

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри)

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Ефективність теплонасосної установки  
для теплохолодопостачання адміністративної будівлі»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-20м  
спеціальності 144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Дудник І.Ю.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Опонент Сердюк В.Р.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання  
Кафедра теплоенергетики  
Рівень вищої освіти II (магістерський)  
Галузь знань 14 – електрична інженерія  
Спеціальність 144 - теплоенергетика  
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ТЕ**  
\_\_\_\_\_ Дмитро СТЕПАНОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **З А В Д А Н Н Я** **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

### **ДУДНИКУ ІВАНУ ЮРІЙОВИЧУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Ефективність теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,  
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2021 р. № 277.

2. Строк подання студентом роботи 14 грудня 2021 року.

3. Вихідні дані до роботи: кондиціонована площа 1013,6 м<sup>2</sup>, внутрішня температура в режимі опалення 18°C, в режимі охолодження 24°C, джерело теплохолодопостачання – тепловий пункт з двома тепловими насосами «повітря вода» Dimplex LA 60 TUR+

4. Зміст текстової частини: характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації, дослідження показників енергоспоживання будівлі за умов впровадження енергозберіжних заходів, технологія монтажу обладнання теплового пункту з теплонасосними установками, охорона праці, економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) план будівлі з розташуванням обладнання для теплохолодопостачання, аксонометрична схема системи теплохолодопостачання будівлі, математична модель для дослідження енергоспоживання будівлі, результати дослідження енергоспоживання системи охолодження будівлі, результати дослідження впливу енергозберіжних заходів на енергоспоживання системи охолодження будівлі, розробка теплової схеми експериментального стенда для дослідження показників теплового насосу, план і розріз теплового пункту, аксонометрична монтажна схема, календарний план виконання монтажних робіт, економічні показники

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Кобилянська І.М. доц. каф. БЖДПБ		
ЕЧ	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА		

## 7. Дата видачі завдання

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
<b>1</b>	Характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації	25.09.2021 – 10.10.2021	
<b>2</b>	Дослідження показників енергоспоживання будівлі за умов впровадження енергозберіжних заходів	11.10.2021 – 01.11.2021	
<b>3</b>	Технологія монтажу обладнання тепlopункту з теплонасосними установками	02.11.2021 – 18.11.2021	
<b>4</b>	Охорона праці	19.11.2021 – 27.11.2021	
<b>5</b>	Економічна частина	28.11.2021 – 3.12.2021	
<b>6</b>	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	04.12.2021 – 14.12.2021	

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

Дудник І.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Степанов Д.В.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.577.6

Дудник І. Ю. Ефективність теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2021. 116 с. На укр. мові. Бібліогр.: 64 назв; рис.: 5; табл. 16.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються забезпечення адміністративної будівлі теплотою та холодом з високою енергоефективністю шляхом дослідження та впровадження теплонасосних технологій теплохолодопостачання.

В роботі проведено аналіз літературної та патентної інформації з енергоефективних екологічно чистих технологій зменшення енергоспоживання громадських будівель, розроблено математичну модель для дослідження показників енергоспоживання будівлі в режимі опалення та охолодження, запропоновано схему експериментального стенду для дослідження показників теплового насосу, розроблено технологію монтажу теплового пункту з теплонасосними установками, виконано розробку кошторису та економічних показників теплового пункту, розроблено заходи з охорони праці.

Графічна частина складається з 10 аркушів.

Ключові слова: теплохолодопостачання, енергоспоживання, теплонасосна установка, енергоефективність, будівля

## ABSTRACT

Dudnyk I. Yu. Efficiency of heat pump installation for heat and cold supply of an administrative building. Vinnytsia: VNTU, 2021. 116 p. In Ukrainian language. Bibliographer: 64 titles; fig .: 5; table 16.

This master's qualification work considers the provision of the office building with heat and cold with high energy efficiency through research and implementation of heat pump technologies for heat and cold supply.

The analysis of literature and patent information on energy efficient environmentally friendly technologies to reduce energy consumption of public buildings, developed a mathematical model to study the energy consumption of the building in heating and cooling, proposed a scheme of an experimental stand to study heat pump performance, developed technology installation , developed an estimate and economic indicators of the heating station, developed measures for labor protection.

The graphic part consists of 10 sheets.

Keywords: heat and cold supply, energy consumption, heat pump installation, energy efficiency, building

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	7
1.1 Характеристика системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі .....	7
1.2 Методи оцінювання енергоефективності будівель .....	10
1.3 Джерела енергії для теплохолодопостачання будівель .....	12
1.4 Теплонасосні установки для підігріву води в в басейнах.....	14
1.5 Експериментальні стенди для дослідження показників роботи теплових насосів.....	16
1.6 Висновки до розділу 1 .....	19
<b>2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЗА УМОВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ</b> .....	21
2.1 Розробка математичної моделі показників системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі.....	21
2.2 Розрахунок енергоспоживання на охолодження будівлі.....	32
2.3 Дослідження впливу енергоефективних заходів на зменшення енергоспоживання системи охолодження.....	43
2.4 Дослідження впливу джерела теплопостачання будівлі на рівень її енергоспоживання та клас енергоефективності .....	45
2.5 Розробка теплової схеми експериментального стенду для дослідження показників роботи теплонасосної установки.....	48
2.6 Висновки до розділу 2 .....	49
<b>3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ З ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ</b> .....	51
3.1 Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали .....	51
3.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	60
3.3 Вибір метода виконання робіт, машин і механізмів. Витрати енергоресурсів.....	63
3.4 Визначення трудомісткості та складу ланок для виконання монтажних робіт.....	69
3.5 Висновки до розділу 3 .....	75

<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	77
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	78
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу інженерного обладнання .....	78
4.1.2 Електробезпека .....	83
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	84
4.3 Висновки до розділу 4 .....	91
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	92
5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання .....	92
5.2 Загальні витрати інноваційного проекту .....	97
5.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту .....	98
5.4 Висновки до розділу 5 .....	100
ВИСНОВКИ.....	101
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	104
ДОДАТОК А.....	110

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останніми роками на перше місце виходить проблема забезпечення промисловості та житлово-комунального сектора енергією з максимальною екологічною економічною та енергетичною ефективністю.

В зв'язку із збільшенням попиту і зменшенням пропозиції на викопні палива їх ціна та споживання стрімко зростають і будуть зростати в майбутньому. Світова спільнота взяла на себе зобов'язання зменшити до 2050 року кількість парникових газів на 30%.

Для зменшення техногенного навантаження від енергетичних систем в навколишнє середовище прийнято рішення активно розвивати відновлювані джерела енергії паралельно із розвитком місцевих палив, використанням біомаси та біогазу з органічних відходів.

Одною з енергоефективних, екологічно чистих та простих в експлуатації технологій використання відновлюваної енергії є теплонасосні установки. Додатковою їх перевагою є можливість роботи в реверсивному режимі для вироблення теплоти в холодний період та холоду в теплий період року. Тому тема роботи є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дана робота виконується у відповідності із кафедральною науково-дослідною держбюджетною роботою 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».



**Метою роботи** є зменшення споживання викопних палив та техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом розробки енергоефективної системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

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

- аналітичний огляд літературної та патентної інформації щодо енергоефективних заходів для зменшення енергоспоживання громадських будівель;
- розробка математичної моделі для виконання досліджень показників енергоспоживання будівлі;
- дослідження показників енергоспоживання будівлі за умов впровадження енергозберіжних заходів;
- розробка теплової схеми експериментального стенду для дослідження показників роботи теплового насоса «повітря-вода»;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту з теплонасосними установками;
- розробка економічних показників теплового пункту з теплонасосними установками;
- розробка заходів з охорони праці.

### **Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

### **Предмет дослідження**

Предметом дослідження є ефективність теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

### **Методи дослідження**

Для виконання роботи використовуються методи математичного моделювання, методи аналізу та синтезу холодильних та теплоенергетичних систем, методи оцінки енергоефективності будівлі.

### **Новизна отриманих результатів**

– Отримали подальший розвиток методи підвищення енергоефективності систем теплохолодопостачання будівель шляхом встановлення реверсивних теплових насосів.

– З використанням розробленої математичної моделі досліджено та проаналізовано вплив енергозбережних заходів на енергоспоживання системи охолодження адміністративної будівлі.

### **Апробація роботи**

Основні матеріали роботи були представлені та обговоренні на науково-технічній конференції ФБТЕГП ВНТУ 2021 р., на Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві» 2020 р., на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» 2021 р., Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці 2022».

### **Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.**

Результати роботи опубліковані у 3 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1 - 3].

### **Структура та обсяг роботи**

Магістерська робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та технічного завдання. Загальний об'єм роботи 116 сторінок. Містить ілюстрації, графічні залежності, креслення.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1 Характеристика системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі

Система холодопостачання адміністративної будівлі Херсонського аеропорту цивільної авіації забезпечує комфортні умови в приміщеннях. Система холодопостачання розроблена згідно завдання на проектування, архітектурних будівельних креслень, а також вимог нормативних документів:

- ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування";
- ДБН В.2.2-28:2010 "Будинки адміністративного та побутового призначення"
- СН 512-78 "Інструкція по проектуванню будівель та приміщень для ЕОМ".

Проектом передбачено енергопостачання запроектованих систем опалення, вентиляції та кондиціонування від установок реверсивних теплових насосів.

Теплові насоси типу "повітря-вода" високоефективно та продуктивно використовують безкоштовну екологічно безпечну енергію зовнішнього повітря при температурах від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  та мають надзвичайно низькі експлуатаційні затрати. Реверсивні теплові насоси працюють в режимі нагрівання та охолодження і виконують наступні завдання:

- в теплий період року
  - забезпечення холодоносієм (вода з параметрами  $7/12^{\circ}\text{C}$ ) фанкойлів;
- в холодний період року
  - теплопостачання теплообмінників вентиляційних установок;
  - забезпечення теплоносієм (вода з параметрами  $45/40^{\circ}\text{C}$ ) фанкойлів

Детальніші рішення щодо проектування установок теплових насосів описані нижче.

Для підтримання в приміщеннях будівлі оптимальних параметрів мікроклімату запроектовано встановлення двотрубних фанкойлів. В холодний період року при значних тепловтратах приміщень вони виконують функцію приладів опалення, в теплий період року при значних теплонадходженнях від сонячної радіації охолоджують приміщення.

Фанкойли прийняті підлогового виконання, встановлюються вертикально під вікнами або вздовж зовнішніх стін.

Гідравлічні контури системи охолодження двотрубні тупикові. Двоповерхова частина будівлі та частина будівлі з 3-го по-6-й поверх мають відокремлені гідравлічні контури. Обладнання та арматура для управління контурами знаходиться на розподільчому колекторі в тепловому пункті (приміщення 224).

Трубопроводи системи охолодження виконуються багат шаровими трубами «Kan-therm» (Польща). Трубопроводи прокладаються в конструкції підлоги і підлягають ізоляції. На підведеннях до фанкойлів встановлюються 2-х або 3-ходові регульовальні вентилі з приводом.

Випуск повітря з системи здійснюється автоматичними розповітрявачами, що розташовані у верхніх точках системи, крім того установки фанкойлів в своїй конструкції мають кран для спуску повітря. Спуск води запроектований через кульові крани, розташовані в нижніх точках системи. Запроектовано систему відведення конденсату при роботі фанкойлів на охолодження. Мережа конденсатопроводів запроектована самоплинна з нахилом. Мережа трубопроводів системи КЗ під'єднується до загальної системи каналізації.

Монтаж системи проводиться згідно нормативних документів та рекомендацій виробників матеріалів та обладнання. Втрати теплоти розраховані для кожного приміщення, яке має вікна чи двері в огорожуючих конструкціях, виходячи з необхідності забезпечення підігріву опалювальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного

повітрообміну. Гаряче водопостачання кухні та душових передбачається автономними внутрішніми установками теплових насосів.

В приміщеннях ЛАЗ КДП та АДВ запроектовано систему прецизійного кондиціонування. Запроектовано встановлення автономних прецизійних кондиціонерів Montair для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату. Передбачено 100% резервування установок кондиціонування.

Для забезпечення будівлі КДП холодом в теплий період року проектом передбачається встановлення двох теплових реверсивних насосів типу "повітря-вода" LA 60TUR+ виробництва Dimplex (Німеччина). Теплові насоси розміщуються на даху двоповерхової частини будівлі. У приміщенні теплового пункту встановлюються також буферний накопичувач, водопідігрівач непрямого нагріву з додатковим електронагрівачем, насос контуру теплових насосів, насос контуру ГВП, насос рециркуляції, насос контуру тепло-/холодопостачання фанкойлів, насос контуру теплопостачання вентустановок, компенсатори об'єму води та інше допоміжне обладнання.

Холодоносій з теплових насосів подається на розподільчий колектор в тепловому пункті. Далі через насоси контуру холодопостачання фанкойлів подається до споживача. На трубопроводах прямої мережної води від кожного теплового насосу та на розподільчому колекторі встановлюються запобіжні клапани, призначені для захисту обладнання від недопустимого підвищення тиску. Реверсивний контур охолодження теплового насосу містить в своїй конструкції додатковий теплообмінник для забезпечення більш високих температур гарячої води в режимі опалення та для використання вихідного тепла в режимі охолодження. Теплоносій від додаткового теплообмінника теплового насосу надходить до водопідігрівача. При недостатній потужності для покриття пікового навантаження на ГВП в водопідігрівачі передбачається електронагрівач.

Для надійного захисту теплового насосу від замерзання необхідно забезпечити безперебійне електропостачання теплових насосів. Компенсація

температурного розширення теплоносія здійснюється через запроектовані розширювальні баки. Для наповнення системи водою та подальшого підживлення проектом передбачається система пом'якшення води за допомогою установки пом'якшення НЕН-9 виробництва Grunbeck (Німеччина).

Обслуговування та ремонтно-профілактичні роботи в тепловому пункті має право виконувати персонал, який пройшов інструктаж по використанню даного обладнання.

## 1.2 Методи оцінювання енергоефективності будівель

Енергоефективність різних будівель в Україні суттєво менша, ніж у країнах Європи. Наприклад, у ФРН в середньому на 1 м<sup>2</sup> житлової площі будівель використовується не більше 90 кВт·год на рік. В той же час в Україні такий показник перевищує 300 кВт·год на рік. Нераціональне використання паливних енергоресурсів призводить до перевитрати коштів на комунальні послуги. Останнім часом запроваджені кілька інструментів для впровадження енергоефективних заходів для зменшення енергоспоживання будівель [4].

Згідно нових законодавчих норм величина енергоефективності будівель в Україні визначається за відповідними класами – від А до G, при цьому нові житлові будинки повинні мати клас енергоефективності не нижче ніж С. Підвищення вимог щодо енергоефективності будівель може незначно вплинути на собівартість квадратного метра житла в зв'язку із додатковими витратами на утеплення та реконструкцію систем опалення та вентиляції. Проте надалі мешканці зможуть економити теплову енергію та холод в будинках, що відповідатимуть новим вимогам енергоефективності, при цьому оплата комунальних послуг буде на 15 - 50% менша, ніж у інших.

Закон «Про енергетичну ефективність будівель» [5] встановлює перелік тих об'єктів, які підлягають обов'язковому енергоаудиту та отриманню сертифікату енергоефективності: всі нові багатоквартирні будинки; будинки, що здаються в оренду більш ніж на 1 рік; будівлі з загальною площею понад 250 квадратних метрів з значною кількістю відвідувачів; будівлі, в яких розташовані державні та муніципальні установи; житлові будинки, для яких проводитимуть енергомодернізацію з державним фінансуванням; об'єкти, виставлені для укладання ЕСКО-контракту.

Основні показники будівлі, а також її клас енергоефективності, визначені внаслідок енергоаудиту, вказують у енергетичному сертифікаті. Виписка з цього сертифіката розміщується для ознайомлення у доступному місці. Енергетичний сертифікат будівлі діє протягом 10 років за умови, що будівля не проходить за цей період енергомодернізацію – утеплення, реконструкцію системи опалення тощо.

Автором [6] описані методики визначення енергопотреби будівлі та перерахунку кліматичних даних для тих параметрів, які враховуються у математичних моделях. Енергопотреба може визначатися на основі стаціонарних (для річних інтервалів), квазістаціонарних (щомісячних інтервалів) та більш динамічних (погодинних інтервалів) методів. Також автором проаналізовано вплив різних кліматичних баз даних. В роботі розглянуто кліматичні дані для обох температурних зон України.

Крім того, автором [6] виконано порівняння результатів за динамічним методом та квазістаціонарним за ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Відмінність до 15-25% для опалення та 20-30% для охолодження.

Енергоспоживання будівель визначається за одним з двох шляхів:

- 1) за допомогою розрахункового методу;
- 2) використовуючи дані фактичного енергоспоживання будівлі, які визначаються за показниками теплотічильників або інших приладів обліку.

Розрахунковий метод оцінювання використовується для будівель, які є новобудовами або підлягають реконструкції або термомодернізації чи капітальному ремонту . Такі розрахунки можуть проводитись на основі архітектурних креслень, проектній документації щодо інженерних мереж тощо [7].

Для існуючих будівель є можливість оцінити фактичне теплоспоживання. Але бажано мати дані за кілька років. За наявності проектної документації є можливість порівняти розрахунковий метод і фактичні показники. Тому ці два методи переважно комбінуються.

Метод оцінки за фактичними показниками теж має свої недоліки. В реальних умовах можливі недотопи, перетопи, зупинка лічильника на ремонт, повірку тощо. Це може призвести до значних похибок у визначенні енергоспоживання [8].

Для визначення класу енергоефективності будівлі треба враховувати не тільки витрати на процес опалення, але й охолодження, вентиляцію, гаряче водопостачання.

Слід зауважити що при проектуванні будівель є вимога забезпечення класу не нижче "С". Це відповідає нормативним опорам зовнішніх огорожувальних конструкцій [9].

### 1.3 Джерела енергії для теплохолодопостачання будівель

Авторами [10] запропоновано систему тепlopостачання будинку, яка побудована на основі геліоустановки та теплового насоса, при цьому містить контури теплового насоса, контури сонячних колекторів, контури опалювальних приладів, на яких було встановлено теплообмінне обладнання, а також 2 баки-акумулятори, крім того циркуляційні насоси, запірні арматура, контрольно-вимірювальні пристрої, система має автоматичну систему підживлення всіх контурів опалювальних приладів та теплового



насоса, контури гарячого та холодного водопостачання з баком-акумулятором, і між тепловим насосом та його баком-акумулятором системи опалення встановлено додатково контур резервування та покриття всіх пікових теплових навантажень, що включає електричний та твердопаливний водогрійні котли. Тепловий насос приєднаний до 4 додаткових багатходових теплообмінників, в ґрунтовому 40 масиві та у водозабірній свердловині, і 4 теплообмінника в контурі опалювальних приладів.

Перевагою такої системи є можливість повністю автономної роботи по теплоті, але недоїлком є велика складність системи і необхідність її детальної автоматизації.

Автори [11] розробили триконтурний теплообмінник змієвикового типу для систем опалення та гарячого водопостачання від альтернативного джерела теплоти. Його особливістю є те, що триконтурний теплообмінник змієвикового типу поміщений в акумулюючу ємність гарячої води і з'єднаний з нею через теплообмінну ємність-змійовик третього контуру і розбірний фланець. Перевагою даної системи є зменшення займаної площі, металоємності, забезпечення розбірності контурів системи опалення та гарячого водопостачання і підвищення коефіцієнтів теплопередачі своїх контурів. Дана система працює на основі використання теплоти геотермальних джерел з температурою біля 200°C. Для інших варіантів підведеної теплоти така система на нашу думку не буде забезпечувати високої енергетичної та екологічної ефективності.

В [12] запропоноване джерело для системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, що базується на зворотних термодинамічних циклах і який функціонує за такою схемою: тепловий двигун, використовуючи теплоту високого потенціалу, виділяє викидну теплоту середнього потенціалу, при цьому виробляє механічну роботу, яка використовується в тепловому насосі для перенесення теплової енергії з низького теплового рівня на середній. Для вироблення холоду така система є

менш ефективною. Даним винаходом пропонується змінити порядок вилучення енергії з низькотемпературних джерел теплоти, на першому етапі якого забезпечується вилучення енергії робочого тіла двигуна, а наступним - перетворення її частини в дану механічну енергію і передача енергетичної частки теплоти (тобто тієї частки, яку немає можливості перетворити в роботу) на вищий температурний рівень теплового насосу. Такий порядок дозволяє: підвищити холодильний та опалювальний коефіцієнти теплового насосу; зменшити питому капіталоємність; розширити температурний діапазон роботи та підвищити автономність функціонування.

Такий варіант технічного рішення має ряд переваг. Але на нашу думку для досліджуваного об'єкту використання теплового двигуна та теплового насосу в одній системі не є фінансово доцільним. Крім того виникають ряд проблем із шумом, вібрацією тощо.

Натомість використання теплового насосу на нашу думку має ряд переваг в порівнянні з варіантами спалювання традиційних викопних енергоресурсів.

Автор [13] запропонував технічне рішення на основі теплового насосу, який може працювати з відкритими джерелами низькотемпературної теплоти без можливості їх замерзання у випарнику теплового насосу. Такий ефект досягається встановленням теплообмінника та додаткового баку з антифризом між тепловим насосом та джерелом низькотемпературної теплоти. Акумулятор антифризу підключений між тепловим насосом та теплообмінником у напрямку руху антифризу від теплового насоса до теплообмінника.

#### 1.4 Теплонасосні установки для підігріву води в басейнах

Одним з ключових споживачів енергоресурсів в Україні є житлово-комунальний сектор. Пошук і впровадження енергоефективних рішень для тепlopостачання об'єктів невеликої потужності дозволить значно знизити

навантаження на енергосистему України та скоротити техногенне навантаження на навколишнє середовище. Одним з напрямів підвищення енергоефективності в житлово-комунальному секторі є впровадження теплонасосних технологій, що використовують теплоту ґрунту, стічних вод, витяжного повітря та атмосферного повітря [14].

Відомо, що ґрунтові теплонасосні системи відрізняються рівномірною сезонною ефективністю, але вимагають значних інвестицій у влаштування вертикальних або горизонтальних ґрунтових теплообмінників.

Обладнання, що використовує енергію стічних вод та витяжного повітря значно ускладнює системи водо- та повітровідведення, вимагає доочищення теплоносія, який характеризується нерівномірністю та невеликим енергетичним потенціалом.

Недоліком теплонасосного обладнання, що використовує теплоту атмосферного повітря є суттєва залежність коефіцієнта перетворення від температури навколишнього середовища [15]. Тому особливо ефективними теплові насоси «повітря – вода» можуть бути для теплозабезпечення споживачів в перехідний та теплий період року. Одним з таких споживачів є система підігріву води в басейнах.

Для підігріву води в басейні можна розглянути 3 варіанти джерел теплоти: електричний котел; котел на газовому чи твердому паливі; тепловий насос.

Використання електрокотлів вимагає мінімальних експлуатаційних витрат, інвестиції в котельне обладнання також мінімальні. Перевагою такого варіанту є відсутність димової труби та шкідливих викидів в навколишнє середовище в місці встановлення. Основний недолік – значні витрати на електроенергію.

Встановлення котлів, що спалюють паливо, для обігріву басейну погіршує стан навколишнього середовища через викидання димових газів, вимагає влаштування системи зберігання, підготовки та подавання палива. Крім того вартість непоновлюваних енергоресурсів постійно зростає, а використання, наприклад, біомаси вимагає кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

В загальному випадку коефіцієнт перетворення теплового насоса «повітря – вода» може складати від 1,1 до 10 [16] в залежності від температур випарника та конденсатора. Особливістю системи обігріву басейну, на

відміну від систем опалення, є невисока температура споживача, тому температура конденсатора складає 35...40°C. Це забезпечує коефіцієнт перетворення не нижче 3.

В даній роботі розглянуто характеристики теплового насосу для обігріву басейну HydroPro13 [17]. Згідно паспортних даних розрахункова теплова потужність теплового насоса  $Q_{\text{тн}} = 13$  кВт, а коефіцієнт перетворення  $\text{COP} = 5,5$ , витрата води через конденсатор  $V = 6...8$  м<sup>3</sup>/год, розрахунковий струм 12,1 А, холодоагент R407С.

Виходячи з паспортних даних можна оцінити, що електрична потужність теплового насосу складає 2,66 кВт. Таким чином, при розрахунковій потужності 13 кВт коефіцієнт перетворення складає біля 4,9. За умов витрати води через конденсатор біля 7 м<sup>3</sup>/год різниця температур води на вході/виході складе 1,6°C.

Отже, використання теплового насосу для обігріву басейну має ряд переваг: дозволить зменшити в 3...5 разів використання електроенергії, в порівнянні з електричним котлом; немає необхідності в системі зберігання, підготовки, подавання та спалювання палива, відсутні викиди шкідливих речовин у місці встановлення обладнання.

### 1.5 Експериментальні стенди для дослідження показників роботи теплових насосів

Одним з напрямів підвищення енергоефективності в житлово-комунальному секторі є впровадження теплонасосних технологій, що використовують теплоту ґрунту, стічних вод, витяжного повітря та атмосферного повітря [18].

Відомо, що ґрунтові теплонасосні системи відрізняються рівномірною сезонною ефективністю, але вимагають значних інвестицій у влаштування вертикальних або горизонтальних ґрунтових теплообмінників.

Обладнання, що використовує енергію стічних вод та витяжного повітря значно ускладнює системи водо- та повітровідведення, вимагає доочищення теплоносія, який характеризується нерівномірністю та невеликим енергетичним потенціалом.

Недоліком теплонасосного обладнання, що використовує теплоту атмосферного повітря є суттєва залежність коефіцієнта перетворення від

температури навколишнього середовища [19]. Тому особливо ефективними теплові насоси «повітря – вода» можуть бути для теплозабезпечення споживачів в перехідний та теплий період року.

Тому для дослідження обраний тепловий насос «повітря - вода», розроблений для підігріву води в басейнах.

В загальному випадку коефіцієнт перетворення теплового насоса «повітря – вода» може складати від 1,1 до 10 в залежності від температур випарника та конденсатора. Особливістю системи обігріву басейну, на відміну від систем опалення, є невисока температура споживача, тому температура конденсатора складає 35...40°C. Це забезпечує коефіцієнт перетворення не нижче 3.

В даній роботі розглянуто характеристики теплового насосу для обігріву басейну HydroPro13. Згідно паспортних даних розрахункова теплова потужність теплового насоса  $Q_{\text{TH}} = 13$  кВт, а коефіцієнт перетворення  $\text{COP} = 5,5$ , витрата води через конденсатор  $V = 6...8$  м<sup>3</sup>/год, розрахунковий струм 12,1 А, холодоагент R407C.

Виходячи з паспортних даних можна оцінити, що електрична потужність теплового насосу складає 2,66 кВт. Таким чином, при розрахунковій потужності 13 кВт коефіцієнт перетворення складає біля 4,9. За умов витрати води через конденсатор біля 7 м<sup>3</sup>/год різниця температур води на вході/виході складе 1,6°C.

Авторами [19] запропонована схема експериментального стенду для дослідження характеристик теплового насосу (рис. 1.1). Особливостями цієї схеми є використання теплообмінника для нагріву повітря за рахунок виробленої тепловим насосом теплоти. Застосування циркуляційного вентилятора дозволяє зменшити габаритні розміри повітряно-водяного теплообмінника.

На рис. 1.2 показана схема стенду з використанням накопичувача води та системи опалювальних приладів (конвекторів або радіаторів) для віддавання теплоти, виробленої тепловим насосом в навколишнє середовище [20]. Особливістю такої схеми є можливість регулювати температур повітря на вході у випарник теплового насосу, що дає можливість більш широко дослідити його показники роботи.



Рисунок 1.1 – Експериментальний стенд для дослідження характеристик теплового насосу «повітря-вода» з повітряно-водяним теплообмінником для відбирання теплоти

На нашу думку, для досліджуваного теплового насосу Hydro Pro13 більш ефективним варіантом відбирання теплоти в навколишнє середовище є встановлення тепловентилятора, наприклад [21].

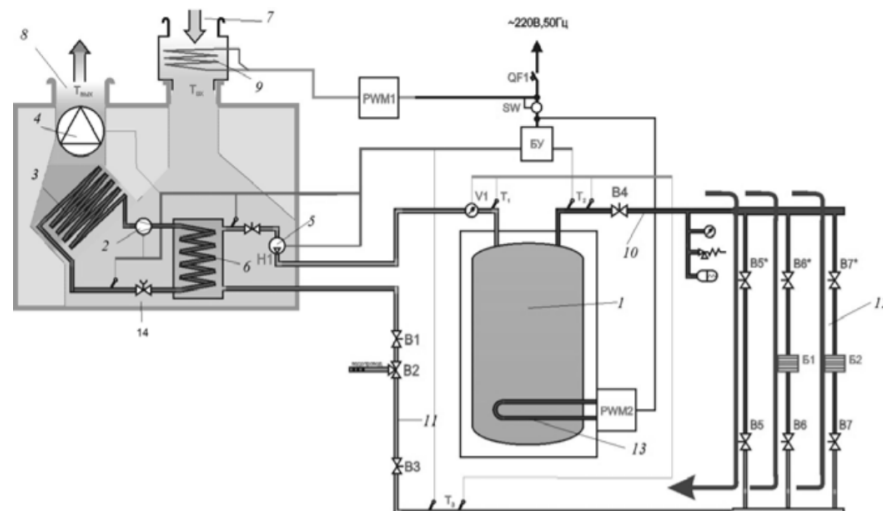


Рисунок 1.2 – Експериментальний стенд для дослідження характеристик теплового насосу «повітря-вода» з радіаторами відбирання теплоти

Таке рішення дозволить виконати теплообмінне обладнання компактним, більш енергоефективним та зменшить його матеріалоемність.

Стенд, показаний на рис. 1.2, дає можливість досліджувати ефективність

теплового насосу за умов зміни температур теплоносіїв в конденсаторі та у випарнику. Для цього встановлений проточний електронагрівник на вході повітря у випарник теплового насосу. Крім того, до контуру конденсатора теплового насосу підключений ємкісний теплообмінник, що дозволяє збільшувати температуру води на вході в конденсатор.

Таким чином, на нашу думку, варто поєднати переваги наведених вище експериментальних стендів для дослідження показників роботи теплового насосу «повітря - вода». З одного боку, варто використати тепловентилятор для відведення теплоти від теплового насосу в навколишнє середовище, що дозволить виконати експериментальну установку менш матеріалоемною. З іншого боку слід врахувати можливість змінювати температуру теплоносіїв на вході у випарник та конденсатор теплового насосу для забезпечення більш глибокого дослідження енергоефективності теплового насосу Hydro Pro13.

## 1.6 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано аналіз літературної, патентної та нормативної інформації щодо методів оцінки енергоефективності будівель, високоефективних екологічно чистих джерел теплоти і холоду, теплонасосних технологій для підготовки гарячого водопостачання.

Виявлено, що для визначення енергоспоживання будівлі використовують розрахунковий метод, в основі якого покладена Методика визначення енергоефективності будівлі та рекомендації ДСТУ.

Аналіз патентної інформації щодо високоефективних джерел теплохолодопостачання показав, що найбільш раціональними є теплонасосні технології, що дозволяють зменшити споживання викопного палива, кількість шкідливих викидів у місці встановлення та спрощують і роблять безпечнішою експлуатацію теплотехнічних систем.

Вказано, що в умовах вичерпання традиційних органічних палив особливу увагу слід приділити підвищенню енергоефективності обладнання та впровадженню систем використання відновлюваних джерел енергії. Одним з ключових споживачів енергоресурсів є житлово-комунальний

сектор та системи тепlopостачання населення.

Проаналізовані переваги і недоліки теплонасосних технологій, що використовують теплоту ґрунту, атмосферного повітря, стічних вод та витяжного повітря.

Розглянуті варіанти тепlopостачання басейну від електрокотла, котла на органічному паливі та теплового насосу. Виявлено, що тепловий насос споживає в 3...5 разів менше електроенергії, ніж електрокотел і на відміну від котла на органічному паливі не викидає шкідливих викидів в місці встановлення.

Розглянуті основні характеристики теплового насосу для обігріву басейну HydroPro13. Оцінений його коефіцієнт перетворення та нагрів води в конденсаторі.

Для побудови ефективного стенду для дослідження показників теплового насосу, на нашу думку, варто поєднати переваги наведених вище експериментальних стендів для дослідження показників роботи теплового насосу «повітря - вода». З одного боку, варто використати тепловентилятор, що дозволить виконати експериментальну установку менш матеріаломісною. З іншого боку для забезпечення більш глибокого дослідження енергоефективності теплового насосу бажано мати можливість змінювати температуру теплоносіїв на вході у випарник та конденсатор.



## **2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЗА УМОВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ**

2.1 Розробка математичної моделі показників системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі

Для дослідження показників системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі Херсонського аеропорту цивільної авіації.

Розроблена модель є нелінійною, вона складається з 54 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, за параметрами моделювання така модель є детермінованою, структурною, також дискретною з зосередженими кількісними параметрами, крім того, статичною, одномірною. Дана модель є дескриптивною, алгебраїчною і розв'язується аналітичним методом [22 - 24].

Розроблена математична модель реалізована в середовищі Microsoft Excel.

Її математичний опис складається з рівнянь теплових та енергетичних балансів, кінетичних рівнянь для визначення інтенсивності випромінювального теплообміну, залежностей для визначення оптичних характеристик поверхонь будівлі та геометричних розмірів окремих елементів споруди. Основні рівняння, що використані в математичному описі моделі наведені в Методиці визначення енергоефективності будівель, Наказ Мінрегіону України №169, ДСТУ [11].

Початковими даними для виконання досліджень є [25-28]:

- геометричні розміри будівлі;
- географічне положення будівлі;
- розташування будівлі за сторонами світу;
- конструктивні характеристики будівлі, використані матеріали;
- температурні режими роботи будівлі на опалення та на охолодження;
- кратності повітрообміну в приміщеннях, особливості систем вентиляції

приміщень тощо;

- тепловиділення від обладнання, людей, систем освітлення та ін.;
- графік роботи будівлі, характеристики інженерних систем будівлі;
- стан та ефективність генераторів теплоти та холоду для системи енергопостачання будівлі;
- кількість днів опалювального періоду та періоду охолодження;

Кінцевими результатами використання моделі є:

- енергопотреба будівлі на опалення, охолодження, гаряче водопостачання, вентиляцію та освітлення;
- термічні опори зовнішніх огорожувальних конструкцій і їх відповідність вимогам нормативних документів;
- енергоспоживання будівлі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання для визначення класу енергоефективності будівлі;
- енергоспоживання обладнання систем вентиляції та освітлення;
- питома витрата первинної енергії та питома маса викидів парникових газів.

Допущення та спрощення, які використані під час створення даної математичної моделі:

- не враховуються різні температурні рівні в окремих приміщеннях, для розрахунку використовується середня по будівлі температура;
- кут спрямування будівлі за сторонами світу визначається наближено, можлива похибка до  $22^\circ$ ;
- повітрообмін в приміщеннях осереднений по всій будівлі, не враховуються особливості кратності повітрообміну в окремих приміщеннях;
- в розрахунку теплового потоку від сонячної радіації за умов від'ємного результату розрахунку значення надходження теплоти приймається значення 0;
- під час розрахунку теплового опору світлопрозорого огороження

приймається спрощена схема розташування металопластикового профілю, а частка рами в загальній площі вікна приймається 0,3.

Математичний опис моделі наведений нижче

В загальному випадку значення коефіцієнту теплопередачі трансмісією  $H_x$ , що відображається для стін, ґрунту та вікон  $H_D$ ,  $H_g$ ,  $H_U$  або  $H_A$ , складається для кожного з трьох доданків

$$H_x = b_{tr,x} \sum A_i \cdot U_i, \quad (2.1)$$

де  $A_i$  – площа даного елемента оболонки будівлі,  $m^2$ ;

$U_i$  – приведений коефіцієнт теплопередачі даного елемента оболонки будівлі,  $Wt/m^2 \cdot K$  [27]

$b_{tr,x} = 1$  – поправковий коефіцієнт [27].

Приведений коефіцієнт теплопередачі визначається за вимогами [27] за формулою

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ex}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{int}}} + \Delta U_{tb} \quad (2.2)$$

де  $\alpha_{ex}$ ,  $\alpha_{int}$  – коефіцієнти інтенсивності передачі теплоти на зовнішній та внутрішній поверхні огороження будівлі,  $m^2$ ;

$\delta$ ,  $\lambda$  – товщини та коефіцієнти теплопровідності елементів оболонки будівлі,  $m$ ,  $Wt/m \cdot K$  [28]

$\Delta U_{tb}$  – поправочний коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта теплопередачі огороження [27].

Характерний розмір підлоги на ґрунті

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (2.3)$$

де  $A$  – площа підлоги;

$P$  – периметр підлоги;

Еквівалентна товщина підлоги на ґрунті

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (2.4)$$

де  $w$  – загальна товщина зовнішніх стін будівлі;

$\lambda$  – теплопровідність ґрунту;

$R_f$  – термічний опір підлоги на ґрунті згідно креслень

$R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір [27];

Якщо  $d_t < B'$  то коефіцієнт передачі теплоти від підлоги до ґрунту

$$U = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \quad (2.5)$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт передачі теплоти трансмісією до ґрунту

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g, \quad (2.6)$$

де  $\psi_g$  – лінійний коефіцієнт передачі теплоти через теплопровідне включення вузла сполучення конструкції підлоги на ґрунті із зовнішньою стіною будівлі [29].

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (2.7)$$

Сумарну теплопередачу трансмісією в режимі охолодження для кожного місяця

$$Q_{tr} = N_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_C) \cdot t, \quad (2.8)$$

де  $\theta_{int,set,C}$  – температура зони будівлі для умов охолодження [27];

$\theta_C$  – середньомісячна температура зовнішнього повітря, °C, [26];

$t$  – тривалість розрахункового місяця, год, визначена за додатком А [26];

Загальний коефіцієнт передачі теплоти вентиляцією

$$N_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left( \sum b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), \quad (2.9)$$

де  $\rho_a \cdot c_a$  – величина теплоємності повітря одиниці об'єму;

$q_{ve,k,mn}$  – середня витрата повітря;

$b_{ve,k}$  – температурний поправковий коефіцієнт.

Сумарна теплопередача системи вентиляції для режиму охолодження

$$Q_{ve} = N_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} \cdot N_{ve,extra,j,k} \cdot (\theta_{int,set,C,z} - \theta_{e,j}) \right), \quad (2.10)$$

Сумарна теплопередача

$$Q_{C,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.11)$$

Внутрішні теплонадходження

Середній внутрішній тепловий потік

$$\sum \Phi_{\text{int,mn,k}} = \Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,L}} + \Phi_{\text{int,A}}, \quad (2.12)$$

де  $\Phi_{\text{int,Oc}}$  – тепловий потік від людей;

$\Phi_{\text{int,L}}$  – тепловий потік від освітлення;

$\Phi_{\text{int,A}}$  – тепловий потік від обладнання.

Внутрішні теплонадходження в будівлі

$$Q_{\text{int}} = \left( \sum_k \Phi_{\text{int,mn,k}} \cdot A_f \right) \cdot t, \quad (2.13)$$

де  $A_f$  – площа будівлі, що кондиціонується;

$t$  – тривалість розрахункового місяця, год, визначена за додатком А [27].

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі випромінюванням

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3, \quad (2.14)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт для стін теплового випромінювання,  $\varepsilon = 0,94$  – для вікон та дверей;

$\sigma$  – константа Стефана–Больцмана;

$\theta_{ss}$  – середня поверхнева температура та температура атмосфери;

Додатковий потік теплоти за рахунок випромінювання в атмосферу

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.15)$$

де  $R_{se}$  – зовнішній тепловий поверхневий опір теплопередачі непрозорій частини, приймаємо  $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини огороження будівлі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$A_c$  – площа елемента огороження в залежності від орієнтації, м<sup>2</sup>

$\Delta\theta_{er}$  – різниця температур між зовнішнім повітря та температурою атмосфери, беруть  $\Delta\theta_{er}=11$  К.

Еквівалентна площа інсоляції для непрозорих елементів будівлі

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.16)$$

де  $\alpha_{s,c}$  – безрозмірний коефіцієнт для умов поглинання сонячної радіації непрозорою частиною будівлі;

Загальний коефіцієнт пропускання падаючої сонячної енергії для умов світлопрозорої частини елемента

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (2.17)$$

де  $F_w$  – поправковий коефіцієнт для нерозсіяного скління;

$g_n = 0,7$  – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії для умов нормального кута падіння для потрійного варіанту скління.

Еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів будівлі (вікна, двері)

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.18)$$

де  $F_{sh,gl}$  – понижувальний коефіцієнт для затінення у випадку якщо відсутні засоби рухомого затінення вікон;

$F_F$  – частка площі обрамлення огороження;

$A_{w,p}$  – загальна площа зашкленого елемента, м<sup>2</sup>;

Сонячні теплонадходження через даний елемент будівлі  $\Phi_{sol,k}$

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} \cdot A_{\text{sol},k} \cdot I_{\text{sol},k} - F_{\text{r},k} \cdot \Phi_{\text{r},k}, \quad (2.19)$$

де  $F_{\text{sh,ob},k}$  – понижаючий коефіцієнт для затінення перешкодами для даної площі інсоляції поверхні;

$I_{\text{sol},k}$  – сонячна радіація, визначена для енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні за середніх умов хмарності, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{\text{r},k}$  – коефіцієнт форми взаємного впливу між елементом будівлі та небосхилом для незатіненої вертикальної стіни будівлі.

Загальні сонячні теплонадходження в будівлю

$$Q_{\text{sol}} = \left( \sum_k \Phi_{\text{sol},mn,k} \right) \cdot t, \quad (2.20)$$

Сумарні теплові надходження будівлі для режиму охолодження

$$Q_{\text{gn}} = Q_{\text{int}} + Q_{\text{sol}}, \quad (2.21)$$

Співвідношення теплонадходжень і втрат теплоти для будівлі

$$\gamma_c = \frac{Q_{\text{C,gn}}}{Q_{\text{C,ht}}}, \quad (2.22)$$

Внутрішня теплоємність даної будівлі

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (2.23)$$

де  $C$  – внутрішня теплоємність будівлі



Часова константа для даної будівлі

$$\tau = \frac{C_m}{N_{tr,adj} + N_{ve,adj} + N_{ve,extra,adj}}, \quad (2.24)$$

де  $N_{ve,extra,adj} = 0$  – значення коефіцієнта теплопередачі додаткової вентиляції;

Безрозмірний числовий параметр будівлі

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}}, \quad (2.25)$$

де  $a_{c,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр будівлі;

$\tau_{c,0}$  – довідкова часова константа будівлі;

Коефіцієнт використання втрат енергії для охолодження

Якщо  $\gamma_c > 0$ ,  $\gamma_c \neq 1$  та  $Q_{c,ht} \geq 0$ , то

$$\eta_{c,ls} = \frac{1 - \gamma_c^{-a_c}}{1 - \gamma_c^{-(a_c+1)}}, \quad (2.26)$$

Енергопотребу для охолодження будівлі визначаємо за

$$Q_{c,nd} = Q_{c,nd,cont} = Q_{c,gn} - \eta_{c,ls} \cdot Q_{c,ht}, \quad (2.27)$$

Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі (тепловиділення)

включає електроенергію для вентиляторів фанкойлів за формулою

$$W_{Cemaux} = f_{Cemaux} \cdot Q_{c,nd} \cdot t_{COP} / 1000 \quad (2.28)$$

де  $f_{C_{em\ aux}}$  – питома потреба в енергії вторинних вентиляторів системи охолодження, згідно таблиці 29 [26] ;

$t_{C_{op}}$  – тривалість часу на охолодження, визначається за таблицею А6 [26].

Тепловтрати в підсистемах розподілення визначають

$$Q_{C_{disls}} = Q_{C_{nd}} \cdot \left( (1 - \eta_{C_{ce}}) + (1 - \eta_{C_{ce\ sens}}) + (1 - \eta_{C_d}) \right) , \quad (2.29)$$

де  $\eta_{C_{ce}}$  – ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження, приймають за таблицею 30 [26];

$\eta_{C_{ce\ sens}}$  – ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження, приймають за табл. 30 [26];

$\eta_{C_d}$  – ступінь утилізації підсистеми розподілення, приймають за табл. 30;

Утилізаційні втрати холоду в системі розподілення не беруть до уваги через малу різницю температур з повітрям в приміщенні.

Додаткова енергія для підсистем розподілення з використанням нерегульованого насосу визначається за формулою

$$W_{C_{disaux\ an}} = (1,44 \cdot A_f - 35) \cdot t_{C_{op}} / 5000 \quad (2.30)$$

де  $A_f$  – кондиціонована площа;

Енергія входу для підсистеми розподілення

$$Q_{C_{disin}} = \Sigma Q_{C_{dis\ out}} / 1000 + Q_{C_{dis\ ls}} . \quad (2.31)$$

Енергія виходу з підсистеми виробництва та акумулювання при охолодженні розраховують за формулою

$$Q_{C \text{ gen out}} = Q_{C \text{ dis in}} / \eta_{C \text{ ac}} , \quad (2.32)$$

де  $\eta_{C \text{ ac}}$  – ефективність автоматичного керування/регулювання, приймають за рекомендаціями ДСТУ Б EN 15232, для систем класу В –  $\eta_{C \text{ ac}} = 0,88$

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання

$$Q_{C \text{ gen ls}} = Q_{C \text{ gen out}} \cdot (1 - \eta_{C \text{ gen}}) / \eta_{C \text{ gen}} , \quad (2.33)$$

де  $\eta_{C \text{ gen}}$  – ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, приймається згідно рекомендацій п. 15.10.3.2.2 та таблиці 31 [26]. Для компресорного теплового насосу  $\eta_{C \text{ gen}} = 2,25 \cdot \eta_{pg} = 2,25 \cdot 1 = 2,25$

Енергоспоживання при охолодженні визначається за формулою

$$Q_{C \text{ use}} = Q_{C \text{ gen out}} + Q_{C \text{ gen ls}} . \quad (2.34)$$

Витрата первинної енергії визначається за формулою (46) [25]

$$E_p = E_{\text{del}} \cdot f_{p \text{ del}} , \quad (2.35)$$

де  $E_{\text{del}}$  – поставлена енергія, кВт·год;

$f_{p \text{ del}}$  – фактор первинної енергії, обирається за додатком 10 [25], для електричної енергії складає  $f_{p \text{ del}} = 2,3$

Маса викидів парникових газів визначається за формулою (46) [25]

$$m_{\text{CO}_2} = E_{\text{del}} \cdot K_{\text{del}} , \quad (2.36)$$

Аналогічний набір рівнянь використовується для визначення енергоспоживання системи опалення будівлі. Таким чином математичний опис моделі складається з двох модулів: модуль визначення показників системи опалення та модуль визначення показників системи охолодження будівлі.

Приклад розрахунку показників системи теплохолодопостачання наведено нижче.

## 2.2 Розрахунок енергоспоживання на охолодження будівлі

Початкові дані:

Площа стін за орієнтацією:

- північною  $F_{\text{пн}} = 209,4 \text{ м}^2$ ;
- південною  $F_{\text{пд}} = 249,3 \text{ м}^2$ ;
- західною  $F_{\text{зх}} = 256 \text{ м}^2$ ;
- східною  $F_{\text{зх}} = 246,6 \text{ м}^2$ .

Площа дверей та вікон за орієнтацією за сторонами світу:

- північною  $F_{\text{пн}} = 109,2 \text{ м}^2$ ;
- південною  $F_{\text{пд}} = 69,3 \text{ м}^2$ ;
- східною  $F_{\text{зх}} = 9,4 \text{ м}^2$ .

Площа приміщень сумарна  $F = 1013,6 \text{ м}^2$ .

Об'єм приміщень  $V = 3446 \text{ м}^3$ .

Внутрішня температура в приміщеннях  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Кратність повітрообміну в адміністративних приміщеннях 1,5.

Розрахунок

Приведений коефіцієнт теплопередачі за (2.2) для стін будівлі

$$U = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + \frac{0,38}{0,65} + \frac{0,03}{0,8} + \frac{0,12}{0,047} + \frac{1}{8,7}} + 0,15 = 0,45 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}.$$

Для світлопрозорих елементів огороження для другої температурної зони термічний опір має бути не менше 0,6. Тоді коефіцієнт теплопередачі  $U = 1/R = 1/0,6 = 1,67 \text{ Вт(м}^2\text{К)}$ .

Теплопередача через стіни та світлопрозорі елементи

$$H_{\text{стін}} = (209,4 + 249,3 + 256 + 246,6) \cdot 0,45 = 432,6 \text{ (Вт/К)}.$$

$$H_{\text{вікон}} = (109,2 + 69,3 + 9,4) \cdot 1,67 = 313,8 \text{ (Вт/К)}.$$

Теплопередача через підлогу визначається за [3].

Характерний розмір підлоги на ґрунті за (2.3)

$$B = \frac{440}{0,5 \cdot 98} = 8,97 \text{ (м)}.$$

Еквівалентна товщина підлоги на ґрунті за (2.4)

$$d_t = 0,38 + 1,5 \cdot (0,17 + 2,33 + 0,043) = 4,2 \text{ (м)}.$$

Коефіцієнт передачі теплоти від підлоги до ґрунту за (2.5)

$$U = \frac{2 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 8,97 + 4,2} \cdot \ln \left( \frac{3,14 \cdot 8,97}{4,2} + 1 \right) = 0,189 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}.$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт передачі теплоти трансмісією до ґрунту за (2.6)

$$H_g = 440 \cdot 0,189 + 98 \cdot 0,98 = 179,2 \text{ (Вт/К)}.$$

Для конструкції суміщеного перекриття будівлі коефіцієнт теплопередачі визначається за (2.2)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,1}{1,86} + \frac{0,2}{0,047} + \frac{1}{8,7}} + 0,15 = 0,367 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}.$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт передачі теплоти через перекриття

$$H_{\text{перекриття}} = 440 \cdot 0,367 = 161,5 \text{ (Вт/К)}.$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією за (2.7)

$$H_{\text{т}} = 432,6 + 313,8 + 179,2 + 161,5 = 1087 \text{ (Вт/К)}.$$

Сумарну теплопередачу трансмісією в режимі охолодження для кожного місяця за (2.8)

$$Q_{\text{т}}^{\text{трав}} = 1087 \cdot (24 - 16,1) \cdot 744 = 6390 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{\text{т}}^{\text{черв}} = 1087 \cdot (24 - 20) \cdot 720 = 3131 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{\text{т}}^{\text{лип}} = 1087 \cdot (24 - 22,4) \cdot 744 = 1294 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{\text{т}}^{\text{серп}} = 1087 \cdot (24 - 21,6) \cdot 744 = 1941 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{\text{т}}^{\text{вер}} = 1087 \cdot (24 - 16,5) \cdot 720 = 5871 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

Загальний коефіцієнт передачі теплоти вентиляцією за (2.9)

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot (1 \cdot 3446) = 1705,8 \text{ (Вт/К)}.$$

Сумарна теплопередача системи вентиляції для охолодження за (2.10)

$$Q_{tr}^{грав} = 1705,8 \cdot (24 - 16,1) \cdot 744 = 10025 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{tr}^{черв} = 1705,8 \cdot (24 - 20) \cdot 720 = 4913 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{tr}^{лип} = 1705,8 \cdot (24 - 22,4) \cdot 744 = 2030 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{tr}^{серп} = 1705,8 \cdot (24 - 21,6) \cdot 744 = 3045 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{tr}^{вер} = 1705,8 \cdot (24 - 16,5) \cdot 720 = 9211 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

Сумарна теплопередача за (2.11)

$$Q_{C,ht}^{грав} = 6390 + 10025 = 16416 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{C,ht}^{черв} = 3131 + 4913 = 8044 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{C,ht}^{лип} = 1294 + 2030 = 3324 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{C,ht}^{серп} = 1941 + 3045 = 4987 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{C,ht}^{вер} = 5871 + 9211 = 15082 \text{ (Вт} \cdot \text{год)}.$$

Середній внутрішній тепловий потік за (2.12) та (2.13)

$$Q_{int}^{грав} = (4 + 7 + 6) \cdot 1013,6 \cdot 31 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 7 = 3815 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{int}^{черв} = (4 + 7 + 6) \cdot 1013,6 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 7 = 3692 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{int}^{лип} = (4 + 7 + 6) \cdot 1013,6 \cdot 31 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 7 = 3815 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{int}^{серп} = (4 + 7 + 6) \cdot 1013,6 \cdot 31 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 7 = 3815 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

$$Q_{\text{int}}^{\text{вср}} = (4 + 7 + 6) \cdot 1013,6 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 7 = 3692 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі випромінюванням за (2.14)

– для стін

$$h_r = 4 \cdot 0,93 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (10 + 273)^3 = 4,78 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right);$$

– для вікон та дверей

$$h_r = 4 \cdot 0,94 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (10 + 273)^3 = 4,83 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Додатковий потік теплоти за рахунок випромінювання в атмосферу за (2.15)

– для стін

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{пл}} = 0,043 \cdot 0,300 \cdot 249,3 \cdot 4,78 \cdot 11 = 164,5 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{пн}} = 0,043 \cdot 0,300 \cdot 209,4 \cdot 4,78 \cdot 11 = 138,17 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{зх}} = 0,043 \cdot 0,300 \cdot 256 \cdot 4,78 \cdot 11 = 168,9 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{зх}} = 0,043 \cdot 0,300 \cdot 246,6 \cdot 4,78 \cdot 11 = 162,7 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{дах}} = 0,043 \cdot 0,300 \cdot 440 \cdot 4,5 \cdot 11 = 203,4 \text{ (Вт)}.$$

– для вікон та дверей

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{пл}} = 0,043 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 69,3 \cdot 4,65 \cdot 11 = 22,86 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{пн}} = 0,043 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 109,2 \cdot 4,65 \cdot 11 = 36,0 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{сх}} = 0,043 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 9,4 \cdot 4,65 \cdot 11 = 3,1 \text{ (Вт)}.$$

$$\Phi_{\text{ст}}^{\text{зх}} = 0,043 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0 \cdot 4,65 \cdot 11 = 0 \text{ (Вт)}.$$



Еквівалентна площа інсоляції для непрозорих елементів будівлі за (2.16)

$$A_{\text{sol}}^{\text{пд}} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 0,30 \cdot 249,3 = 1,286 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{пн}} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 0,30 \cdot 209,4 = 1,08 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{cx}} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 0,30 \cdot 246,6 = 1,272 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{зх}} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 0,30 \cdot 256 = 1,32 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{дах}} = 0,4 \cdot 0,043 \cdot 0,217 \cdot 440 = 3,70 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Загальний коефіцієнт пропускання падаючої сонячної енергії для умов світлопрозорої частини елемента за (2.17)

$$g_{\text{gl}} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63.$$

Еквівалентна площа інсоляції для зашкених елементів огороження будівлі (вікна, двері) за (2.18)

$$A_{\text{sol}}^{\text{пд}} = 1 \cdot 0,63 \cdot (1 - 0,3) \cdot 69,3 = 30,6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{пн}} = 1 \cdot 0,63 \cdot (1 - 0,3) \cdot 109,2 = 48,2 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{cx}} = 1 \cdot 0,63 \cdot (1 - 0,3) \cdot 9,4 = 4,15 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_{\text{sol}}^{\text{cx}} = 1 \cdot 0,63 \cdot (1 - 0,3) \cdot 0 = 0 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Сонячні теплонадходження через даний елемент будівлі за (2.19)

– через стіни (південь)

$$\Phi_{\text{solпдст}}^{\text{траб}} = 1 \cdot 1,286 \cdot 101 - 0,5 \cdot 164,5 = 47,7 \text{ (Вт)}.$$

– через вікна та двері (південь)

$$\Phi_{\text{solпдвік}}^{\text{трав}} = 1 \cdot 30,6 \cdot 101 - 0,5 \cdot 22,9 = 3075 \text{ (Вт)}.$$

Сонячні теплонадходження розраховані та наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Сонячні теплонадходження через елементи будівлі

Орієнтація будівлі	Місяць року				
	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Південна (Стіни)	47,7	41,2	49	67	76
Південна (Вікна)	3075	2934	3117	3545	3759
Північна (Стіни)	-8,6	3,3	-2,09	-20,4	-36,7
Північна (Вікна)	2679	3209	2968	2149	1427
Західна (стіни)	54,2	63,5	70	51,6	21,2
Західна (вікна)	0	0	0	0	0
Східна (стіни)	59,9	71,3	72,6	56,1	25,5
Східна (вікна)	459	496	500	446	347
Дах	650,9	728,6	713,8	610,2	399,4

Загальні сонячні теплонадходження в дану будівлю за (2.20)

$$\Phi_{\text{sol}}^{\text{трав}} = (47,7 + 3075,3 - 8,6 + 2679 + 54,2 + 0 + 59,9 + 459 + 650,9) \cdot 744 = 5221 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$\Phi_{\text{sol}}^{\text{чер}} = (41,2 + 2934 + 3,3 + 3209 + 63,5 + 0 + 71,3 + 496 + 728,6) \cdot 720 = 5433 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$\Phi_{\text{sol}}^{\text{лип}} = (49 + 3117 - 2,09 + 2968 + 70 + 0 + 72,6 + 500 + 713,8) \cdot 744 = 8696 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$\Phi_{\text{sol}}^{\text{сер}} = (67 + 3545 - 20,4 + 2149 + 51,6 + 0 + 56,1 + 446 + 610,2) \cdot 744 = 7925 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$\Phi_{\text{sol}}^{\text{вер}} = (76 + 3759 - 36,7 + 1427 + 21,2 + 25,5 + 347 + 399,4) \cdot 720 = 6429 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

Сумарні теплові надходження даної будівлі для охолодження за (2.21)

$$Q_{\text{gn}}^{\text{трав}} = 5221 + 3815 = 9036 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{\text{gn}}^{\text{чер}} = 5433 + 3692,4 = 9126 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{\text{gn}}^{\text{лип}} = 8696 + 3815 = 12512 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{\text{gn}}^{\text{сер}} = 7925 + 3815 = 11741 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{\text{gn}}^{\text{вер}} = 7925 + 3815 = 10122 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

Співвідношення теплонадходжень і втрат теплоти для будівлі за (2.22)

$$\gamma_c^{\text{трав}} = \frac{9036}{16416} = 0,55.$$

$$\gamma_c^{\text{чер}} = \frac{9126}{8044} = 1,13.$$

$$\gamma_c^{\text{лип}} = \frac{12512}{3325} = 3,76.$$

$$\gamma_c^{\text{сер}} = \frac{11741}{4987} = 2,35.$$

$$\gamma_c^{\text{вер}} = \frac{10122}{15082} = 0,67.$$

Внутрішня теплоємність даної будівлі (для  $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год/м}^2 \cdot \text{К}$ ) за (2.23)

$$C_m = 80 \cdot 1013,6 = 81088 \text{ (Вт} \cdot \text{год/К)}.$$

Часова константа для даної будівлі за (2.24)

$$\tau = \frac{81088}{1087,2 + 1705,8} = 29,0(\text{год}).$$

Безрозмірний числовий параметр будівлі за (2.25)

$$a_c = 1 + \frac{29}{15} = 2,93.$$

Коефіцієнт використання втрат енергії для охолодження за (2.26)

$$\eta_{C,ls}^{\text{трав}} = \frac{1 - 0,55^{-2,93}}{1 - 0,55^{-(2,93+1)}} = 0,503.$$

$$\eta_{C,ls}^{\text{чер}} = \frac{1 - 1,13^{-2,93}}{1 - 1,13^{-(2,93+1)}} = 0,79.$$

$$\eta_{C,ls}^{\text{лип}} = \frac{1 - 3,76^{-2,93}}{1 - 3,76^{-(2,93+1)}} = 0,984.$$

$$\eta_{C,ls}^{\text{сер}} = \frac{1 - 2,35^{-2,93}}{1 - 2,35^{-(2,93+1)}} = 0,952.$$

$$\eta_{C,ls}^{\text{вер}} = \frac{1 - 0,671^{-2,93}}{1 - 0,671^{-(2,93+1)}} = 0,585.$$

Енергопотребу для охолодження будівлі визначаємо за (2.27)

$$Q_{Cnd}^{\text{трав}} = 9036 - 0,503 \cdot 16416 = 778,3 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{Cnd}^{\text{чер}} = 9126 - 0,791 \cdot 8044 = 2764 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{C_{nd}}^{лип} = 12512 - 0,985 \cdot 3325 = 9237 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{C_{nd}}^{сер} = 11741 - 0,952 \cdot 4987 = 6994 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

$$Q_{C_{nd}}^{вер} = 10122 - 0,585 \cdot 15082 = 1304 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)}.$$

Сумарна енергопотреба

$$\Sigma Q_{C_{nd}}^{трав-вер} = 21078 \text{ (кВт} \cdot \text{год/місяць)} = 75881 \text{ (МДж)}.$$

Тепловтрати підсистеми тепловіддачі (теповиділення) згідно до рекомендацій [3] можна не враховувати.

Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі (теповиділення) включає електроенергію для вентиляторів фанкойлів за (2.28)

$$W_{C_{emaux}} = 0,04 \cdot 21078 \cdot 1304 / 1000 = 1099 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Тепловтрати в підсистемах розподілення визначають за (2.29)

$$Q_{C_{disls}} = 21078 \cdot ((1 - 1,0) + (1 - 0,87) + (1 - 0,9)) = 4848 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Утилізаційні втрати холоду в системі розподілення не беруть до уваги через малу різницю температур з повітрям в приміщенні.

Додаткова енергія для підсистем розподілення з використанням нерегульованого насоса визначається за формулою (2.30)

$$W_{C_{disaux an}} = (1,44 \cdot 1013,6 - 35) \cdot 1304 / 5000 = 371,5 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Енергія входу для підсистеми розподілення за (2.31)

$$Q_{C \text{ disin}} = 21078 + 4848 = 25926 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Енергія виходу з підсистеми виробництва та акумулювання при охолодженні розраховують за (2.32)

$$Q_{C \text{ gen out}} = 25926 / 0,88 = 29461 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання за (2.33)

$$Q_{C \text{ gen ls}} = 29461 \cdot (1 - 2,25) / 2,25 = -16367 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Енергоспоживання при охолодженні визначається за (2.34)

$$Q_{C \text{ use}} = 29461 - 16367 = 13094 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Питоме енергоспоживання будівлі при охолодженні, віднесене до її об'єму становить  $\frac{13094}{3446} = 3,8 \text{ (кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3)$ .

Додаткова енергія при охолодженні складає

$$W_{C \text{ aux an}} = 371,5 + 1099 = 1470,5 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Таким чином, витрати енергії для охолодження будівлі складають:

- теплота  $Q_{C_{nd}} = 21078$  кВт·год;
- електроенергія  $Q_{C_{use}} = 13094$  кВт·год.,  $W_{C_{aux\ an}} = 1470,5$  кВт·год.

В процесі вироблення такої кількості електроенергії відбуваються витрата первинної енергії  $E_p$ , а також процес вироблення енергії супроводжується викидами парникових газів.

Витрата первинної енергії визначається за формулою (2.35)

$$E_p = (13094 + 1470,5) \cdot 2,3 = 33498 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Питоме споживання первинної енергії  $33498 / 3446 = 9,72$  (кВт·год/м<sup>3</sup>).

Маса викидів парникових газів визначається за (2.36)

$$m_{CO_2} = (13094 + 1470,5) \cdot 420 = 6,117 \text{ (т)}.$$

Питоме значення викидів парникових газів  $6117 / 3446 = 1,775$  (кг/м<sup>3</sup>).

### 2.3 Дослідження впливу енергоефективних заходів на зменшення енергоспоживання системи охолодження

Для оцінки впливу енергоефективних заходів використано адміністративну будівлю Херсонського аеропорту цивільної авіації. Площа приміщень будівлі 1013 м<sup>2</sup>, опалювальний об'єм 3446 м<sup>3</sup>, загальна площа стін 961,3 м<sup>2</sup>, площа світлопрозорих огорожень 178,5 м<sup>2</sup>. Згідно вимог ДБН В.2.6 -31:2016 для другої температурної зони термічний опір зовнішніх стін 3,0 м<sup>2</sup>К/Вт, світлопрозорих огорожень 0,6 м<sup>2</sup>К/Вт. Для тепло- та холодопостачання будівлі використано два теплових реверсивних насоси типу "повітря-вода" LA 60TUR+ виробництва Dimplex (Німеччина). Теплові насоси розміщуються на даху двоповерхової частини будівлі.

Питоме енергоспоживання будівлі на охолодження склало 3,86 кВт·год/м<sup>3</sup>. Для визначення впливу енергоефективних заходів

використано математичну модель, що побудована на рівняннях з ДСТУ А 2.2-12:2015, наведену вище. В процесі досліджень виконано обчислення для таких заходів: збільшення термічного опору зовнішніх стін; збільшення термічного опору світлопрозорих огорожень; збільшення термічного опору суміщеного перекриття; використання засобів рухомого затінення. Результати досліджень показані на рис. 2.1 – 2.2.

Отже, як видно з результатів, показаних на рис. 2.1 та 2.2, найбільший позитивний вплив на енергоефективність системи охолодження спричиняє зменшення коефіцієнта рухомого затінення. Вплив термічного опору для різних огорожень будівлі різний. Для світлопрозорих огорожень термічний опір впливає тільки на зменшення трансмісії теплоти через вікно, збільшуючи енергоспоживання.

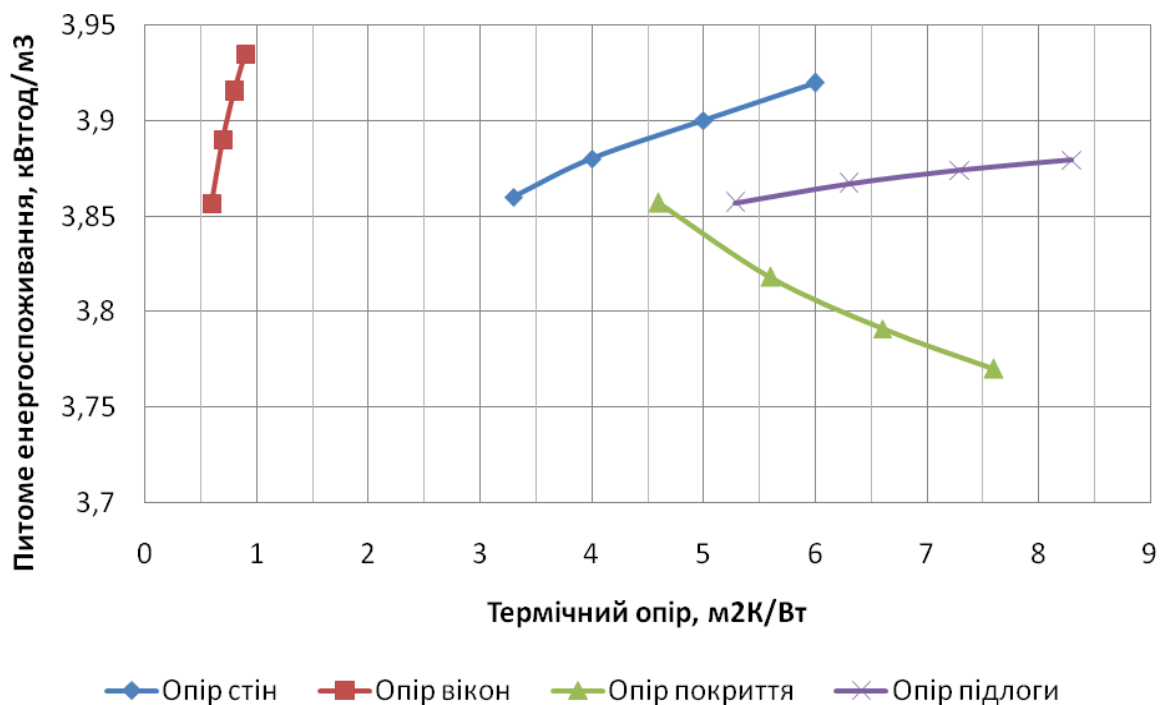


Рисунок 2.1 – Результати дослідження впливу заходів по збільшенню термічних опорів огорожень на енергоспоживання системи охолодження адміністративної будівлі

А для термічного опору стін вплив має подвійний характер: з одного



боку, зменшуються тепловтрати через огороження і зростає енергоспоживання, з іншого зростає додатковий тепловий потік випроміненням в атмосферу і децю знижується енергоспоживання.

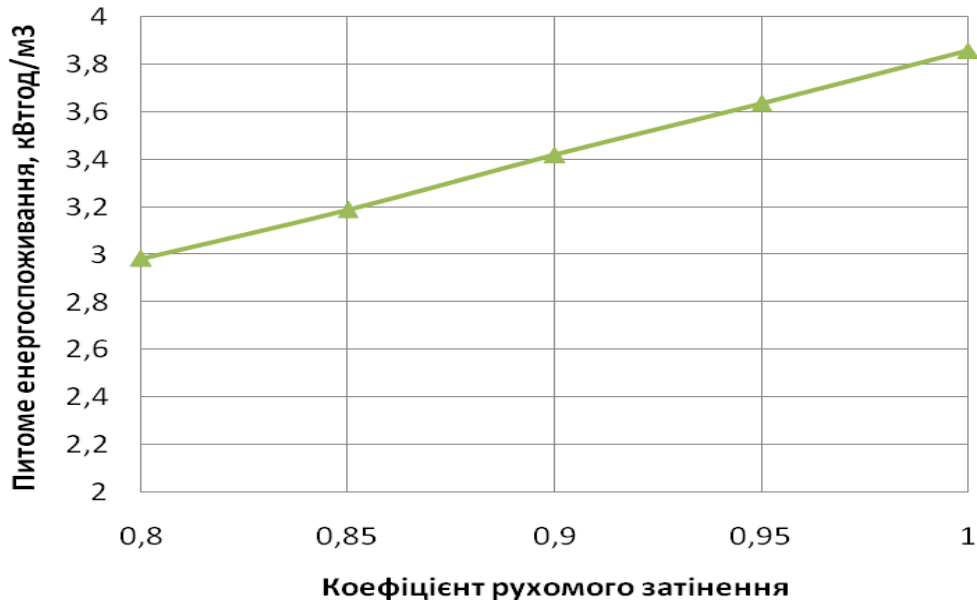


Рисунок 2.2 – Результати дослідження впливу засобів рухомого затінення на енергоспоживання системи охолодження адміністративної будівлі

Для покриття будівлі зростання додаткового теплового потоку в атмосферу спричиняє більший ефект, ніж зменшення тепловтрат трансмісією, тому розрахункове енергоспоживання системи охолодження зменшується. Опір підлоги має незначний вплив на енергоспоживання системи охолодження будівлі. Обране джерело теплоти та холоду має високі енергетичні та екологічні показники [14, 18].

2.4 Дослідження впливу джерела теплопостачання будівлі на рівень її енергоспоживання та клас енергоефективності

З використанням вищенаведеного математичного апарату виконано моделювання енергоспоживання адміністративної будівлі, що розташована у

місті Вінниця [30]. Площа приміщень будівлі  $690 \text{ м}^2$ , опалювальний об'єм  $2010 \text{ м}^3$ , загальна площа стін  $490 \text{ м}^2$ , площа світлопрозорих огорожень  $66 \text{ м}^2$ .

Розрахована за запропонованою моделлю будівля будівля не відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 по термічному опору огороджувальних конструкцій. Питоме енергоспоживання такої будівлі на потреби опалення та охолодження складає біля  $70,69 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ , що відповідає класу енергоефективності будівлі G.

В [30] запропоновано комплекс заходів з термомодернізації даної адміністративної будівлі, а саме утеплення зовнішніх стін шаром мінеральної вати з товщиною  $150 \text{ мм}$ ; утеплення перекриття голодного горища будівлі мінеральною ватою товщиною  $300 \text{ мм}$ ; заміна світлопрозорих огорожень (вікон) з досягненням нормованого опору теплопередачі; встановлення кількох стінових рекуператорів для вентиляції приміщень; заміна застарілих теплогенераторів на більш енергоефективні і конденсаційні котли.

В результаті впровадження таких енергоефективних заходів розрахункове питоме енергоспоживання на опалення та охолодження такої будівлі буде зменшено до  $33,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ . А це має відповідати класу енергоефективності будівлі C.

Математичне моделювання з визначенням енергоспоживання даної будівлі виконано за умов утепленої будівлі, при цьому з різними джерелами теплоти та холоду. Розглянуті такі варіанти: наявні газові котли; сучасні низькотемпературні газові котли, електричні котли, котли на біомасі, теплові насоси «повітря-вода» з коефіцієнтом SEER 2,6 в режимі опалення.

Як видно з рисунка 2.3, електричний котел має найгірші показники по споживанню первинної енергії та масі викидів парникових газів. А котел на біомасі – найменші показники.

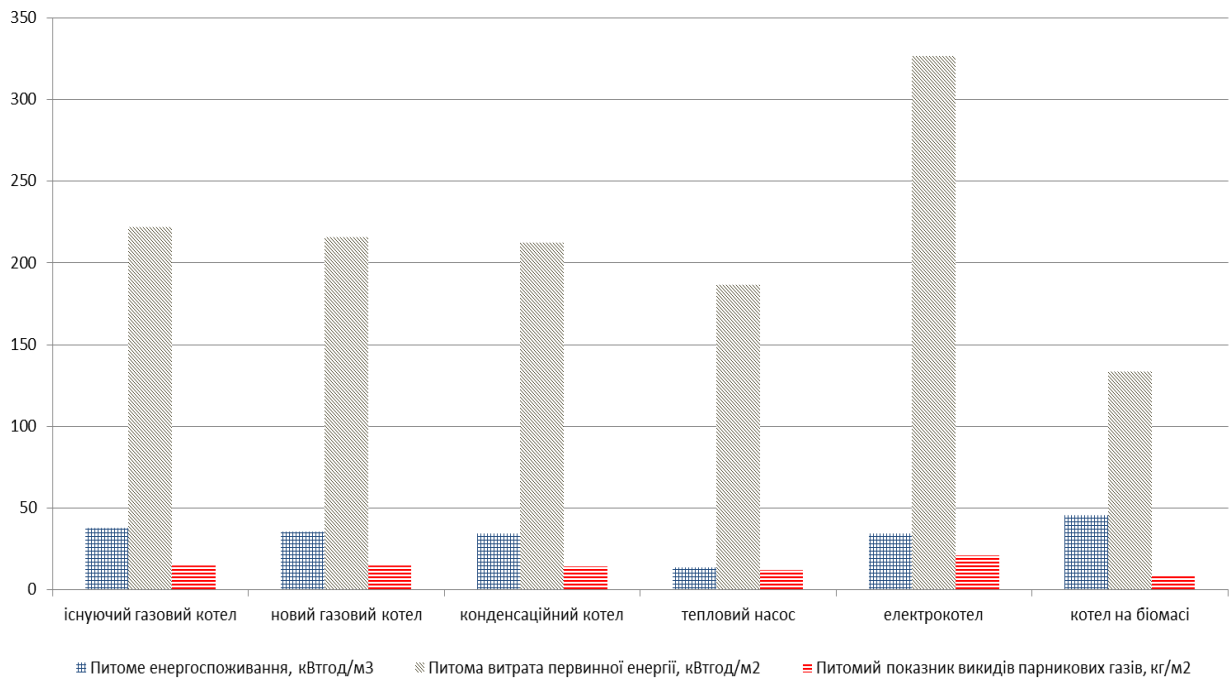


Рисунок 2.3 – Річні значення величини питомого енергоспоживання на опалення та охолодження будівлі, питомої витрати первинної енергії та маси викидів парникових газів для різних джерел енергії

Всі три варіанти використання природного газу відрізняються незначно. Це, на нашу думку, пов'язано із особливостями Методики визначення енергоефективності будівель. На наш погляд, використання конденсаційного котла для покриття потреб опалення є цілком перспективним варіантом, особливо під час осіннього та весняного перехідних періодів. Сезонний показник ефективності такого котельного обладнання в експлуатації має бути значно вище, ніж для низькотемпературного газового котла, особливо за можливості зниження температурного графіка для системи опалення.

Впровадження теплового насосу для забезпечення потреб опалення будівлі має показники кращі, ніж для газових котлів. На вітчизняному ринку пропонуються теплонасосні технології з сезонним показником ефективності SEER значно більшим за 2,6. Тому, на нашу думку, можна очікувати покращення показників роботи за умов впровадження теплонасосного

обладнання для систем опалення будівель [14, 18, 30].

Але суттєвим недоліком теплонасосного обладнання на даний момент є високі питомі інвестиції, особливо для теплових насосів малої потужності.

Енергоспоживання громадських будівель в Україні займає одне з основним місць у загальній структурі енергоспоживання. Підвищення енергоефективності для таких будівель може дозволити значно скоротити використання викопних палив та електроенергії, а також техногенне навантаження на навколишнє середовище від теплоенергетичних та холодильних систем.

В результаті виконаних досліджень виявлено, що завдяки впровадженню низки енергоефективних проектно-технічних рішень щодо термомодернізації даної будівлі можна досягти дозволеного нормованого класу енергоефективності будівлі, скоротивши при цьому енергоспоживання на опалення, охолодження та гаряче водопостачання з 70,69 до 33,9 кВтгод/м<sup>3</sup>.

## 2.5 Розробка теплової схеми експериментального стенду для дослідження показників роботи теплонасосної установки

Розроблено теплову схему стенду для дослідження показників теплового насосу «повітря-вода». Перевагами такого стенду є, по-перше, невелика металоємність в зв'язку із використанням тепловентилятора для відведення теплоти від конденсатора. По друге, в контурі конденсатора встановлений ємкісний водопідігрівник, який дозволяє змінювати температуру теплоносія на вході в конденсатор. Така опція дозволить дослідити ефективність теплового насосу при збільшенні температури конденсації і, можливо, межі доцільності та енергетичної раціональності використання теплового насосу для обігріву приміщень та підготовки гарячої води для систем гарячого водопостачання. Системи вентиляції також є

споживачами теплоти високої температури. Тому пошук енергоефективних високотемпературних режимів роботи теплового насосу є актуальним і рекомендованим.

Встановлення електронагрівника для підігріву повітря перед випарником теплового насосу дозволить змінювати температуру випаровування. Це дозволяє моделювати ситуацію з різними джерелами низькотемпературної теплоти і, відповідно, шукати раціональні варіанти відбору теплоти з навколишнього середовища протягом року або пошуку раціональних варіантів використання бросової теплоти для роботи теплового насосу.

## 2.6 Висновки до розділу 2

В даному розділі показана розробка математичної моделі для визначення енергоспоживання та енергоефективності будівлі, що побудована на Методиці визначення енергоефективності будівель та ДСТУ.

З використанням розробленої математичної моделі виконано розрахунок енергоспоживання системи охолодження адміністративної будівлі Херсонського аеропорту. Визначено, що витрати на холоду охолодження будівлі 21078 кВт·год; витрати електроенергії 13094 кВт·год., витрати додаткової енергії 1470,5 кВт·год. Витрата первинної енергії на ці потреби складає 33 498 кВт·год, або 9,72 кВт·год/м<sup>3</sup>. Маса викидів парникових газів визначається 6,117 т або 1,775 кг/м<sup>3</sup>.

Досліджено вплив збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій та зменшення коефіцієнта затінення вікон рухомим засобами на енергоспоживання. Виявлено, що найбільший вплив на зменшення енергоспоживання спричиняє використання засобів рухомого затінення. Збільшення термічного опору огорожень причиняє різноплановий вплив на енергоспоживання системи охолодження.

В даній роботі досліджено вплив різних джерел теплової енергії для системи опалення на питоми енергоспоживання даної будівлі на опалення та

охолодження, також на питому витрату первинної енергії та на питому масу викидів парникових газів для шести різних варіантів джерел теплоти: три варіанти газових котлів (наявний застарілий котел, новий низькотемпературний котел та конденсаційний котел), теплового насосу «повітря-вода», електричного котла та котла на біомасі.

Виявлено, що варіант використання котла на біомасі для даної будівлі має найкращі показники по споживанню первинної енергії та викидах парникових газів. Але його енергоефективність невисока.

Застарілий газовий котел, сучасний низькотемпературний котел та конденсаційний котел мають приблизно однакові показники під час розрахунку, що, на нашу думку, не зовсім відповідає результатам роботи такого обладнання в реальних умовах.

Теплопостачання від електричного котла забезпечує низьке енергоспоживання будівлі, але його показники по споживанню первинної енергії та викидах парникових газів найгірші.

Натомість, варіант теплопостачання від теплового насосу має найкращі показники по енергоспоживанню будівлі, відносно невеликі викиди парникових газів та використання первинної енергії. Але суттєвим недоліком теплонасосного обладнання на даний момент є високі питомі інвестиції, особливо для теплових насосів малої потужності.

Розроблено теплову схему стенду для дослідження показників теплового насосу «повітря-вода». Особливостями такого стенду є використання тепловентилятора для зменшення металоємності та двох електропідігрівників, один в контурі конденсатора теплового насосу, другий перед випарником теплового насосу. Наявність цих підігрівників дозволить більш глибоко дослідити ефективність роботи теплового насосу за умов різних параметрів навколишнього середовища та теплового споживача.

### **3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ З ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ**

3.1 Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали

В даній роботі виконується монтаж реверсивних теплових насосів у теплопункті адміністративної будівлі у м. Херсон з допоміжним обладнанням, системою акумулювання теплоти і комунікаціями.

Реверсивні теплові насоси тип Dimplex LA 60 TUR+ типу “повітря - вода” мають два компресори для опалення і охолодження з додатковим теплообмінником і контролер WPM EconPlus. Теплові насоси характеризуються безшумною роботою завдяки тихоходним вентиляторам. Реверсивний контур охолодження з додатковим теплообмінником дозволяє досягти більш високої температури гарячого водопостачання у режимі опалення і використовувати скидну теплоту у режимі охолодження. Використання у конструкції теплового насосу двох компресорів дозволяє знижувати потужність за часткового завантаження із можливістю приготування гарячої води та забезпечує високу експлуатаційну безпеку. У внутрішньому контурі теплового насосу використовується холодоагент R417A.

У тепловій схемі монтується два теплових насоси, кожен з яких має максимальну теплову потужність 60 кВт, номінальна споживана потужність 14,95 кВт, габаритні розміри : 1900 × 2300 × 1000 мм [31].

Для акумулювання теплоти від теплових насосів та додаткового джерела теплоти (електрокотла) у тепловій схемі використовується буферний накопичувач Reflex Storatherm Heat HF 500/R, що виготовлений із високоякісної сталі S235JRG2. Даний тип накопичувача оснащений знімною поліуретановою ізоляцією товщиною 100 мм.

Максимальний робочий тиск накопичувача складає 3 бар, а максимальна робоча температура – 95 °С. Бак-накопичувач має ревізійний отвір для полегшення експлуатації. Габаритні розміри :  $D = 797$  мм,  $H = 1950$  мм [32].

Для компенсації температурних деформацій в системі теплопостачання встановлено компенсатор об'єму води Reflex тип NG80 [33]. Робочий тиск компенсатора – 6 бар, максимальна робоча температура – 120 °С. Даний компенсатор об'єму має різьбове приєднання. Габаритні розміри :  $D = 480$  мм,  $H = 565$  мм.

Необхідний напір для циркуляції грійного теплоносія у контурі теплових насосів забезпечується циркуляційним насосом Wilo-Stratos 50/1-6. Даний насос має такі характеристики : максимальна подача - 16,4 м<sup>3</sup>/год, висота нагнітання – 6,7 м, споживана потужність – 40 - 1450 Вт, частота обертання двигуна – 1400 – 4800 об/хв. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою фланців DN 50 [34].

Циркуляція теплоносія у контурі тепло- / холодопостачання фенкойлів забезпечується циркуляційним насосом Wilo-Stratos 65/1-6. Даний насос має такі характеристики : максимальна подача - 26,7 м<sup>3</sup>/год, висота нагнітання – 6,9 м, максимальна споживана потужність – 490 Вт, частота обертання двигуна – 1400 – 4800 об/хв, монтажна довжина – 280 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою фланців DN 65 [34].

Циркуляція теплоносія у контурі теплохолодопостачання вентустановок забезпечується циркуляційним насосом Wilo Yonos MAXO 30/0,5-10. Даний насос має такі характеристики : максимальна подача - 8,8 м<sup>3</sup>/год, напір – 10 м, максимальна споживана потужність – 190 Вт, частота обертання двигуна – 1000 – 4450 об/хв, монтажна довжина – 180 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою різьбового з'єднання G 2 [34].

Транспортування теплоносіїв виконується поліпропіленовими трубопроводами PP-R Stabi Al KAN-therm [35]. Для забезпечення можливості



ремонту обладнання передбачені запірні крани (шарові) та засувки типу «Баттерфляй».

Всі трубопроводи після монтажу та приєднання теплових насосів і акумулювальної ємності згідно з "Правилами устроювання и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" повинні бути піддані гідравлічному випробуванню тиском, який дорівнює 1,25 робочого тиску.

У даному проєкті монтаж теплової ізоляції трубопроводів не входить у об'єми робіт.

Таблиця 3.1 – Комплектувальна відомість основних і допоміжних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Реверсивний тепловий насос тип Dimplex LA 60 TUR+	шт	2	966	1932
2	Буферний накопичувач Reflex Storatherm Heat HF 500/R	шт	1	75	75
3	Компенсатор об'єму води Reflex тип NG80	шт	1	9,2	9,2
4	Насос Wilo-Stratos 50/1-6	шт	2	10,6	21,2
5	Насос Wilo-Stratos 65/1-6	шт	1	16	16
6	Насос Wilo Yonos MAXO 30/0,5-10	шт	1	4,6	4,6
7	4-ходовий клапан перемикаючий Dimplex VWU 50E	шт	2	3,1	6,2
8	Запобіжний клапан $P_{\max} = 3$ бар MS 3/4"	шт	3	0,3	0,9

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
9	Фільтр осадовий муфтовий DN 50	шт	2	1	2
10	Фільтр осадовий муфтовий DN 32	шт	1	0,57	0,57
11	Фільтр осадовий фланцевий DN 65	шт	1	7	7
12	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 50 (L=200)	шт	2	11	122
13	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 65 (L=240)	шт	1	15	15
14	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 80 (L=260)	шт	1	21	21
15	Зворотний клапан муфтовий DN32	шт	1	1,7	1,7
16	Зворотний клапан муфтовий DN40	шт	2	2,4	2,4
17	Кран кульовий муфтовий DN 50	шт	6	3,3	19,8
18	Кран кульовий муфтовий DN 40	шт	6	2,2	13,2
19	Кран кульовий муфтовий DN 32	шт	8	1,2	9,6
20	Засувка типу "Батерфляй" DN 65	шт	2	4,2	8,4
21	Засувка типу "Батерфляй" DN 80	шт	2	4,4	8,8
22	Автоматичний розповітрявач Spirotop AAV 1/2"	шт	2	0,7	1,4
23	Гребінка розподільча Ø108×4, L = 1500 мм	шт	2	15,3	30,6
24	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 63×8,6	м	37	1,54	56,98
25	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 90×15	м	27,5	3,59	98,725

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
26	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 75×10,3	м	3,5	2,59	9,065
24	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 63×8,6	м	37	1,54	56,98
25	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 90×15	м	27,5	3,59	98,725
26	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 75×10,3	м	3,5	2,59	9,065
27	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 40×5,5	м	6,5	0,682	4,433
28	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 50×4	м	3	0,638	1,914
29	Труба поліпропіленова PP-R Stabi Al KAN-therm, діаметр 32×4,4	м	1,5	0,370	0,555
					<b>2500,24</b>
Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу поліпропіленових трубопроводів з встановленням муфтової арматури і фільтрів [36]					
30	Вапно хлорне, марка А	т	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	0,00003 0,00002 0,00002 0,00001 0,00001 0,00001	0,0175

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
31	Уайт-спірит	т	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	0,00003 0,00003 0,00003 0,00002 0,00002 0,00002	0,0226
32	Міткаль "Т-2" суровий [суровие]	10 м	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	0,003 0,003 0,003 0,002 0,002 0,002	0,0185
33	Дюбелі з ущільнювачем	кг	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	1,34 1,58 1,79 1,79 2,52 1,25	1,3224
34	Вода	м <sup>3</sup>	0,275 0,35 0,37 0,03 0,065 0,015	9,54 6,62 4,67 2,94 1,88 1,21	4811,7

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
35	Патрони для будівельно-монтажного пістолета	кг	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	0,064 0,075 0,085 0,085 0,121 0,06	0,063
36	Наконечники	кг	0,275 0,035 0,37 0,03 0,065 0,015	0,35 0,42 0,47 0,47 0,66 0,33	0,3468
Для монтажу насосів [37]					
37	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	4	0,00039	1,56
38	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	4	0,07	0,28
39	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	4	0,00127	5,08
40	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 80 мм	шт	2	3,19	6,39
Для монтажу буферного накопичувача [37]					
41	Азбестовий картон загального призначення [КАОН-1], товщина 2 мм	т	1	0,00468	4,68
42	Масло індустріальне И-20А	т	1	0,0001	0,1

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
43	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00065	0,65
44	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	1	0,17	0,17
45	Оліфа натуральна	кг	1	0,03	0,03
46	Вода	м <sup>3</sup>	1	0,9	900
47	Прядиво лляне	т	1	0,00003	0,03
48	Сурик свинцевий	т	1	0,00006	0,06
49	Пароніт	т	1	0,0002	0,2
Для монтажу компенсатору об'єму води [37]					
50	Оліфа натуральна	кг	1	0,04	0,04
51	Вода	м <sup>3</sup>	1	0,31	310
52	Прядиво лляне	т	1	0,00004	0,04
53	Сурик свинцевий	т	1	0,00008	0,08
Для монтажу осадових фільтрів фланцевих [37]					
53	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00011	0,11
Для монтажу розподільчих гребінок [37]					
54	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	2	0,00018	0,36
55	Оліфа натуральна	кг	2	0,02	0,04
56	Розчин готовий складковий важкий цементний, марка М50	м <sup>3</sup>	2	0,005	18
57	Прядиво лляне	т	2	0,00001	0,02
58	Сурик свинцевий	т	2	0,00001	0,02

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
Для монтажу фланцевих зворотних клапанів та засувок типу «Баттерфляй» [10]					
59	Електроди, діаметр 4 мм, марка E42	т	2 6	0,00037 0,00054	3,98
60	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	2 6	0,0011 0,00207	14,62
61	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	1000 шт.	2	0,02	2,68
62	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 100 мм	1000 шт.	6	0,02	10,94
63	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 80 мм	шт	6	3,19	19,14
64	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 65 мм	шт	6	2,8	16,8
65	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 50 мм	шт	4	2,06	8,24
для монтажу теплових насосів [38]					
66	Шпали дерев'яні не просочені, I тип, довжина 2,75 м, для залізниці широкої колії	шт.	2*1	85	170
67	Скоби будівельні	кг	2	0,6	1,2

Загальна маса обладнання та основних матеріалів – 2500,24 кг.

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 327,29 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання та інструменту 685,35 кг.

Загальна маса води – 5711,7 кг.

Загальна маса (для доставки) – 3512,88 кг.

### 3.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів.
3. Монтаж реверсивних теплових насосів тип Dimplex LA 60 TUR+.
4. Монтаж буферного накопичувача Reflex Storatherm Heat HF 500/R.
5. Встановлення гребінок розподільчих  $\varnothing 108 \times 4$ , L = 1500 мм.
6. Монтаж компенсатора об'єму води Reflex типу NG80.
7. Прокладання трубопроводів діаметром 90×15 мм.
8. Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 80.
9. Прокладання трубопроводів діаметром 75×10,3 мм.
10. Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 65.
11. Монтаж циркуляційного насосу Wilo-Stratos 65/1-6.
12. Встановлення осадкового фланцевого фільтру DN 65.
13. Прокладання трубопроводів діаметром 63×8,6 мм і монтаж муфтової арматури.
14. Монтаж циркуляційних насосів Wilo-Stratos 50/1-6.
15. Встановлення зворотного клапану фланцевого DN 50.
16. Прокладання трубопроводів діаметром 50×4 мм і монтаж муфтової арматури.
17. Прокладання трубопроводів діаметром 40×5,5 мм і монтаж муфтової арматури.
18. Встановлення циркуляційного насосу Wilo Yonos MAXO 30/0,5-10



19. Прокладання трубопроводів діаметром 32×4,4 мм і монтаж муфтової арматури.
20. Випробування трубопроводів.
21. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
22. Повернення допоміжного обладнання на склад.

#### Об'єми робіт

Об'єми робіт визначаються відповідно до [36, 37, 38].

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 3513 кг (3,513 т). Приймаємо об'єм  $V=3,513$ .
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L=82$  м. Приймаємо  $V=0,82$ .
3. Монтаж реверсивних теплових насосів тип Dimplex LA 60 TUR+. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 2 теплових насоси. Отже, приймаємо  $V=2$ .
4. Монтаж буферного накопичувача Reflex Storatherm Heat HF 500/R. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 буферний накопичувач. Отже, приймаємо  $V=1$ .
5. Встановлення гребінок розподільчих  $\varnothing 108 \times 4$ ,  $L = 1500$  мм. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 2 розподільчі гребінки. Отже, приймаємо  $V=2$ .
6. Монтаж компенсатора об'єму води Reflex типу NG80. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 компенсатор об'єму. Отже, приймаємо  $V=1$ .
7. Прокладання трубопроводів діаметром 90×15 мм. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 27,5 м, а отже, приймаємо  $V=0,275$ .
8. Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 80. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 зворотний

клапан і 2 засувки. Отже, приймаємо  $V=3$ .

9. Прокладання трубопроводів діаметром  $75 \times 10,3$  мм. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 3,5 м, а отже, приймаємо  $V=0,035$ .

10. Встановлення зворотного клапану та засувок «Баттерфляй» фланцевих DN 65. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 зворотний клапан і 2 засувки. Отже, приймаємо  $V=3$ .

11. Монтаж циркуляційного насосу Wilo-Stratos 65/1-6. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 насос. Отже, приймаємо  $V=1$ .

12. Встановлення осадового фланцевого фільтру DN 65. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 фільтр даного типорозміру. Отже, приймаємо  $V=1$ .

13. Прокладання трубопроводів діаметром  $63 \times 8,6$  мм і монтаж муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 37 м, а отже, приймаємо  $V=0,37$ .

14. Монтаж циркуляційних насосів Wilo-Stratos 50/1-6. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 2 насоси даного типорозміру. Отже, приймаємо  $V=2$ .

15. Встановлення зворотного клапану фланцевого DN 50. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 2 зворотних клапани даного типорозміру. Отже, приймаємо  $V=2$ .

16. Прокладання трубопроводів діаметром  $50 \times 4$  мм і монтаж муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 3 м, а отже, приймаємо  $V=0,03$ .

17. Прокладання трубопроводів діаметром  $40 \times 5,5$  мм і монтаж муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 6,5 м, а отже, приймаємо  $V=0,065$ .

18. Встановлення циркуляційного насосу Wilo Yonos MAHO 30/0,5-10. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловій схемі монтується 1 насос даного

типорозміру. Отже, приймаємо  $V=1$ .

19. Прокладання трубопроводів діаметром  $32 \times 4,4$  мм і монтаж муфтової арматури. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Довжина труб даного типорозміру складає 1,5 м, а отже, приймаємо  $V=0,015$ .

20. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L=82$  м. Приймаємо  $V=0,82$ .

21. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L=82$  м. Приймаємо  $V=0,82$ .

22. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання 685,35 кг (0,6854 т). Приймаємо об'єм  $V=0,6854$ .

### 3.3 Вибір метода виконання робіт, машин і механізмів. Витрати енергоресурсів

Монтаж масивного обладнання такого як баки-акумулятори проводиться на попередньо підготовлену бетонну площадку товщиною не менше 5 см якщо цього потребує конструкція обладнання.

Етапи монтажу буферної ємності:

1. Доставка буферної ємності до місця встановлення
2. Вилучення буферної ємності з упаковки і її встановлення.
3. Підготовка до приєднання труб.
4. Монтаж теплоізоляції.
5. Підключення труб до буферної ємності.
6. Установка насосної групи системи тепlopостачання і насосної групи нагріву від теплових насосів і електродотлів.
7. Введення в експлуатацію: наповнення буферної ємності і видалення з неї повітря.

В комплект буферної ємності входить вентиль для випуску повітря, який опціонально можна встановлювати для запобігання небажаних надлишків тиску. Максимальний робочий тиск ємності рівний 0,3 МПа.

Монтаж запірної арматури. При монтажі арматури яка не увійшла в вузли, необхідно дотримуватися наступні вимоги:

- арматуру потрібно розміщувати в місцях, доступних для зручного і безпечного обслуговування і ремонту;

- ручний привід арматури слідє розташовувати на висоті не більше 1,8 м а при частому використанні не більше 1,6 м від підлоги приміщення або обслуговуючої площі;

- вентиль з ручним приводом необхідно розміщувати шпинделем вгору (вертикально) або горизонтально, або в межах верхнього півкола. Установка арматури шпинделем вниз не допускається.

- на горизонтальних трубопроводах засувки встановлюють переважно маховиками вгору, на вертикальних трубопроводах - у положення на ребро.

Не слід розміщати арматуру над дверними отворами і над проходами для обслуговування обладнання.

Під час встановлення нососа на трубопроводах необхідно встановити дві ущільнюючі прокладки на вхідному і вихідному патрубках для кращої герметичності системи. У системах теплопостачання насос рекомендовано встановлювати у точці із найменшою температурою в контурі.

Перед насосом на всмоктувальному трубопроводі обов'язково встановлюється фільтр грубого очищення.

Електронасоси із мокрим ротором встановлюється так, щоб вал насосу знаходився в горизонтальному положенні.

Перед пуском насосу необхідно повністю заповнити систему водою і видалити із неї повітря.

Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано автомашиною Фотон 1069. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики Фотон 1069 [39]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	4000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2200
Мінімальний радіус повороту	м	8,5
Колісна база	мм	3800
Витрата палива	л/100 км	15
Габарити:		
Довжина		6725
Ширина		2100
Висота		2820
Маса	кг	3600

Для зварювання поліпропіленових трубопроводів діаметром 32 – 63 мм використовується плаский паяльник Wezer CF63-15A [40]. Його технічна характеристика: потужність, кВт – 2,0; температура нагріву, °С – 0-300; діаметри труб (мм): 20-63; маса – 4 кг.

Для зварювання поліпропіленових трубопроводів діаметром 63 – 90 мм використовується паяльник Wezer PM-3 [40], що оснащений

чотирма фіксаторами для надійної фіксації трубопровідної магістралі. Його технічні характеристики: потужність, кВт – 2,0; температура нагріву, °С – 50-300; діаметри труб (мм): 63-200; габарити, мм: 580x420x410; - маса – 49,6 кг.

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використо-вуємо насос для гідравлічного опресування системи KALDE VP-60 бар, 872PSI, його характеристика в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики гідравлічного пресу KALDE VP-60 бар, 872PSI [41]

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

Для зварювання використовується зварювальний апарат змінного струму HUNTER MIG/MMA(TIG) 337 Profi [42]. Його технічні характеристики: витрата електроенергії, кВт – 7,2; сила струму, А – 10-320; КПД – 85%; Маса – 12 кг.

Для кріплення обладнання використовуємо перфоратор Dnipro-M ВН-110 з такими характеристиками [43]: кількість ударів 4000 уд./хв.; діаметр свердління у бетоні – 26 мм; робоча потужність 1100 Вт, маса - 3,4 кг.

Для монтажу теплових насосів, буферного накопичувача використовуємо лебідку електричну ТЕЛ-2 [44], технічні характеристики якої наведні в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом  
ТЕЛ-2 [44]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кгс	2000
Швидкість навивки каната	м/с	0,25
Діаметр каната	мм	14
Канатоємність	м	150
Потужність двигуна	кВт	11
Габарити:		
Довжина	мм	900
Ширина	мм	1000
Висота	мм	646
Маса	кг	600

Таблиця 3.5– Набір інструментів та пристосувань для монтажників [45]

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк., шт.	Заг. маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній			
M17x19 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
M19x22 мм		6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Загальна маса усього допоміжного обладнання складає 685,35 кг.

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [46]

$$E = P \cdot \tau \cdot k \quad (3.1)$$

де  $P$  – потужність приладу чи механізму, кВт;

$\tau$  – термін роботи приладу, год;

$k$  – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [46].

Затрати електроенергії для роботи лебідки електричної ТЕЛ-2

$$E_{\text{леб}} = 11 \cdot (2 \cdot 1,59 + 0,26 + 0,05 \cdot 2) = 38,94 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи паяльників Wezer CF63-15A та Wezer PM-3

$$E_{\text{пая}} = 2 \cdot (0,275 \cdot 20,17 + 0,035 \cdot 23,78 + 0,37 \cdot 18,86 + 0,03 \cdot 18,86 + 0,065 \cdot 8,2 + 0,015 \cdot 6,56) = 174,65 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи зварювального апарату HUNTER MIG/MMA(TIG) 337 Profi

$$E_{\text{звар}} = 7,2 \cdot (3 \cdot 0,89 + 2 \cdot 0,51 + 1 \cdot 1,71 + 3 \cdot 0,89 + 1 \cdot 0,85 + 1 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,89) = 81,36 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи перфоратора Dnipro-M BH-110

$$E_{\text{перф}} = 2 \cdot 0,09 \cdot 1,1 = 0,2 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$



Загальні затрати електроенергії для роботи електроінструменту

$$E_{\Sigma} = E_{\text{леб}} + E_{\text{пая}} + E_{\text{звар}} + E_{\text{перф}} . \quad (3.2)$$

$$E_{\Sigma} = 38,94 + 174,65 + 81,36 + 0,2 = 295,15 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Необхідна кількість пального для доставки труб [41]

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{п}} = 0,15 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 50 = 15 \text{ (л)}.$$

Труби, деталі та конструкції завозяться централізовано автомашиною Фотон 1069. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 3.1.

3.4 Визначення трудомісткості та складу ланок для виконання монтажних робіт.

Трудомісткість виконання робіт із монтажу теплових насосів і системи транспортування теплоносія визначається на підставі об'ємів робіт, розрахованих у розділі п. 3.2 даної роботи.

Трудомісткість монтажних робіт [46]

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / B \text{ [люд}\cdot\text{дні]}, \quad (3.4)$$

де  $V$  – об'єм робіт;

$N_{\text{ч}}$  – норма часу на одиницю виміру, люд/год [36, 37, 38];

$B$  – кількість годин в зміні, год.

У даній роботі передбачається виконання монтажних робіт у одну зміну. Тривалість зміни визначається у відповідності із трудовим законодавством України і приймається 8 годин.

Тривалість монтажних робіт [46]

$$T = Q / n \text{ [дні]}, \quad (3.5)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд·дні

n – кількість робітників, люд.

Кількість робітників (n), необхідних для виконання певної роботи з монтажу обладнання системи забезпечення паливом парогенератора та їх кваліфікація наведена у розділі 5 даної роботи.

Результати розрахунку за формулами (3.4) та (3.5) наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. вимір	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудо-місткість люд/дні	Виконавці		Три-валість, дні
					кіль-кість	Склад бригади	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей до місць монтажу та їх складування	т	3,513	4,4	1,93	2	1 робітник 1 водій	0,97
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,82	1,6	0,164	6р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,5 розряд	0,082
Монтаж реверсивних теплових насосів тип Dimplex LA 60 TUR+	шт.	2	71,4	17,85	6р – 1 5р. -1 4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	4,46

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж буферного накопичувача Reflex Storatherm Heat HF 500/R	шт.	1	25,28	3,16	5р – 1 3р – 2	Монтажник 4,5 розряд	1,05
Встановлення гребінок розподільчих Ø108×4, L = 1500 мм	шт.	2	12,94	3,24	5р. -1 4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	1,08
Монтаж компенсатора об'єму води Reflex типу NG80	шт.	1	6,84	0,85	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,43
Прокладання трубопроводів діаметром 90×15 мм	100 м	0,275	205	7,05	4р – 2 3р – 2	Монтажник и 4,2 розряд	1,76
Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 80	шт.	3	4,26	1,6	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,8
Прокладання трубопроводів діаметром 75×10,3 мм	100 м	0,035	229,6	1	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,5

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 65.	шт.	3	4,26	1,6	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,8
Монтаж циркуляційного насосу Wilo-Stratos 65/1-6	шт.	1	24,52	3,07	5р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	1,53
Встановлення осадового фланцевого фільтру DN 65	шт.	1	2,09	0,26	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,13
Прокладання трубопроводів діаметром 63×8,6 мм і монтаж муфтової арматури	100 м	0,37	200,8	9,29	4р – 2 3р – 2	Монтажник и 4,2 розряд	2,32
Монтаж циркуляційних насосів Wilo-Stratos 50/1-6.	шт.	2	24,52	6,13	5р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	3,07
Встановлення зворотного клапану фланцевого DN 50.	шт.	2	2,41	0,6	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,3

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Прокладання трубопроводів діаметром 50×4 мм і монтаж муфтової арматури	100 м	0,03	200,8	0,75	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,38
Прокладання трубопроводів діаметром 40×5,5 мм і монтаж муфтової арматури	100 м	0,065	229,6	1,86	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,93
Встановлення циркуляційного насосу Wilo Yonos MAHO 30/0,5-10	шт.	1	24,52	3,07	5р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	1,53
Прокладання трубопроводів діаметром 32×4,4 мм і монтаж муфтової арматури	100 м	0,015	172,2	0,32	4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,16
Випробування трубопроводів	100 м	0,82	8,22	0,84	5р. -1 4р – 1 3р – 1	Монтажник и 4,2 розряд	0,28
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,82	2,4	0,25	6р – 1 5р. -1	Монтажник и 4,2 розряд	0,12
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,685	4,4	0,38	2	1 робітник 1 водій	0,19

## Визначення складу ланок для виконання монтажних робіт

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів [36, 37, 38].

1. Доставка деталей до місця монтажу. Водій і робітник.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Два монтажника 6 і 3 розрядів.
3. Монтаж реверсивних теплових насосів тип Dimplex LA 60 TUR+. Чотири монтажника 6 розряду, 5 розряду, 4 розряду, 3 розряду.
4. Монтаж буферного накопичувача Reflex Storatherm Heat HF 500/R. Два монтажника 3 і один монтажник 6 розрядів.
5. Встановлення гребінок розподільчих  $\varnothing 108 \times 4$ ,  $L = 1500$  мм. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
6. Монтаж компенсатора об'єму води Reflex типу NG80. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
7. Прокладання трубопроводів діаметром  $90 \times 15$  мм. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
8. Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 80. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
9. Прокладання трубопроводів діаметром  $75 \times 10,3$  мм. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
10. Встановлення зворотного клапану та засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 65. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
11. Монтаж циркуляційного насосу Wilo-Stratos 65/1-6. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
12. Встановлення осадового фланцевого фільтру DN 65. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
13. Прокладання трубопроводів діаметром  $63 \times 8,6$  мм і монтаж муфтової арматури. По два монтажники 3 і 4 розрядів.
14. Монтаж циркуляційних насосів Wilo-Stratos 50/1-6. Два монтажники 3 і 5 розрядів.

15. Встановлення зворотного клапану фланцевого DN 50. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
16. Прокладання трубопроводів діаметром 50×4 мм і монтаж муфтової арматури. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
17. Прокладання трубопроводів діаметром 40×5,5 мм і монтаж муфтової арматури. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
18. Встановлення циркуляційного насосу Wilo Yonos MAXO 30/0,5-10. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
19. Прокладання трубопроводів діаметром 32×4,4 мм і монтаж муфтової арматури. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
20. Випробування трубопроводів. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
21. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Два монтажники 5 і 6 розрядів.
22. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій і робітник.

### 3.5 Висновки до розділу 3

В даному розділі розроблено технологію монтажу обладнання теплопункту адміністративної будівлі у м. Херсон з реверсивними тепловими насосами типу «повітря-вода».

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу теплопункту затрати паливних та енергетичних ресурсів. Встановлено, що маса обладнання, основних та допоміжних матеріалів і обладнання для монтажу системи паливопостачання складає 2500,24 кг та 327,29 кг відповідно. Необхідна кількість пального для доставки основного та допоміжного обладнання становить 15 л. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 295,15 кВт·год.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу системи забезпечення паливними гранулами парогенераторів, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 65,3 люд-дні. Тривалість встановлення обладнання дорівнює 22,88 днів.



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У магістерській роботі досліджується ефективність теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

Будівництво як трудова діяльність характеризується підвищеною шкідливістю та небезпекою робіт, що виконуються. Це обумовлено багатьма причинами – в процесі будівництва працівникам доводиться зіштовхуватися з великою кількістю небезпечних і несприятливих факторів. Підвищена небезпека будівельних робіт веде до того, що будь-яке, навіть незначне, порушення норм безпеки може стати причиною важких травм і загибелі людей, а також значного матеріального збитку. Кінцевим результатом будівництва є об'єкт, призначений для подальшої експлуатації іншими людьми протягом, як правило, тривалого періоду часу, що обчислюється десятиліттями.

На будівельно-монтажний персонал, залучений до монтажу інженерного обладнання теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі, впливають за ГОСТ 12.0.003-74 такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена рухливість повітря;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень вібрації;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

#### 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу інженерного обладнання

Під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд будівлі (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), за наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зазначених у вступі, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам цих Норм, заходам безпеки, зазначеним у проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), і зокрема:

- під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння;
- додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях;
- додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення і знежирення трубопроводів.

Заготівлю і припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштуваннях, призначених для монтажу трубопроводів, забороняється.

Під час монтажу обладнання і трубопроводів вантажопідіймальними кранами необхідно керуватися вимогами ОП при виконанні вантажопідіймальних робіт.

На будівництві об'єктів із застосуванням вантажопідіймальних кранів, якщо до небезпечних зон переміщення вантажів кранами потрапляють транспортні або пішохідні шляхи, санітарно-побутові чи виробничі будівлі та споруди, інші місця постійного чи тимчасового перебування людей під час виконання будівельно-монтажних робіт, необхідно виконувати вимоги цих норм, ПОБ і ПВР щодо забезпечення безпеки працюючих, зокрема:

- застосовувати засоби штучного обмеження зони роботи баштових кранів; - застосовувати захисні пристрої, захисні екрани тощо.

Проїзди, проходи на будівельних майданчиках, а також проходи до робочих місць і на робочих місцях не повинні мати вибоїн і утримуватись у чистоті та порядку, очищуватись від сміття, снігу, не захаращуватись матеріалами та виробами, а також бути не ковзкими.

Вимоги безпеки до облаштування і утримання будівельних майданчиків, виробничих ділянок і робочих місць.

Будівельні майданчики та виробничі ділянки повинні бути огорожені згідно з ГОСТ 23407.

Конструкція захисних огорож повинна задовольняти таким вимогам:

- огорожі, що прилягають до місць проходу людей за межами будівельного майданчика, повинні мати висоту не менше ніж 2,0 м і бути обладнані суцільним захисним козирком із несучою здатністю витримувати снігове навантаження, а також навантаження від падіння дрібних предметів; ці огорожі повинні бути без прорізів, крім воріт і хвірток, які охороняються протягом робочого часу і замикаються після закінчення робіт.

Робочі місця і проходи до них, розташовані на висоті більше ніж 1,3 м і на відстані менше ніж 2,0 м від межі перепаду по висоті, повинні бути огорожені захисними огорожами, конструкції яких визначаються в ПВР.

Огорожі слід доставити на об'єкт будівництва до початку виконання робіт та негайно установити після утворення зазначеного перепаду по висоті, а демонтувати безпосередньо перед улаштуванням проектних огорожувальних конструкцій.

Якщо неможливо установити огорожу, у випадках, визначених у ПВР, для виконання певних видів робіт (наприклад, верхолазні, монтаж конструкцій, обладнання, опалубки; мурування стін тощо) відповідно до ПВР їх необхідно виконувати із застосуванням запобіжних поясів, страхувальних канатів.

Проходи на робочих місцях і до робочих місць повинні відповідати таким вимогам:

- ширина одиночних проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути не менше ніж 0,6 м, а висота таких проходів у проясненні – не менше ніж 1,8 м;

- драбини або скоби, що передбачені для піднімання чи спускання працівників на робочі місця, які розташовані на висоті (глибині) більше ніж 5 м, необхідно обладнувати пристроями для закріплення фала запобіжного пояса (канатами з уловлювачами тощо), а також обладнати дуговою огорожею.

Прорізи у стінах за однобічного прилягання до них настилу (перекриття) повинні бути огорожені, якщо відстань від рівня настилу до низу прорізу менше ніж 0,7 м.

Входи до будівель (споруд), що споруджуються, на період будівництва слід захистити зверху суцільним козирком шириною не менше ширини входу до будинку (споруди) і довжиною – відповідно до розміру небезпечної зони.

У разі, коли розрахункова довжина козирка перевищує межі будівельного майданчика, необхідно використовувати суцільні або сітчасті захисні системи огороження робочих горизонтів, які запобігають падінню елементів конструкцій та інших предметів з висоти в небезпечну зону. Конструкції цих систем необхідно визначати в ПВР.

Біля в'їзду на будівельний майданчик необхідно встановити схему руху автотранспорту. Транспортні засоби та пішоходи повинні потрапляти на об'єкт

будівництва і покидати його через різні проходи і проїзди, що призначені для транспортних засобів і пішоходів. Для доступу в основні робочі зони тимчасові автомобільні шляхи повинні бути обладнані пішохідними переходами з відповідними знаками.

Внутрішні автомобільні шляхи на будівельних майданчиках повинні відповідати вимогам ДБН А.3.1-5, бути обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів і будівельних машин відповідно до Правил дорожнього руху України.

Швидкість руху автотранспорту поблизу місць виконання робіт не може перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год – на поворотах.

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи і обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт.

Встановлення і зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштування, обладнаного сходами для піднімання і спускання працівників. Піднімання і спускання конструкціями естакад не допускається.

Забороняється перебування людей під обладнанням, що встановлюється, монтажними вузлами обладнання і трубопроводів до їх остаточного закріплення.

Опускати труби у закріплену траншею необхідно так, щоб не порушувати кріплення траншеї.

Не дозволяється скочувати труби в траншею за допомогою ломів і ваг, а також використовувати розпірки кріплення траншей як опори для труб.

У приміщеннях знежирення трубопроводів забороняється користуватися відкритим вогнем і допускати іскроутворення. Місце, де проводиться знежирення, необхідно відгородити і позначити знаками безпеки.

Під час виконання робіт на будівельному майданчику роботодавець повинен забезпечити працівників санітарно-побутовими приміщеннями (гардеробними, душовими, умивальними, сушильними для одягу і взуття, приміщеннями для обігрівання, для вживання їжі та відпочинку, для особистої гігієни жінок, туалетами тощо), питною водою і медичним обслуговуванням згідно з чинними нормативами і колективним договором (угодою).

Санітарно-побутові приміщення та обладнання мають бути введені в експлуатацію до початку виконання робіт. Під час реконструкції діючих підприємств санітарно-побутові приміщення необхідно улаштувати з урахуванням вимог, додержання яких обов'язкове під час виробничих процесів на об'єктах, які реконструюються. У санітарно-побутових приміщеннях необхідно мати достатню кількість шаф, столів та стільців.

Площа санітарно-побутових приміщень визначається відповідно до кількісного складу робітників у найбільш багаточисельну зміну на об'єкті за укрупненими нормативними показниками згідно з нормами, у  $m^2/10$  осіб: гардеробна – 7,0; душова з переддушовою – 5,4; умивальня – 2,0; сушильня для одягу та взуття – 2,0; приміщення для обігрівання працюючих (захисту від сонячного випромінювання) – 1,0; їдальня (на напівфабрикатах) – 8,1 або буфет – 7,0; приміщення для відпочинку та вживання їжі – 10; туалет (питома площа на одну особу) – 1; а також приміщення для особистої гігієни жінок,  $m^2/100$  жінок – 3,5; медпункт,  $m^2/300$  осіб і більше – 70 і більше.

На будівельних об'єктах необхідно мати аптечки з медикаментами, ноші, фіксуєчі шини та інші засоби надання першої долікарської допомоги. За чисельності працюючих на об'єкті більше ніж 300 осіб генпідрядник повинен організувати роботу медпункту (з постійним медперсоналом).

Приміщення (установки) для вживання питної води мають бути облаштовані на відстані не більше ніж 75 м по горизонталі і не більше ніж 10 м по вертикалі від робочих місць.

Виробничі та санітарно-побутові приміщення, місця відпочинку, проходи для людей, робочі місця на будівельних майданчиках слід розташовувати за

межами небезпечних зон. Якщо виробничі та санітарно-побутові приміщення розміщено в небезпечних зонах, необхідно розробити графіки безпечного перебування людей у цих приміщеннях.

#### 4.1.2 Електробезпека

Для живлення технологічного обладнання та системи освітлення на будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому

що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробою і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

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

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

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [56].

Мікроклімат приміщень на будівництві характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота з обслуговування технологічного обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1.



Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>.

При роботі технологічного обладнання виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [57] наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні верстатника

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [55]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

### 4.2.3 Виробниче освітлення

#### Природне освітлення

Система природного освітлення відноситься до односторонньої бокової, а освітлення здійснюється через вікна.

#### Штучне освітлення

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменш-ий або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при-родне комбінованого освітлення		Природ-не Ен пр	Суміс-не Е сум
						всього	у т. ч. від загально-го		
Серен-ької точ-ності	Від 0,5 до 1,0 включ-но	IV	в	Малий серед-ній вели-кий	Світ-лий серед-ній тем-ний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A60 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами:

високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 4.2.4 Виробничий шум

На будівництві джерелом шуму є обладнання, машини, механізми - механічний шум.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань

вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно до [51] рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі

$$L = 10 \cdot \lg(I/I_0) = 10 \cdot \lg(p/p_0) = 10 \cdot \lg(U/U_0) \quad (4.1)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$p$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^5$  Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 4.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Допустимі рівні виробничої вібрації на постійних місцях наведені в таблиці 4.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	92				

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

#### 4.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу,

затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 12

По вертикалі: до 8

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заклучна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 11-25

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 3-4

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що

наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 10– 12

Змінність роботи Тризмінна робота (робота у нічну зміну)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви нерегламентовані або недостатньої тривалості до 3% часу зміни

#### 4.3 Висновки до розділу 4

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

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 „Правила визначення вартості будівництва” і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (табл. 5.1) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 2000); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.



Таблиця 5.1 – Локальний кошторис на монтаж обладнання

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 1040,720 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 0,761 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 16,044 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,8 розряд

Складений в поточних цінах станом на "9 грудня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.			
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин			
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
												на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	M7-218-5	Монтаж Реверсивного теплового насосу типу Dimplex LA 60 TUR+, маса 0,966 т	шт	2	<u>1585,07</u> 941,56	<u>152,40</u> 32,81	3170	1883	<u>305</u> 66	<u>46,2</u> 1,717	<u>92,4</u> 3,43		
2	C130-7 варіант 3	Реверсивний тепловий насос	шт	2	<u>400827,66</u> -	- -	801655	-	- -	- -	- -		
3	M6-311-4	Монтаж буферного накопичувача Reflex Storatherm Heat HF 500/R	т	0,075	<u>17008,03</u> 12707,62	<u>3942,63</u> 660,85	1276	953	<u>296</u> 50	<u>662,2</u> 37,5986	<u>49,67</u> 2,82		
4	C130-13 варіант 1	Буферна ємність	шт	1	<u>45516,86</u> -	- -	45517	-	- -	- -	- -		
5	E18-10-16	Установлення компенсатору об'єму води Reflex тип NG80	шт	1	<u>2697,79</u> 519,28	<u>70,41</u> 21,34	2698	519	<u>70</u> 21	<u>27,06</u> 1,2173	<u>27,06</u> 1,22		
6	C130-10 варіант 6	Компенсатор об'єму води	шт	1	<u>2359,61</u> -	- -	2360	-	- -	- -	- -		
7	E18-13-4	Установлення насосів Wilo-Stratos 50/1-6	шт	2	<u>27265,55</u> 839,03	<u>149,46</u> 43,40	54531	1678	<u>299</u> 87	<u>41,66</u> 2,523	<u>83,32</u> 5,05		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	E18-13-5	Установлення насосів Wilo-Stratos 65/1-6	шт	1	<u>29485,31</u> 1023,92	<u>170,71</u> 49,77	29485	1024	<u>171</u> 50	<u>50,84</u> 2,8779	<u>50,84</u> 2,88
9	E18-13-5	Установлення насосів Wilo Yonos MAXO 30/0,5-10	шт	1	<u>30992,16</u> 1023,92	<u>170,71</u> 49,77	30992	1024	<u>171</u> 50	<u>50,84</u> 2,8779	<u>50,84</u> 2,88
10	E18-21-5	Установлення фільтрів осадовий муфтовий діаметром 65 мм	10шт	0,1	<u>6883,16</u> 366,55	<u>247,37</u> 64,38	688	37	<u>25</u> 6	<u>18,2</u> 3,8268	<u>1,82</u> 0,38
11	E18-21-4	Установлення фільтрів осадовий муфтовий діаметром 50 мм	10шт	0,2	<u>3027,86</u> 300,49	<u>193,04</u> 49,35	606	60	<u>39</u> 10	<u>14,92</u> 2,9403	<u>2,98</u> 0,59
12	E18-21-2	Установлення фільтрів осадовий муфтовий діаметром 32 мм	10шт	0,1	<u>2606,17</u> 250,67	<u>141,50</u> 34,60	261	25	<u>14</u> 3	<u>12,3</u> 2,0619	<u>1,23</u> 0,21
13	E16-15-2	Установлення 4-ходового клапану, перемикаючий Dimplex VWU 50E	шт	2	<u>2378,68</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	4757	98	<u>33</u> 6	<u>2,41</u> 0,1814	<u>4,82</u> 0,36
14	E16-17-3	Установлення запобіжних клапанів Pmax = 3 бар MS 3/4"	шт	3	<u>1396,38</u> 61,43	<u>9,07</u> 2,31	4189	184	<u>27</u> 7	<u>3,05</u> 0,138	<u>9,15</u> 0,41
15	E16-15-1	Установлення діаметром до 32 мм зворотнього клапану	шт	1	<u>336,62</u> 49,12	<u>11,65</u> 2,61	337	49	<u>12</u> 3	<u>2,41</u> 0,1561	<u>2,41</u> 0,16
16	E16-15-2	Установлення Зворотніх клапанів, муфтовий DN40	шт	2	<u>370,80</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	742	98	<u>33</u> 6	<u>2,41</u> 0,1814	<u>4,82</u> 0,36
17	E16-15-2	Установлення Зворотний клапан муфтовий DN50	шт	6	<u>379,28</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	2276	295	<u>100</u> 19	<u>2,41</u> 0,1814	<u>14,46</u> 1,09
18	E16-18-1	Установлення зворотних клапанів, поворотний фланцевий DN 50 (L=200)	шт	2	<u>1083,73</u> 38,67	<u>6,93</u> 1,64	2167	77	<u>14</u> 3	<u>1,92</u> 0,0981	<u>3,84</u> 0,2
19	E16-18-2	Установлення Зворотних клапанів, поворотний фланцевий діаметром 80 мм	шт	1	<u>1194,76</u> 67,67	<u>11,26</u> 2,59	1195	68	<u>11</u> 3	<u>3,36</u> 0,1551	<u>3,36</u> 0,16
20	E16-18-2	Установлення зворотних клапанів, поворотний фланцевий DN 65 (L=200)	шт	1	<u>1193,70</u> 67,67	<u>11,26</u> 2,59	1194	68	<u>11</u> 3	<u>3,36</u> 0,1551	<u>3,36</u> 0,16
21	E16-15-2	Установлення кранів кульових муфтових DN 32	шт	8	<u>600,93</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	4807	393	<u>134</u> 26	<u>2,41</u> 0,1814	<u>19,28</u> 1,45

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	E16-15-2	Установлення кранів кульових муфтових DN 40	шт	6	<u>726,88</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	4361	295	<u>100</u> 19	<u>2,41</u> 0,1814	<u>14,46</u> 1,09
23	E16-15-2	Установлення кранів кульових муфтових D50	шт	6	<u>888,76</u> 49,12	<u>16,71</u> 3,23	5333	295	<u>100</u> 19	<u>2,41</u> 0,1814	<u>14,46</u> 1,09
24	E16-16-1	Установлення засувки типу "Батерфляй" DN 65	шт	2	<u>1321,67</u> 29,13	<u>1,52</u> 0,51	2643	58	<u>3</u> 1	<u>1,48</u> 0,0272	<u>2,96</u> 0,05
25	E16-16-2	Установлення засувки типу "Батерфляй" DN 65	шт	2	<u>2171,38</u> 50,97	<u>4,09</u> 1,15	4343	102	<u>8</u> 2	<u>2,59</u> 0,0572	<u>5,18</u> 0,11
26	E20-14-1	Установлення автоматичного розповітрявача Spirotop AAV 1/2"	шт	2	<u>2022,63</u> 34,97	<u>1,43</u> 0,44	4045	70	<u>3</u> 1	<u>1,8</u> 0,0266	<u>3,6</u> 0,05
27	E18-15-1	Установлення гребінок пароводорозподільних зі сталевих труб, зовнішній діаметр корпусу 108 мм	шт	2	<u>788,89</u> 234,68	<u>20,34</u> 5,30	1578	469	<u>41</u> 11	<u>11,25</u> 0,3054	<u>22,5</u> 0,61
28	E16-14-3	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,015	<u>12063,03</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	181	55	<u>6</u> 2	<u>172,2</u> 9,1445	<u>2,58</u> 0,14
29	E16-14-4	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,065	<u>14546,61</u> 4860,63	<u>480,23</u> 180,34	946	316	<u>31</u> 12	<u>229,6</u> 11,1495	<u>14,92</u> 0,72
30	E16-14-5	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 50 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,03	<u>15525,19</u> 4173,67	<u>978,33</u> 382,47	466	125	<u>29</u> 11	<u>200,08</u> 23,7533	<u>6</u> 0,71
31	E16-14-6	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 63 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,37	<u>16611,10</u> 4173,67	<u>975,48</u> 382,31	6146	1544	<u>361</u> 141	<u>200,08</u> 23,7433	<u>74,03</u> 8,79

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32	E16-14-7	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 75 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,035	<u>17566,01</u> 4789,46	<u>1308,45</u> 507,99	615	168	<u>46</u> 18	<u>229,6</u> 31,4932	<u>8,04</u> 1,1
33	E16-14-8	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 90 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	0,275	<u>18070,00</u> 4229,15	<u>1132,38</u> 436,96	4969	1163	<u>311</u> 120	<u>205</u> 27,0649	<u>56,38</u> 7,44
Разом прямі витрати по кошторису							1030529	13193	<u>2804</u> 776		<u>650,77</u> 45,71
Разом будівельні роботи, грн.							1030529				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							1014532				
всього заробітна плата, грн.							13969				
Загальновиробничі витрати, грн.							10191				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							64,18				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							2075				
<b>Всього будівельні роботи, грн.</b>							<b>1040720</b>				
-----											
<b>Всього по кошторису</b>							<b>1040720</b>				
Кошторисна трудомісткість, люд.год.							761				
Кошторисна заробітна плата, грн.							16044				

Склав

\_\_\_\_\_

[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

\_\_\_\_\_

[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

## 5.2 Загальні витрати інноваційного проекту

Дані витрати представлені в таблиці 5.2, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису таблиці 5.1).

Таблиця 5.2 – Перелік інноваційних витрат

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	10,41
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	2,08
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	15,61
Проектування	2,5	4	26,02
Експертиза інноваційного рішення	1	1	10,41
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	20,81
Виготовлення нового виробу	100	6	1040,72
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	31,22
Витрати на підготовку кадрів	5	2	52,04
Всього		21	1209,32

Показники комерційної ефективності проекту показані в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-85,34	-1254,98	63,82	228,41	236,37	540,55	732,12
2	Сальдо реальних грошей	-85,34	-785,958	63,82	186,18	194,14	502,44	698,13
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-85,34	-871,297	-807,48	-621,29	-427,15	75,29	773,42
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість	-98,99	-1254,98	55,02	169,75	151,43	298,54	348,57
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-98,99	-1353,97	-1298,95	-1129,20	-977,77	-679,23	-330,66

З таблиці 5. 3 видно від’ємне сальдо накопичених реальних грошей на протязі п’ятих років реалізації проекту.

### 5.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де  $NCF_t$  - чистий грошовий потік на  $t$ -ому році;

$R_t$  - результат виручки у  $t$ -й рік;

$Z_t$  - витрати у  $t$ -й рік;

$N_t$  - податки у  $t$ -й рік;

$K_t$  – інвестиції у  $t$ -й рік;

$T_p$ - розрахунковий період.

$$NV = 460,96 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де  $\eta_t$  - коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 330,66 \text{ тис. грн.}$$

Якщо  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації, якщо  $NPV < 0$ , то проект необхідно відхилити, якщо  $NPV = 0$ , то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Оскільки  $NPV$  та  $NV$  є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності інвестицій

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (5.3)$$

Кумулятивний метод розрахунку періоду окупності передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де  $COF_t$  – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок  $t$ -го періоду, грн.,

$CIF_t$  – чисті грошові надходження  $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-85,33	-1254,98	63,82	228,41	236,37	540,55	732,12
Кумулятивна	-85,33	-1340,32	-1276,50	-1048,08	-811,71	-271,16	460,96

Як видно з таблиці 5.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 4 та 5 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 4 + 271,16/732,12 = 4,37 \text{ років.}$$

#### 5.4 Висновки до розділу 5

В роботі складений кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано:

- Кошторисна вартість  $K_v = 1040,72$  тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 16,044 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість  $T = 0,761$  тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 1014,532 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект:

- Чисті грошові надходження – 460,96 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –330,66 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 4,37 роки.



## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянута проблема підвищення ефективності та зменшення використання викопних енергоресурсів для системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі шляхом розробки теплового пункту з тепловими насосами «повітря-вода».

Виконано аналіз об'єкту проектування – будівлі Херсонського аеропорту цивільної авіації. Площа приміщень громадського призначення 1013,6 м<sup>2</sup>. Об'єм приміщення  $V = 3446$  м<sup>3</sup>. Внутрішня температура в приміщеннях в режимі опалення 18 °С, а в режимі охолодження 24 °С.

В тепловому пункті пропонується встановити два реверсивні теплові насоси Dimplex LA 60 TUR+ типу “повітря - вода” тепловою потужністю по 60 кВт споживаною електричною потужністю 14,95 кВт.

Виконано аналіз літературної та патентної інформації щодо засобів зменшення енергоспоживання систем опалення та охолодження будівель. Виявлено, що для зменшення енергоспоживання на опалення ефективним є збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій, використання енергоефективного джерела теплоти та встановлення рекуператорів в системі вентиляції.

Розроблено математичну модель для визначення енергоспоживання будівлі з використанням рекомендацій ДСТУ. Така модель дозволяє визначити доцільність впровадження різних засобів підвищення енергоефективності будівлі. Охарактеризовано математичний опис моделі, її основні рівняння.

Виконано розрахунок енергоспоживання будівлі в режимі охолодження. Виявлено, що розрахункова енергопотреба на систему охолодження будівлі складає 21078 кВт·год/рік. Енергоспоживання системи охолодження будівлі складає 13094 кВт·год. Питоме енергоспоживання будівлі в режимі охолодження складає 3,8 кВт·год/м<sup>3</sup>.

Робота системи охолодження супроводжується витратами електроенергії в кількості 14564 кВт·год.

Розрахункові витрати первинної енергії складають 33498 кВт·год, або відповідно 9,72 кВт·год/м<sup>3</sup>. А маса парникових викидів 6,117 т/рік.

За допомогою розробленої математичної моделі виконані числові дослідження впливу енергоефективних заходів на енергоспоживання на охолодження будівлі. Виявлено, що найбільший позитивний вплив на енергоефективність системи охолодження спричиняє зменшення коефіцієнта рухомого затінення. Для світлопрозорих огорожень термічний опір впливає тільки на зменшення трансмісії теплоти через вікно, збільшуючи енергоспоживання. А для термічного опору стін вплив має подвійний характер: з одного боку, зменшуються тепловтрати через огороження і зростає енергоспоживання, з іншого зростає додатковий тепловий потік випроміненням в атмосферу і дещо знижується енергоспоживання. Для покриття будівлі зростання додаткового теплового потоку в атмосферу спричиняє більший ефект, ніж зменшення тепловтрат трансмісією, тому розрахункове енергоспоживання системи охолодження зменшується. Опір підлоги має незначний вплив на енергоспоживання системи охолодження будівлі.

Проведено аналіз різних варіантів схем експериментальних стендів для дослідження ефективності роботи теплових насосів «повітря-вода». Виявлено, що доцільним є поєднати схемні рішення двох варіантів. З одного боку, варто використати тепловентилятор для відведення теплоти від теплового насосу в навколишнє середовище, що дозволить виконати експериментальну установку менш матеріаломісною. З іншого боку слід врахувати можливість змінювати температуру теплоносіїв на вході у випарник та конденсатор теплового насосу для забезпечення більш глибокого дослідження енергоефективності теплового насосу Hydro Pro13.

Виконано розрахунок і підбір обладнання для системи розподілу теплоти і холоду в будівлі. Визначено діаметри трубопроводів, швидкості води, втрати тиску в розподільчих контурах.

В даній роботі розроблено технологію монтажу обладнання тепlopункту адміністративної будівлі у м. Херсон з реверсивними тепловими насосами типу «повітря-вода».

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу тепlopункту затрати паливних та енергетичних ресурсів. Встановлено, що маса обладнання, основних та допоміжних матеріалів і обладнання для монтажу теплового пункту складає 2500,24 кг та 327,29 кг відповідно. Необхідна кількість пального для доставки основного та допоміжного обладнання становить 15 л. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 295,15 кВт·год.

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

В роботі складений локальний кошторис на монтажні роботи.

Визначено, що кошторисна вартість  $K_v = 1040,72$  тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 16,044 тис. грн., кошторисна трудомісткість  $T = 0,761$  тис. люд–год., вартість матеріалів – 1014,532 тис. грн.

Також розраховано основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект, а саме чисті грошові надходження – 460,96 тис. грн.; чиста поточна вартість –330,66 тис. грн.; термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 4,37 роки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Степанов Д.В., Дудник І.Ю., Метла Д.О. Експериментальний стенд для дослідження показників теплового насосу «повітря - вода». Тези доп. XLX наук.-техн. конф. факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, м. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12793/10747> (дата звернення; 17.12.2021)
2. Степанов Д.В., Дудник І.Ю., Лисюк Д.Я. Експериментальний стенд для дослідження показників теплового насосу «повітря - вода». Енергоефективність в галузях економіки України: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egcu/egcu2021/paper/viewFile/14099/11950> (дата звернення: 17.12.2021)
3. Степанов Д.В., Дудник І.Ю., Лисюк Д.Я. Ефективність використання теплонасосних технологій для обігріву басейнів. Інноваційні технології в будівництві: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф., Вінниця, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/viewFile/10837/9042> (дата звернення: 17.12.2021)
4. Енергоефективність будівель в Україні. URL: <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivelua.html> (дата звернення: 17.12.2021)
5. Про енергоефективність будівель : Закон України від 17.10.2019. №199 – IX. Дата оновлення 1.12.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення: 17.12.2021).
6. Білоус І.Ю. Оцінювання енергоефективності будівлі в умовах динамічної зміни характеристик середовища. дис. канд. техн. наук 05.14.01 / НТУУ КПІ. Київ, 2019. 236 с.
7. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 17.12.2021)
8. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2017 р.
9. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р.

10. Система теплопостачання будинку на основі геліоустановки та теплового насоса. Патент №82399 Україна. МПК F24D3/00 F24J3/00 № 201303281. Заявл. 18.03.2013. опубл. 25.07.2013. Бюл. № 14. 6 с.
11. Триконтурний теплообмінник змієвикового типу для систем опалення та гарячого водопостачання від альтернативного джерела теплоти. Патент №70731 Україна. МПК F24D11/00 № 201113983. Заявл. 28.11.2011. опубл. 25.06.2012. Бюл. № 12. 5 с.
12. Спосіб отримання холоду та тепла з низькопотенціальних джерел теплоти. Патент №83423 Україна. МПК F25B 9/00F25B 29/00, F24D11/00 № 200610685. Заявл. 10.10.2006. опубл. 10.07.2008. Бюл. № 2. 5 с.
13. Автономная система горячего водоснабжения и отопления. Патент № WO2014014432A1, UA201208960. Заявл. 20.07.2012. опубл. 10.07.2013.
14. Степанов Д.В., Степанова Н.Д., Гайдейчук О.О. Вибір ефективного джерела теплохолодопостачання житлової будівлі. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*. 2013. № 1. С. 149–152.
15. Рей Д, Макмайл Д. Тепловые насосы. Москва : Энергоиздат, 1982. 224 с.
16. Степанов Д.В., Сулима О. К. Ефективність застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в схемах котелень на різних паливах. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2018. №1. С.117-121.
17. Інструкція з обслуговування теплового насосу Hydro Pro 13. URL: <https://www.manualslib.com/products/Hydro-Pro-13-3942758.html> (дата звернення: 17.12.2021)
18. 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.
19. Експериментальний стенд «Тепловий насос з системою кондиціонування повітря». URL: <https://measlab.ru/catalog/stands/chempionaty/stend-teplovoy-nasos-s-sistemoy-konditsionirovaniya-vozdukha>. (дата звернення: 17.12.2021).
20. Експериментальна установки для дослідження показників теплового насосу. URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6246/Laboratornye\\_raboty\\_na\\_stende\\_Teplovye\\_nasosy\\_dlya\\_studentov\\_teploehnerg](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6246/Laboratornye_raboty_na_stende_Teplovye_nasosy_dlya_studentov_teploehnerg)

eticheskikh\_specialnostej.pdf;jsessionid=601A94C82B53469D4150EDE7B18990FD?sequence=1 (дата звернення: 17.12.2021).

21. Тепловентилятор тепловою потужністю 3...20 кВт. URL: <https://volcano.ua/destratyfikator-volcano-vr-d-mini-ac> (дата звернення: 17.12.2021).

22. Степанов Д.В. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 81 с.

23. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. Москва : Энергия, 1978. 416 с.

24. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.

25. Белова Е. М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. Москва : Евроклимат, 2003. 400 с.

26. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Електронний ресурс]: – URL : <http://dwg.ru/dnl/10758>. (дата звернення 17.12.2021).

27. ДСТУ Б.А. 2.2–12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Електронний ресурс]: – URL : [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_a\\_2\\_2\\_12/5-1-0-1781](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_a_2_2_12/5-1-0-1781). (дата звернення 17.12.2021).

28. ДБН В.2.6–31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель/ Мінбуд України. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2006. 66 с.

29. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2014.

30. Степанов Д.В., Бабенко О.В., Скородзієвська Л.В., Ящук Р.В. Вплив показників джерела теплопостачання будівлі на рівень її енергоспоживання та клас енергоефективності. Енергоефективність в галузях економіки України тези доп. міжнар. наук.-техн. конф., Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14027/11881> (дата звернення: 17.12.2021)

31. Реверсивний повітряний тепловий насос з 2 компресорами. URL: <https://dimplex.org.ua/ua/product/la-60tur-74> (дата звернення 17.12.2021).

32. Буферная емкость 500 литров, Reflex HF 500 R. URL: <http://teplahata.biz.ua/tverdoplivnyye-kotly/bufernye-emkosti->

teploakkumulyatory/bak-reflex-500/(дата звернення 17.12.2021).

33. Reflex n, ng reflex расширительный бак. URL: <http://www.ktto.com.ua/water/brh/18>. (дата звернення 17.12.2021)

34. Wilo. Вироби та професійний досвід. URL: <https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/uk/virobi-ta-profesiyuiy-dosvid>. (дата звернення 17.12.2021).

35. Система KAN-therm PP – техническая информация. URL: [http://ua.kan-therm.com/kan/upload/pp\(3\).pdf](http://ua.kan-therm.com/kan/upload/pp(3).pdf) (дата звернення 17.12.2021).

36. ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні. [Чинний від 2000-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2000. 48 с.

37. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. [Чинний від 2000-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2000. 106 с.

38. ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. [Чинний від 2000-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2000. 47 с.

39. Характеристики Фотон 1069. URL: <https://gruzovo.com/foton-1069.html>. (дата звернення: 17.12.2021)

40. Інструменти Wezer. URL: <https://www.wezer.ua/ua/instrumenti/> (дата звернення: 17.12.2021)

41. Насос для гідравлічної опресування системи KALDE VP-60 бар, 872psi. URL: <https://xn--d1absfibdw.xn--j1amh/ua/p169918129-nasos-dlya-opressovki.html>. (дата звернення: 17.12.2021).

42. Сварочные аппараты HUNTER MIG/MMA(TIG) 337 Profi. URL: <https://hunter-ua.com/ru/dugovaya-argon-mig-337-profi>. (дата звернення: 17.12.2021).

43. Перфоратор Dnipro-M BH-110. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/perforator-bh-110/> (дата звернення: 17.12.2021).

44. Лебідка електрична монтажно-тягова ТЕЛ-2. URL: <https://gidromehanika.com.ua/ua/p772071176-lebedka-elektricheskaya-tyagovaya.html> (дата звернення: 17.12.2021). (дата звернення: 17.12.2021).

45. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 17.12.2021).

46. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця : ВДТУ, 2003 122 с.
47. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. Вінниця: Планер, 2007. 171 с.
48. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця : ВДТУ, 2003. 125 с.
49. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
50. ДСН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (дата звернення: 17.12.2021)
51. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf) (дата звернення: 17.12.2021)
52. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [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: 17.12.2021)
53. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. – К. : Мінбуд України, 2006. – 154 с.
54. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32\\_2\\_2009.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32_2_2009.pdf) (дата звернення: 17.12.2021)
55. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення: 17.12.2021)
56. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 17.12.2021)



57. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення: 17.12.2021)

58. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Терміни та визначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 17.12.2021)

59. ДСТУ ОHSAS18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог. – К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. – 21 с. (дата звернення: 17.12.2021)

60. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [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: 17.12.2021)

61. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 109 с. (дата звернення: 17.12.2021)

62. Кодекс цивільного захисту України. К. : ВР України, 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. (дата звернення: 17.12.2021)

63. Козловський В. О. Техніко – економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах : навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003. 75с

64. Михайлив Н. И. Основные принципы технико-экономической и экологической оценки нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. *Нові технології та інвестиції США в енергетичний сектор України*: III міжнародна конференція «EnerCon - 97» 1997 р. : тези доповідей. Київ, 1997. С. 78.

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри теплоенергетики  
\_\_\_\_\_ доц., к.т.н. Д.В. Степанов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
тема:  
«Ефективність теплонасосної установки  
для теплохолодопостачання адміністративної будівлі»

Керівник к.т.н., доц.  
\_\_\_\_\_ Д. В. Степанов  
(підпис)  
Розробив студент гр. ТЕ-20м  
\_\_\_\_\_ І. Ю. Дудник  
(підпис)

## 1 Тематика розробки та галузі застосування

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

## 2 Мета та призначення розробки

Метою є зменшення споживання викопних палив та техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом розробки енергоефективної системи теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

## 3 Джерела розробки

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

1. Степанов Д.В., Степанова Н.Д., Гайдейчук О.О. Вибір ефективного джерела теплохолодопостачання житлової будівлі. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*. 2013. № 1. С. 149–152.
2. 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.

3. Степанов Д.В., Сулима О. К. Ефективність застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в схемах котелень на різних паливах. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2018. №1. С.117-121.
4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 17.12.2021)
5. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2017 р.

#### 4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 277 від 24.09.2021 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей роботи адміністративної будівлі, рівня її енергоспоживання на опалення і охолодження та можливостей впровадження теплонасосної установки для теплохолодопостачання, що дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та підвищити енергоефективність, економічність, екологічну чистоту процесів енергопостачання. Виходячи з цих даних потрібно оцінити ефективність теплохолодопостачання з використанням різних джерел енергії та енергозбережних заходів.

#### 5 Технічні вимоги

Запроектowana система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення адміністративної будівлі теплотою та холодом з відповідними параметрами (витрата та температура енергоносія);
- забезпечення мінімального енергоспоживання на потреби опалення та охолодження;

- підвищення економічної ефективності та екологічної чистоти енергопостачання адміністративної будівлі;

- з використанням розробленої математичної моделі виконується оцінка показників енергоспоживання будівлі і досліджується вплив енергозберіжних заходів на енергоефективність теплохолодопостачання;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу обладнання теплопункту з теплонасосними установками, але не обмежуються даними видами робіт.

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

Технічні вимоги до виконання розрахунків енергоспоживання будівлі приймаються згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 – Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.

## 6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання теплопункту, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусканалагоджувальні роботи та підготовку кадрів декілька варіантів твердих палив, обрати найбільш раціональний варіант.

Необхідно оцінити доцільність впровадження теплонасосної установки «повітря - вода» для теплохолодопостачання адміністративної будівлі.

## 7 Заходи з енергозбереження

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

- виконано оцінку впливу заходів з підвищення термічного опору зовнішніх огорожень будівлі на її енергоспоживання;
- виконано оцінку вибору джерела теплоти для постачання адміністративної будівлі на її енергоспоживання;
- виконано розробку технології монтажу обладнання тепlopункту, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;
- всі трубопроводи подавання теплоти та холоду передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

## 8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

### Вимоги з надійності

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

## 10 Ергономічні вимоги

– системи контролю та управління повинні розташовуватись в зручних місцях і давати змогу працювати оператору протягом денної та нічної частини доби.

– номенклатура і величина антропометричних параметрів для пульта управління повинні відповідати вимогам ГОСТ В 21114.

– виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюються на стадії приймальних випробувань.

– слід передбачити шумо – і віброізоляцію обладнання.

## 11 Експлуатація та ремонтні вимоги.

В період експлуатації мають бути встановлені види технічного обслуговування для виробів: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО по можливості повинні співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

## 12 Порядок розробки, випробування, приймання обладнання котельні.

Стадії розробки встановлюється відповідно з ГОСТ В 15.203. обов'язковими етапами є:

- розробка та узгодження програм та методики випробувань;
- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципівих схем, конструктивних компоновок та робочих креслень;
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

Порядок приймання, розробки, здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія яку формує представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджуючи.

Перелік документів, що представляються на випробування визначається у програмі випробувань.

Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення загальних виглядів, вузлів, рекомендації та інструкції з експлуатації розроблених систем.

### 13 Стадії і етапи розробки

- характеристика об'єкту проектування;
- аналітичний огляд літературної та патентної інформації;
- розробка математичної моделі для виконання досліджень показників енергоспоживання будівлі;
- дослідження показників енергоспоживання будівлі за умов впровадження енергозберіжних заходів;
- розробка теплової схеми експериментального стенду для дослідження показників роботи теплового насоса «повітря-вода»;
- розробка теплової схеми експериментального стенду для дослідження показників роботи теплового насоса «повітря-вода»;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту з теплонасосними установками;
- розробка економічних показників теплового пункту з теплонасосними установками;
- розробка заходів з охорони праці.

Розробив студент групи ТЕ-20м

Дудник І.Ю.





## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

$$H_x = b_{tr,x} \sum A_i \cdot U_i,$$

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ex}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{int}}} + \Delta U_{tb}$$

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p},$$

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n,$$

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P},$$

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k},$$

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}),$$

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}},$$

$$\eta_{c,ls} = \frac{1 - \gamma_c^{-a_c}}{1 - \gamma_c^{-(a_c+1)}},$$

$$U = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right),$$

$$Q_{C,nd} = Q_{c,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{c,ls} \cdot Q_{C,ht},$$

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g,$$

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}},$$

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A,$$

$$\gamma_c = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}},$$

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_c) \cdot t,$$

$$W_{Cem,aux} = f_{Cem,aux} \cdot Q_{C,nd} \cdot t_{C,op} / 1000$$

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot (\sum b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mm}),$$

$$Q_{C,disls} = Q_{C,nd} \cdot \left( (1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d}) \right),$$

$$Q_{C,ht} = Q_{tr} + Q_{ve},$$

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac},$$

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} \cdot H_{ve,extra,j,k} \cdot (\theta_{int,set,C,z} - \theta_{e,j}) \right),$$

$$\sum \Phi_{int,mm,k} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A},$$

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \cdot (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen},$$

$$Q_{int} = \left( \sum_k \Phi_{int,mm,k} \cdot A_f \right) \cdot t,$$

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3,$$

$$E_p = E_{del} \cdot f_{p,del},$$

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er},$$

$$m_{co_2} = E_{del} \cdot K_{del},$$

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ БУДІВЛІ

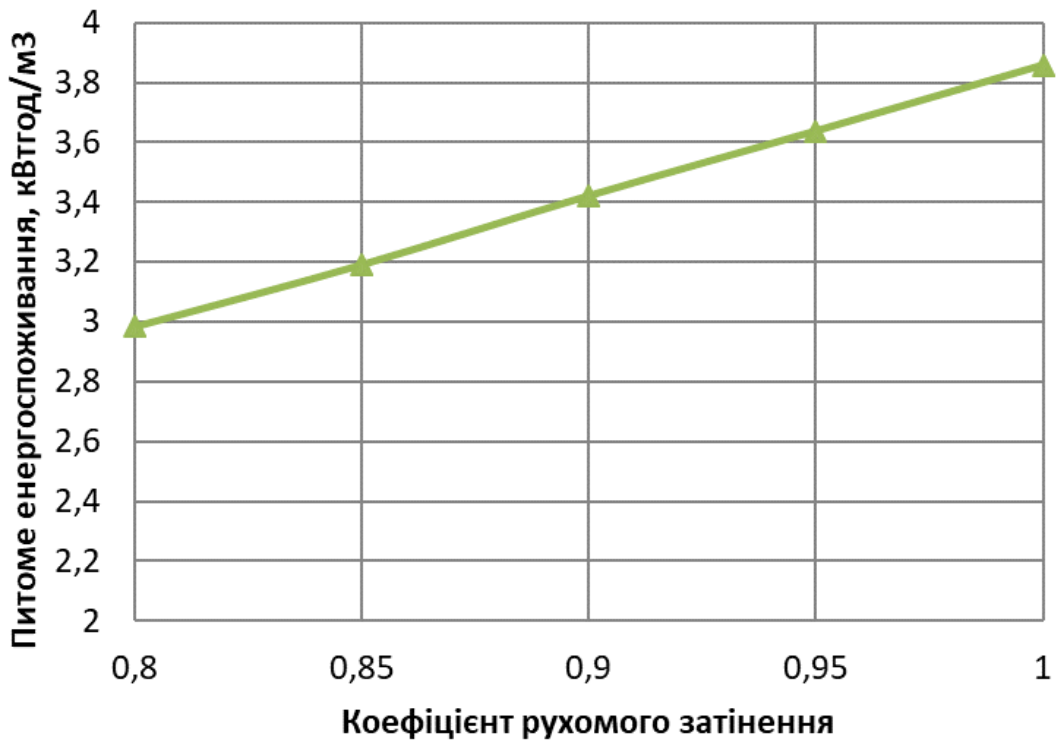
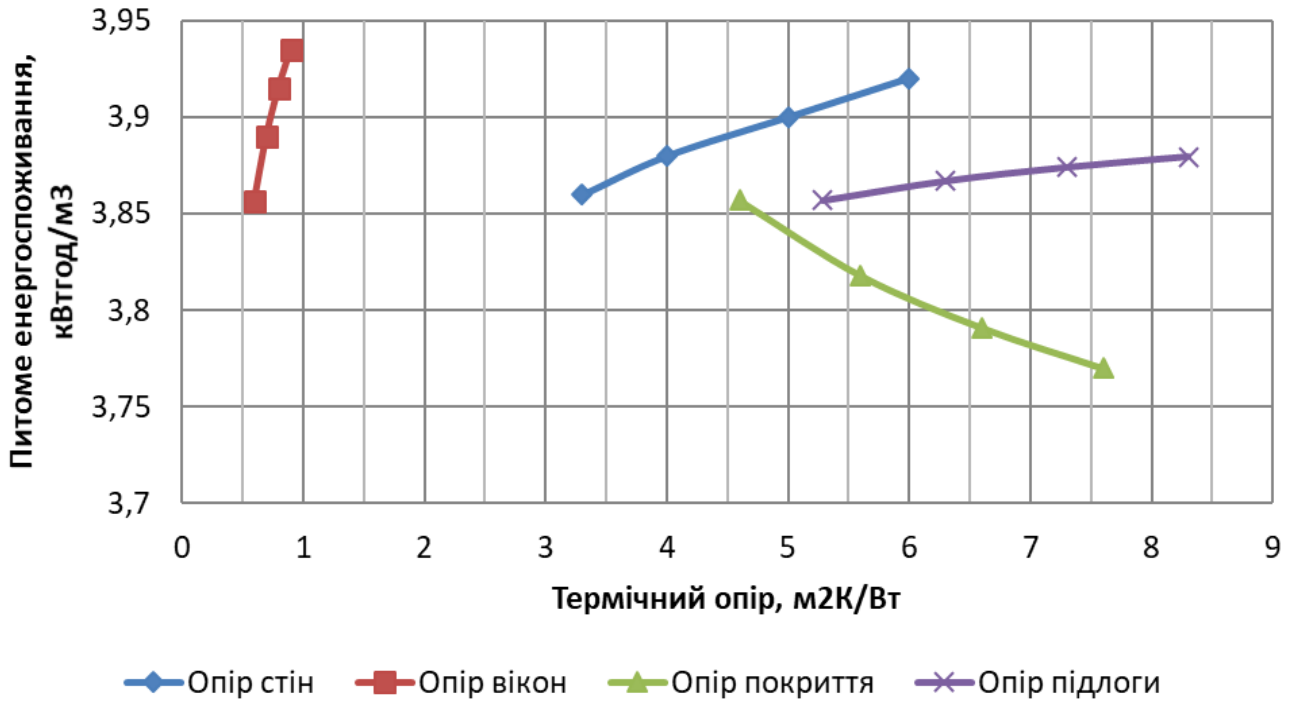
Показник	Теплопередача трансмісією, кВт×год	Теплопередача вентиляції, кВт×год	Сумарна теплопередача, кВт×год	Середній внутрішній тепловий потік кВт×год	Загальні сонячні теплонадходження, кВт×год	Загальні сонячні теплонадходження, кВт×год	Енергопотреба для охолодження будівлі, кВт×год	Енергоспоживання при охолодженні, кВт×год
Травень	6390	10025	16416	3815	5221	9036	778	
Червень	3131	4913	8044	3692	5433	9126	2764	
Липень	1294	2030	3324	3815	8696	12512	9237	
Серпень	1941	3045	4987	3815	7925	11741	6994	
Вересень	5871	9211	15082	3692	6429	10122	1304	
<b>Всього</b>	<b>18627</b>	<b>47851</b>	<b>66478</b>	<b>18829</b>	<b>33704</b>	<b>52537</b>	<b>21077</b>	<b>13094</b>

Питоме енергоспоживання будівлі при охолодженні  $\frac{13094}{3446} = 3,8$  (кВт·год/м<sup>3</sup>).

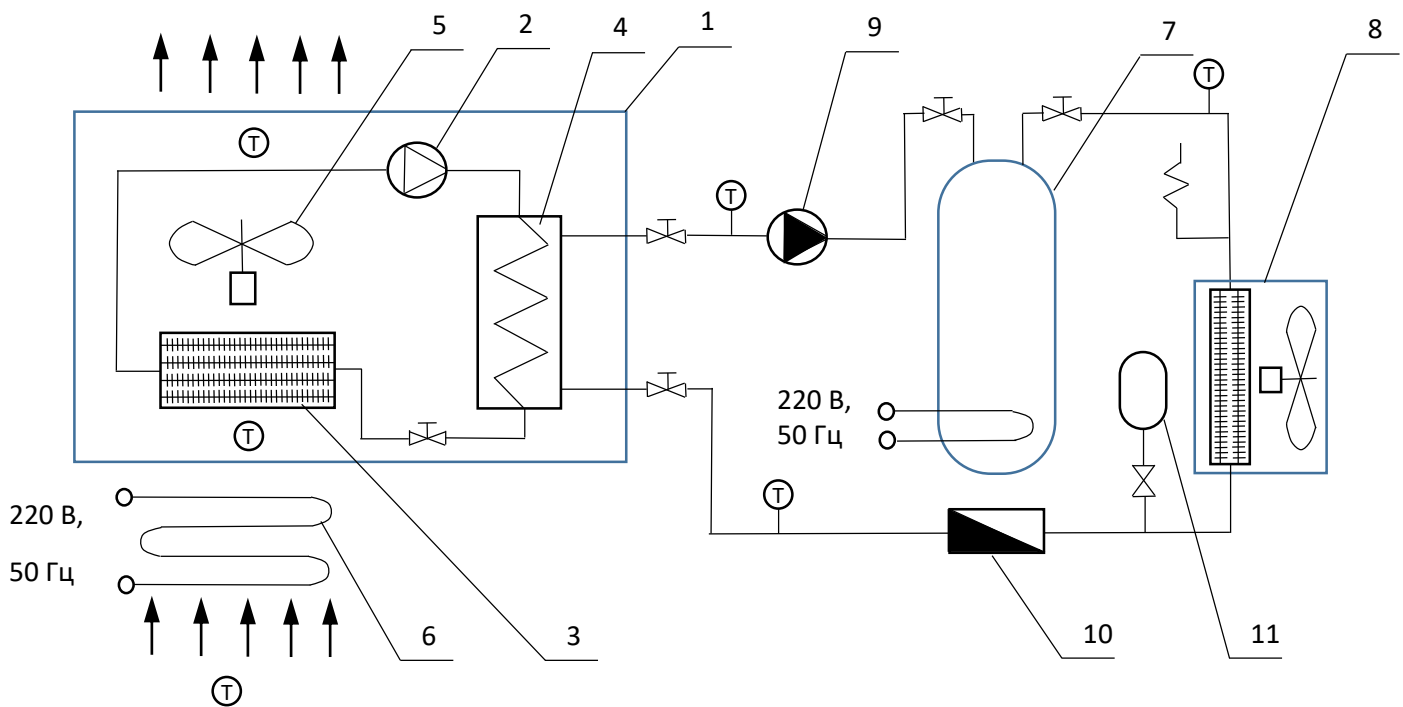
Витрата первинної енергії  $E_p = (13094 + 1470,5) \cdot 2,3 = 33498$  (кВт·год).

Маса викидів парникових газів  $m_{CO_2} = (13094 + 1470,5) \cdot 420 = 6,117$  (т).

# РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ БУДІВЛІ



# РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОГО НАСОСА



1 – тепловий насос «повітря - вода»;

2 – компресор теплового насоса;

3 – випарник теплового насоса;

4 – конденсатор теплового насоса;

5 – вентилятор випарника теплового насоса;

6 – додатковий електричний нагрів повітря перед випарником;

7 – ємкісний підігрівник води в контурі конденсатора;

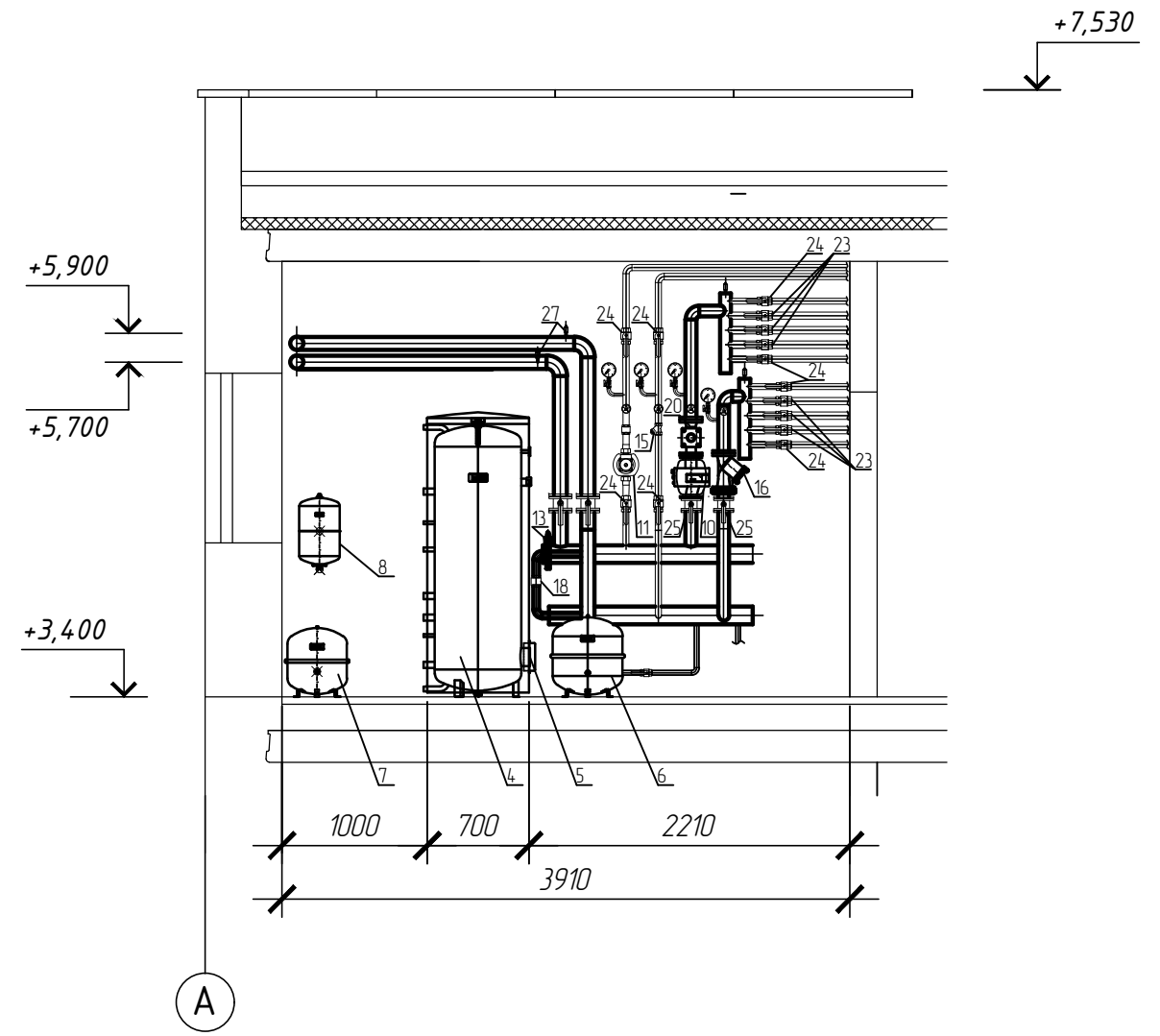
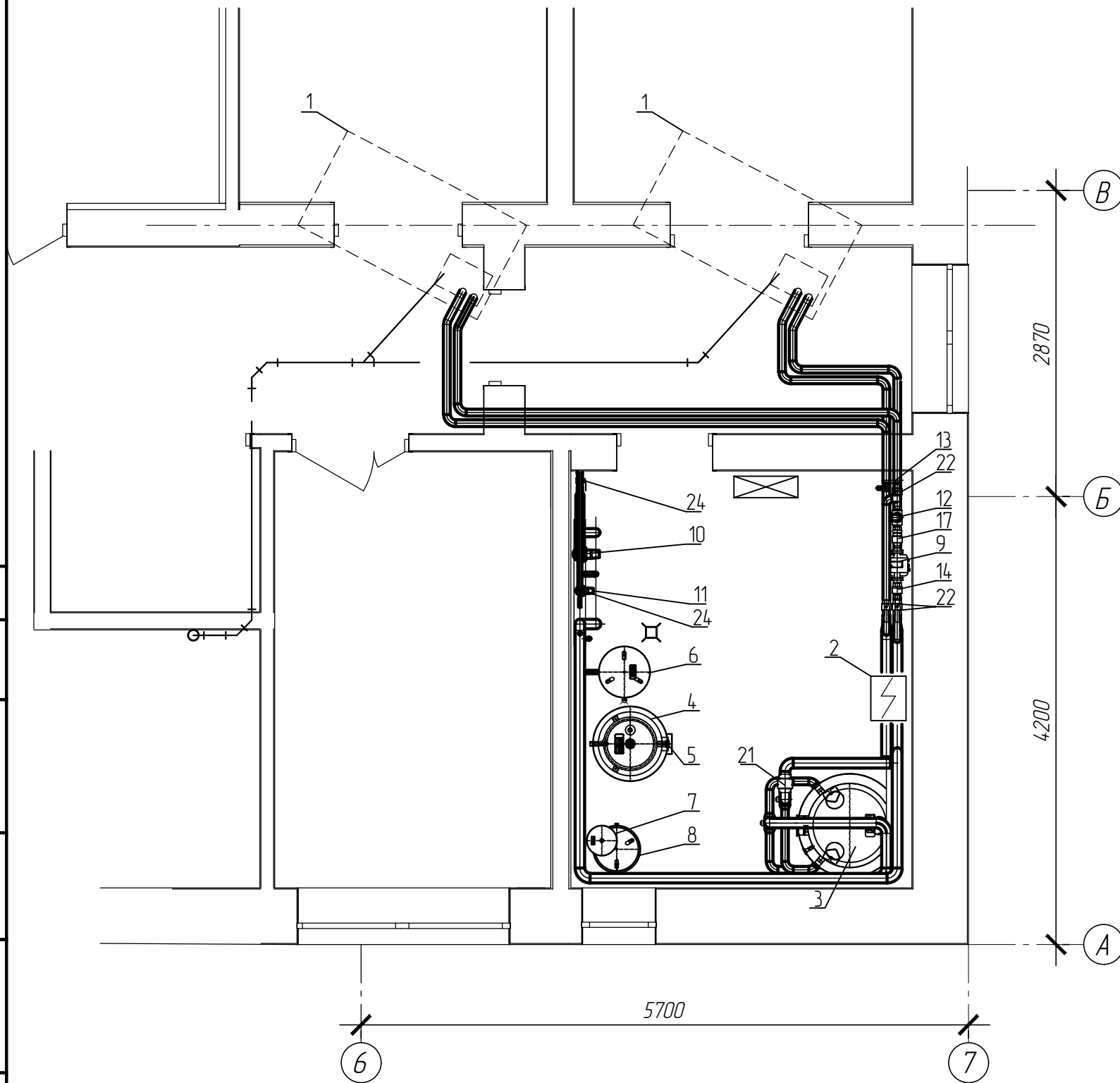
8 – тепловентилятор для відведення теплоти конденсатора

## ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

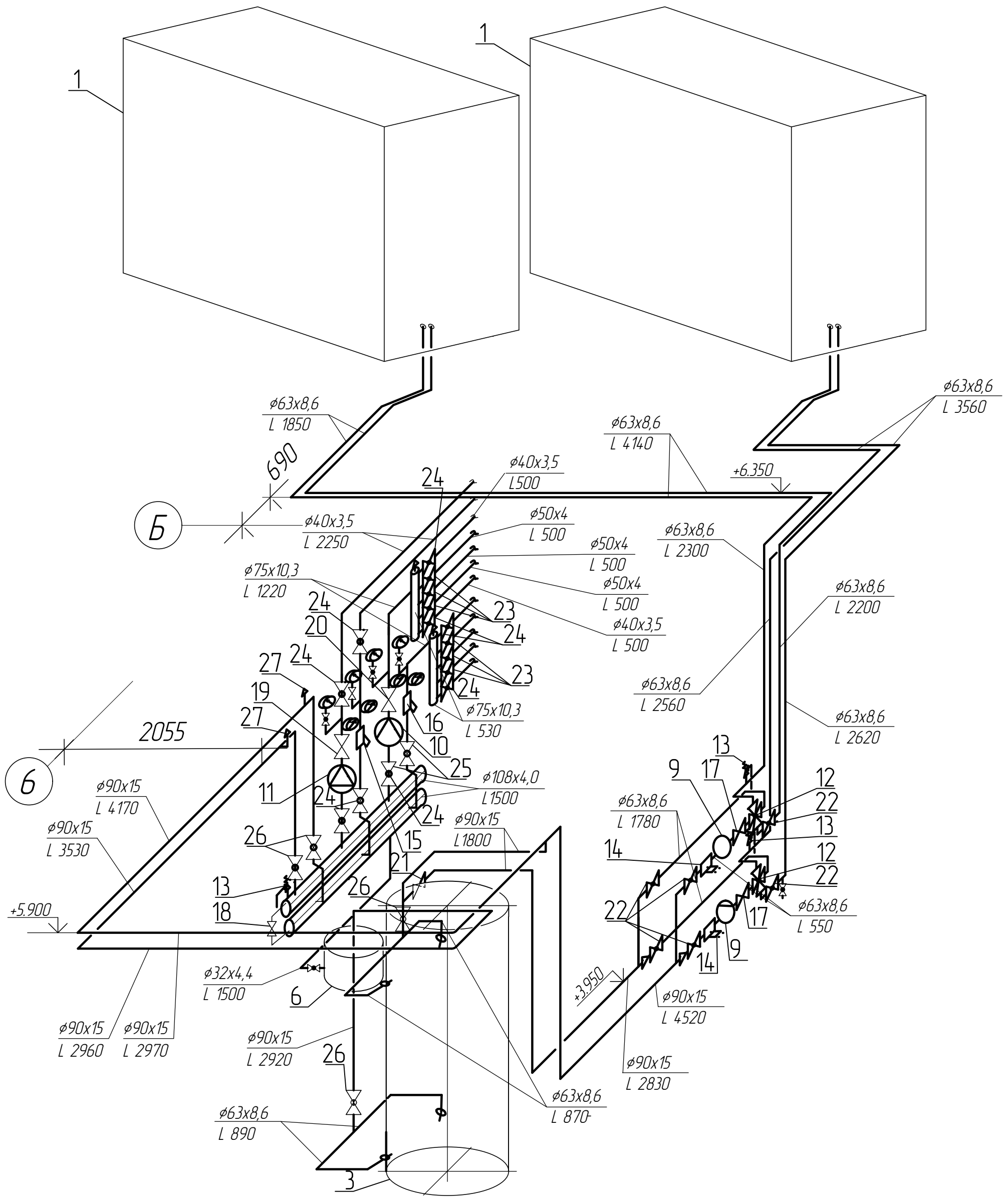
- ❑ Кошторисна вартість  $K_b = 1040,72$  тис. грн.
- ❑ Вартість матеріалів – 1014,532 тис. грн.
- ❑ Чисті грошові надходження – 460,96 тис. грн.;
- ❑ Чиста поточна вартість –330,66 тис. грн.;
- ❑ Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 4,37 роки.

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	10,41
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	2,08
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	15,61
Проектування	2,5	4	26,02
Експертиза інноваційного рішення	1	1	10,41
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	20,81
Виготовлення нового виробу	100	6	1040,72
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	31,22
Витрати на підготовку кадрів	5	2	52,04
<b>Всього</b>		<b>21</b>	<b>1209,32</b>

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



						<i>08-11.MKP.004.07.00.000 AP</i>			
						м. Херсон			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Енергоефективність теплонасосної установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі	Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав								1	3
Перевірив									
Т. контроль									
ОпONENT									
Н. контроль						План і розріз	ВНТУ, гр. ТЕ-20м		
Затвердив									



Согласовано					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

<i>08-11.МКР.004.08.00.000 Г5</i>					
<i>м. Херсон</i>					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив		Дудник І.Ю.			
Перевірів		Степанов Д.			
Т.контроль		Степанов Д.В.			
Опонент		Сердюк В.Р.			
Н.контроль		Степанов Д.В.			
Затвердив		Степанов Д.В.			
				<i>Енергоефективність теплоснаскої установки для теплохолодопостачання адміністративної будівлі</i>	
				<i>Аксонометрична монтажна схема</i>	
				Стадія	Лист
				<i>ВНТУ, гр. ТЕ-20м</i>	





Позначення	Найменування	Кіль.	ПРИМ.
	Обладнання		
1	Тепловий насос реверсивний Dimplex тип LA 60 TUR	2	
2	Котел електричний Buderus Tronic 3500 H 24	1	
3	Буферний накопичувач Reflex Storatherm Heat HF 500/R,	1	
4	Водопідігрівач непрямого підігріву Reflex		
	тип Storatherm Aqua Heat Pump AH 500/2	1	
5	Електронагрівач Reflex тип EEHR 10,0 1 1/2"	1	
6	Компенсатор об'єму води Reflex тип NG80	1	
7	Компенсатор об'єму води Reflex тип NG50	1	
8	Компенсатор об'єму води Reflex тип Refix DE25	1	
9	Насос контуру TH Wilo-Stratos 50/1-6	2	
10	Насос контуру тепло-/холодопостачання фенкоїлів		
	Wilo-Stratos 65/1-6	1	
11	Насос контуру тепло-/холодопостачання вентиляторів		
	Wilo-Yonos MAXO 30/0,5-10	1	
12	4-ходовий клапан перемикаючий Dimplex VWU 50E	2	
13	Запобіжний клапан P max = 3 бар MS 3/4"	3	
14	Фільтр осадовий муфтовий DN 50	2	
15	Фільтр осадовий муфтовий DN 32	1	
16	Фільтр осадовий фланцевий DN 65	1	
17	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 50	2	
18	Зворотний клапан муфтовий DN32	1	
19	Зворотний клапан муфтовий DN32	2	
20	Зворотній клапан поворотний фланцевий DN 65	1	
21	Зворотній клапан поворотний фланцевий DN 80	1	
22	Кран кульовий муфтовий DN 50	6	

Погоджено:

Замість Ів. Н

Підпис і дата

Ів. Н ориг.

08-11.МКР.004.07.00.000

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Дудник І.Ю.	
Перевірів				Степанов Д.В.	
Опонент				Сердюк В.Р.	
Н.контроль				Степанов Д.В.	
Затвердив				Степанов Д.В.	

План і розріз теплопункту

Лист	Лист	Листів
	1	1
ВНТУ, гр. ТЕ-20 м		

