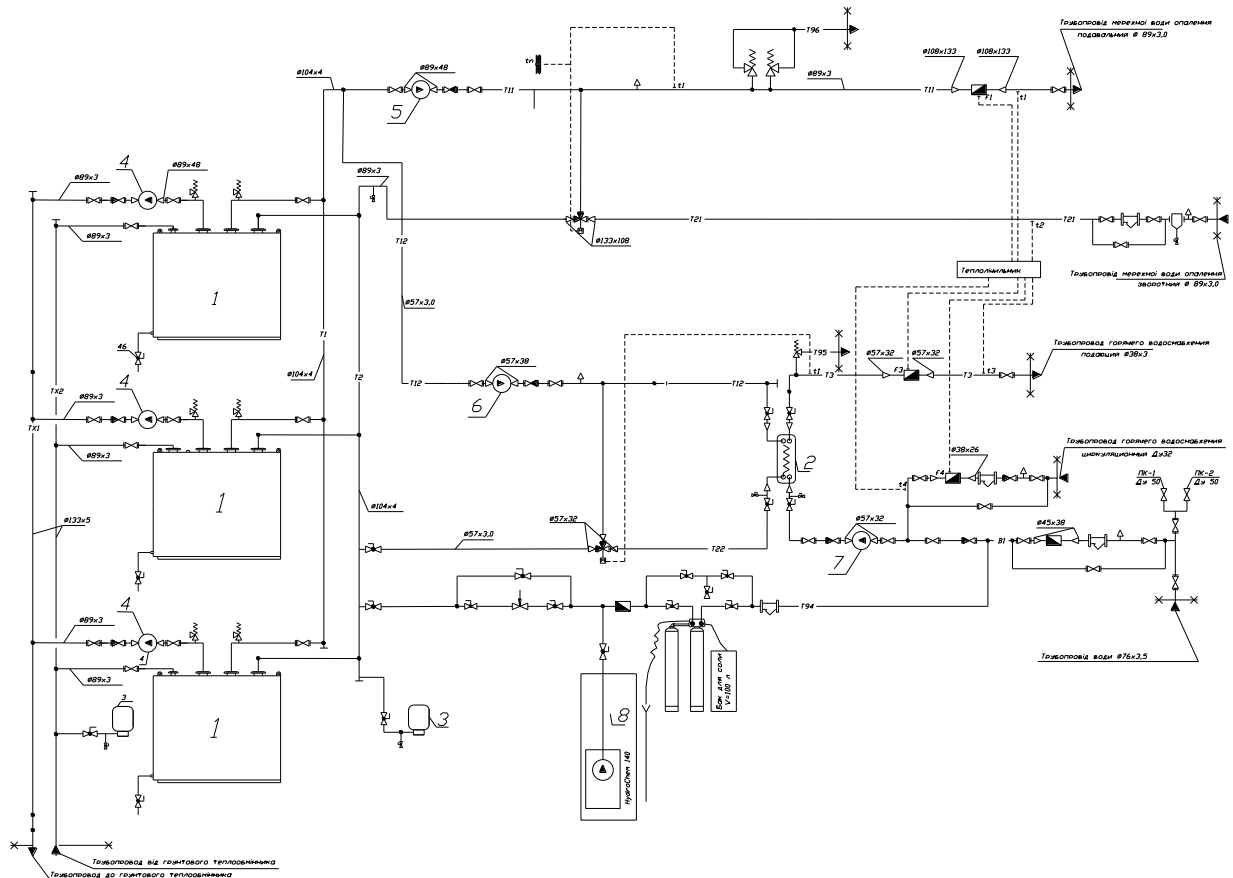


Рисунок 3.1 – Теплова схема центру теплохолодопостачання:

1– тепловий насос; 2 – ємкісний водонагрівач системи ГВП; 3 – розширювальний бак; 4 – насос ґрунтового теплообмінника, 5 – мережний насос системи опалення, 6 – насос системи підготовки гарячого водопостачання; 7 - циркуляційний насос системи ГВП, 8 – хімоводопідготовка

В максимальному режимі тепла потужність центру теплохолодопостачання складає 151 кВт на опалення та 90 кВт на гаряче водопостачання. Використовуємо теплонасосні установки Dunaclat з ґрунтовими теплообмінниками [15]. Розрахункова температура у випарнику  $-4^{\circ}\text{C}$ , а в конденсаторі  $50^{\circ}\text{C}$ . Підбираємо три установки Dunaclat 350V тепловою потужністю конде-

нсатора  $Q_k = 84,3$  кВт, потужність випарника  $Q_B = 56$  кВт, потужність компресора  $29,9$  кВт.

Витрата розчину гліколю з ґрунтових теплообмінників [16]

$$G_{\text{Гр}} = \frac{Q_B}{c_{\text{ег}} \cdot (t_{\text{ег1}} - t_{\text{ег2}})} \quad . \quad (3.1)$$

Теплоємність розчину гліколю при середній температурі  $3,64$  кДж/(кг· К).

Витрата розчину в максимальному режимі

$$G_{\text{Гр max}} = (3 \cdot 56) / (3,64 \cdot (4 - 1)) = 15,38 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата в середньоопалювальному режимі

$$G_{\text{Гр сер}} = (2 \cdot 56) / (3,64 \cdot (4 - 1)) = 10,26 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата в міжопалювальному режимі

$$G_{\text{Гр між}} = 56 / (3,64 \cdot (4 - 1)) = 5,13 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води від теплонасосних установок в систему опалення

$$G_{\text{оп}} = \frac{Q_k}{c_B \cdot (t_{B1} - t_{B2})} \quad . \quad (3.2)$$

Витрата мережної води в максимальному режимі

$$G_{\text{оп max}} = (2 \cdot 84,3) / (4,19 \cdot (50 - 40)) = 4,02 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата в середньоопалювальному режимі

$$G_{\text{оп сер}} = 84,3 / (4,19 \cdot (50 - 40)) = 2,01 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підготовки ГВП

$$G_{\text{оп ГВП}} = 84,3 / (4,19 \cdot (50 - 40)) = 2,01 \text{ (кг/с)}.$$

Електрична потужність для догріву води за ємнісним баком ГВП

$$N = 0,537 \cdot (55 - 50) \cdot 4,19 = 11,25 \text{ (кВт)}.$$

Як матеріал для трубопроводів в тепловій схемі використаємо сталеві труби виконані за ДСТУ 8943:2019 та ДСТУ 8936:2019.

Діаметр теплопроводу визначається [14]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}}. \quad (3.3)$$

де  $w$  – швидкість теплоносія в трубопроводі, приймаємо  $w = 1$  м/с;

$\rho$  – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м<sup>3</sup>.

Мережний трубопровід системи опалення

$$d_{\text{оп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,02}{3,14 \cdot 988 \cdot 1}} = 0,07199 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр [18]  $d=89,0 \times 3$  мм (dy80).

Діаметр труб від ґрунтового теплообмінника до теплового насосу для розрахункового режиму

$$d_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,13}{3,14 \cdot 1014 \cdot 1}} = 0,0803 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр [18]  $d=89,0 \times 3$  мм (dy80).

Діаметр труб від теплового насосу до теплообмінника гарячого водопостачання

$$d_{\text{ТН-ГВП}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,01}{3,14 \cdot 988 \cdot 1}} = 0,0509 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр [18]  $d=57 \times 3$  мм (dy50).

Діаметр теплової мережі гарячого водопостачання буде становити

$$d_{\text{ГВП}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,537}{3,14 \cdot 988 \cdot 1}} = 0,0263 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр [18]  $d=38 \times 2,5$  мм (dy32).

Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової схеми

Мережний трубопровід.

Коефіцієнт гідравлічного опору приймаємо  $\lambda = 0,025$ .

Суму коефіцієнтів місцевого опору приймаємо  $\Sigma \xi = 12$ .

Втрати тиску в системі теплопостачання  $\Delta P_{\text{оп}} = 50$  кПа.

Втрати тиску на тертя [7]

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (3.4)$$

де  $w$  – швидкість води в трубопроводі, м/с;

$d$  – внутрішній діаметр труби, м.

Приймаємо довжину прямого і зворотного трубопроводу  $L = 20$  м.

Тоді втрати тиску на тертя

$$\Delta P = \frac{0,025 \cdot 40}{0,082} \cdot \frac{988 \cdot 1^2}{2} = 6024 \text{ (Па)}.$$

Втрати тиску в місцевих опорах [19]

$$\Delta P_M = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (3.5)$$

$$\Delta P_M = 12 \cdot \frac{988 \cdot 1^2}{2} = 5928 \text{ (Па)}.$$

Загальні втрати тиску [19]

$$\Delta P_{\text{заг}} = \Delta P + \Delta P_M + \Delta P_{\text{оп}}, \quad (3.6)$$

$$\Delta P_{\text{заг}} = 6024 + 5928 + 50000 = 61952 \text{ (Па)}.$$

Розрахунок трубопроводу від ґрунтового теплообмінника до теплонасосної установки.

Приймаємо довжину трубопроводу  $L = 40$  м.

Коефіцієнт гідравлічного опору приймаємо  $\lambda = 0,02$ .

Суму коефіцієнтів місцевого опору приймаємо  $\Sigma\xi = 8$ .

Втрати тиску в теплообміннику та регулювальній арматурі  $\Delta P_{гр} = 10$  кПа.

Втрати тиску на тертя

$$\Delta P = \frac{0,02 \cdot 80}{0,082} \cdot \frac{1014 \cdot 1^2}{2} = 9892 \text{ (Па)}.$$

Втрати тиску в місцевих опорах

$$\Delta P_{м} = 8 \cdot \frac{1014 \cdot 1^2}{2} = 4056 \text{ (Па)}.$$

Загальні втрати тиску

$$\Delta P_{заг} = 9892 + 4056 + 10000 = 23948 \text{ (Па)}.$$

Гідравлічний розрахунок трубопроводу гарячого водопостачання

Мережний трубопровід гарячого водопостачання.

Коефіцієнт гідравлічного опору приймаємо  $\lambda = 0,02$ .

Суму коефіцієнтів місцевого опору приймаємо  $\Sigma\xi = 8$ .

Втрати тиску в теплообміннику та регулювальній арматурі  $\Delta P_{гвп} = 8$  кПа.

Приймаємо довжину прямого і зворотного трубопроводу  $L=10$  м.

Втрати тиску на тертя [7]

$$\Delta P = \frac{0,02 \cdot 20}{0,051} \cdot \frac{988 \cdot 1^2}{2} = 3874 \text{ (Па)}.$$

Втрати тиску в місцевих опорах [19]

$$\Delta P_{\text{м}} = 8 \cdot \frac{988 \cdot 1^2}{2} = 3952 \text{ (Па)}.$$

Загальні втрати тиску [7]

$$\Delta P_{\text{заг}} = 3874 + 3952 + 8000 = 15826 \text{ (Па)}.$$

### 3.2 Підбір насосного обладнання

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції теплоносія в тепловій мережі. Їх подача визначається за максимальною масовою витратою мережної води [14]

$$V_{\text{мн}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G}{\rho_{\text{мн}}} \cdot 3600, \quad (2.12)$$

де  $\rho$  – густина води на вході в мережний насос, кг/м<sup>3</sup>;

$G$  – витрата води, кг/с.

$$V_{\text{мн}} = \frac{1,15 \cdot 4,02}{988} \cdot 3600 = 16,9 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Напір насоса [14]

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}, \quad (2.13)$$



$$H_{\text{МН}} = \frac{61952}{988 \cdot 9,81} = 6,39 \text{ (м в.ст.)}.$$

Вибираємо насос [20] Magna 3 40-150 F марки Grundfoss. Електрична потужність 0,46 кВт.

Вибір насосу для трубопроводу, який з'єднує трубопровід свердловини з теплонасосною установкою.

Об'ємна подача насоса

$$V_{\text{Гр}} = \frac{1,15 \cdot 5,13}{1014} \cdot 3600 = 21,02 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Напір насоса

$$H_{\text{Гр}} = \frac{23948}{1014 \cdot 9,81} = 2,41 \text{ (м в.ст.)}.$$

Вибираємо насос [20] Magna3 40-100 марки Grundfoss. Електрична потужність 0,4 кВт.

Максимальна масова витрата мережної води гарячого водопостачання.

$$V_{\text{ГВП}} = \frac{1,15 \cdot 0,537}{988} \cdot 3600 = 2,25 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Напір насоса

$$H_{\text{ГВП}} = \frac{15826}{988 \cdot 9,81} = 1,63 \text{ (м в.ст.)}.$$

Вибираємо насос [20] UPS 25-40N марки Grundfoss. Електрична потужність 0,05 кВт.

### 3.3 Розробка ємкісного теплообмінника

Вихідні дані для розрахунку.

Теплообмінник – ємкісний водонагрівач.

Грійне та нагріване середовище – вода.

Потужність теплообмінника  $Q_T = 100$  кВт.

Температура води на вході в теплообмінник  $t'_2 = 10^\circ\text{C}$ .

Температура води на виході з теплообмінника  $t''_2 = 45^\circ\text{C}$ .

Температура води на вході в змійовик  $t'_1 = 55^\circ\text{C}$ .

Температура води на виході з змійовика  $t''_1 = 45^\circ\text{C}$ .

#### 3.3.1 Тепловий розрахунок

Середня температура води в міжтрубному просторі

$$t_2 = \frac{t'_2 + t''_2}{2}, \quad (2.14)$$

де  $t'_{b2}, t''_{b2}$  – температура води на вході та виході з підігрівника відповідно  $^\circ\text{C}$ .

$$t_2 = \frac{10 + 45}{2} = 27,5 (^\circ\text{C}).$$

Теплофізичні характеристики води для середньої температури в теплообміннику [21].

Густина води  $\rho_b = 995,2$  (кг/м<sup>3</sup>). Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda_b = 0,6165$  (Вт / м · К). Критерій Прандтля для води,  $Pr = 5,665$ . Коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $\nu_b = 0,8298 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup> / с). Теплоємність води  $C_{p_b} = 4,178$  (кДж / кг).

Середня температура води в змійовику

$$t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2}, \quad (2.15)$$

$$t_1 = \frac{50 + 40}{2} = 45 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Теплофізичні характеристики води для середньої температури води в змійовику [21].

Густина води  $\rho_B = 989,7$  (кг/м<sup>3</sup>). Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda_B = 0,646$ Вт/мК.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості  $\nu_B = 0,568 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup> / с). Критерій Прандтля

$Pr_B = 3,968$ . Теплоємність води  $Cp_B = 4,175$  (кДж/(кгК)).

Більша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_B = t_1'' - t_2', \quad (2.16)$$

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

Менша різниця температур між теплоносіями

$$\Delta t_M = t_1' - t_2'', \quad (2.17)$$

$$\Delta t_M = 50 - 45 = 5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середньологарифмічний температурний напір

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_B - \Delta t_M) / \ln \left( \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} \right), \quad (2.18)$$

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

Витрата грійної води

$$G_1 = Q_T / (C_{p1} \cdot (t'_1 - t''_1)), \quad (2.19)$$

$$G_1 = 100 / (4,19 \cdot (50 - 40)) = 2,39 \text{ (кг / с)}.$$

Об'ємна витрата грійної води

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (2.20)$$

$$V_1 = \frac{2,39}{989} = 24,1 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Витрата води, що нагрівається

$$G_2 = Q_T / (C_{p2} \cdot (t''_2 - t'_2)), \quad (2.21)$$

$$G_2 = 100 / (4,17 \cdot (45 - 10)) = 0,685 \text{ (кг / с)}.$$

Приймаємо діаметр труб зміювика в підігрівнику  $d_{зв}/d_{вн} = 32/28$  мм [17], тоді площа поперечного перерізу труби для проходження води

$$f_{тр} = 0,785 \cdot d_{вн}^2, \quad (2.22)$$

$$f_{тр} = 0,785 \cdot 0,028^2 = 0,000615 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Швидкість води в двох паралельних змійовиках

$$w_1 = \frac{V_1}{f_{\text{тр}}}, \quad (2.23)$$

$$w_1 = \frac{24,1 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 6,15 \cdot 10^{-4}} = 1,96 \text{ (м / с)}.$$

Число Рейнольдса для води

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_1}, \quad (2.24)$$

$$Re_1 = \frac{1,96 \cdot 0,028}{0,568 \cdot 10^{-6}} = 193037.$$

Поправковий коефіцієнт до критеріального рівняння теплообміну

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{1 + 1,77 \cdot d_{\text{вн}}}{R} \quad (2.25)$$

де  $R$  – радіус вигину, м.

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{1 + 1,77 \cdot 0,028}{0,7} = 1,08.$$

Температуру внутрішньої стінки беремо в першому наближенні  $40^\circ\text{C}$ .  
Критерій Прандтля для цієї температури  $Pr_{\text{ст}} = 4,31$ .

Критерій Нусельта для води

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr / Pr_{\text{ст}})^{0,25} \cdot \varepsilon_{\text{зм}}, \quad (2.26)$$

$$Nu_1 = 0,021 \cdot 193037^{0,8} \cdot 3,96^{0,43} \cdot (3,96/4,31)^{0,25} \cdot 1,08 = 390,4.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води до стінки труби води

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{вн}}, \quad (2.27)$$

$$\alpha_1 = \frac{390,4 \cdot 0,6703}{0,028} = 9345 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Критерій Грасгофа

$$Gr_2 = \frac{g \cdot \Delta t \cdot d_{зн}^3 \cdot \beta}{\nu^2}, \quad (2.28)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $9,8 \text{ м}^2/\text{с}$ ,

$\beta$  – коефіцієнт термічного розширення середовища, для рідини береться з таблиці,  $1/\text{К}$ ,

$\Delta t$  – перепад температур в рідині,  $^\circ\text{С}$ ,

$l^*$  – визначальний розмір,  $\text{мм}$ ,

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

$$Gr_2 = \frac{9,8 \cdot (40 - 27) \cdot 0,032^3 \cdot 2,486 \cdot 10^{-4}}{(0,8298 \cdot 10^{-6})^2} = 1508747.$$

Критерії Релея

$$Ra_2 = Gr \cdot Pr, \quad (2.29)$$

$$Ra_2 = 1508747 \cdot 5,665 = 8547054 .$$

Критерій Нусельта для міжтрубного простору

$$Nu_2 = 0,5 \cdot Ra^{0,25} \cdot (Pr_2 / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (2.30)$$

$$Nu_2 = 0,5 \cdot (8547054)^{0,25} \cdot (5,665 / 4,31)^{0,25} = 28,9 .$$

Коефіцієнт тепловіддачі до нагріваної води від стінки

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{3H}}, \quad (2.31)$$

$$\alpha_2 = \frac{28,9 \cdot 0,67}{0,032} = 606 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right).$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = \frac{0,9}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.32)$$

де  $\delta_{ст}$  – товщина стінки труби, м;

$\lambda_{ст}$  – теплопровідність сталі, Вт / (м · К).

$$K = \frac{0,9}{\frac{1}{9345} + \frac{0,003}{50} + \frac{1}{606}} = 500,9 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right).$$

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} \text{ [Вт/м}^2\text{]}, \quad (2.33)$$

$$q = 500,9 \cdot 15,4 = 7713 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Розрахункова температура внутрішньої стінки труби

$$t = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (2.34)$$

$$t = 27,5 + \frac{7713}{606} = 40,2 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Оскільки різниця між раніше прийнятою та розрахунковою температурами складає 0,2  $^\circ\text{C}$ , то уточнювати розрахунки не потрібно.

Необхідна площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.35)$$

$$F = \frac{100 \cdot 10^3}{500,9 \cdot 15,4} = 12,96 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Довжина змійовика

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{3H}}, \quad (2.36)$$

$$l = \frac{15,4}{3,14 \cdot 0,032} = 129,0 \text{ (м)}.$$



Звідси, ми можемо визначити довжину подвійного кола змійовика

$$L = \pi \cdot D, \quad (2.37)$$

Задаємо діаметром змійовика:  $D_1=1200$  мм, а  $D_2 = 800$  мм.

$$L = 3,14 \cdot (1,2 + 0,8) = 6,28 \text{ (м)}.$$

Кількість витків в змійовику

$$n_B = \frac{L}{\pi \cdot D}, \quad (2.38)$$

$$n_B = \frac{129}{6,28} = 20,5.$$

Приймаємо кількість витків  $n = 21$  шт.

### 3.3.2 Гідравлічний розрахунок

Коефіцієнт гідравлічного тертя для води [22]

$$\xi = 0,316 / \text{Re}_1^{0,25}, \quad (2.39)$$

$$\xi = 0,316 / 193037^{0,25} = 0,015.$$

Втрати напору на тертя

$$\Delta P_{\text{тр}} = \xi \cdot \pi \cdot D_3 \cdot n_B \cdot \rho_1 \cdot w_1^2 / (2 \cdot d), \quad (2.40)$$

де  $D_3$  – діаметр зміювика.

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{0,0175 \cdot 3,14 \cdot 1,3 \cdot 22 \cdot 989 \cdot 1,93^2}{(2 \cdot 0,028)} = 26,395 \text{ (кПа)}.$$

Коефіцієнт місцевих опорів:

вхід в трубу та вихід із труби  $\xi_{\text{вх}} = \xi_{\text{вих}} = 1$ ;

поворот в круглому зміювику  $\xi_{\text{зм}} = 0,1$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = z_{\text{вх}} \cdot \xi_{\text{вх}} + z_{\text{вих}} \cdot \xi_{\text{вих}} + z_{\text{пов}} \cdot \xi_{\text{пов}}, \quad (2.41)$$

$$\sum \xi = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 4 \cdot 0,1 = 2,4.$$

де  $z_{\text{вх}}$ ,  $z_{\text{вих}}$ ,  $z_{\text{пов}}$  – кількість входів, виходів та поверхонь відповідно.

Втрати напору в місцевих опорах

$$\Delta P_M = \frac{\sum \xi \cdot \rho_1 \cdot w_1^2}{2}, \quad (2.42)$$

$$\Delta P_M = \frac{2,4 \cdot 989 \cdot 1,93^2}{2} = 2,652 \text{ (кПа)}.$$

Втрати напору в змійовику

$$\Delta P_{\text{ЗМ}} = \Delta P_{\text{Т}} + \Delta P_{\text{М}}, \quad (2.43)$$

$$\Delta P_{\text{ЗМ}} = 26,395 + 2,652 = 29,0 \text{ (кПа)}.$$

Гідравлічний розрахунок в міжтрубному просторі

Швидкість води в між трубному просторі [23]

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} - L \cdot d_{\text{ЗОВ}} \right)}, \quad (2.44)$$

$$w_2 = \frac{0,685}{995,2 \left( \frac{\pi \cdot 1,8^2}{4} - 4,08 \cdot 0,032 \cdot 2 \right)} = 2,98 \cdot 10^{-4} \text{ (м / с)}.$$

Оскільки швидкість води за попереднім розрахунком складає 0,000298 м/с, то втратами тиску води в міжтрубному просторі можна знехтувати.

На основі наведених вище рівнянь розроблена математична модель, яка складається з 31 лінійного та нелінійного рівняння. Модель детермінована, структурна, оптимізаційна.

За допомогою даної моделі виконано дослідження впливу діаметру змійовика на показники роботи теплообмінника. Вартість металу теплообмінника прийнята 150 грн/кг, а вартість електроенергії на прокачування гріючого теплоносія через змійовик прийнята 6,8 грн/кВт·год.

Результати моделювання представлені на рис. 3.2

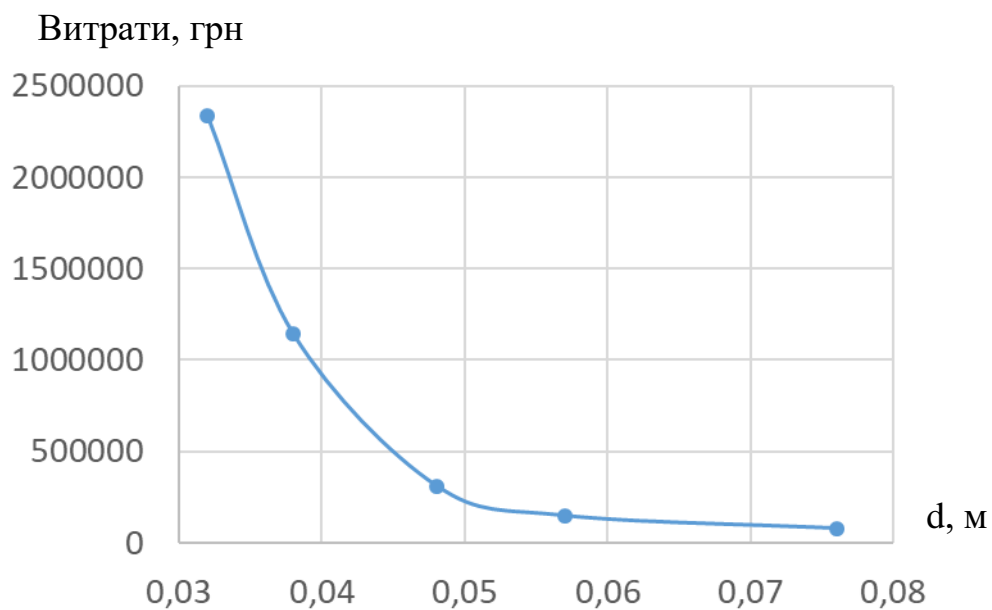


Рисунок 3.2 – Залежність суми витрат на метал та на електроенергію для прокачки теплоносія від діаметра змійовика

Як видно з рис. 3.2, сума витрат пов'язаних із теплообмінником мало змінюється за умов діаметрів змійовика від 57 мм і більше. Тому для проектування обрано діаметр подвійного змійовика  $\varnothing 32/28$  мм.

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ПОТУЖНІСТЮ 100 КВТ

Розробляється технологія встановлення водопідігрівача непрямого підігріву води ємністю  $3 \text{ м}^3$  та потужністю 100 кВт на потреби гарячого водопостачання. Теплообмінник встановлюється в тепловій схемі теплопункту для житлового будинку у м. Вінниця.

Підігрів води здійснюється за рахунок роботи теплового насосу DYNACIAT LGR 350V типу «вода-вода» від ґрунтового теплообмінника.

Теплообмінник є вертикальним циліндричним апаратом, всередині якого вмонтовано зміювиковий теплообмінник, що призначений для використання переважно в системах з водою питної якості. Максимальна потужність зміювикового підігрівника складає 100 кВт (площа теплообміну  $13 \text{ м}^2$ ). Ємкісний підігрівник обладнаний термометром і манометром. Габаритні розміри водопідігрівача: діаметр 1700 мм, висота 3780 мм. Ємкісний нагрівник вкритий шаром теплової ізоляції товщиною 50 мм.

У теплообміннику гарячий теплоносій (мережна вода від теплового насосу) рухається всередині зміювика з нержавіючої сталі, а холодний теплоносій – всередині ємності.

Необхідний напір для циркуляції гарячого теплоносія у трубах зміювика теплообмінника забезпечується циркуляційним насосом MAGNA3 32-60, характеристиками: подача  $V = 22 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір  $H = 2,5 \text{ м}$ , потужність електродвигуна  $N_{\text{гвп}} = 0,4 \text{ кВт}$

Рециркуляція гарячої води здійснюється за рахунок циркуляційного насосу UPS 25-40 N 1x230V PN16, характеристиками: подача  $V = 12 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір  $H = 10 \text{ м}$ , потужність електродвигуна  $N_{\text{гвп}} = 0,163 \text{ кВт}$ .

Транспортування носіїв в системі виконується по сталевих електрозварних трубопроводах [24]. Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені запірні крани (шарові) з муфтовим з'єднанням.

#### 4.1 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахункові результати комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п\п	Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага	
				Одиниця	Всього
1	2	3	4	5	6
<b>Основні матеріали</b>					
1	Водопідігрівач непрямого підігріву води потужністю 100 кВт ( $V = 3 \text{ м}^3$ )	шт.	1	405	405
2	Насос MAGNA3 32-60	шт.	1	13	13
3	Насос UPS 25-40N x230V PN16	шт.	1	5	5
4	Кран кульовий муфтовий Dn30	шт.	5	0,49	2,45
5	Кран кульовий муфтовий Dn25	шт.	5	0,25	1,25
6	Клапан зворотній муфтовий Ду25	шт.	2	0,2	0,4
7	Клапан зворотній муфтовий Ду30	шт.	1	0,4	0,4
8	Труба сталевая електрозварна Ду25 ДСТУ 8943:2019	м	12,2	1,5	18,3
9	Труба сталевая електрозварна , 30 x2,5 мм ДСТУ 8943:2019 [18]	м	4,6	3,2	14,72
10	Теплоізоляційні циліндри Kaiflex, dn = 25 мм, dz = 40 мм [25]	м	12,5	0,419	5,2

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
11	Теплоізоляційні циліндри Kaiflex, $d_n = 30$ мм, $d_z = 40$ мм [25]	м	5,4	0,49	2,646
12	Манометр технічний	шт	2	0,27	0,54
13	Термометр біметалевий трубча- стий	шт	2	0,13	0,26
14	Лічильник холодної води ЛЛ-20, DN25	шт.	1	3,1	3,1
Допоміжні матеріали					
для монтажу трубопроводів Ду20 та Ду32 і запірної арматури муфтової [26]					
15	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,111 0,046	0,0014 0,0014	0,22
16	Дріт зварний легований , діаметр 4 мм	т	0,111 0,046	0,00017 0,00017	0,027
17	Оліфа натуральна	кг	0,111 0,046	0,06 0,06	0,009
18	Вода	м <sup>3</sup>	0,111 0,046	0,44 1,13	100,82
19	Прядиво лляне	т	0,111 0,046	0,00006 0,00006	0,009
20	Сурик свинцевий	т	0,111 0,046	0,00012 0,00012	0,017
21	Маятникове кріплення	шт.	2	0,86	1,72
22	Кріплення горизонтального тру- бопроводу до стіни	шт.	6	0,99	5,94

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Для монтажу насосів [26]					
23	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	2	0,00074	1,48
24	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	2	0,17	0,34
25	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00322	6,44
Для монтажу ємкісного теплообмінника [26]					
26	Азбестовий картон загального призначення [КАОН-1], товщина 2 мм	т	1	0,00468	4,68
27	Масло індустріальне И-20А	т	1	0,0001	0,1
28	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00065	0,65
29	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	1	0,17	0,17
30	Оліфа натуральна	кг	1	0,03	0,03
31	Вода	м <sup>3</sup>	1	0,9	900
32	Прядиво лляне	т	1	0,00003	0,03
33	Сурик свинцевий	т	1	0,00006	0,06
34	Пароніт	т	1	0,0002	0,2
Для теплової ізоляції [27]					
35	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	1,57	0,00111	1,743
36	Листи алюмінієві, марка АД1Н, товщина 1 мм	кг	1,57	0,03	0,0471



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
37	Сталь листова оцинкована, товщиною 0,8 мм	кг	1,57	0,15	0,236
38	Пряжки	кг	1,57	0,09	0,141
39	Гвинти самонарізні оцинковані	т	1,57	0,00001	0,016
для гідравлічного випробування трубопроводів [26]					
40	Білила густо терті цинкові МА-011-1	т	0,157	0,00005	0,008
41	Олива натуральна	кг	0,157	0,02	0,003
42	Прядиволляне	т	0,157	0,00002	0,003
43	Вода	м <sup>3</sup>	0,157	1	157
для монтажу термометрів [26]					
44	Масло індустріальне И-20А	т	2	0,00011	0,22
45	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
46	Прядиво лляне	т	2	0,00001	0,02
47	Сурик свинцевий	т	2	0,00001	0,02
для монтажу манометрів [26]					
48	Пароніт	т	2	0,00012	0,12
49	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
50	Прядиво лляне	т	2	0,00001	0,02
51	Сурик свинцевий	т	2	0,00001	0,02
52	Болти з гайками та шайбами, діам.12 мм	т	2	0,00016	0,32
для монтажу лічильника води [26]					
53	Електроди , діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00074	0,74
54	Прокладки гумові [пластина технічна пресована]	кг	1	0,17	0,17

## Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
55	Болти з гайками і шайбами діаметром 16 мм	т	1	0,0322	3,22
56	Кріплення	кг	1	7,1	7,1
57	Розчин готовий складковий важкий цементний, марка М50	м <sup>3</sup>	1	0,0001	0,18

Маса основного обладнання і матеріалів – 305,652 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 37,64 кг.

Необхідна кількість води – 1253,58кг.

Маса матеріалів і обладнання для доставки – 594,45 кг .

## 4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад робіт:

1. Доставляння монтажних деталей до місць монтажу.
2. Розмічування місць прокладання основних трубопроводів проекту.
3. Монтування водопідігрівача непрямого підігріву води об'ємом 3 м<sup>3</sup>.
4. Прокладування теплопроводів діаметром 30 x2,5 мм і монтаж їх муфтової арматури.
5. Монтування циркуляційного насосу Grundfoss MAGNA3 40-100
6. Прокладування теплопроводів діаметром 25 x 2,5 мм і монтування їх муфтової арматури.
7. Монтування лічильника води ЛЛ-20.
8. Монтування циркуляційного насосу MAGNA3 25-100 180 1x230V PN16.
9. Встановлення термометрів на трубопроводах.
10. Встановлення манометрів на трубопроводах.

11. Випробування теплопроводів.
12. Монтування теплової ізоляції теплопроводів Ду25 та Ду30.
13. Кінцева перевірка системи і здавання її в експлуатацію.
14. Повернення використаного допоміжного обладнання на місце складування.

#### Об'єми робіт [25, 26]

1. Транспортування деталей до місць монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 875,16 кг (0,88 т). Приймаємо об'єм  $V = 0,88$ .
2. Розмічування місць прокладання теплопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі теплопроводу складає  $L = 15,7$  м. Приймаємо  $V = 0,157$ .
3. Монтування водопідігрівача непрямого підігріву води об'ємом  $3 \text{ м}^3$ . Одиниці вимірювання в штуках. У тепловій схемі тепловипункту встановлюється 1 теплообмінник. Отже, приймаємо  $V = 1$ .
4. Прокладання теплопроводів діаметром  $30 \times 2,5 \text{ мм}$  і монтування її муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб складає 12,2 м, а отже, приймаємо  $V = 0,122$ .
5. Монтування циркуляційного насосу Grundfoss MAGNA3 32-60. Одиниці вимірювання в штуках. У схемі теплообмінника встановлюємо 1 насос. Отже, приймаємо  $V = 1$ .
6. Прокладання теплопроводів діаметром  $25 \times 2,5 \text{ мм}$  і монтування її муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб складає 4,6 м, а отже, приймаємо  $V = 0,046$ .
7. Монтаж лічильника води ЛЛ-20. Одиниці вимірювання в штуках. У тепловій схемі тепловипункту встановлюється 1 лічильник. Отже, приймаємо  $V = 1$ .
8. Монтаж циркуляційного насосу UPS 25-40 N 1x230V PN16 Одиниці

вимірювання в штуках. У схемі теплообмінника встановлюємо 1 насос. Отже, приймаємо  $V = 1$ .

9. Встановлення термометрів на лініях. Одиниці вимірювання в штуках. У схемі теплообмінника встановлюється 2 термометри. Отже, приймаємо  $V=2$ .

10. Встановлення манометрів на лініях. Одиниці вимірювання в штуках. У схемі теплообмінника встановлюється 2 манометри. Отже, приймаємо  $V = 2$ .

11. Випробування теплопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі теплопроводу складає  $L = 15,7$  м. Приймаємо  $V = 0,157$ .

12. Монтаж теплової ізоляції теплопроводів  $Dy25$  та  $Dy30$ . Одиниці вимірювання 10 м. Довжина всієї мережі теплопроводу складає  $L = 15,7$  м. Приймаємо  $V = 1,57$ .

13. Кінцева перевірка системи і здача її в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі теплопроводу складає  $L = 15,7$  м. Приймаємо  $V=0,157$ .

14. Повернення використаного допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 574,45 кг (0,5745 т). Приймаємо об'єм  $V = 0,575$ .

#### 4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, інші деталі, конструкції та все обладнання завозяться централізовано автомашиною Volkswagen Crafter . Технічні характеристики даної автомашини наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики Volkswagen Crafter [28]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	1100
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих з них	шт	2

Продовження табл. 4.2

1	2	3
Вантажна висота автомобіля	мм	2375
Діаметр повороту автомобіля	м	12,3
Колісна база автомобіля	мм	3750
Витрата палива на 100 км	л/100 км	7,1
Габарити автомобіля:		
Довжина корпусу		5865
Ширина корпусу		2059
Висота корпусу		2270
Маса автомобіля	кг	2800

Для зварювання елементів використовується зварювальний апарат інверторного типу «Edon мма-250Е» [29]. Його основні технічні характеристики:

- максимальна електрична потужність 9,5 кВт;
- сила струму в апараті 20 - 250 А;
- діаметр використаного зварювального електроду 1,6 – 4 мм; - маса апарату – 4,7 кг.

Для створення отворів у будівельних конструкціях будівлі використовується перфоратор Makita HR4003C з такими характеристиками: сила удару – 8,3 Дж; робоча електрична потужність 1100 Вт; маса обладнання 6,2 кг [30].

Для випробовування трубопроводу на міцність та щільність використовується насос для гідравлічної опресовки системи KALDE VP-60 бар, 872PSI, його основні характеристики в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики робочого гідравлічного пресу KALDE VP-60 бар, 872PSI [31]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм резервуара преса	л	12
Максимальний тиск преса	бар	60
Розміри преса	мм	500x175x165
Маса преса	кг	4,6

Для підйому вантажів використовується лебідка з електроприводом ЛЭЦ–1,25-80 [32]. Її основні характеристики вказані в таблиці 4.4.

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті лебідки	кг	1250
Швидкість навивки каната лебідки	м/с	0,38
Діаметр робочого барабана	мм	220
Канатоємність лебідки	м	80
Потужність двигуна лебідки	кВт	7,5
Габарити апарату:		
Довжина лебідки	мм мм мм	990
Ширина лебідки		950
Висота лебідки		700
Маса апарату	кг	435

Для переміщення вантажів використовується візок ручний гідравлічний спеціальний Staxx PWH25-II. Його головні характеристики вказані в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Візок ручний гідравлічний спеціальний Staxx PWH25-II [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність візка	кг	2500
Довжина вил візка	мм	1150
Ширина вил візка	мм	550
Маса візка	кг	67

Набір основних інструментів та пристосувань для монтажників [34] загальною масою 11,75 кг наведений нижче:

- ключ гайковий двусторонній М17х19 мм та М19х22 мм;
- плоскогубці комбіновані робочі;
- викрутки набір;
- молоток слюсарний робочий;
- зубило слюсарне довжиною 200 мм;
- молоток гумовий робочий;
- стрічка вимірювальна, довжина 20 м;
- рівень металевий основний;
- ящик переносний для інструменту;

Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 529,25 кг.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі бакалаврської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі нового будівництва багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3 Центр теплохолодопостачання.

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

Фізичні:

- 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, інструментівта обладнання.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);



- нервово–психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

У розділі охорони праці будуть досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, пожежна безпека для працівників в цілому для об'єкта проектування під час будівництва та після прийняття його в експлуатацію.

## 5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

### 5.1.1 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 сходинки. 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

Тип електромережі: чотирипровідна трифазна 380 × 220 В, ізольована від землі. Величина напруги і категорія умов з небезпеки електротравматизму

– з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають: ізоляцію струмопровідних частин; недоступність струмопровідних частин; засоби орієнтації в електроустановках; виконання електроустановок, ізольованих від землі; захисне розділення електричних мереж; компенсацію ємкісних струмів замикання на землю; вирівнювання потенціалів.

Електроінструмент, переносні лампи, знижувальні трансформатори і перетворювачі частоти струму необхідно перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального контуру, цілісність ізоляції живильних проводів та відсутність оголених струмопровідних частин. Переносні трансформатори необхідно перевіряти також на відсутність замикання між обмотками високої і низької напруги.

## 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, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	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 <sup>3</sup>		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 та, 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 запроектоване 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 проекті передбачено: використання природного та штуч-

ного 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

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму згідно [38] наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

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, щоне відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

### 5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються насосні агрегати, вентилятори, дрелі, перфоратори, 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	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	$Z_o, Y_o, X_o$	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 відносяться 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 II-III (місця, де зберігаються тверді горючі речо-

вини).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості. До III 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. 5.5. Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін.

Таблиця 5.5 – 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				колони	сходові площадки, косогури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхами (у т.ч. горючість над підвалами)	елементи сумішених покриттів	
	несучі та сходові кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	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. 5.6.



Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	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. 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 - 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 бакалаврській дипломній роботі розглянута проблема підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі у місті Вінниця.

Проаналізовано методи та обладнання вироблення теплоти та холоду для забезпечення внутрішніх умов в приміщеннях.

Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору джерела енергії для забезпечення будівлі. Розглянуті варіанти встановлення газових котлів, електрокотлів, теплогенераторів на гранулах з біомаси та теплонасосні установки з ґрунтовими теплообмінниками. Виявлено, що найкращі економічні показники має варіант використання теплонасосних технологій, собівартість теплоти складає 689,5 грн/ГДж.

В роботі розроблено теплову схему центру теплохолодопостачання житлового будинку. В результаті розрахунку теплової схеми тепловипускника визначено, що при потужності системи опалення 151 кВт і потужності гарячого водопостачання 90 кВт витрати теплоносіїв складають: витрата води в системі опалення – 4,02 кг/с, витрата води в контурі підготовки гарячого водопостачання 2,01 кг/с, витрата води в контурі ґрунтових теплообмінників 15,38 кг/с.

В результаті розрахунків було підібрано три реверсивні теплонасосні установки DYNACIAT LGP 350V потужністю конденсатора 84,3 кВт, потужністю компресора 29,9 кВт і потужністю випарника 56 кВт, 6 насосів марки Grundfos.

В роботі спроектовано ємнісний змієвиковий теплообмінник для підігріву води потужністю 100 кВт об'ємом 3 м<sup>3</sup>, причому нагрівана вода нагрівається від 10°C до 45°C, а грійна вода охолоджується від 50°C до 40°C.

В тепловому розрахунку було визначено необхідно площу поверхні нагріву теплообмінника, яка склала 15,4 м<sup>2</sup>. Для встановлення обрано два змієвики з діаметром 32/28 мм. Необхідна довжина змієвика склала 129 м.

В гідравлічному розрахунку визначено витрати тиску обох теплоносіїв в теплообміннику. Виявлено, що втрати тиску грійної води, що рухається в змійовику склали 29 кПа, а втратами тиску нагріваної води, що рухається в об'ємі баку, можна знехтувати.

В роботі розроблено технологію монтажу ємнісного теплообмінника потужністю 100 кВт. Визначено, що маса основного обладнання і матеріалів складає 305,652 кг, а допоміжного – 37,64 кг. Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах і механізмах. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 529,25 кг.

В підрозділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розроблені технічні рішення з пожежної безпеки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Тернопіль: Наукова думка, 2010. 295 с.
4. Степанов Д.В., Боднар Л.А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія. Вінниця. ВНТУ. 2011. 151 с.
5. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Будівельні конструкції*. 2017. № 1. С. 118-122.
6. 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.
7. 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.
8. Соломаха А. С., Серета В. В. Енергоефективні системи кондиціонування повітря. Навч. посіб. Київ: КПІ. 2020. 53 с.
9. Джеджула В.В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів. навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.
10. Дубровська В.В. Розрахунок системи кондиціонування. Навчальний посібник. Київ : КПІ. 2021. 56 с.

11. Геотермія для енергоефективного будівництва довготривале використання природних ресурсів. Київ : ТОВ «Рехау». 20 с.
12. Шилов Е.Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
13. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
14. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137с.
15. 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: 11.06.2023).
16. Technical characteristics of Dynaciat. URL: <https://intranet.ciat.com/fichiers/customtelechargement.php?f=10188iom112021dynaciatlgln.pdf> (дата звернення: 11.06.2023).
17. ДБН В.2.5-64:2012: Внутрішній водопровід та каналізація, URL:<http://images.mofcom.gov.cn/ua/201706/20170615150100003.pdf> (дата звернення: 11.06.2023)
18. ДСТУ 8943:2019 Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. Введ. 2021–01–01. Київ. : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 15 с.
19. 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.
20. Програма автоматичного підбору насосів Grundfos WinCAPS, URL:<http://ua.grundfos.com/business-> (дата звернення: 11.06.2023).
21. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
22. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2009. 135 с.

23. Пішенін В. О., Пішеніна Н. В. Основи конструювання: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2010. 87 с.
24. 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\\_2009/5-1-0-781](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-1-0-781) (дата звернення: 11.06.2023).
25. Kaimann – ізоляційні системи майбутнього. URL :<https://kaimann.com.ua/> (дата звернення: 11.06.2023).
26. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-remontno-budivelni-roboty/zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-№-15/> (дата звернення: 11.06.2023).
27. ДСТУ Б Д.2.2-26:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26) URL : [https://dnaop.com/html/61359/doc-ДСТУ\\_Б\\_Д.2.2-26\\_2016](https://dnaop.com/html/61359/doc-ДСТУ_Б_Д.2.2-26_2016) (дата звернення: 11.06.2023)
28. Характеристики Volkswagen Crafter. URL: [https://www.majorford.ru/commercial\\_cars/Volkswagen Crafter /tth/](https://www.majorford.ru/commercial_cars/Volkswagen_Crafter_/tth/). (дата звернення: 11.06.2023)
29. Зварювальний апарат інверторний EDON MMA-250E. URL :<https://specinstrument.ua/ru/katalog/elektro-instrumentyi/svarochnyij-apparatinvertornyj/svarochnyy-apparat-invertornyy-edon-mma-250e>. (дата звернення: 11.06.2023).
30. Перфоратор Makita HR 4003 С. [Електронний ресурс]. URL: <https://maklta.com.ua/makita-hr-4003-c> (дата звернення: 11.06.2023).
31. Насос для гідравлічної опресування системи KALDE VP-60 бар, 872psi. URL: <https://xn--d1absfibdw.xn--j1amh.ua/p169918129-nasos-dlyaopressovki.html>. (дата звернення: 11.06.2023).

32. Лебідка електрична ЛЭЦ–1,25–80. URL: <https://lebedka.ua/lebedki/lebedka-elektricheskaaya-les-1-25-80-m>. (дата звернення: 11.06.2023).
33. Візок гидравлічний ручний спеціальний  
URL:<http://rokla.com.ua/main.php?n1=4>. (дата звернення: 11.06.2023).
34. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>.  
(дата звернення: 11.06.2023).
35. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.  
– URL : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 11.06.2023).
36. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
37. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - URL:  
[http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885) (дата звернення: 11.06.2023)
38. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 11.06.2023)
39. 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](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення: 11.06.2023)

**ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3 Центр теплохолодопостачання

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unichesk**

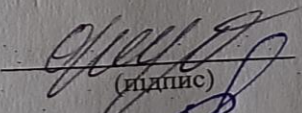
Оригінальність 73,1 Схожість 26,9

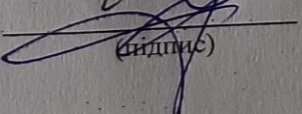
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи  Д'яченко П.О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Степанов Д.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)



ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри теплоенергетики

доц., к.т.н. Д.В. Степанов

03 \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

тема:

«Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолодопостачання»

Керівник к.т.н., доц.

Д. В. Степанов

(підпис)

Розробив студент гр. ТЕ-196

П.О. Дяченко

(підпис)

## 1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується джерела теплохолодопостачання житлової будівлі з використанням відновлюваного джерела енергії – теплоти ґрунту. Робота спрямована на зменшення використання викопних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище, впровадження відновлюваної енергетики в житлово-комунальному секторі, а саме використання теплоти ґрунту за допомогою теплових насосів для покриття потреб будівлі у теплоті для систем опалення та гарячого водопостачання. Енергетичний, економічний та екологічний ефект досягається за рахунок використання енергоефективного, економічного та екологічно чистого теплоенергетичного обладнання для теплопостачання будівлі.

## 2 Мета та призначення розробки

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

## 3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є геометричні характеристики будівлі, режимні параметри роботи системи опалення, охолодження та гарячого водопостачання, а також нормативні дані по кліматології, нормативи по трубопроводах, теплоізоляції, допоміжному обладнанню, технології монтажу, інші дані наведені в теплоенергетичних джерелах::

1. 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.
2. 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: 11.06.2023).
3. Степанов Д.В., Богомаз В. О. Ефективність теплопостачання навчального корпусу від електростанції. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. Вінниця. №2. 2017. С.86-90.

4. Степанов Д.В., Степанова Н.Д., Гайдейчук О.А. Акумулявання теплоти в схемі ефективної системи теплохолодопостачання. Наукові праці ВНТУ. Вінниця, 2015. №2.

#### 4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 67 від 20.03.2023 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей даної будівлі, температурних режимів її роботи та можливостей впровадження реверсивних теплонасосних установок для опалення, охолодження та гарячого водопостачання. Це дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище.

#### 5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення систем опалення та гарячого водопостачання теплотою з визначеними параметрами: потужністю, витратою, температурою, тиском.

5.2 Забезпечення теплонасосних установок лініями циркуляції від ґрунтових теплообмінників.

5.3 Застосування для вироблення теплової енергії відновлюваної низькотемпературної теплоти ґрунту.

5.4 Розробити техніко-економічне обґрунтування вибору джерела енергії для теплопостачання, використовуючи дані про сучасні технології теплопостачання та обладнання, спроектувати вискоелективний акумуляторний ємкісний теплообмінник для підготовки гарячого водопостачання.

5.5 Розроблення елементів документації для монтажу теплообмінника потужністю 32 кВт для системи гарячого водопостачання

## 6 Економічні показники

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

## 7 Заходи з енергозбереження

7.1 На трубопроводах системи опалення, холодного і гарячого водопостачання та підживлення необхідно встановити лічильники води та теплової енергії.

7.2 Необхідно виконати теплоізоляцію всіх трубопроводів центру згідно вимог нормативних документів.

7.3 Використовувати автоматичне регулювання головних параметрів роботи системи, а саме відпуск теплоти на опалення та гаряче водопостачання, підтримання визначеного температурного режиму теплової мережі із погодним центральним якісним регулюванням.

7.4 Організувати роботу теплових насосів з максимально можливим коефіцієнтом перетворення та сезонним коефіцієнтом енергоефективності SEER, зменшеним охолодженням ґрунту та мінімальними викидами в атмосферу шкідливих речовин.

7.5 Використовувати насосне обладнання з регулюванням кількості обертів

## 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.

## 9 Вимоги з надійності

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

## 10 Стадії і етапи розробки

- аналітичний огляд літературної та патентної інформації щодо методів та обладнання для теплохолодопостачання житлових будівель;
- обґрунтування вибору джерела енергії для забезпечення будівлі теплотою та холодом;
- розробка теплової схеми центру теплохолодопостачання будівлі;
- розробка ємкісного теплообмінника;
- розробка технології монтажу теплообмінника потужністю 100 кВт;
- розробка заходів з охорони праці;
- перевірка на плагіат. Нормоконтроль.

## 11 Порядок контролю і прийому розробки

Контроль за виконанням розробки здійснює дипломний керівник відповідно встановленим термінам. Прийом розробки відбувається на попередньому і заключному етапах захисту за участі екзаменаційної комісії.

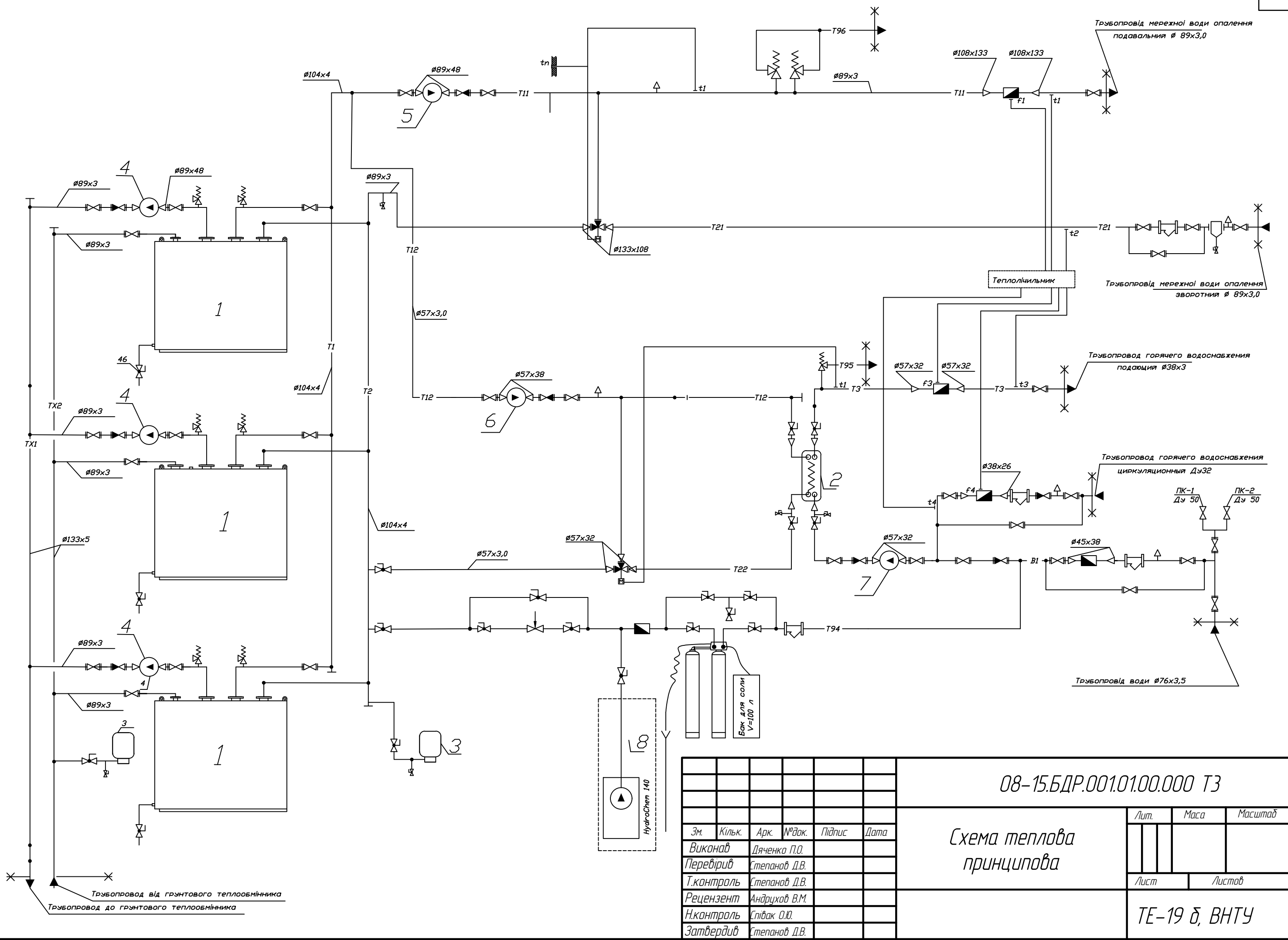
## ДОДАТОК В (обов'язковий)

### ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

«Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця.

Частина 3. Центр теплохолодопостачання»

Погоджено:  
Замість Інв. П  
Підпис і дата  
Інв. П ориг.



Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Дяченко П.О.	
Перевірив				Степанов Д.В.	
Т.контроль				Степанов Д.В.	
Рецензент				Андрюхов В.М.	
Н.контроль				Слівак О.Ю.	
Затвердив				Степанов Д.В.	

08-15.БДР.001.01.00.000 Т3

Схема теплова  
принципова

Лист	Маса	Масштаб
Лист	Листов	

ТЕ-19 δ, ВНТУ

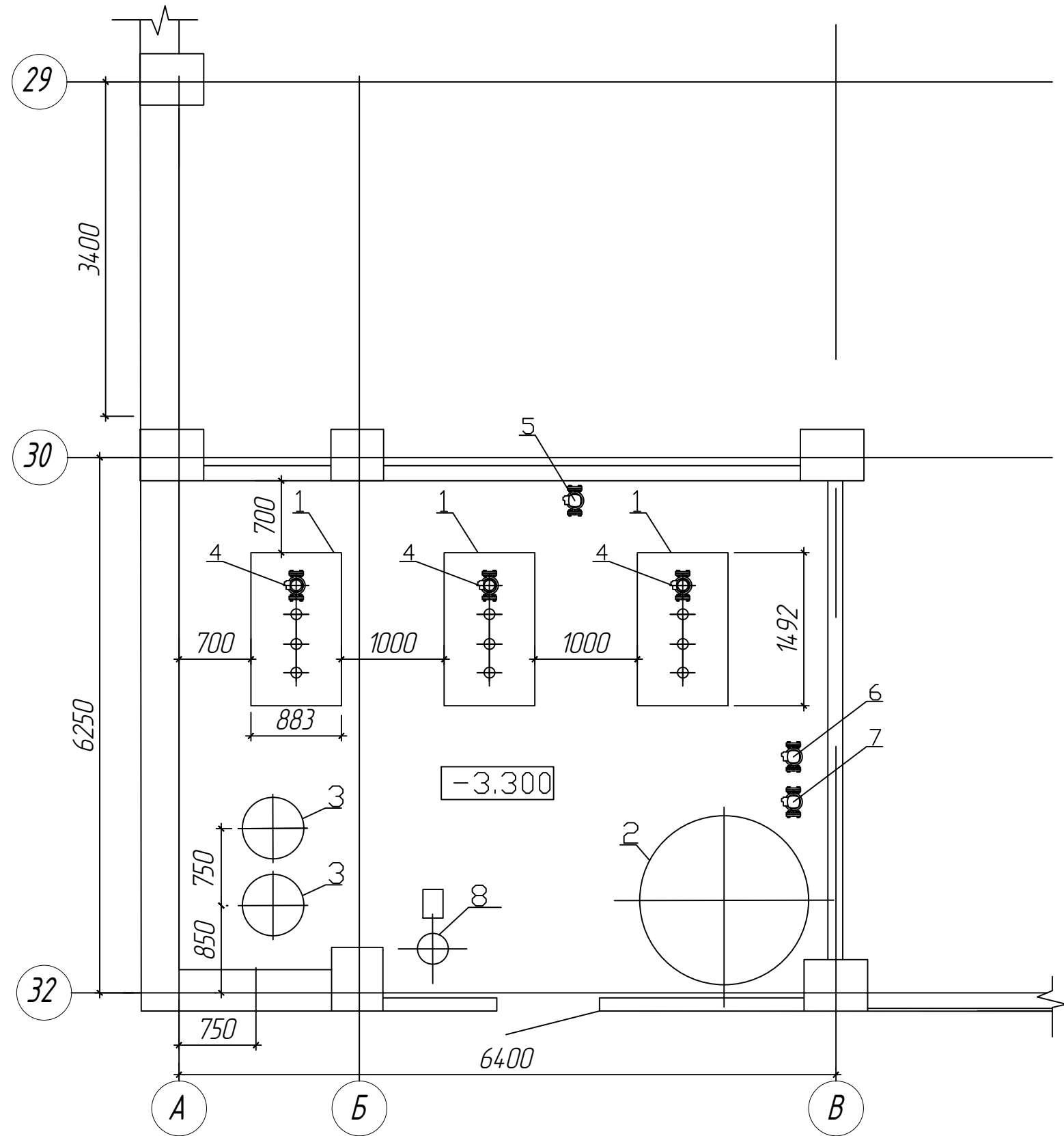
Позна- чення	Найменування	Кільк.	Прим.
	Обладнання		
1	Реверсивний ціллер Dynaciat LGP V350	3	
2	Теплообмінник для ГВП	1	
3	Розширювальний бак 200 л	2	
4	Насос циркул. Grundfoss Magna3 40-100	3	
5	Насос циркул. Grundfoss Magna3 40-150	1	
6	Насос циркул. Grundfoss Magna3 32-60	1	
7	Насос рециркул. Grundfoss UPS 25-40 N	1	
8	Установка пом'якшення води STF 1354-5000	1	

Погоджено:		
Замість Інв. Н		
Підпис і дата		

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Дяченко П.О.	
Перевірив				Степанов Д.В.	
Рецензент				Андрухов В.М.	
Н. контроль				Єлівак О.Ю.	
Затвердив				Степанов Д.В.	

08-11.БДР.001.01.00.000					
Схема теплова принципова					
	Лист	Лист	Листів		
		1	1		
	ТЄ-198, ВНТУ				





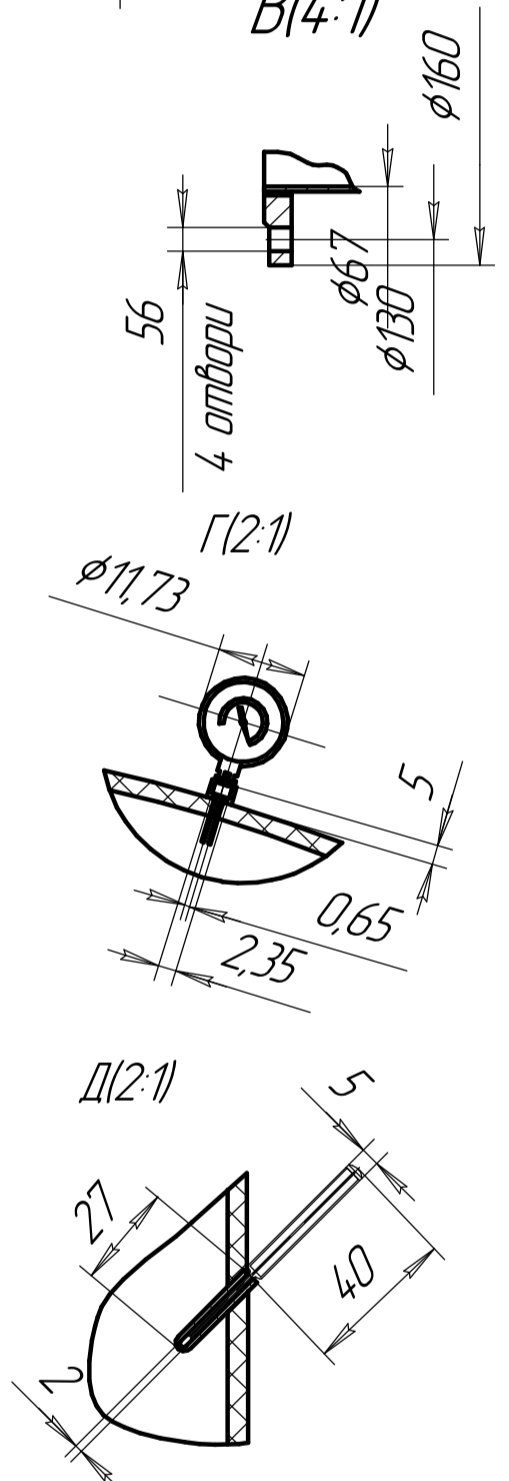
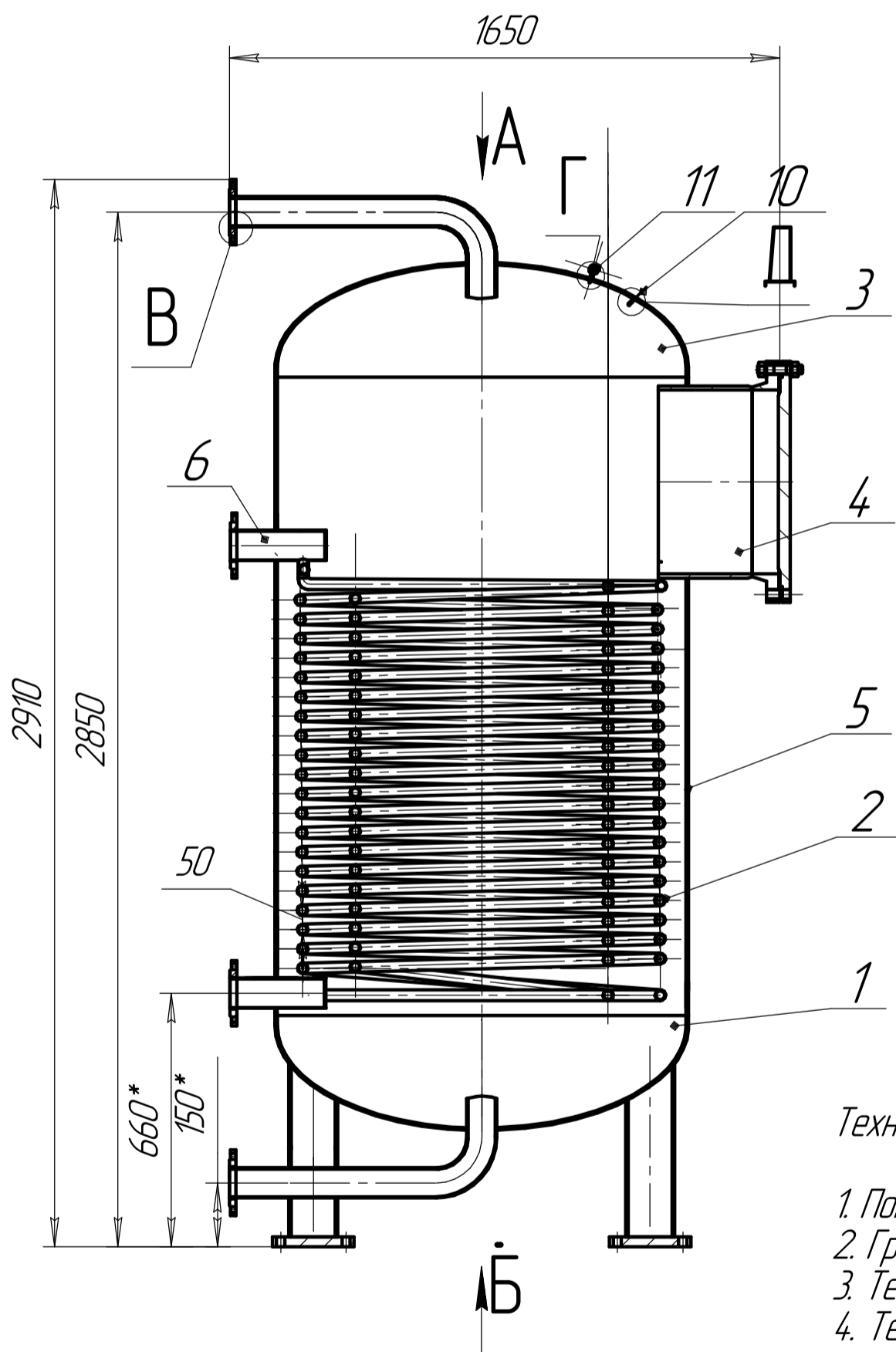
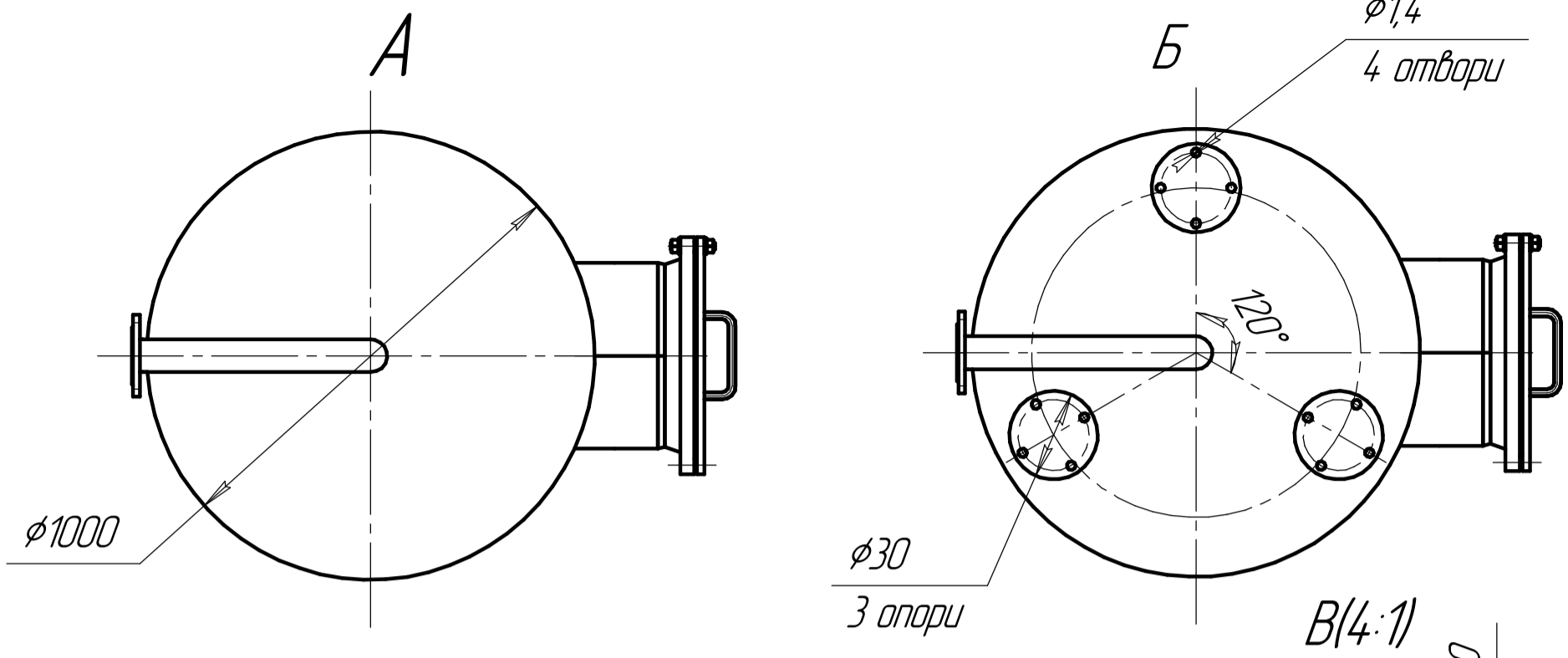
Експлікація обладнання

Позначення	Найменування	Кіль.	Прим.
1	Реверсивний чилер Dynaciat LGP V350	3	
2	Теплообмінник для ГВП	1	
3	Розширювальний бак 200 л	2	
4	Насос циркул. Grundfoss Magna3 40-100	3	
5	Насос циркул. Grundfoss Magna3 40-150	1	
6	Насос циркул. Grundfoss Magna3 32-60	1	
7	Насос рециркул. Grundfoss UPS 25-40 N	1	
8	Установка пом'якшення води STF 1354-5000	1	

Погоджено:	
Замість Інв. N	
Підпис і дата	
Інв. N ориг.	

						08-15.БДР.001.02.00.000 AP			
						м. Вінниця			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолододопостачання»	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав	Дяченко П.О.							1	
Перевірив	Степанов Д.В.								
Т.контроль	Степанов Д.В.								
Рецензент	Андрухов В.М.								
Н.контроль	Співак О.Ю.					План з розташуванням обладнання		ТЕ-19 д, ВНТУ	
Затвердив	Степанов Д.В.								

08-15.БДР.001.03.00.000 СК



Технічні характеристики:

1. Потужність змійовиків 100 кВт.
2. Грієне та нагріване середовище – вода.
3. Температура грієної води 50/40 С.
4. Температура нагріваної води 10/45 С.

\*Розмір для довідок

- Технічні вимоги:
1. Зварювання виконати по місцях прилягання деталей швами згідно ГОСТ 14.806-80
  2. Катет шва призначати за меншою товщиною деталей, які з'єднуються.
  3. Зовнішні поверхні зварювальних швів зачистити із плавним переходом до основного металу.
  4. Перевірка на герметичність.
  5. Протікання теплоносія недопустимо.

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Дяченко П.О.		
Пров.		Степанов Д.В.		
Т.контр.		Степанов Д.В.		
Рецензент		Андрухов В.М.		
Н.контр.		Сівак О.Ю.		
Утв.		Степанов Д.В.		

08-15.БДР.001.03.00.000 СК

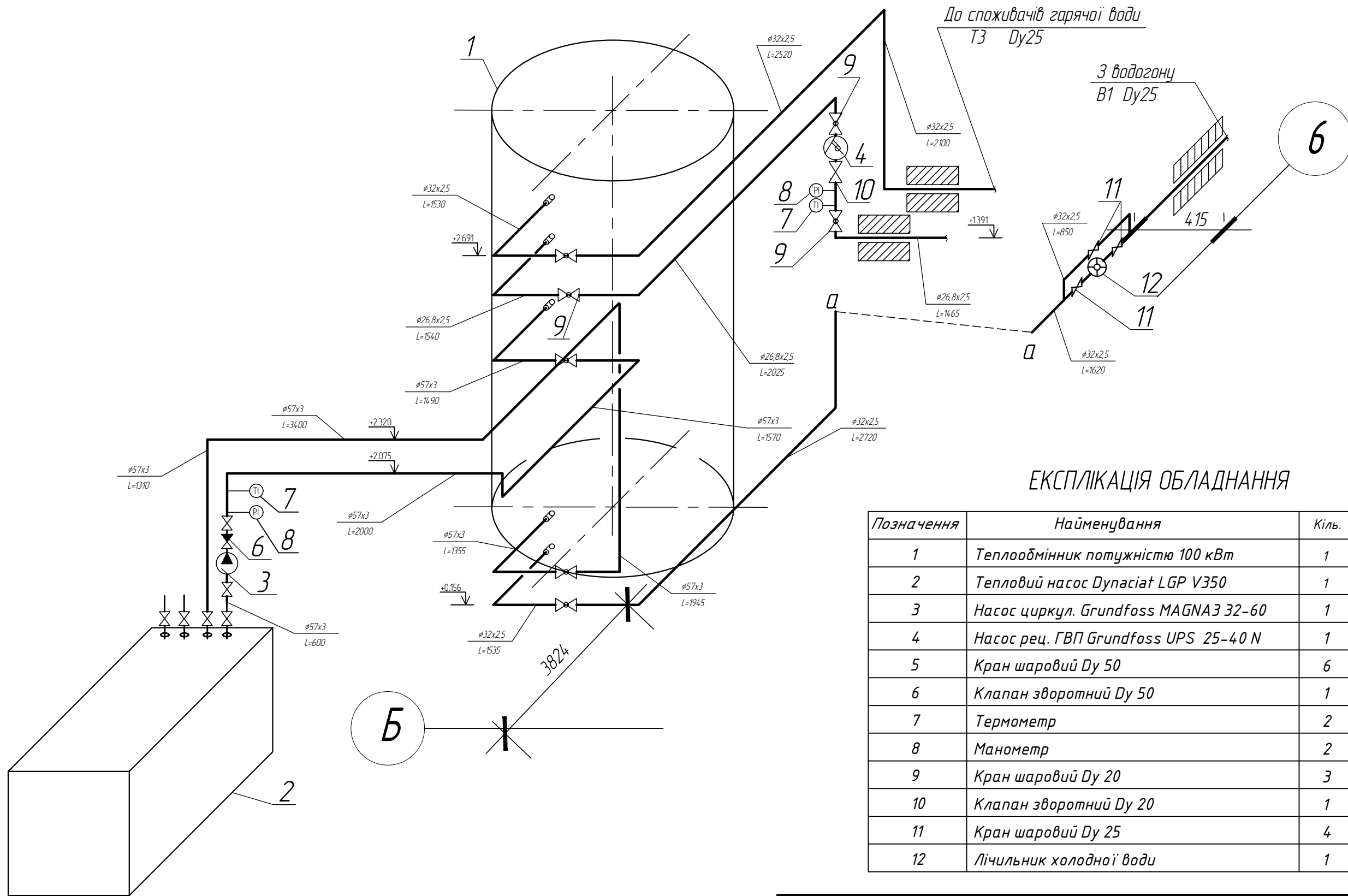
Теплообмінник  
ємкісний змійовиковий  
Складальне креслення

Лист	Масса	Масштаб
		1:15
Лист	Листов	1

ст.гр. ТЕ-198

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инд. № дробл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A3			08-15.БДР.001.03.00.000 СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	08-15.БДР.001.03.01.000	Днище еліптичне	1	
		2	08-15.БДР.001.03.02.000	Зміювик	2	
		3	08-15.БДР.001.03.03.000	Кришка еліптична	1	
		4	08-15.БДР.001.03.04.000	Лаз	1	
		5	08-15.БДР.001.03.05.000	Обчайка	1	
		6	08-15.БДР.001.03.06.000	Патрубок	2	
				Стандартні вироби		
		7		Гайка М20×2,5 ГОСТ 26-2041-96	40	
		8		Шайба 20 ГОСТ 26-2042-96	40	
		9		Шпилька М20×110 ГОСТ 26-2040-96	20	
		10		Термометр ГОСТ 2823-73	1	
		11		Манометр ГОСТ 8625-77	1	
			<b>08-15.БДР.001.03.00.000</b>			
			<b>Теплообмінник</b>			
			<b>ємнісний зміювиковий</b>			
			<b>зр. ТЕ-198</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Д'яченко П.О.				Лит.	Лист
Пров.	Степанов Д.В.					Листов
Рецензент	Андрухов В.М.					
Н.контр.	Слівак О.Ю.					
Утв.	Степанов Д.В.					



### ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позначення	Найменування	Кіль.	Прим.
1	Теплообмінник потужністю 100 кВт	1	
2	Тепловий насос Dypaciat LGP V350	1	не монтується
3	Насос циркул. Grundfoss MAGNA3 32-60	1	
4	Насос рец. ГВП Grundfoss UPS 25-40 N	1	
5	Кран шаровий Ду 50	6	
6	Клапан зворотний Ду 50	1	
7	Термометр	2	
8	Манометр	2	
9	Кран шаровий Ду 20	3	
10	Клапан зворотний Ду 20	1	
11	Кран шаровий Ду 25	4	
12	Лічильник холодної води	1	

08-15.БДР.001.04.00.000 Г5

м. Вінниця

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Виконав				Дяченко П.О.		Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з підземним паркінгом та вбудованими громадськими приміщеннями в місті Вінниця. Частина 3. Центр теплохолодопостачання	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив				Степанов Д.В.			1	1	
Т.контроль				Степанов Д.В.					
Рецензент				Андрухов В.М.					
Н.контроль				Слівак О.Ю.					
Затвердив				Степанов Д.В.		Схема монтажна аксонометрична	ВНТУ, гр. ТЕ-198		

Погоджено:

Замість Інв. Н

Підпис і дата

Інв. Н орг.