

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИК ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Рівень вищої освіти – перший "бакалаврський" рівень  
на тему: „**ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ**  
**ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЛНУП З УДОСКОНАЛЕННЯМ**  
**ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ**”

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ Д. Ю. Станицький

Виконав: студент 4 курсу групи Ен-41  
спеціальності: 141 „Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка” \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

\_\_\_\_\_ Станицький Дмитро Юрійович \_\_\_\_\_

(Прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Сиротюк С. В. \_\_\_\_\_

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Левонюк В.Р. \_\_\_\_\_

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С. В.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту

Станицькому Дмитру Юрійовичу

1. Тема роботи: „ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЛНУП З УДОСКОНАЛЕННЯМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ”

Керівник роботи: Сиротюк Сергій Валерійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року.

3. Вихідні дані: Навчальна, наукова, методична та довідкова література. Матеріали мережі "Internet".

4. Перелік питань, які необхідно розробити

4.1. Характеристика досліджуваного об'єкту та регіону його розташування.

4.2. Технологічна частина.

4.3. Спеціальна частина.

4.4. Охорона праці.

4.5. Охорона довкілля.

4.6. Економічна ефективність роботи.

Висновки.

Список джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Ілюстративний матеріал у формі презентації

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	Тимочко В.О. к.т.н., доцент завідувач кафедри управління проектами та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Характеристика досліджуваного об'єкту та регіону його розташування	10.01.2023 – 31.01.2023	
2	Технологічна частина	1.02.2023 – 20.03.2023	
3	Спеціальна частина	21.03.2023 – 30.04.2023	
4	Охорона праці та довкілля	01.05.2023 – 31.05.2023	
5	Економічна ефективність роботи	1.06.2023 – 19.06.2023	
6	Загальне оформлення роботи	20.06.2023 – 23.06.2023	

Студент \_\_\_\_\_ Станицький Д. Ю.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сиротюк С. В.  
(підпис)

УДК 631.3.45.9

Енергопостачання лабораторії відновлювальної енергетики та енергозбереження ЛНУП з удосконаленням електричної частини теплової помпи.

Станицький Д.Ю. Кафедра енергетики - Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Кваліфікаційна робота: 48 с. текстової частини, 6 рис., 7 табл., 12 джерел, 11 слайдів в PowerPoint.

Виконано розрахунок та аналіз системи опалення лабораторії відновлювальної енергетики та енергозбереження. Проведено аналіз теоретичних основ принципу дії теплової установки. Здійснено аналіз теплової потреби об'єкта дипломної роботи. Проведено аналіз кліматичних умов місця розташування досліджуваного об'єкта. Виконано аналіз та модернізацію теплового агрегату. Проведено аналіз та викладено експлуатаційні поради до користування тепловою помпою. Здійснено економічний аналіз.

Виконано опис використання енергетичних ресурсів лабораторії. Представлено особливості використання теплових pomp, та зокрема теплової помпи “повітря-вода” як суб'єкта аналізу та удосконалення.

Подано результати розрахунків теплових втрат та енергетичних потреб лабораторії відновлювальної енергетики Львівського національного університету природокористування. Викладено результати економічних розрахунків та доцільності використання теплової помпи.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАЛЬНОГО ОБ’ЄКТУ ТА РЕГІОНУ ЙОГО РОЗТАШУВАННЯ.....	8
1.1 Загальна характеристика досліджуваного об’єкта.....	8
1.2 Оцінка кліматичних параметрів регіону розташування об’єкта.....	10
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	16
2.1 Опис теплових pomp .....	16
2.2 Визначення потреб в енергетичних ресурсів.....	24
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	31
3.1 Обґрунтування потреби в удосконаленні конструкції теплової помпи.....	31
3.2 Обґрунтування модифікації теплової помпи.....	32
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	39
4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу.....	39
4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу технологічного процесу.....	40
4.3 Охорона довкілля.....	42
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	44
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ.....	48

## ВСТУП

У сучасному світі, де зростає усвідомлення екологічних проблем та необхідності зниження використання вуглецю, енергоефективність та стале енергетичне забезпечення стають невід'ємною частиною нашого життя. У цьому контексті, теплові помпи займають центральне місце, пропонуючи ефективні та екологічно чисті рішення для опалення приміщень.

У рамках даної дипломної роботи нашим дослідженням стало вивчення принципів роботи теплових pomp, з фокусом на порівняння неінверторних та інверторних систем, зокрема теплових насосів "повітря-вода". Наша мета полягає у з'ясуванні переваг та обмежень кожного типу насосу.

Ми також розглянемо принципи роботи інверторних теплових насосів, які відрізняються від звичайних неінверторних систем шляхом модифікації останніх використовуючи технології регулювання швидкості компресора та оптимального керування енергією.

Залучення інноваційних технологій, таких як інверторні теплові насоси, може мати значний вплив на скорочення енергоспоживання, сприяючи екологічно збалансованому розвитку. Однак, для ефективного впровадження цих систем необхідно провести дослідження, враховуючи фактори, такі як кліматичні умови, розмір будівлі, енергетичні потреби та економічні фактори.

У цій дипломній роботі ми плануємо проаналізувати отримані результати, що дозволять нам оцінити продуктивність та енергоефективність інверторних теплових насосів у порівнянні з неінверторними системами. Ми також розглянемо практичні аспекти впровадження та експлуатації цих систем, включаючи вартість, обслуговування та потенційні переваги для користувачів.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ ТА РЕГІОНУ ЙОГО РОЗТАШУВАННЯ

## 1.1 Загальна характеристика досліджуваного об'єкта

Об'єктом кваліфікаційної роботи є навчальна лабораторія відновлювальної енергетики та енергозбереження Львівського національного університету природокористування (ЛНУП), розташована в м. Дубляни, Львівської області.

Будівля лабораторії є двоповерховою. на першому поверсі знаходиться просторе приміщення, придатне для розміщення великогабаритних проектних макетів та дослідницьких установок, навчальна аудиторія, а також приміщення, де розташована дослідницько-лабораторна установка, що поєднує використання відновлюваних джерел тепла з ґрунту та сонця.

На другому поверсі розміщені навчальні аудиторії, де студенти отримують теоретичні знання в галузі відновлювальних джерел енергії та мають можливість працювати з навчальними стендами, що моделюють роботу різних установок відновлюваної енергетики.

Для забезпечення роботи силових установок та стандартного обладнання лабораторії в будинок лабораторії підведено трифазне електроживлення напругою 380/220 в. також з мережі живиться допоміжне обладнання, необхідне для науково-дослідних та дослідно-конструкторських розробок.

Сама будівля має цікаву історію. Початково вона була корівником, зведеним у 1881 році як частина навчального маєтку високої рільничої школи в Дублянах. у 1922 році будівлю добудував архітектор Андрій Шиманський. вона зареєстрована як пам'ятка архітектури місцевого значення під назвою "корпус №2 господарського двору".

У 70-х роках будівлю переобладнали в столярний цех навчально-дослідницького господарства при львівському сільськогосподарському інституті.



на початку 90-х вона була передана для використання науково-дослідних потреб і під склади агрономічного факультету.

У 2005 році між Львівським державним аграрним університетом та фірмою "AURORA WINDPOWER G.M.B.H." з Гамбурга, Німеччина, було укладено угоду про створення консорціуму "Поновлювальна енергетика ЛДАУ-АВРОРА ВІНДПОВЕР" на добровільних засадах.

Основними завданнями консорціуму є навчання студентів, перепідготовка фахівців у лабораторіях консорціуму, проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, а також виготовлення експериментальних та перспективних зразків на замовлення фізичних та юридичних осіб, включаючи замовлення з-за кордону.

Для реалізації функцій консорціуму Львівський національний університет природокористування надав у користування приміщення загальною площею 320 м<sup>2</sup> з підключенням до електромережі, водопостачання та каналізації. приміщення, виділене для потреб консорціуму, залишається у власності університету. фірма "AURORA WINDPOWER G.M.B.H." надає фінансування для придбання обладнання, матеріалів та облаштування приміщень.

## **1.2 Оцінка кліматичних параметрів регіону розташування об'єкта**

Будівля розташована в помірно-континентальному кліматі, для якого є характерні приблизно такі параметри, у літку (+17°...+26°C), а взимку (-10°...-24°C) зі стійким сніговим покривом.

У табл. 1.1 наведені середньомісячні температурні дані згідно яких будуть проводитись розрахунки необхідної теплової потужності для обігріву навчальних приміщень. Середнє значення температурних даних обиралось в часовому діапазоні 22 роки.

Таблиця 1.1

## Середньомісячна температура повітря на висоті 10 м над поверхнею Землі

Дубляни	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Середні температурні дані за 22 роки	-4,05	-3,15	1,21	8,27	14,1	16,8	19,0	18,7	13,7	8,41	1,77	-3,03

Відповідно за даними табл. 1.1 будемо графік зміни середньомісячної температури.

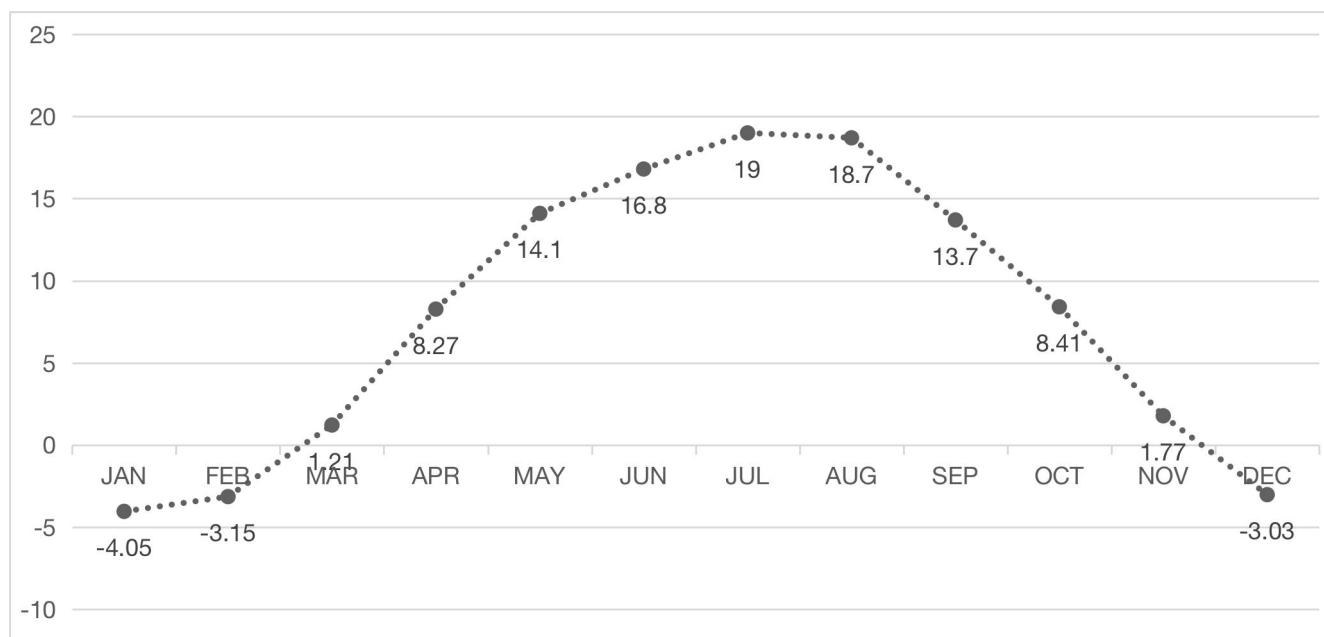


Рисунок 1.1 – Середньомісячні температурні дані за 22 роки

Таблиця 1.2

Середній місячний рівень сонячної радіації на нахиленій поверхні, спрямованій у напрямку екватора (кВт-год/м<sup>2</sup>/день)

Дубляни	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Кут 49°	1,84	2,78	3,46	3,96	4,45	4,36	4,39	4,47	3,50	2,62	1,76	1,52

Відповідно за даними табл. 1.2 будуємо графік середньомісячного рівня сонячної радіації на нахиленій поверхні, спрямованій у напрямку екватора.

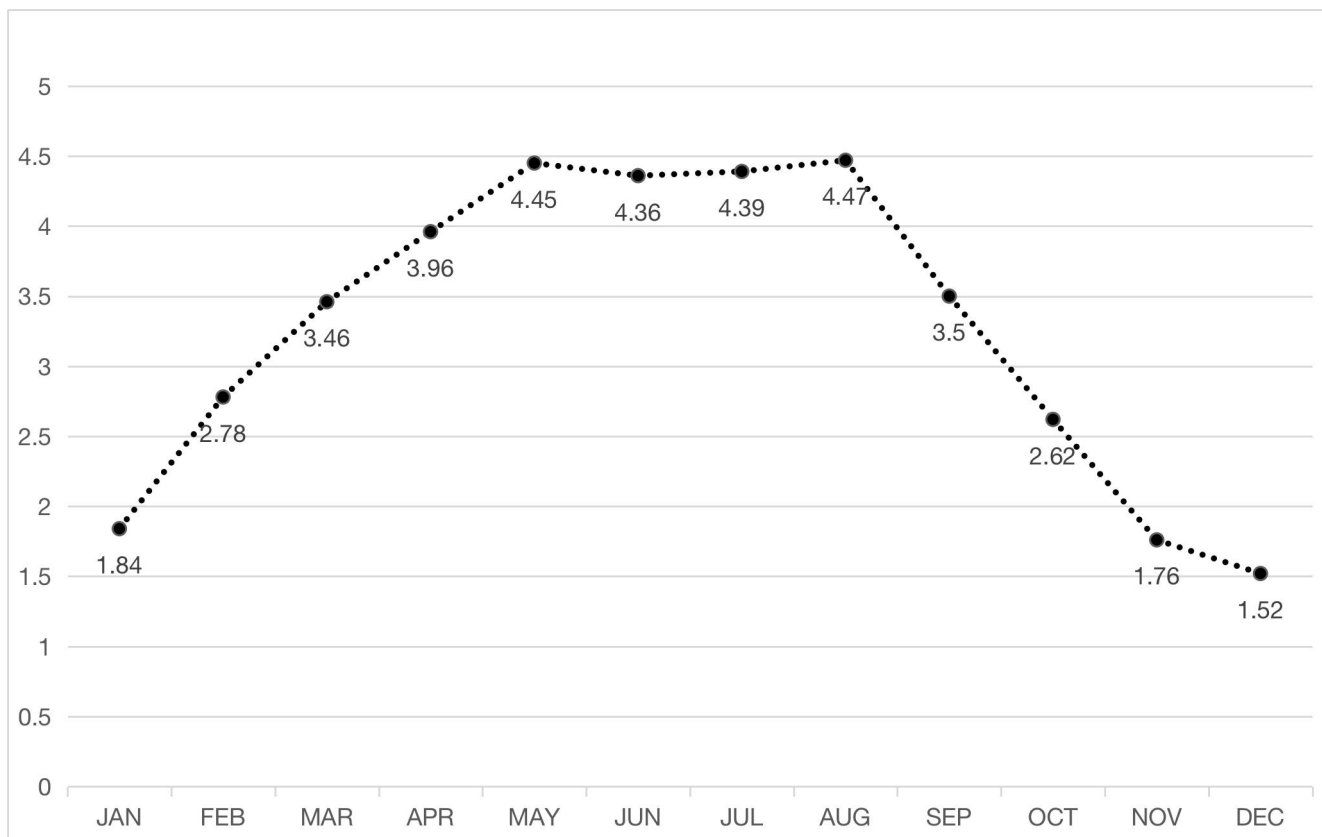


Рисунок 1.2 – Середній місячний рівень сонячної радіації на нахиленій поверхні, спрямованій у напрямку екватора (кВт-год/м<sup>2</sup>/день)

Кліматичні дані отримувались за допомогою метеорологічного сайту “POWER Data Access Viewer” Національного аерокосмічного агентства США (NASA) (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

### 1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Опалення навчальних приміщень є важливою темою, оскільки комфортна температура впливає на здоров'я та ефективність навчального процесу.

Для комфортних умов для навчання у зимній період часу, потрібно мати надійне та енергоефективне джерело теплової енергії. Таким джерелом на сьогодні є теплова помпа, вони бувають різних типів, наприклад: повітря-вода, повітря-повітря, ґрунт-вода.

Розглянемо аргументацію вибору теплової помпи типу "повітря-вода" для забезпечення опалення на другому поверсі навчальної-лабораторії.

Переваги теплової помпи "повітря-вода":

1. Енергоефективність: Теплова помпа "повітря-вода" використовує енергію з навколишнього повітря для вироблення тепла. Вона витрачає менше енергії, ніж традиційні системи опалення, такі як газові котли або електричні нагрівачі. Це дозволяє знизити витрати на опалення та економити енергію.
2. Екологічність: Теплові помпи "повітря-вода" не використовують вуглецеві палива, що допомагає зменшити викиди шкідливих вуглецевих газів. Вони сприяють збереженню навколишнього середовища та покращують екологічний статус приміщення.
3. Універсальність установки: Теплова помпа "повітря-вода" легко встановлюється, оскільки не потребує складної системи трубопроводів, як, наприклад, теплові помпи "ґрунт-вода". Це дозволяє швидше реалізувати проект і виконувати опалення на другому поверсі навчальної-лабораторії без значних реконструкцій.

Вибір між тепловою помпою "повітря-вода" та газовими котлами має наступні важливі розглядові критерії:

1. Вартість: Газові котли мають більш низьку початкову вартість встановлення порівняно з тепловими помпами "повітря-вода". Однак, варто врахувати, що теплова помпа "повітря-вода" може забезпечувати економію на опаленні протягом тривалого періоду завдяки своїй енергоефективності.
2. Енергоефективність: Теплова помпа "повітря-вода" витрачає менше енергії, оскільки використовує вже існуючу енергію з повітря. За оптимальних умов, вона може видавати більше енергії, ніж споживає. Газові котли, зі свого боку, мають меншу енергоефективність через втрати тепла при згоранні газу.

3. Екологічність: Використання газових котлів призводить до викидів шкідливих вуглецевих газів, таких як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), що негативно впливає на навколишнє середовище. Теплова помпа "повітря-вода" не має прямих викидів та допомагає зменшити вуглецевий слід.
4. Використання: Газові котли можуть бути ефективні в регіонах, де доступний природний газ та інфраструктура для постачання газу. Теплова помпа "повітря-вода" є універсальним рішенням, оскільки може працювати в будь-якому розташуванні, де є доступне повітря.
5. Обслуговування та підтримка: Газові котли вимагають регулярного технічного обслуговування.
6. Надійність: Теплові помпи "повітря-вода" мають менше складних механічних деталей порівняно з газовими котлами, що зменшує ризик поломок та потребу у ремонті. Вони також мають довший термін служби.
7. Гнучкість: Теплова помпа "повітря-вода" може працювати в режимі охолодження протягом літнього періоду, що забезпечує додатковий комфорт для навчальної лабораторії. Газові котли не мають такої можливості.
8. Залежність від палива: Газові котли потребують постійного постачання природного газу для роботи. Теплова помпа "повітря-вода" залежить від доступу до повітря, що робить її менш залежною від зовнішніх енергетичних джерел.

У порівнянні з тепловою помпою "грунт-вода", теплова помпа "повітря-вода" має переваги у встановленні, вартості та доступності. Теплова помпа "грунт-вода" вимагає складних земляних робіт та системи трубопроводів, що може бути витратним та вимагати більше часу для реалізації проекту.

З урахуванням вимог що до паралельної роботи з вже існуючою тепловою помпою "грунт-вода", важливо врахувати наступне:

1. Інтеграція систем: Теплова помпа "повітря-вода" може бути легко інтегрована з системою теплової помпи "грунт-вода". Забезпечення паралельної роботи може здійснюватись за допомогою системи управління, яка керує роботою обох систем залежно від потреби в опаленні.

2. Ефективне використання: Теплова помпа "повітря-вода" може бути активована, коли потреба у теплі менша, а теплова помпа "грунт-вода" працює на повну потужність, коли потрібно більше опалення. Це дозволяє досягти енергоефективного використання обох систем, знижуючи загальні витрати на опалення.
3. Диверсифікація джерел тепла: Паралельна робота теплових pomp "повітря-вода" та "грунт-вода" забезпечує резервне джерело тепла. У разі поломки однієї системи, інша може продовжувати забезпечувати опалення. Це забезпечує більшу надійність і безперебійність опалення в навчальній-лабораторії.
4. Гнучкість управління: Паралельна робота двох різних типів теплових pomp дозволяє варіювати режими роботи в залежності від зовнішніх умов та потреби в опаленні. Система управління може автоматично вибирати оптимальний режим роботи для забезпечення максимальної ефективності.
5. Потенційні обмеження: Варто врахувати можливі обмеження на роботу системи теплової помпи "повітря-вода" при низьких температурах. У деяких холодних регіонах, коли температура повітря опускається нижче певного рівня, ефективність теплової помпи "повітря-вода" може зменшуватись. В таких випадках, альтернативними рішеннями можуть бути системи з додатковим підігрівом або комбіновані системи, які поєднують теплову помпу з іншим джерелом тепла.
6. Місцеві умови та обмеження: Перед вибором теплової помпи "повітря-вода" для навчальної-лабораторії, варто врахувати місцеві умови, такі як доступність вільного простору для зовнішнього блоку теплової помпи та відстань до найближчих джерел тепла (наприклад, автомобілів або інших джерел, що можуть створювати шум або забруднення повітря).
7. Розмір та потужність: При виборі теплової помпи "повітря-вода" слід враховувати потужність, яка відповідає вимогам опалюваного приміщення. Занадто мала теплова помпа не зможе ефективно забезпечити опалення, а занадто велика може бути перевитратна.

8. Установка та обслуговування: Важливо залучити фахівців для проектування, установки та обслуговування системи теплової помпи "повітря-вода". Це гарантує правильне підключення, оптимальну роботу системи та мінімізує ризик проблем та поломок.

Загалом, тепла помпа "повітря-вода" є привабливим варіантом для забезпечення опалення навчальної-лабораторії на другому поверсі. Вона є енергоефективною, екологічно чистою та економічно вигідною альтернативою газовим котлам та електричним нагрівачам. Порівняно з тепловою помпою "грунт-вода", вона має переваги у встановленні, вартості та доступності. Паралельна робота з вже існуючою тепловою помпою "грунт-вода" може забезпечувати надійність, ефективне використання, гнучкість управління та резервне джерело тепла.

Теплова помпа "повітря-вода" забезпечує високу енергоефективність, зменшуючи витрати на опалення в порівнянні з газовими котлами і електричними нагрівачами. Вона використовує енергію з оточуючого повітря і перетворює її на тепло, що робить її більш екологічно чистою та стійкою до коливань цін на енергоресурси.

Паралельна робота з вже існуючою тепловою помпою "грунт-вода" забезпечує гнучкість управління та резервне джерело тепла, що робить систему більш надійною. Інтеграція двох різних типів теплових pomp дозволяє ефективно використовувати їх у залежності від зовнішніх умов та потреби в опаленні.

Таким чином, враховуючи всі переваги, встановлення теплової помпи "повітря-вода" для опалення навчальної-лабораторії на другому поверсі є логічним і обґрунтованим вибором.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Опис теплових pomp

Теплова помпа - це енергоефективна система опалення і охолодження, яка використовує природний ресурс - тепло землі, повітря або води, для перекачування його в приміщення або з нього. Теплові помпи використовуються як для опалення приміщень, так і для постачання гарячої води, а також для охолодження приміщень у спекотні літні місяці.

Основний принцип роботи теплової помпи полягає у використанні теплового насоса, який витягує тепло з одного середовища і передає його в інше. Цей процес забезпечується за допомогою компресора, робота якого полягає в стисненні і розширенні робочої речовини, яка циркулює в системі.

Процес роботи теплової помпи полягає у наступних етапах:

1. Побутовий або промисловий тепловий насос збирає тепло з джерела (грунту, повітря або води) за допомогою теплообмінника.
2. Тепло накопичується і передається в робочу речовину, що циркулює у системі.
3. Компресор стискає робочу речовину, що підвищує її температуру та тиск. Це призводить до утворення гарячого газу.
4. Гарячий газ переходить до другого теплообмінника, який використовується для нагріву повітря або води для опалення приміщення.
5. Коли гарячий газ віддає своє тепло, він перетворюється на рідке становище і проходить через терморегулюючий вентиль, де знижується тиск.
6. Рідка робоча речовина потрапляє до першого теплообмінника, де вона знову стає газоподібною і готова до повторного проходження через систему.

Незалежно від джерела тепла, принцип роботи теплових pomp є подібним.

Основні компоненти теплової помпи включають:



- Компресор: Він відповідає за стиснення робочої речовини, що підвищує її температуру і тиск.
- Теплообмінник: Є два теплообмінники - один для джерела тепла (наприклад, земля або повітря) і другий для системи опалення або охолодження. Робоча речовина проходить через теплообмінники, де відбувається передача тепла.
- Терморегулюючий вентиль (ТРВ): Робоча речовина, яка вже була стиснена компресором, проходить через ТРВ, де вона розширюється і знижує свою температуру та тиск.
- Холодоагент (теплоносії): Це робоча речовина, яка циркулює в системі теплової помпи і забезпечує теплопередачу з одного теплообмінника в інший.

Теплові помпи можуть використовувати різні джерела тепла:

Теплові помпи “земля-вода”, також відомі як “грунтові”, використовують принцип геотермального обігріву для отримання тепла з ґрунту і передачі його в систему опалення або гарячого водопостачання. Робота цих систем базується на використанні сталої температури ґрунту на певній глибині, що забезпечує стабільне джерело тепла. Температура ґрунту на певній глибині є стабільною протягом року, незалежно від змін зовнішньої погоди. Це дозволяє ефективно відбирати тепло для опалення або гарячого водопостачання.

Головний принцип роботи полягає у трансфері тепла з ґрунту до системи опалення за допомогою робочої речовини. Колекторна система, розташована у ґрунті, функціонує як тепловий обмінник. Робоча речовина, яка циркулює у системі, здійснює цикл теплообміну, під час якого вона збирає тепло з ґрунту і передає його до системи опалення або гарячого водопостачання.

Процес роботи теплової помпи земля-вода включає наступні етапи:

- 1) Колекторна система: У ґрунт розміщуються петлі трубопроводів, які називаються колекторною системою. Ці трубопроводи можуть бути вертикальними або горизонтальними, залежно від доступного простору та місцевих умов. Вони перебувають на достатній глибині, де температура ґрунту є стабільною.

- 2) Теплообмінник: В системі теплової помпи є теплообмінник, який знаходиться всередині приміщення. Цей теплообмінник взаємодіє з колекторною системою, а також з системою опалення або гарячого водопостачання.
- 3) Тепловий насос: У тепловій pompі присутній компресор, який відповідає за стиснення холодного робочого речовини, яка циркулює у системі. Під час стиснення робоча речовина нагрівається.
- 4) Тепловий обмінник: Після стиснення робоча речовина потрапляє до теплового обмінника. Тут відбувається тепловий обмін між робочою речовиною та системою опалення або гарячого водопостачання. Тепло передається з робочої речовини до системи опалення або гарячого водопостачання.
- 5) Терморегулюючий вентиль: Робоча речовина, після проходження через тепловий обмінник і віддачі тепла до системи опалення або гарячого водопостачання, проходить через терморегулюючий вентиль. Цей вентиль знижує тиск робочої речовини, що дозволяє їй повернутися до початкового стану та підготуватися до наступного циклу.
- 6) Робоча речовина (теплоносій): У теплових помпах земля-вода використовуються робочі речовини, такі як фреони. Ці речовини мають властивість змінювати агрегатний стан при різних температурах, що дозволяє їм здійснювати цикл теплообміну.
- 7) Цикл теплообміну: Теплова помпа працює за принципом циклу теплообміну, який складається з кількох етапів: стиснення, конденсації, розширення та евапорації. Під час стиснення робоча речовина нагрівається, після чого проходить конденсацію, віддаючи тепло до системи опалення або гарячого водопостачання. Потім робоча речовина розширюється, охолоджуючись, і проходить евапорацію, поглинаючи тепло з ґрунту через колекторну систему.

Одним із ключових факторів ефективності теплової помпи земля-вода є правильний розмір і розташування колекторної системи у ґрунті. Вертикальні системи вимагають свердління глибоких отворів, в які укладаються труби. Горизонтальні системи вимагають простору для прокладання трубопроводів у

горизонтальних каналах. Правильне розташування і площа колекторної системи залежать від кліматичних умов, розміру будівлі та доступного простору.

Вони енергоефективні, оскільки використовують безкоштовну теплову енергію з ґрунту. Також вони екологічно чисті, оскільки не використовують горючі палива і не викидають шкідливі викиди в атмосферу. Крім того, можуть працювати в режимі охолодження влітку, забезпечуючи комфортний внутрішній клімат шляхом відведення тепла з приміщення у ґрунт.

Теплові помпи є стійкими та довговічними системами. Їхній ресурс використання оцінюється від 20 до 25 років, з можливістю продовження терміну служби при належному обслуговуванні. Вони також мають низький рівень шуму, оскільки більшість компресорів та вентиляторів розташовані у внутрішньому приміщенні, що зменшує вплив на зовнішнє середовище та комфорт користувачів.

Виявляються особливо ефективними в областях з помірним і холодним кліматом, де температура ґрунту залишається стабільною навіть узимку. Ці системи можуть бути використані для опалення будинків, комерційних споруд, громадських будівель та інших типів споруд.

У підсумку, теплові помпи земля-вода є ефективними, екологічно чистими та економічно вигідними, у довгочасній перспективі, рішеннями для опалення та гарячого водопостачання. Мінуси полягають в тому, що, для встановлення потрібні чи малі кошти та тривалий процес інсталяції.

Теплові помпи “повітря-вода”, також відомі як ”аеротермальні” теплові помпи використовують повітря як джерело тепла для опалення і гарячого водопостачання. Процес роботи теплової помпи повітря-вода базується на термодинамічних принципах, зокрема на принципах компресійного охолодження і теплового насоса.

Основні компоненти - це: зовнішній блок та внутрішній (теплообмінник). Також можуть бути виконані в моноблоковому вигляді, коли зовнішній блок подає вже нагріту робочу речовину, воду або антифризи, яка в свою чергу потрапляє у акумулюючий бак, у випадку з водою, або в акумулюючий бак з

теплообмінником, у випадку з антифризом, де нагріта незамерзаюча речовина відає свою теплову енергію воді через теплообмінник в бакові.

Опишемо процес роботи теплової помпи повітря-вода, двух блочного типу, який можна розділити на чотири основних етапи:

**Відбір тепла (евапорація):** Зовнішній блок витягує тепло з повітря, використовуючи вбудований вентилятор. Повітря, що містить тепло, проходить через випаровувач, де робоча рідина (зазвичай фреон) перетворюється на газовий стан, забираючи тепло з повітря.

**Компресія:** Компресор у зовнішньому блоку стискає газовий фреон, збільшуючи його температуру і тиск. Це забезпечує додаткове підвищення температури тепла, отриманого з повітря.

**Конденсація:** Гарячий стиснутий фреон подається до внутрішнього блоку, де він передає свою теплову енергію до системи опалення або гарячого водопостачання. Під час цього процесу газоподібний фреон переходить в рідку фазу, віддаючи тепло до системи опалення або гарячого водопостачання.

**Терморегулювання та дроселювання:** Після того, як фреон віддає свою теплову енергію, він повертається до зовнішнього блоку, де проходить через ТРВ, де знижується робочий тиск і розширює фреон, щоб знизити його температуру і готувати його до наступного циклу евапорації.

Таким чином, тепла помпа повітря-вода використовує енергію зовнішнього повітря для нагріву теплоносія, який подається до системи опалення або гарячого водопостачання. Цей процес є ефективним та екологічно чистим, оскільки він використовує доступну теплову енергію з навколишнього середовища.

Теплові помпи “вода-вода”, також відомі як “водяні” теплові помпи, використовують водні джерела, такі як озера, річки або свердловини, як джерело тепла для опалення або охолодження. Принцип роботи таких систем полягає в теплообміні з водою через спеціальний теплообмінник. Вода забезпечує стабільне джерело тепла, оскільки має високу теплоту ємність і може поглинати та віддавати багато тепла.

Процес роботи теплової помпи вода-вода включає наступні етапи:

**Збір тепла:** У цій системі вода використовується як джерело тепла. Якщо джерело є підземним, то за допомогою свердловини або колодязя здійснюється забір підземної води. У випадку поверхневих джерел, як-от озера або річки, вода набирається з водойми за допомогою насоса.

**Теплообмін:** Вода, яку було зібрано, прокачується через теплообмінник. Теплообмінник дозволяє передати тепло з води до робочого середовища теплової помпи. У цьому теплообміннику вода віддає тепло, а робоче середовище, яке може бути фреоном або іншою робочою рідиною, поглинає це тепло.

**Компресія:** Після теплообміну робоча речовина, насичене теплом, пропускається через компресор. Компресор стискає робоче середовище, підвищуючи його температуру і тиск.

**Конденсація:** За допомогою конденсатора, розташованого всередині будівлі, відбувається процес конденсації. Робоче середовище віддає тепло до системи опалення або охолодження, і тим самим нагріває або охолоджує приміщення.

**Терморегулювання та дроселювання:** Після конденсації робоче середовище пропускається через ТРВ, де воно розширюється і знижує свій тиск. Цей процес дозволяє робочому середовищу знову стати у рідкий стан і готовим до повторного циклу теплового насоса.

Кожен з цих видів теплових pomp має свої переваги та обмеження. Вибір конкретного типу залежить від таких факторів, як доступність джерела тепла, місцеві кліматичні умови, розмір та конфігурація будівлі, бюджет та енергетичні потреби.

Таким чином, теплові помпи вода-вода є ефективними та стабільними системами опалення та охолодження, які використовують підземні або поверхневі водні джерела для передачі тепла у приміщення. Вони є екологічно чистими та енергоефективними рішеннями, що дозволяють знизити споживання енергії й економити гроші на опаленні та охолодженні.

Теплові помпи мають такі переваги:

**Енергоефективність:** Теплові помпи можуть виробляти більше тепла або охолодження, ніж електричні системи опалення або охолодження. Вони використовують від 25% до 50% енергії, яку витрачають інші системи.

**Екологічність:** Теплові помпи використовують природні джерела тепла, такі як земля, повітря або вода, і мають менший вуглецевий слід порівняно з системами, які використовують палива на основі вуглецю.

**Універсальність:** Теплові помпи можуть забезпечувати опалення, гаряче водопостачання та охолодження, що робить їх універсальними рішеннями для забезпечення комфорту в будинку.

**Довговічність:** Теплові помпи мають тривалий термін служби, оскільки основна частина системи знаходиться всередині будинку і не піддається негативним впливам навколишнього середовища, таким як дощ, сніг або мороз.

**Вартість експлуатації:** Хоча встановлення теплової помпи може вимагати великих початкових витрат, вони зазвичай мають низькі витрати на експлуатацію, оскільки вони енергоефективні і використовують менше електроенергії.

**Гнучкість:** Теплові помпи можуть бути встановлені як в нових будівлях, так і вже існуючих будинках. Вони можуть працювати як самостійна система опалення або в поєднанні з іншими системами опалення.

**Комфорт:** Теплові помпи забезпечують рівномірне розподілення тепла в приміщенні, створюючи комфортні умови для проживання. Вони також можуть бути обладнані системами рекуперації тепла, які забезпечують постачання свіжого повітря, підвищуючи якість внутрішнього середовища.

**Системи з багатоступеневим керуванням:** Деякі теплові помпи мають функцію багатоступеневого керування, яка дозволяє регулювати їх потужність залежно від потреби, що забезпечує ефективне використання енергії.

**Менш залежність від паливних ресурсів:** Оскільки теплові помпи використовують природні джерела тепла, вони менш залежні від паливних ресурсів, таких як газ чи нафта. Це робить їх більш стійкими до коливань цін на паливо.

Зниження викидів CO<sub>2</sub>: Використання теплових pomp допомагає зменшити викиди парникових газів, оскільки вони споживають менше енергії, порівняно з традиційними системами опалення, які використовують паливо на основі вуглецю.

Інтеграція зі відновлювальними джерелами енергії: Теплові помпи можуть бути легко інтегровані з відновлювальними джерелами енергії, такими як сонячні панелі або вітрові турбіни. Це дозволяє створювати енергетично самодостатні системи та знижувати споживання електрики з мережі.

Теплові помпи є енергоефективними та екологічно чистими рішеннями для опалення та охолодження приміщень. Вони дозволяють забезпечити комфорт у вашому будинку, одночасно знижуючи споживання енергії та негативний вплив на навколишнє середовище.

Враховуючи всі переваги, теплові помпи стають все більш популярними рішеннями для опалення та охолодження приміщень, сприяючи енергоефективності та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

Проте, перед вибором теплової помпи важливо врахувати розмір будівлі, кліматичні умови вашого регіону, доступні джерела тепла та ваш бюджет. Ось ще кілька факторів, які слід врахувати:

- Величина та ізоляція будівлі: Розмір теплової помпи повинен відповідати потребам опалення чи охолодження вашої будівлі. Крім того, ефективність системи може залежати від рівня ізоляції будівлі. Якщо будівля має погану ізоляцію, можуть бути потрібні додаткові заходи для забезпечення оптимальної ефективності теплової помпи.
- Кліматичні умови: Урахування середніх температур в регіоні протягом року. Деякі типи теплових pomp можуть працювати менш ефективно при дуже низьких або високих температурах. Потрібно вибрати теплову помпу, яка відповідає кліматичним умовам вашого регіону.
- Доступні джерела тепла: Визначення, які джерела тепла доступні у районі. Це може бути ґрунт, повітря, вода або геотермальна енергія.
- Бюджет: Встановлення теплової помпи може бути значним інвестиційним витратою.

## 2.2 Визначення потреби в енергетичних ресурсах

На основі параметрів навчальних приміщень на другому поверху, таблиця 2.1, рисунок 2.1, буде проведено розрахунок необхідних енергетичних ресурсів для забезпечення опалення. Основуючись отриманими результатами розрахунків, виконається вибір необхідного обладнання під енергетичні потреби.

### 2.2.1 Параметри приміщень

У зв'язку з особливостями стельового перекриття, висота стін приймається 4 метри. На основі визначених параметрів, складена табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри навчальних приміщень на другому поверху

№	Назв. приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Об'єм, м <sup>3</sup>
1	Коридор	30,28 м <sup>2</sup>	121,12 м <sup>3</sup>
2	Лабораторська	17,81 м <sup>2</sup>	71,24 м <sup>3</sup>
3	Лабораторія енергозбереження	44,16 м <sup>2</sup>	176,64 м <sup>3</sup>
4	Навчально-методична лабораторія	30,42 м <sup>2</sup>	121,68 м <sup>3</sup>
5	Лабораторія ВДЕ	43,16 м <sup>2</sup>	172,64 м <sup>3</sup>
6	Викладацька	17,41 м <sup>2</sup>	69,64 м <sup>3</sup>



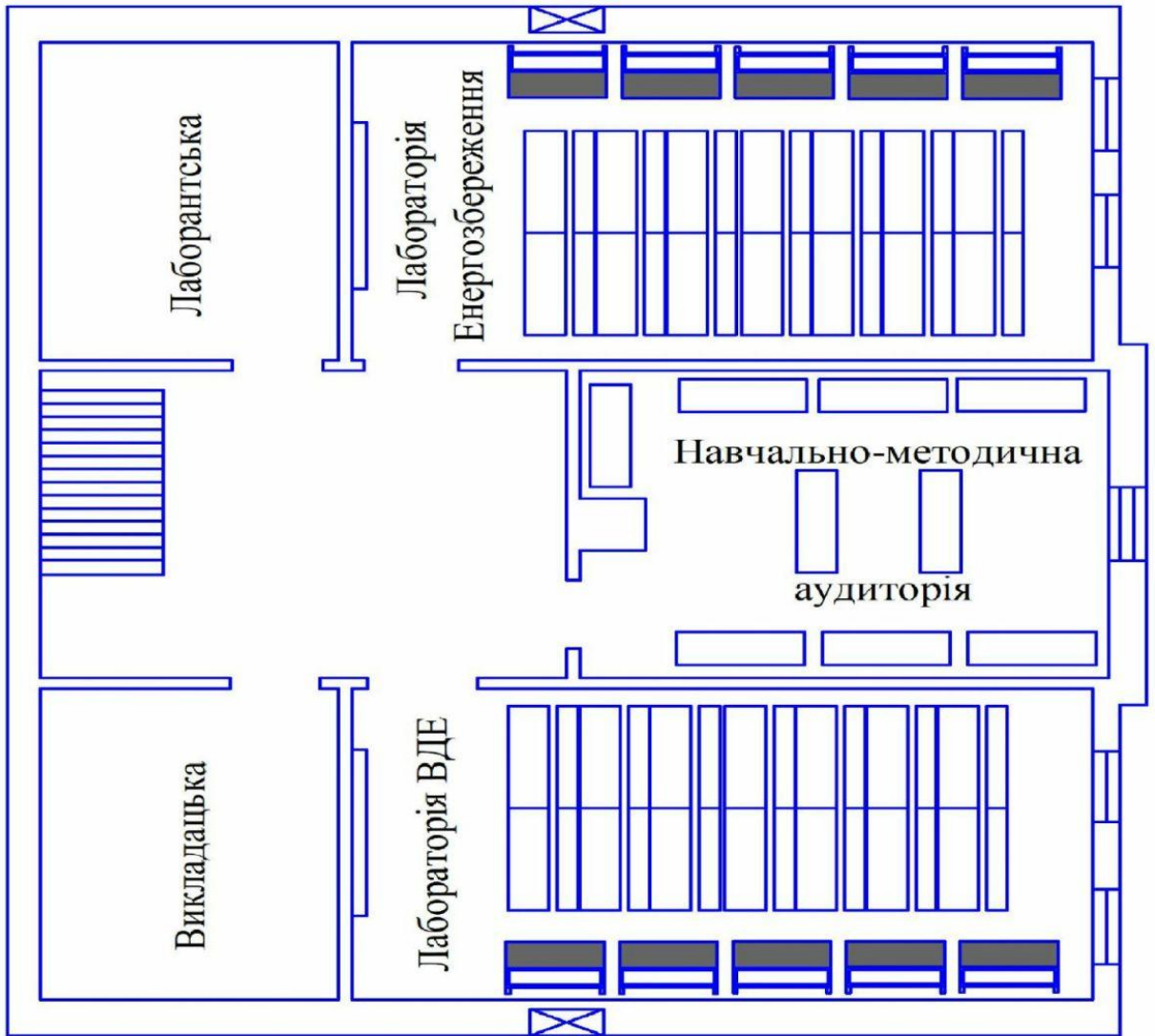


Рисунок 2.1 - Креслення другого поверху навчально-дослідницької лабораторії  
ЛНУП

## 2.2.2 Розрахунок теплового навантаження об'єкта

Основний період використання опалення, це опалювальний сезон, який триває з 15 жовтня по 15 квітня, що складає 183 дні. Скориставшись отриманими даними з табл. 1.1, будемо таблицю середніх температур опалювального сезону, табл. 1.2.

Таблиця 2.2

### Середньомісячні температури опалювального сезону

Параметри	Місяці						
	з 15 жовтня	листопад	грудень	січень	лютий	березень	по 15 квітня
$t_{nc}, ^\circ\text{C}$	8,41	1,77	-3,03	-4,05	-3,15	1,21	8,27

На основі температурних показників буде проводитись розрахунок теплових навантажень.

Система опалення використовується для компенсації тепловтрат будинку, потужність яких визначається за формулою:

$$P_{оп}^m = q_o \times V_{буд} \times (t_{вс} - t_{нс}) \times 10^{-3}, \text{кВт} \quad (1.1)$$

де  $q_o$  - питома потужність тепловтрат, Вт/м<sup>3</sup>;

$V_{буд}$  - опалювальний об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$t_{вс}$  - нормована внутрішня температура, для навчальних приміщень складає 18°C;

$t_{нс}$  - температура навколишнього середовища, табл. 2.2, °C;

Питома потужність тепловтрат може бути визначена з використанням даних ДБН України В.2.6-31:2006 "Теплова ізоляція будівель" за формулою:

$$q_o = \frac{q_{\max} \times 10^3}{T_{оп} \times 24 \times (t_{вс} - t_c)} \quad (1.2)$$

де  $q_{max}$  – нормативні максимальні тепловитрати будинку за опалювальний період, для громадської і адміністративної двох поверхової будівлі  $q_{max} = 34$  кВт\*год./м<sup>2</sup> (кВт\*год./м<sup>3</sup>);

$T_{оп}$  – нормативна тривалість опалювального періоду,  $T_{оп} = 183$  дні;

$t_c$  – середня температура за опалювальний період,  $t_c = 1,57$  °С;

Використовуючи формули проведемо розрахунок тепловтрат будинку для січня місяця, як найхолоднішому за весь сезон.

$$P_{оп}^m = 0,47 \times 732,96 \times (18 - 4,05) \times 10^{-3} = 7,7 \text{ кВт}$$

Таким чином проводимо розрахунок для кожного з місяців опалювального сезону, та вносимо отримані дані в табл. 2.2.

Розрахунок максимальної потужності системи опалення для забезпечення опалення у найхолоднішу п'ятиденку року для місця розташування лабораторії.

Мінімальна температура навколишнього середовища,  $t_{нс}^{\min} = -18$ , °С;

Визначаємо максимальну необхідну теплову потужність:

$$P_{оп}^{max} = q_o \times V_{буд} \times (18 - (t_{нс}^{\min})) \times 10^{-3} \quad (1.3)$$

$$P_{оп}^{max} = 0,47 \times 732,96 \times (18 - (-18)) \times 10^{-3} = 12,4 \text{ кВт}$$

На основі отриманих потужностей обирається необхідне обладнання для комплектації теплових втрат.

Середньодобове теплове навантаження системи опалення розраховуємо для кожного місяця опалювального сезону, через середньомісячну температуру навколишнього середовища  $t_{нс}$ , дані наведені в табл. 2.2.

$$Q_{оп}^{\partial} = (86,4 \times q_o \times V_{буд} \times (18 - t_{нс})) \times 10^{-3}, \text{ кДж} \quad (1.4)$$

$$Q_{оп}^{\partial} = (86,4 \times 0,47 \times 732,96 \times (18 - (-4,05))) \times 10^{-3} = 656,29 \text{ кДж}$$

Проводиться розрахунок для кожного з місяців, о тримані дані вносимо в табл. 2.2

Місячне теплове навантаження системи опалення розраховуємо домноженням  $Q_{on}^{\partial}$  на кількість днів в місяці  $n_M$ :

$$Q_{on}^M = (Q_{on}^{\partial} \times n_M), \text{кДж} \quad (1.5)$$

$$Q_{on}^M = (656,29 \times 31) = 20344,99 \text{кДж}$$

Сезонне теплове навантаження системи опалення розраховуємо як суму теплових місячних навантажень:

$$Q_{on}^P = \sum_{i=1}^{183} Q_{on}^M \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} Q_{on}^P &= 4281,45 + 14492,1 + 19403,83 + 20344,99 + 17626 + 15491,63 + 4344,06 \\ &= 95984,06 \end{aligned}$$

Результат розрахунків вносимо в табл. 2.3

Таблиця 2.3

Результати розрахунку теплових навантажень системи тепlopостачання.

№	Параметри	Місяці							Сума
		з 15 жовтня	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	По 15 квітня	183 дні
1	$t_{nc}, ^\circ\text{C}$	8,41	1,77	-3,03	-4,05	-3,15	1,21	8,27	-
2	$Q^{\partial}_{on}, \text{кДж}$	285,43	483,07	625,93	656,29	629,5	499,73	289,6	-
3	$Q^m_{on}, \text{кДж}$	4281,45	14492,1	19403,83	20344,99	17626	15491,63	4344,06	95984,06
4	$P^m_{on}, \text{кВт}$	3,30	5,59	7,24	7,7	7,28	5,78	3,35	-

Виходячи з розрахованих параметрів вибираємо теплову установку, а саме теплову помпу типу “повітря вода”. Цей агрегат є легкій в експлуатації та монтажу, на відміну від теплових помпи “грунтових” або “водяних”, де потрібно проводити бурові роботи щоб прокласти ґрунтовий теплообмінник, або ж добратись до геотермальних джерел.

На онові максимальної необхідної теплової потужності обираємо теплову помпу яка буде компенсувати 12,4 кВт тепловтрат.

Під вибір потрапив тепловий насос повітря-вода Cooper&Hunter на 12 кВт теплової енергії CH-HP12WTSIRK3 спліт системи, хоча по своїм паспортним параметрам, табл. 2.3, він не довидає нам 0,4 кВт тепла, це не є проблемою, тому що, мінімальні температурні показники зовнішнього повітря тримаються не сильно тривалий час, тому в період підвищених тепловтрат в теплового насоса зменшиться енергоефективність та ККД. Не менш важливим є той факт, що при середньомісячних температурах, тепла помпа буде працювати з меншими затратами електроенергії для вироблення необхідної, і значно меншої, теплової енергії, відповідно використання буде більш енергоефективним.

Таблиця 2.4

Характеристики опалювання теплового насоса CH-HP12WTSIRK3 спліт системи

Продуктивність	кВт	12,00
Споживання	кВт·год.	2,4
COP		5

## **3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **3.1 Обґрунтування потреби в удосконаленні конструкції теплової помпи**

Головне питання для кожного хто хоче грітись тим чи іншим чином, це - “як максимально ефективно це робити?”. У випадку з нашою тепловою установкою була проблема, що вона була не інверторна, тобто “увімкнув/вимкнув”, із-за цього вона є менш ефективною ніж інверторна установка. Для загально розуміння правильним буде навести порівняння.

Звичайний тепловий насос і інверторний тепловий насос відрізняються за принципом регулювання своєї потужності та роботи. Розглянемо цю проблему детальніше.

#### **1. Неінверторний тепловий насос:**

Неінверторні теплові насоси мають фіксовану потужність, яка не змінюється залежно від зовнішніх умов або потреби в опаленні. Вони працюють за принципом “увімкнув/вимкнув”, що означає, що вони працюють на повну потужність, коли опалення потрібне, і зупиняються, коли досягнута бажана температура. Такий процес роботи може призводити до періодичних коливань температури та нерівномірного розподілу тепла.

#### **2. Інверторний тепловий насос:**

Інверторний тепловий насос використовує технологію частотного керування для регулювання своєї потужності в залежності від зовнішніх умов та потреби в опаленні. Замість працювати на постійній потужності, вони можуть змінювати швидкість компресора, що дозволяє їм адаптуватися до змінних умов і забезпечувати постійний потік тепла. Це дозволяє досягати більш точного контролю температури, забезпечувати більш стабільне опалення та знижувати споживання енергії.

Основна перевага інверторних теплових насосів полягає у їх енергоефективності. Вони здатні пристосовуватися до змін потреби в опаленні, що дозволяє їм працювати на нижчій потужності, коли потрібно менше тепла. Це забезпечує більш ефективне використання енергії, оскільки інверторні теплові насоси не постійно працюють на максимальній потужності. Вони можуть автоматично зменшувати швидкість компресора, щоб витратити лише необхідну кількість енергії для підтримки бажаної температури в приміщенні.

Завдяки своїй енергоефективності, інверторні теплові насоси зазвичай забезпечують значну економію електроенергії і, відповідно, знижують витрати на опалення в порівнянні з неінверторними моделями. Вони також забезпечують більш комфортний і стабільний рівень опалення, оскільки можуть швидко реагувати на зміни у потребі в теплі.

У підсумку, різниця між інверторним тепловим насосом і неінверторним полягає в їх здатності регулювати потужність в залежності від зовнішніх умов та потреби в опаленні. Інверторні насоси забезпечують більш ефективне використання енергії, економлять електроенергію і забезпечують стабільніше та комфортніше опалення.

### **3.2 Обґрунтування модифікації теплової помпи**

Отже, для модифікації установки потрібно, грубо кажучи вмонтувати туди частотне регулювання двигуна, в нашому випадку компресора. Для цього потрібно додаткові сенсори та контролери: які вимірюють зовнішні умови, температуру в приміщенні, температуру води в акумулюючому бакові. Ці дані використовуються для автоматичного регулювання роботи компресора.

На рис. 3.1 зображено конструктивну схему з зображенням усіх елементів установки, а також виділення модифікаційних елементів для керування двигуном.



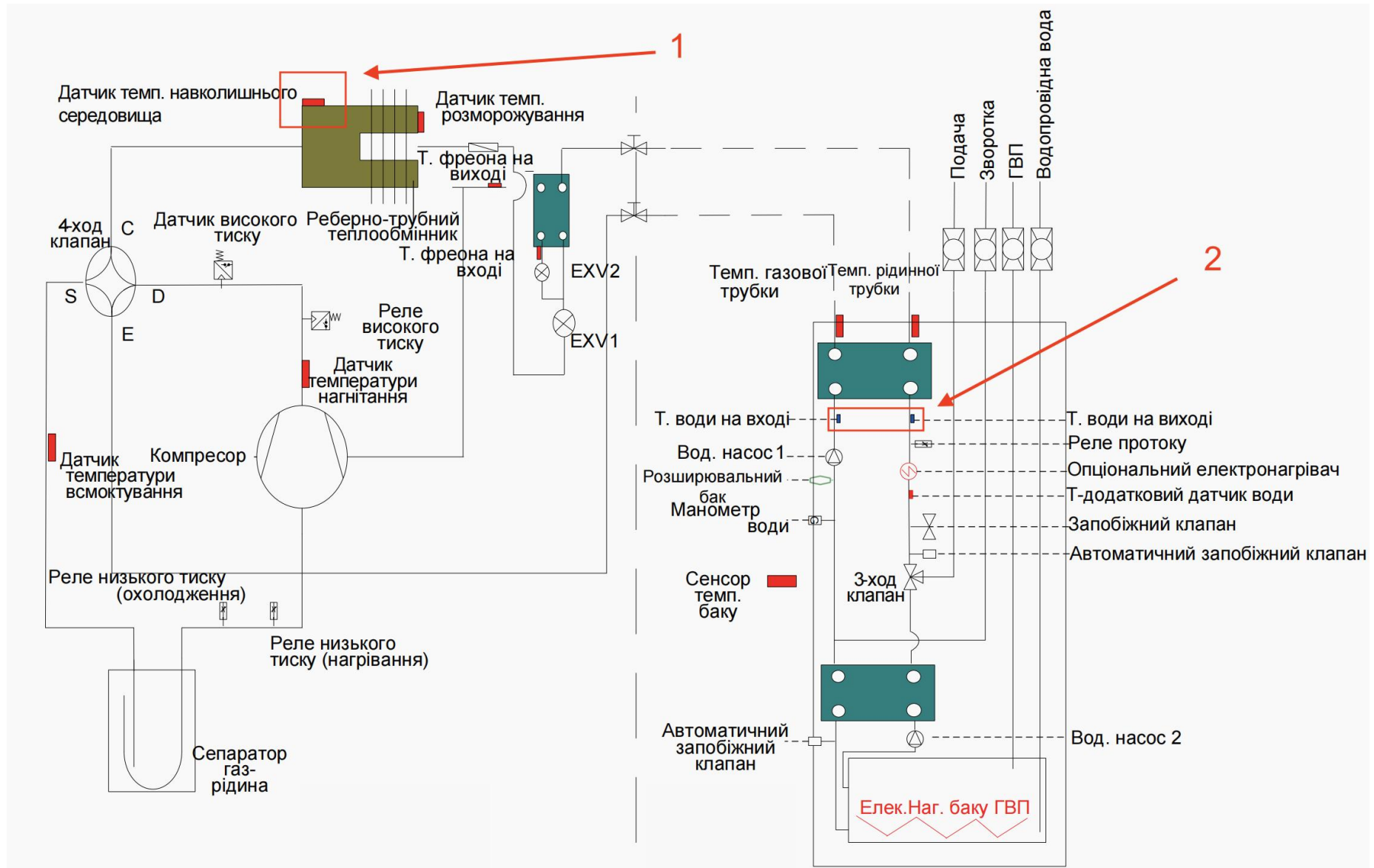


Рисунок 3.1 - Конструктивна схема теплової помпи

На рис. 3.1 зображено елементи контролю параметрів режиму роботи теплового насосу:

- 1) Датчик температури навколишнього середовища, він працює паралельно з датчиком температури що розташовується в опалювальних приміщеннях, при зміні температур и створюється температурна різниця і програмно вираховується скільки потрібно додатково виробити теплової енергії щоб підтримувати виставленні температури в системі опалення;
- 2) Група датчиків температури води на вході/виході теплообмінника фреонового контуру з водяним, ці датчики слідкують за температурною дельтою води, що слугує обмеженням роботи компресора. Умовно кажучи, є задана температурна дельта - 7 К, якщо вона знизиться до 3 К, а встановлений поріг 4 К, це буде значить що в бакові системи опалення вже дуже мало рідини яку потрібно нагріти, відповідно подальша робота теплової помпи є недоцільна і вона вимикається до подальшої потреби.

На рис. 3.2 зображено схему плати управління, де показано підключення датчиків керування, насосів внутрішнього блоку та водяного бака та інших елементів управління.

На схемі зображенні елементи які потрібні для переведення з управління “увімкнув/вимкнув” на частотне управління двигуном, а саме:

- 1) Вище згадані температурні датчики води на вході/виході теплообмінника;
- 2) Датчик температури резервуара;
- 3) Термостат;
- 4) Віддалений датчик температури приміщення;

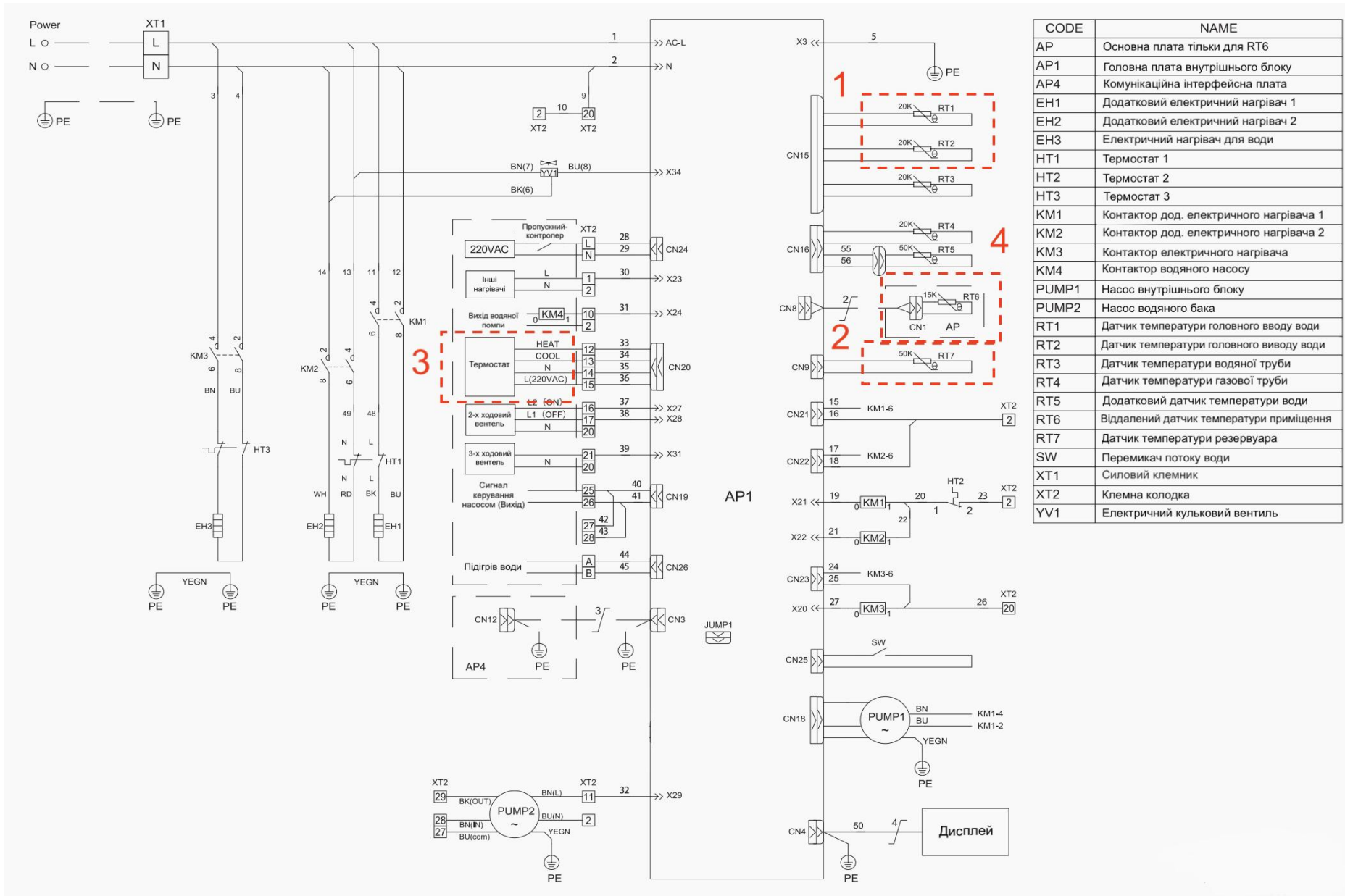


Рисунок 3.2 - Схема плати управління теплової помпи

Для керування компресором теплового насоса потрібно встановити спеціальну плату управління приводом, яка часто називається частотником. Цей пристрій забезпечує точне керування швидкістю обертання компресора шляхом регулювання частоти постачаної йому електричної потужності.

На рис. 3.3 зображено схему підключення та комутації між модифікаціями та вже існуючими елементами установки. Насамперед відбувається комутація між платами управління внутрішнього (1) та зовнішнього (2) блоків, також показано місце розташування та підключення датчика зовнішньої температури (4). Основною модифікацією є плата управління приводом (3), яка взаємодіє з платою зовнішнього блоку для отримання даних, що збираються датчиками. Зібрані дані та параметри використовуються для розрахунку оптимальної роботи теплового насоса. На основі цих даних і параметрів здійснюється керування компресором, забезпечуючи оптимальну ефективність теплового насоса.

Застосування плати управління приводом (частотником) дозволяє динамічно регулювати потужність теплового насоса, забезпечуючи його роботу з високою ефективністю при різних навантаженнях та зовнішніх умовах. Це дозволяє досягти більш точного контролю та оптимізації споживання електроенергії, що призводить до економії енергетичних ресурсів

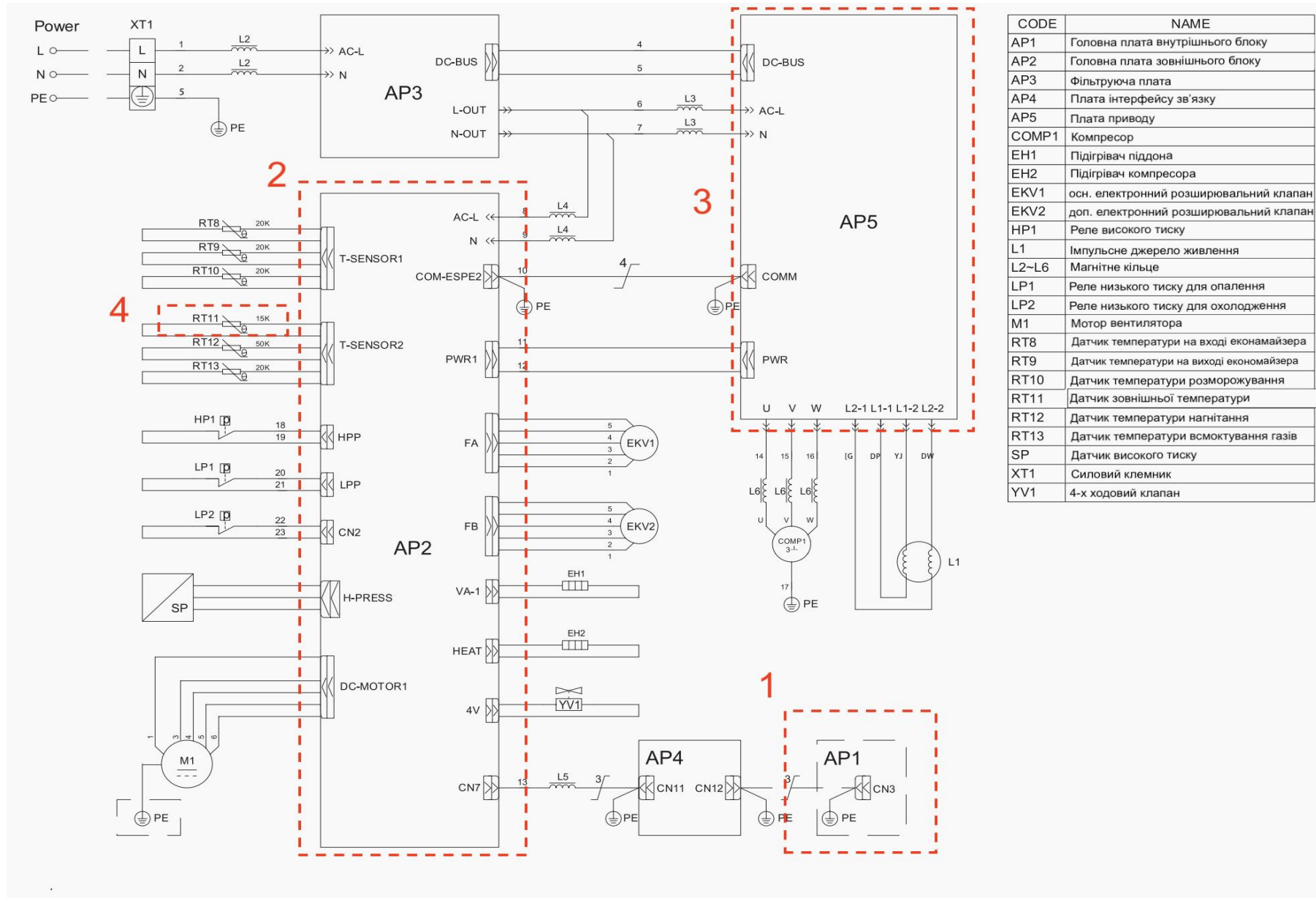


Рисунок. 3.3 - Модифікована схема підключень зовнішнього блоку

Таким чином було отримано інверторний тепловий насос, який є більш ефективним і економічним в порівнянні зі звичайним (не інверторним) тепловим насосом.

Для пояснення його роботи на цифрах, розглянемо наступний приклад:

1. Припустимо, що вхідна потужність інверторного теплового насосу становить 3 кВт.
2. Під час початкового запуску, насос працює на повну потужність, щоб швидко підігріти приміщення до потрібної температури. В цей момент споживається 3 кВт електроенергії.
3. Після досягнення бажаної температури, інверторний насос переходить в режим плавного регулювання. За допомогою вбудованого інвертора, потужність компресора насоса постійно змінюється відповідно до потреб системи опалення або охолодження.
4. Наприклад, якщо потреба в теплі менша, ніж максимальна потужність насоса, інвертор знижує швидкість компресора, що зменшує електроенергію, споживану насосом. Наприклад, при швидкості компресора, що знижена на 50%, споживання енергії може становити 1,5 кВт.
5. Якщо потреба в теплі зростає, інвертор збільшує швидкість компресора, що забезпечує більше теплової потужності. Наприклад, при швидкості компресора, збільшеній на 75%, споживання енергії може становити 2,25 кВт.

Загалом, інверторний тепловий насос забезпечує більш точне й ефективне керування потужністю компресора, що призводить до зниження споживання електроенергії та підвищення загального ККД системи. Це дозволяє досягти комфортних умов у приміщенні з меншими затратами на енергію.

Наприклад, якщо неінверторний тепловий насос працює з постійною потужністю, то його ККД може бути в районі 80%. У той же час, інверторний насос може досягати ККД близько 97% при регулюванні потужності компресора залежно від потреб системи. Це означає, що енергія витрачається більш ефективно і з меншими втратами.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

### 4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу

Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу роботи теплової помпи "повітря-вода" дозволяє розглянути його складові елементи та їх функції. Основна мета такого аналізу полягає в тому, щоб зрозуміти, як технологічний процес працює і як його складові взаємодіють між собою.

Основні складові елементи технологічного процесу роботи теплової помпи "повітря-вода" включають:

1. Зовнішній блок: Це пристрій, який використовує повітря як джерело тепла. Зовнішній блок збирає тепло з оточуючого повітря та передає його до внутрішнього блоку.
2. Внутрішній блок: Це пристрій, який здійснює передачу тепла з зовнішнього блоку до системи опалення або гарячого водопостачання. Внутрішній блок містить теплообмінник, компресор, розширювальний клапан та інші компоненти.
3. Теплоносій: Вода або антифриз, який циркулює в системі, використовується для передачі тепла зовнішнього блоку до внутрішнього блоку і подальшого його розподілу у системі опалення або гарячого водопостачання.
4. Компресор: Це пристрій, який відповідає за стиснення теплоносія і підвищення його температури. Компресор створює високий тиск, що дозволяє теплоносію передати більше тепла.
5. Розширювальний клапан: Це пристрій, який регулює розподіл теплоносія і знижує його тиск.
6. Теплообмінник: Це пристрій, який забезпечує передачу тепла між теплоносієм і оточуючим середовищем. В зовнішньому блоку повітряний теплообмінник відбирає тепло з повітря та передає його до теплоносія. У внутрішньому блоку

теплообмінник отримує тепло від теплоносія і передає його до системи опалення або гарячого водопостачання.

7. Керувальна система: Це система, яка керує роботою теплової помпи. Вона включає сенсори, термостати, контролери та інші пристрої, які вимірюють температуру теплоносія та оточуючого середовища і регулюють роботу компресора, насосів і клапанів для забезпечення оптимального теплового режиму.
8. Електрична система: Це система, яка забезпечує живлення та електричне з'єднання між різними компонентами теплової помпи. Вона включає електричні проводи, перемикачі, реле та інші електричні компоненти.

Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу роботи теплової помпи "повітря-вода" допомагає краще зрозуміти взаємозв'язок між різними компонентами та їх ролі у передачі тепла. Цей аналіз допомагає вдосконалити та оптимізувати роботу теплової помпи, забезпечуючи ефективну та економічну роботу системи опалення та гарячого водопостачання.

#### **4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу технологічного процесу**

Для забезпечення ефективної і надійної роботи теплової помпи, необхідно проводити періодичні огляди і технічне обслуговування.

Огляди необхідно проводити щотижня(тижневі) і щомісяця(місячні). За результатами оглядів може бути прийняте рішення про позапланове технічне обслуговування, або проведення певних робіт. Огляди проводяться тільки в той період коли теплова помпа працює.

Під час тижневого огляду необхідно провести такі роботи:



- огляд стану теплообмінника зовнішнього блоку на забруднення і обмерзання, якщо температура повітря нижча за  $-5$  градусів, бажано теплообмінник на предмет обмерзання оглядати щодня.
- Провести контроль температури теплоносія на подачу і зворотного напрямку.
- Оцінити в загальному роботу теплової помпи.

При місячному огляді виконуються всі роботи тижневого огляду і додатково наступні роботи:

- Перевірка вставок температури та інших параметрів, запрограмованих в системі керування тепловою помпою.
- Оцінка роботи рухомих частин таких, наприклад, як циркуляційні насоси, двигуни вентиляторів теплообмінників.
- Контроль за відсутністю протікань теплоносія і його рівень в системі.
- Зняття показників лічильника електричної енергії і величини струму, якщо відповідні вимірювальні прилади є в наявності.

Технічне обслуговування необхідно проводити не рідше одного разу на пів року, якщо тепла помпа працює весь рік, і перед початком опалювального сезону, якщо тепла помпа працює тільки в холодну пору року. Може бути проведене позапланове технічне обслуговування або часткове, за результатами оглядів.

Під час технічного обслуговування проводяться вся роботи що і під час місячного огляду а також:

- Чистка (промивання) теплообмінника зовнішнього блоку.
- Чистка фільтрів встановлених в колі циркуляції теплоносія, і додаванням самого носія(при необхідності) в систему.
- Перевірка тиску в фреоновому контурі під час роботи теплової помпи.
- Перевірка роботи у всіх режимах.
- Також провести роботи рекомендовані виробником обладнання, якщо вони не включені в даний перелік.

### 4.3 Охорона довкілля

Охорона довкілля є однією з найбільш актуальних проблем сучасного суспільства. Зменшення викидів шкідливих газів та залежності від традиційних джерел енергії стали новим викликом у сфері будівництва та опалення.

Традиційні системи опалення, які використовують вугілля, газ чи деревину(в будь-якому вигляді), є значними джерелами викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>. Використання теплової помпи повітря-вода дозволяє зменшити викиди CO<sub>2</sub> у атмосферу. За рахунок використання альтернативного джерела енергії, яким є повітря, тепла помпа не спалює паливо, а використовує лише електроенергію та різні холодоагенти(фреони), що перебувають у робочому середовищі помпи, для перетворення у теплову енергію. Це дозволяє зменшити кількість викидів CO<sub>2</sub>, що має незначний, але, позитивний вплив на зниження ефекту парникового газу та зміну клімату.

Теплова помпа повітря-вода є енергоекономічним рішенням, оскільки вона використовує мінімальну кількість електроенергії для вироблення більшої кількості теплової енергії. Це досягається завдяки використанню принципу оберненого циклу Карно, який дозволяє здійснювати перенесення тепла з низькотемпературного джерела (повітря) до високо температурного середовища (вода для опалення). Така технологія забезпечує ефективне використання енергії та допомагає знизити споживання електроенергії, що теоретично, призводить до зменшення викидів шкідливих речовин і вуглецевого сліду на електростанціях.

Теплова помпа повітря-вода базується на використанні повітря як джерела тепла. Повітря, як відновлювальний ресурс, доступне без обмежень і не викликає шкоди при його використанні. У порівнянні з іншими джерелами енергії, такими як вугілля, газ або нафта, тепла помпа допомагає знизити залежність від невідновлюваних ресурсів та сприяє створенню стійкого енергетичного майбутнього.

Помпа не вимагає спалювання палива, що означає, що вона не викидає шкідливих речовин у повітря, таких як діоксид сірки, оксиди азоту або інші забруднюючі речовини. Це сприяє зменшенню атмосферних забруднень та поліпшенню якості повітря в місцях, де встановлені теплові помпи повітря-вода. Крім того, такі системи не створюють шуму та вібрацій, що сприяє зниженню впливу на довкілля та комфортному перебуванню людей у будівлі.

Таким чином, використання теплової помпи повітря-вода в опалювальних системах має значний позитивний вплив на охорону довкілля. Ця технологія допомагає зменшити викиди CO<sub>2</sub>, економити енергію, використовувати відновлювальні джерела енергії та мінімізувати негативний вплив на довкілля. Окрім того, вона сприяє поліпшенню якості повітря та створенню комфортного середовища для мешканців будівлі. Застосування теплової помпи повітря-вода є одним із ефективних кроків у напрямку сталого розвитку та збереження довкілля для майбутніх поколінь.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЕІЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

У цьому розділі проведемо економічну оцінку теплової помпи порівнюючи енергоефективність до і після модернізації.

За попередньою оцінкою при модифікації теплової установки вдалось досягти збільшення к.к.д. з 80% до 97%. На основі таких результатів можливо визначити економічну ефективність модернізації скориставшись результатами розрахунків в розділі 2, табл. 2.2, де взявши суму теплових місячних навантажень за весь опалювальний сезон - 95984 (МДж) , ділимо на 3,6 МДж (1 кВт) для переведення в кВт/ год.

$$95984/3,6 = 26662 \text{ кВт/год.}$$

Отримавши значення споживання електроенергії, наприклад, таку суму міг би спожити ТЕН за опалювальний сезон, а так як тепла помпа має коефіцієнт перетворення (COP) - 5, тобто 1 кВт/год. спожитої = 5 кВт теплової енергії, отримуємо кінцеве значення необхідної електроенергії.

$$26662/5 = 5332,44 \text{ кВт/год.}$$

Отож, знаючи скільки потрібно спожити енергії за весь опалювальний сезон, можемо визначити на скільки енергоефективно це зробить тепла помпа до і після модифікації.

До:

$$5332,44 \times 0.2 = 1066,48 \text{ кВт/год.}$$

Після:

$$5332,44 \times 0.03 = 159,97 \text{ кВт/год.}$$

Для кращого розуміння сумуємо загальну спожиту електроенергію до і після модифікації, та переведемо в грошові одиниці, вартість 1 кВт/год. рівна 1 гривні 89 копійок.

В результаті порівняння ми бачимо, що зменшуються витрати на 1712,78 гривень.

Для зручності кінцеві результати подамо у вигляді табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Співвідношення вартості споживання електроенергії до і після модифікації

	Споживання, кВт/год.	Вартість, гривні
До	6398,92	12093,44
Після	5492,41	10380,66

Не менш важливим є окупність обладнання, отже проведемо аналіз.

В табл. 5.2 наведена вартість використаного обладнання для монтажу та модернізації.

Таблиця 5.2

Вартість обладнання

Назва виробу	Кількість	Ціна,грн.	Вартість,грн.
Теплова помпа СН-НР12WTSIRK3	1 шт.	355000	355000
Плата приводу	1 шт.	14000	14000
Датчики температури	9 шт.	200	1800
Кабель сигналу	60 м	20	1200
<b>ВСЬОГО</b>			<b>372000</b>

В нашому випадку буде правильно порівнювати теплову помпу з якимось альтернативним джерелом теплової енергії, наприклад для наглядності оберемо газовий котел потужністю якого при споживанні 1 куб. = 31.8 МДж, для нашого об'єкту потрібно в опалювальний сезон використати 3018,36 куб. газу, при вартості 8 гривень 20 копійок загальна сума за сезон буде складати 24750 гривень 59 копійок. Різниця вартості оплати сезону між модифікованою тепловою помпою та газовим котлом складає 14369,93 гривні.

Так, як суть економії на енергоефективних джерелах полягає в довгостроковій перспективі окупності, то вартість теплової помпи повністю окупиться через 26 років, у випадку якщо протиставити її як альтернативу газовому котлу.

## ВИСНОВКИ

У ході дослідження та аналізу роботи інверторного теплового насосу порівняно з неінверторним в системі "повітря-вода", ми з'ясували, що інверторні теплові насоси мають значний потенціал для забезпечення високої енергоефективності та екологічно чистого опалення та охолодження приміщень.

Використання інверторних теплових насосів дозволяє досягти значних економічних переваг порівняно з традиційними газовими котлами. За результатами економічної оцінки, ми встановили, що заміна газового котла на модернізований інверторний тепловий насос призводить до зменшення витрат на опалення на суму 14369,93 гривень за опалювальний сезон. Хоча окупність вартості теплової помпи становить 26 років, враховуючи довгострокові перспективи енергоефективності та сталого розвитку, вона виявляється більш вигідною альтернативою газовому котлу.

Отже, висновком дипломної роботи є те, що інверторні теплові насоси є ефективними та екологічно чистими рішеннями для опалення приміщень, забезпечуючи значні економічні переваги. Результати нашого дослідження показали, що можна модифікувати неінверторні теплові насоси в інверторні, в результаті які мають вищу енергоефективність порівняно з неінверторними системами, що дозволяє зменшити витрати на опалення.

Враховуючи необхідність забезпечення сталого розвитку та зниження залежності від традиційних джерел енергії, використання інверторних теплових насосів може стати кроком у напрямку сталого будівництва. Їхні переваги включають енергоефективність та зниження експлуатаційних витрат. При впровадженні інверторних теплових насосів необхідно враховувати фактори, такі як кліматичні умови, розмір будівлі, енергетичні потреби та економічні фактори.

Також було описано експлуатаційну складову, за якими показниками потрібно слідкувати при використанні теплової помпи, та які маніпуляції проводити для того щоб збільшити строк служби обладнання.

Заключно, вивчення ефективності інверторних теплових насосів та їх впливу на енергетичну ефективність та будівництво є важливим кроком у напрямку розвитку. Ця дипломна робота сприятиме поглибленню розуміння переваг інверторних теплових насосів, їхнього впливу на енергетичну ефективність та економічну ефективність.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. Львів: Вид-во ЛНАУ, 2008. 135 с.
2. Гальчак В. П., Дмитрів Г. М. Розрахунок енергетичних параметрів гібридної системи теплопостачання фермерського будинку. Метод. вказівки до виконання курсового проекту. Львів, ЛДАУ, 2005. 36 с.
3. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. Львів: "Магнолія 2006", 2008. 188 с.
4. Жуковський С. С., Лабай В. Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навч. пос. для ВЗО. Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2000. 259 с.
5. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.
6. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К.: НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
7. Маляренко В. А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. Підручник. 2-е видання. Х.: Видавництво САГА, 2010. 484 с.
8. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс. Х.: В-во САГША, 2008. 320 с.
9. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 236 с.
10. <https://uniclimate.com.ua/products/teplovi-nasosy-dlya-pryvatnogo-budynku/cooperhunter-unitherm-3-all-in-one-ch-hp12wtsirk3/>
11. <https://uniclimate.com.ua/wp-content/uploads/2023/02/instrukciya-unitherm3-aio-ua.pdf>
12. [https://cooperhunter-aircon.com/?gclid=Cj0KCQjw7aqkBhDPARIsAKGa0oLWwriPnZqdYFkAdTEGwILGKZiUW6zYhudeqKqlb11QuAZmcjiDyL0aAqmlEALw\\_wcB](https://cooperhunter-aircon.com/?gclid=Cj0KCQjw7aqkBhDPARIsAKGa0oLWwriPnZqdYFkAdTEGwILGKZiUW6zYhudeqKqlb11QuAZmcjiDyL0aAqmlEALw_wcB)