

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Дослідження шляхів впровадження ефективних схем використання
відновлювальних джерел енергії для гарячого водопостачання котеджу у
м.Запоріжжя»

Виконала: студентка II курсу,

групи 8.1441

спеціальності теплоенергетика

освітньої програми теплоенергетика

Єрізану Віра Віталіївна

Керівник доц. каф., к.т.н., Осаул О. І.

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Карпенко Г.В.

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ


Кафедра Теплоенергетики та гідроенергетики

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

« 05 » 12 20 22 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Єрізану Вірі Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Дослідження шляхів впровадження ефективних схем використання відновлювальних джерел енергії для гарячого водопостачання котеджу у м.Запоріжжя»

керівник роботи Осаул Олександр Іванович, канд. техн. наук.

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

затверджені наказом ЗНУ від « 02 » липня 2022 року № 598-с

1 Строк подання студентом роботи 05 грудня 2022 року.

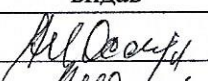
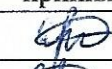
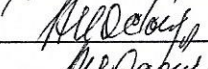

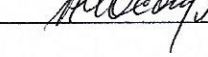

2 Вихідні дані до роботи: Розрахувати тепловтрати будинку та знайти наступні величини: основні тепловтрати приміщень, загальні тепловтрати, побутові тепловиділення, тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря, загальні втрати теплоти.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1.Особливості альтернативних джерел енергії для опалення приміщень, такі як: твердопаливні котли, теплові насоси, сонячні колектори, інфрачервоний обігрівач, тепла підлога та камін з водяним контуром. 2.Дослідження характеристик об'єкту проектування, а саме: конструкція перекриттів, конструкція стін, тип вікон, орієнтація котеджу по сторонам

світу. 3.Визначення коефіцієнтів теплопередачі для зовнішніх стін, підлоги, вікон та горищного перекриття. 4.Розрахунок сумарної сонячної радіації. 5.Визначення щільності потоку сонячної радіації. 6.Теплова потужність сонячної системи гарячого водопостачання. 7.Розрахунок коефіцієнта перетворення теплового насосу. 8.Розрахунок роботи компресора та електричної потужності на привід компресора. 9.Розрахунок витрат на сонячну систему без теплового насоса. 10.Експлуатаційні витрати на компресор теплового насоса.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Титульний аркуш, мета та завдання роботи, схема теплового насосу, експериментальні результати досліджень.


6 Консультанти розділів роботи

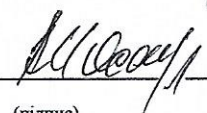
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Осаул О.І., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 2	Осаул О.І., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 3	Осаул О.І., доц. каф. ТГЕ		

7 Дата видачі завдання 10.06.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз централізованих систем тепlopостачання	30.08.2022	
2	Опис переваг альтернативних джерел енергій	07.09.2022	
3	Дослідження впровадження відновлювальних джерел енергії для опалення будинку	21.10.2022	
4	Розрахунок теплових втрат і термінів окупності системи	12.11.2022	

Студент  В.В. Єрізану
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  О.І. Осаул
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер  С.Є. Чижов
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Єрізану В.В. «Дослідження шляхів впровадження ефективних схем використання відновлювальних джерел енергії для гарячого водопостачання котеджу у м.Запоріжжя».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент Осаул О.І. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022 р.

Проаналізовано різні джерела наукової літератури, з метою доцільності використання відновлювальних джерел енергії в Україні. Аналіз показав, що в Україні є можливість використання відновлювальної енергетики. Були аргументовані переваги використання теплових насосів та альтернативних джерел енергії. Описані технічні характеристики обраного обладнання та розраховано термін окупності установки.

Ключові слова: АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ, ПОРИСТИЙ КЕРАМІЧНИЙ АКУМУЛЯТОР, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА, ТЕПЛООБМІННИК, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ГЕЛІОСИСТЕМА, МІКРОКЛІМАТ, ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, КАПІТАЛЬНІ ЗАТРАТИ.

Список публікацій магістранта:

1. Єрізану В.В., Челитко А.О., Екологічні проблеми України та їх рішення за допомогою відновлювальних джерел енергії. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез доп. І всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт 2021 р.
2. Чейлитко А.О., Ільїн С.В., Єрізану В.В., Екологічні проблеми енергетики та шляхи їх вирішення за допомогою відновлювальних джерел енергії. Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне

користування природними ресурсами: зб. тез доп. IV міжнар. наук.-техн. конф., Румунія, 12 лис 2021 р. С. 57-59.

ANNOTATION

Yerizanu V.V. "Research on ways to implement effective schemes for the use of renewable energy sources for hot water supply to a cottage in Zaporozhye".

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 "Heat power engineering". Research supervisor - candidate. technical of Sciences, associate professor Osaul O.I. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni Zaporizhzhia National University. Department of Heat and Hydropower, 2022.

Various sources of scientific literature were analyzed with the aim of expediency of using renewable energy sources in Ukraine. The analysis showed that there is an opportunity to use renewable energy in Ukraine. The advantages of using heat pumps and alternative energy sources were argued. The technical characteristics of the selected equipment are described and the payback period of the installation is calculated.

Key words: ENERGY STORAGE, POROUS CERAMIC BATTERY, SOLAR COLLECTOR, ENERGY RESOURCES, ELECTRIC ENERGY, HEAT ENERGY, HEAT EXCHANGER, HEAT PUMP, HELIOSYSTEM, MICROCLIMATE, THERMAL CALCULATION, CAPITAL COSTS.

List of publications of the master's student:

1. Yerizanu V.V., Chelytko A.O., Environmental problems of Ukraine and their solutions using renewable energy sources. Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine: coll. theses add. And Ukrainian science and practice conference, Zaporizhzhia, October 19-21, 2021.

2. Cheylytko A.O., Ilyin S.V., Yerizanu V.V., Environmental problems of energy and ways to solve them using renewable energy sources. Innovative development of resource-saving technologies and rational use of natural resources: coll. theses add. IV International science and technology conference, Romania, November 12, 2021, pp. 57-59.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	10
1.1 Альтернативні джерела енергії.....	10
1.2 Твердопаливні котли.....	18
1.3 Теплові насоси.....	19
1.3.1 Характеристика теплових насосів.....	19
1.3.2 Види теплових насосів.....	22
1.3.3 Опис типів схем теплового насоса.....	24
1.3.4 Переваги теплових насосів.....	29
1.3.5 Використання теплових насосів в світі.....	30
1.3.6 Застосування теплових насосних технологій в Україні.....	32
1.3.7 Виробники теплових насосів.....	32
1.4 Сонячні колектори.....	33
1.5 Інфрачервоний обігрівач.....	37
1.6 Тепла підлога.....	38
1.7 Камін з водяним контуром.....	39
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	41
2.1 Джерела теплопостачання.....	41
2.2 Теплові мережі.....	43
2.3 Характеристика систем опалення.....	45
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ КОТЕДЖУ.....	48
3.1 Характеристика об'єкту проектування.....	48
3.2 Теплотехнічний розрахунок.....	48
3.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін.....	49

3.2.2	Теплотехнічний розрахунок перекриття.....	50
3.3	Розрахунок тепловтрат будівлі.....	52
3.4	Розрахунок теплового насоса для опалення котеджу.....	55
3.4.1	Розрахунок величини сумарного надходження сонячної радіації за місяцями робочого терміну.....	56
3.4.2	Розрахунок густини потоку сонячної радіації за місяцями робочого терміну.....	58
3.4.3	Розрахунок площі колектора в системі без теплового насосу.....	58
3.4.4	Розрахунок температури води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника теплового насоса.....	59
3.4.5	Розрахунок коефіцієнта перетворення (КОП) ТН.....	61
3.4.6	Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором.....	62
3.5	Технічні характеристики обраного обладнання.....	63
3.6	Затрати на сонячну систему без теплового насоса.....	66
4	ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	71
4.1	Потенційні небезпеки при експлуатації сонячних систем.....	71
4.2	Заходи щодо покращення умов праці.....	72
4.3	Електрична безпека.....	72
4.4	Засоби індивідуального захисту.....	74
	ВИСНОВКИ.....	76
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	78
	ДОДАТКИ.....	80

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні у світі досить гостро стоїть питання екології. Це пов'язано з тим, що енергетичні ресурси на планеті обмежені, а людство розвивається і росте, а з ним зростає і попит на електроенергію та тепло, видобуток чого призводить до різних екологічних забруднень. В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30% кінцевої енергії споживається будинками. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Але цю проблему можливо вирішити завдяки альтернативним джерелам енергії, які є важливим кроком для набуття енергонезалежності України та заповнення нестачі традиційних видів палива.

Мета роботи: дослідити ефективність схем впровадження відновлювальних джерел енергії для гарячого водопостачання житлового будинку.

Об'єктом дослідження є тепловий насос компанії «АІК ГРУП» моделі «АІК AIR-30» та плоский сонячний колектор «СПК-F1».

Методи та способи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовувався розрахунково-теоретичний та статистичний метод, а також системний, комплексний та структурно-функціональний підхід.

Завдання. З метою вивчення доцільності використання відновлювальних джерел енергії було вирішено наступні задачі: розрахунок теплового насосу – виконання розрахунку теплового насосу з метою вибору системи опалення, визначення габаритів сонячного колектора, визначення теплових втрат приміщення та витрата будинком теплової енергії; вибір основного та допоміжного обладнання – вибір насоса, баку акумулятору; техніко – економічне обґрунтування проектного рішення – виконання техніко – економічного обґрунтування проектного рішення на основі даних про вартість усіх матеріалів та робіт по установці; визначення ефективності впровадження теплового насосу.

Наукова новизна отриманих результатів. Визначено та обгрунтовано доцільність запропонованої системи для гарячого водопостачання та опалення будинку за для підвищення його енергоефективності.

Практична цінність роботи. Отримані результати дослідження свідчать про необхідність переходу на запропоновані системи для житлових приватних будинків.

Апробація роботи. Результати магістерської роботи були обговорені на IV Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне користування природними ресурсами» (12 листопада 2021 р.) та I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (19-21 жовтня 2021 р.).

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання і додатків. Основний зміст має 16 табл. та 8 рис.

1 СУЧАСНИЙ СТАН АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

1.1 Альтернативні джерела енергії

Енергетика — це сукупність галузей господарської діяльності людини, яка досліджує та використовує енергетичні ресурси з метою вироблення, перетворення, передачі та розподілу енергії. Це також сукупність великих природних і створених людиною підсистем, які працюють над перетворенням, розподілом і використанням всіх видів енергетичних ресурсів. Метою якого є забезпечення виробництва енергії шляхом перетворення первинної, природної енергії у вторинну, наприклад в електричну чи теплову.

Енергетичні ресурси – це природні джерела енергії, які можна перетворювати в енергію різних видів. В тому числі:

- відновлювальні ресурси – ті, запаси яких постійно поновлюються (енергія води, Сонця, вітру, геотермальна енергія тощо);

- невідновлювальні ресурси – ті, запаси яких не мають джерел поповнення і зменшуються з їх споживанням (вугілля, нафта, природний газ, горючі сланці тощо).

Виробництво енергії необхідне для існування та розвитку людства. Тепло та електроенергія настільки увійшли в наше життя, що людина не може відмовитися від їх споживання. З іншого боку, на перший план виходить економічний аспект енергетики та створення екологічно чистого виробництва.

Виникає потреба у вирішенні кілька питань, пов'язаних з перерозподілом коштів для задоволення потреб людини, а також пошуком та розробкою абсолютно нових альтернативних технологій виробництва електроенергії і теплоти.

На сьогоднішній день перед людством стоїть глобальна проблема - забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння органічного

палива. Темпи виробництва стрімко зростають, і це може привести до того, що через кілька десятків років великі промислові міста загрузнуть в смогу. Друга сторона цієї проблеми виражена в тому, що люди використовують вичерпні ресурси (табл.1.1) [1]. При таких швидких темпах споживання вугілля, нафти і газу через сторіччя може настати енергетична криза.

Таблиця 1.1 – Запаси невідновлювальних ресурсів в світі та в Україні

Вид палива	В світі, млн.т.у.п.	В Україні, млн.т.у.п.
Вугілля	757141	34000
Нафта	135709	230
Газ	137427	1100

Існує кілька причин, які вказують на необхідність швидкого переходу на виробництво альтернативних джерел енергії. Відомо, що традиційні технології виробництва енергії призводять до глобальних змін клімату. Альтернативні джерела енергії спрямовані на вирішення глобальних екологічних проблем (табл. 1.2 і 1.3) [2].

Таблиця 1.2 - Потенційні запаси джерел енергії на Землі

	Види енергії	Запаси енергії
Непоновлювальні, кВт·год	Термоядерна	$100000000 \cdot 10^{12}$
	Ядерна	$574000 \cdot 10^{12}$
	Енергія паливних копалин	$55364 \cdot 10^{12}$
Поновлювальні, (кВт·год)/рік	Енергія сонячних променів	$667800 \cdot 10^{12}$
	Енергія річок	$18 \cdot 10^{12}$
	Енергія морів і океанів	$70000 \cdot 10^{12}$
	Енергія вітру	$17360 \cdot 10^{12}$
	Енергія внутрішнього тепла Землі	$134 \cdot 10^{12}$

Таблиця 1.3 - Ресурси поновлюваних джерел енергії України

Джерела енергії	Теоретичний потенціал, МВт-год/рік	Використання нині, МВт-год/рік	Технічний потенціал, МВт-год/рік
Геліоенергетика	$720,0 \cdot 10^9$	$81,0 \cdot 10^3$	$0,13 \cdot 10^9$
Біоенергетика	$965,0 \cdot 10^9$	$0,8 \cdot 10^3$	$0,36 \cdot 10^9$
Вітроенергетика	$5128,0 \cdot 10^9$	$0,4 \cdot 10^3$	$14,0 \cdot 10^9$
Геотермальна енергетика	$12,5 \cdot 10^6$	$0,014 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^6$
Мала гідроенергетика	$17,4 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$

Друга причина - політична, полягає в тому, що країна, яка першою освоїла альтернативні джерела енергії, є світовим лідером і буде диктувати ціни на паливо.

В умовах, коли енергоносії постійно дорожчають, актуальним стає альтернативне опалення приватного будинку. Власники дач і котеджів шукають прийнятні варіанти опалення своєї нерухомості, розглядаючи різноманітні пропозиції.

В цілому сучасні альтернативні види опалення виглядають досить різноманітно. Найбільш поширені види :

- котли, що працюють на твердому або рідкому паливі, а також на біопаливі;
- теплові насоси на основі використання геотермальної енергії;
- сонячні колектори, які використовують теплову енергію сонця;
- інфрачервоні обігрівачі різних типів;
- тепла підлога;
- камін.

Щоб з'ясувати ефективність використання різних джерел енергії потрібно детально розглянути кожен окремо.

За видами енергії розрізняють електроенергетику, гідроенергетику, теплоенергетику, ядерну енергетику, вітрову та геліоенергетику.

Електроенергетика — галузь промисловості, яка забезпечує електрифікацію господарства й побутові потреби на основі раціонального виробництва та розподілу електроенергії [3]. Вона є складовою паливно-енергетичного комплексу. Електроенергетика — це виробництво різних видів електроенергії, її транспортування, теплові мережі, котельні та інші об'єкти.

Однією з особливостей електроенергетики є те, що її продукція не може накопичуватись для подальшого використання: виробництво електроенергії в кожен момент часу має відповідати величині її споживання.

Електроенергетика впливає на територіальну організацію продуктивних сил, насамперед промисловості.

Передача електроенергії на значні відстані сприяє освоєнню паливно-енергетичних ресурсів.

На основі масового використання в технологічних процесах електроенергії і тепла (пара, гаряча вода) виникають енергоємні (алюміній, магній, феросплави) і теплоємні (глиноземи, хімічні волокна) виробництва. Потужні ГЕС приваблюють до себе підприємства, які спеціалізуються на електрометалургії та електрохімії.

Всі електростанції поділяються на теплові й гідравлічні. Серед теплових виділяють конденсаційні й теплоелектроцентралі. За типом використання енергії розрізняють електростанції, що працюють на традиційному паливі (вугілля, мазут, природний газ, торф, сланці), атомні й геотермальні. Гідравлічне обладнання представлене гідроелектростанціями (ГЕС), гідроаккумулятивними електростанціями (ГАЕС) і припливними електростанціями (ПЕС).

Гідроенергетика — галузь відновлюваної енергетики, яка вивчає використання потенціальної та кінетичної енергії води шляхом її перетворення в електричну. Таке перетворення відбувається на гідроелектростанціях.

Гідроелектростанції (ГЕС) виробляють найдешевшу електроенергію на основі відновлюваних джерел енергії — гідроресурсів. При цьому їх будівництво значно дорожче, ніж теплових, прив'язане до певних районів і ділянок рік, завдає значних втрат земель на рівнинах, спричиняє шкоду рибному господарству. Виробництво енергії на ГЕС залежить від кліматичних умов і змінюється за сезонами. ГЕС доцільно будувати в гірських районах, на річках із великим перепадом і витратою води.

Теплоенергетика – галузь теплотехніки, яка займається перетворенням тепла в інші види енергії, головним чином в механічну і електричну. Теплові електростанції використовують для отримання механічної енергії за рахунок тепла; механічна енергія, отримана в цих установках, використовується для приводу робочих машин (металообробних верстатів, автомобілів, конвеєрів тощо) або електромеханічних генераторів, за допомогою яких виробляється електроенергія. Установки, в яких перетворення теплоти в електроенергію здійснюється без електромеханічних генераторів, називаються установками прямого перетворення енергії.

Типи теплоелектростанцій:

- паротурбінні електростанції — перетворення енергії здійснюється за допомогою паротурбінної установки;
- газотурбінні електростанції — перетворення енергії здійснюється за допомогою газотурбінної установки;
- парогазові електростанції — перетворення енергії здійснюється за допомогою парогазової установки [3].

Ядерна енергетика або атомна енергетика — галузь енергетики, яка використовує ядерну енергію для електрифікації та теплофікації; область науки і техніки, що розробляє методи і засоби перетворення ядерної енергії в електричну і теплову.

Перевагами ядерної енергетики перед іншими видами енергії є висока теплотворна здатність ядерного палива (у 2 млн. разів більша за нафту і в 3 млн. разів більша, за вугілля), кращі економічні показники, менше забруднення навколишнього середовища. Крім того, немає необхідності використовувати кисень, який спалюється на енергетичні потреби в 5 разів більше, ніж споживається всіма живими істотами. Крім того, запаси ядерного палива (за умови їх повного використання) приблизно в 20 разів перевищують запаси органічного палива всіх видів.

Атомні електростанції (АЕС) використовують уран, 1 кг якого виділяє стільки ж тепла, скільки дає спалювання 2,5 тис. тон вугілля. Будують АЕС там, де немає достатньої енергетичної бази і паливо дороге, а потрібно багато електроенергії. Атомні електростанції виробляють не тільки електроенергію, а й теплову енергію, яка використовується для промислових і комунально-побутових потреб [3].

Вітроенергетика — галузь відновлюваної енергетики, яка спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру.

Вітер як джерело енергії є непрямую формою сонячної енергії, і тому належить до відновлюваних джерел енергії. Використання енергії вітру є одним із найстаріших відомих засобів використання енергії з навколишнього середовища, відоме ще в давніх часів.

Вітер служить людству тисячоліттями, даючи енергію для вітрильних кораблів, для перемелювання зерна та перекачування води. В даний момент основне місце займає виробництво електроенергії. Вже сьогодні в Данії енергія вітру покриває близько 2% потреб країни в електроенергії. В США на декількох станціях працює близько 17 тисяч вітрових турбін загальною потужністю до 1500 МВт. Вітроенергетичні пристрої виробляють не тільки в США і Данії, а й у Великобританії, Канаді, Японії та деяких інших країнах.

Не слід розраховувати, що вітрові турбіни перехоплять штормовий вітер. Незважаючи на те, що такий вітер дає набагато більше енергії, ніж слабкий, він чинить такий сильний тиск на крила, що вся машина може бути

зруйнована. Крім того, проміжок часу, коли дмуть штормові вітри, настільки короткий, що внесок штормових вітрів у загальне виробництво енергії є незначним, що робить такий ризик безглуздим. Щоб усунути проблему поривчастого вітру, крила вітрових генераторів згинають так, що вони трохи повертаються вбік, щоб зменшити тиск вітру; завдяки цьому повні удари сильних поривів не пошкоджують пропелер. Ця давня практика відома як «оперення». Для запобігання поломці крила також використовуються нові матеріали, здатні витримувати великі навантаження [3].

Геліоенергетика - галузь енергетики, яка вивчає та застосовує засоби використання енергії сонячних променів для промислових і побутових потреб.

Сонце - невичерпне джерело енергії, потенціал якого людству ще належить оцінити в повній мірі. Сонячна енергія - кінетична енергія випромінювання (переважно світлового), що утворюється в результаті термоядерних реакцій у надрах Сонця. Сонячна енергія є однією з тих альтернатив, ігнорування яких у найближчому майбутньому призведе до катастрофічних наслідків для людства. Сонячна енергетика - прогресивний спосіб отримання різних видів енергії за допомогою сонячного випромінювання.

Сучасні методи отримання електроенергії та тепла з сонячного випромінювання:

- отримання електроенергії за рахунок фотоелементів;
- геліотермальна енергетика - нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені, подальший перерозподіл та використання тепла. Сонячне випромінювання фокусується на посудині з водою, а потім нагріта вода використовується для опалювання або у парових електрогенераторах;
- теплові електростанції - це перетворення сонячної енергії у енергію повітряного потоку, спрямованого на турбогенератор;
- сонячні аеростатні електростанції - генерація водяної пари всередині балона аеростата за рахунок нагрівання сонячним випромінюванням поверхні

аеростата, вкритої селективним поглинаючим покриттям. Основною перевагою є те, що запасу пари у балоні достатньо для роботи електростанції в темний час доби і в похмуру погоду [4].

У наш час більш поширеною є гідротермальна енергетика, яка використовує енергію гарячих підземних джерел. Петротермальна енергетика, заснована на використанні тепла земних надр, в даний час розвинена слабо; основною проблемою є низька рентабельність цього способу отримання енергії. На рис. 1.1 зображено діаграму потенційних геотермальних ресурсів у світі.

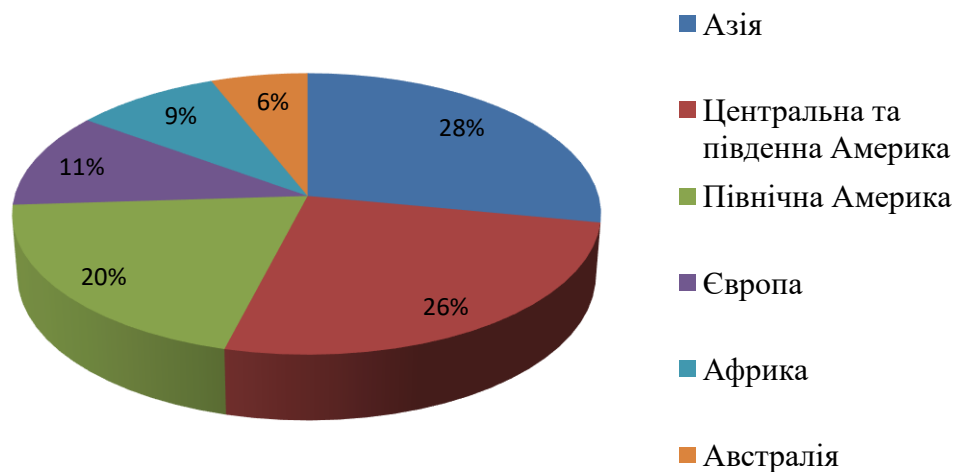


Рисунок 1.1 – Потенціал геотермальних ресурсів у світі

Газова енергетика, в основі якої лежить уловлювання та накопичення енергії блискавки, поки вона знаходиться в стадії формування. Основними проблемами грозової енергетики є рухливість грозових фронтів, а також швидкість атмосферних електричних розрядів (блискавок), що ускладнює накопичення енергії.

Тому майбутнє - за альтернативними джерелами енергії, бо вони майже безкоштовні (природні вітри, енергія Сонця, земного тепла), безпечні та не пов'язані із шкідливими викидами. Ще одна перевага - автономність,

відсутність необхідності передавати енергію на великі відстані, що супроводжується її великими втратами та забрудненням довкілля, наприклад електромагнітним при транспортуванні електроенергії високої напруги.

1.2 Твердопаливні котли

Щоб відмовитися від газу і замінити його на інший енергоносіє, досить змінити котел. Найпопулярніші варіанти: електричні та твердопаливні. Але нагрівання енергоносія за допомогою електрики не завжди економічно вигідно.

Твердопаливний котел - опалювальний пристрій, який виробляє теплову енергію в результаті спалювання твердого палива, в якості якого використовують вугілля, торф, сухі дрова, кокс, відходи деревообробного виробництва і пелети (паливні гранули на основі пресованої деревини). Існують також твердопаливні котли, що працюють на змішаному паливі.

спалювання використовуваного палива розрізняють апарати з природною тягою, в яких горіння регулюється термостатичним регулятором тяги без примусової подачі повітря, і моделі з додатковою тягою, оснащені вентилятором.

Твердопаливні котли тривалого горіння відрізняються способом організації згоряння палива, яке відбувається зверху вниз, що забезпечує більш ефективний і рівномірний прогрів теплоносія.

Газогенераторні котли, що працюють на основі принципу піролізу, мають дві камери. Деревина в первинній камері піддається високій температурі в середовищі з низьким вмістом кисню, в результаті чого виділяється горючий піролізний газ, який спалюється у вторинній камері.

Завдяки повному згорянню пального піролізні котли характеризуються високим ККД до 95%, забезпечують мінімальне утворення золи, шкідливих речовин в димі, сажі на поверхнях димоходу і теплообмінника. До переваг

піролізних котлів також можна віднести доступність пального, економічність і значні терміни роботи між дров'яними закладками [8].

1.2 Теплові насоси

Тепловий насос - пристрій для передачі теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш високою температурою. Термодинамічно тепловий насос схожий на холодильник. Однак якщо в холодильній машині основним призначенням є виробництво холоду шляхом відбору тепла з будь-якого об'єму випарником, а конденсатор віддає тепло в навколишнє середовище, то в тепловому насосі картина зворотна. Конденсатор - теплообмінний пристрій, що віддає тепло для споживача, а випарник – теплообмінний пристрій, який утилізує низькопотенційне тепло і переробляє його у вторинні енергетичні ресурси та (або) нетрадиційні відновлювані джерела енергії [8].

1.3.1 Характеристика теплових насосів

Зазвичай холодильна машина передає теплоту від джерела, температура якого нижче температури навколишнього середовища, до джерела з температурою навколишнього середовища - воді або повітрю. В даному випадку машина служить для охолодження або підтримки низьких температур в певному об'ємі - холодильній камері. За допомогою холодильника можна передати тепло джерелу, температура якого набагато вище навколишнього середовища. Цю теплоту можна з користю використовувати, наприклад, для опалення. У цьому випадку холодильник слугує у якості теплового насоса.

Більш детальний опис роботи теплового насоса виглядає наступним чином:

– незамерзаючий теплоносій, проходячи по трубопроводу, який прокладений, наприклад, у землі, попутно забирає певну теплоту, накопиченої в землі, і нагрівається на кілька градусів. Теплоносій, проходячи через

спеціальний теплообмінник, званий випарником, розташований всередині теплового насоса, передає накопичену теплоту на внутрішній контур теплового насоса;

– внутрішній замкнений контур теплового насоса спеціальним хладагентом. Хладагент надходить у випарник під низьким тиском і низькою температурою. Сам хладагент має дуже низьку температуру кипіння. При проходженні через випарник він забирає накопичену теплоту і переходить з рідкого стану в газоподібний з температурою $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– газоподібний хладагент потрапляє з випарника в компресор - серце теплового насоса, тут він стискається, його температура ще більше підвищується. При стисканні пари проходить виділення великої кількості тепла. Температура рідини підвищується до $35\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– далі нагрітий хладагент потрапляє в конденсатор, в якому тепло передається в контур теплоспоживання - контур системи опалення та гарячого водопостачання. Теплоносій, нагрітий до температури $45\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ спочатку надходить в накопичувальний бак для зняття пікових навантажень теплового насоса. Після цього нагріта вода використовується як для системи опалення - надходить до опалювальних приладів, так і для подачі в пункти використання гарячої води;

– хладагент, віддавши тепло системі опалення, проходить через дросельну заслінку, в якій за рахунок миттєвого зниження тиску знову переходить у рідкий стан, а його температура різко падає. Після цього цикл повторюється: хладагент знову надходить у випарник і забирає низькопотенційне тепло.

Ефективність використання теплового насоса залежить від його коефіцієнта перетворення, що визначається відношенням кількості тепла в кВт, отриманого від теплового насоса, до витрати енергії на компресор (привод) теплового насоса. Цей коефіцієнт може бути від 2,5 до 5 для різних типів теплових насосів. Цим пояснюється велика ефективність використання

теплового насоса: тепловий насос, наприклад, споживає 1 кВт електроенергії, а в залежності від типу теплового насосу та умов його роботи видає 3,5 - 7 кВт теплової енергії. Таким чином визначається ККД, або коефіцієнт перетворення теплового насосу. Основне правило полягає в тому, що якщо різниця температур між входом і виходом теплоносія в системі споживання менша, то менше енергії потрібно витратити на компресор теплового насоса, щоб нагріти теплоносії до необхідної температури. Коефіцієнт корисної дії теплового насосу (ТН) є найвищим при використанні ТН системах низькотемпературного опалення - системах з теплими підлогами чи фанкойлами, або з радіаторами, розрахованими на знижену температуру подачі.

Теплові насоси в холодну пору року обігрівають будинок, а в теплу пору року використовуються для охолодження повітря в приміщенні. В цьому випадку теплота з повітря будівлі забирається і передається назад землі, повітряю або у водоймам. Універсальність використання – одна з найважливіших переваг теплових насосів.

На сьогоднішній день теплові насоси - геотермальні, повітряні або водяні - є найбільш ефективним, екологічним та енергозберігаючим видом теплотехнічного обладнання, що використовується для опалення, кондиціонування та гарячого водопостачання. Навіть за відсутності державної підтримки та стимулювання впровадження такого енергоефективного обладнання для населення України, з високими початковими інвестиціями, реальних альтернатив, кращих за теплові насоси, на сьогодні немає. Ціни на теплові насоси у зв'язку із зростанням їх використання та зростанням популярності у світі знижуються [7].

1.3.2 Види теплових насосів

За типом споживаної енергії теплові насоси діляться на:

- компресійні теплові насоси - споживають механічну енергію;
- теплоізоляційні теплові насоси - теплова енергія від джерел тепла з температурою вище навколишнього середовища;
- термоелектричні теплові насоси використовують електроенергію безпосередньо.

У насосах перших двох типів теплопередача досягається в результаті зворотного кругового процесу (зворотного циклу), який виконує робочий орган в машині. У термоелектричній машині передача тепла відбувається під впливом потоку електронів на атоми. Залежно від властивостей і агрегатного стану робочих тіл, за допомогою яких здійснюються процеси, холодильні машини поділяються на парові і газові. У парових холодильних машинах робочі тіла під час процесів змінюють свій агрегатний стан. У газових холодильних машинах агрегатний стан робочого тіла не змінюється. У холодильній машині зворотний круговий процес, який здійснюється за рахунок механічної енергії, отриманої в прямому циклі, може здійснюватися за різних умов. Машина працює за циклом охолодження, якщо теплота від джерела низької температури передається навколишньому середовищу. В такому випадку вона служить для охолодження або підтримки постійних низьких температур. При передачі теплоти від навколишнього середовища до джерела з більш високою температурою, холодильна машина працює як тепловий насос та використовується для теплопостачання. Якщо теплота передається від джерела низької температури до джерела з температурою, вищою за навколишнє, машина працює за циклом нагрівання і служить як для охолодження, так і для обігріву.

Тепловий насос - термодинамічна установка, в якій тепло від низькопотенційного джерела передається споживачеві з більш високою температурою. При цьому витрачається механічна енергія.

Використання теплових насосів у системах гарячого водопостачання (ГВП) приміщень має великі перспективи. Відомо, що в річному циклі ГВП використовується приблизно стільки ж тепла, скільки і опалення приміщень. Джерелом низькопотенційної теплової енергії може бути теплота як природного, так і штучного походження.

Можуть бути використані такі природні джерела низькопотенційного тепла: тепло землі (тепло ґрунту); підземні води (ґрунтові, артезіанські, термальні); зовнішнє повітря.

Штучними джерелами низькопотенційного тепла можуть бути: вентиляційне повітря; каналізаційні стоки (стічні води); промислові викиди; теплота технологічних процесів; побутові теплові викиди.

Таким чином, навколо нас є великий потенціал для використання енергії, і тепловий насос є найуспішнішим способом реалізації цього потенціалу. Раніше тепловий насос в основному використовувався для кондиціонування (охолодження) повітря. Система також змогла забезпечити певну опалювальну потужність, в більшій чи меншій мірі задовольняючи потреби в теплі в зимовий період. Однак характеристики цього обладнання швидко змінюються: в даний час у багатьох європейських країнах теплові насоси використовуються для опалення і ГВП. Таке положення пов'язане з пошуком екологічних рішень: замість традиційного спалювання викопного пального - використання альтернативних джерел енергії, наприклад, сонячної. Для масового споживача одним із найбільш бажаних варіантів використання нетрадиційних джерел енергії є використання низькопотенційного тепла за допомогою теплових насосів.

Успіх використання теплових насосів залежить від двох факторів: звідки ви вирішите брати низькотемпературне тепло та яким способом опалюється ваша будівля (водою або повітрям). Справа в тому, що агрегат працює як передавальна база між двома тепловими контурами: одним, що гріє на вході (з боку випарника) та іншим, також опалювальним, на виході (конденсатор). За типом теплоносія у вхідному та вихідному контурах насоси поділяються на

шість типів: ґрунтово-водняні; вода-вода; повітряно-водняний; ґрунтово-повітряний; водно-повітряний; повітря-повітря.

1.3.3 Опис типів схем теплового насоса

Теплові насоси - "ґрунт-вода".

Ґрунт є, мабуть, найбільш універсальним джерелом розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію нагрівається ядром землі цілий рік. При цьому він завжди "під ногами" і здатний віддавати теплоту незалежно від погодних умов. Адже вже на глибині 5-7 м температура практично постійна протягом року. Для середньої смуги України це 5-8 °С, що є дуже добрими умови для роботи ТН. Причому у верхніх шарах землі мінімальна температура досягається через пару місяців після піку заморозків - до цього часу потреба в інтенсивному нагріванні спадає. Загалом ґрунт забезпечує калорійність досить надійно. Необхідна енергія збирається закопаним в землю теплообмінником і накопичується в середовищі, яке потім подається у випарник ТН і повертається назад для нової порції тепла. В якості такого енергоносія використовується незамерзаюча, екологічно чиста рідина (її ще називають "розсоллом" або антифриз). Це може бути 30 % водний розчин етилену або пропіленгліколю. Є також інша схема збору тепла, коли замість "розсолу" по контуру циркулює фреон, який перетворюється на пару безпосередньо в трубах теплосборника. Але, хоч ця схема і підвищує ККД, її експлуатація ускладнена. Сьогодні найбільш популярні системи з "розсоллом". Вони використовують два типи теплообмінників: ґрунтовий колектор і ґрунтовий зонд. Обидва виготовляються з поліетиленових труб діаметром 25, 32 або 40 мм (чим більше - тим краще відведення теплоти, але і система дорожче). Ґрунтовий колектор (горизонтальний) являє собою довгу трубу, прокладену горизонтально під шаром ґрунту. Головною перевагою є універсальність і простота монтажу: найшов вільну ділянку - копай канавки і прокладай трубу. Існують різні схеми розміщення труб: петля, змійка, зигзаг, плоскі та гвинтові спіралі різної форми та ін. Вибір визначається теплопровідністю ґрунту і

геометрією ділянки. Продуктивність теплосбирання більша на зволжених суглинках та менша на сухих піщаних ділянках. В середньому 1 м² поверхні ґрунту може забезпечити "подачу" 10-35 Вт потужності. Довжину труби намагаються обмежити в одному контурі, причому нероз'ємної, без з'єднувачів (не більше 600 м), інакше енерговитрати циркуляційного насоса значно зростають. Якщо потрібна більша потужність, роблять кілька петель. У колекторів є особливість, яка доставляє багато клопоту монтажникам. Виходить, що температура шару ґрунту навколо труб поступово знижується, і чим сильніше, тим вище продуктивність ТН. Вона може опускатися нижче нуля, а масив навіть замерзнути. Тому основне завдання при установці теплосбірника - зробити його за прийнятні гроші, щоб за літо ґрунт встигала зібрати теплову енергію, але при цьому продовжувала постачати енергію для приготування гарячої води. Єдиних норм в цьому немає, тому що ґрунти та кліматичні умови різні. Навесні, коли запаси тепла вичерпуються, верхній шар землі швидше прогрівається енергією сонця і талих вод. Ґрунтові зонди (вертикальні колектори) являють собою систему довгих труб, опущених у глибоку свердловину (50-150 м). Для цього потрібна невелика ділянка землі, але знадобляться дорогі бурильні роботи. На глибині температура завжди однакова - близько 10 °С, тому зонди потужніші за горизонтальні колекторів. Метр їх довжини поставляє від 30 до 100 Вт теплової потужності, в залежності від ґрунту.

Схема теплового насосу типу "ґрунт-вода" представлена на рис. 1.2.

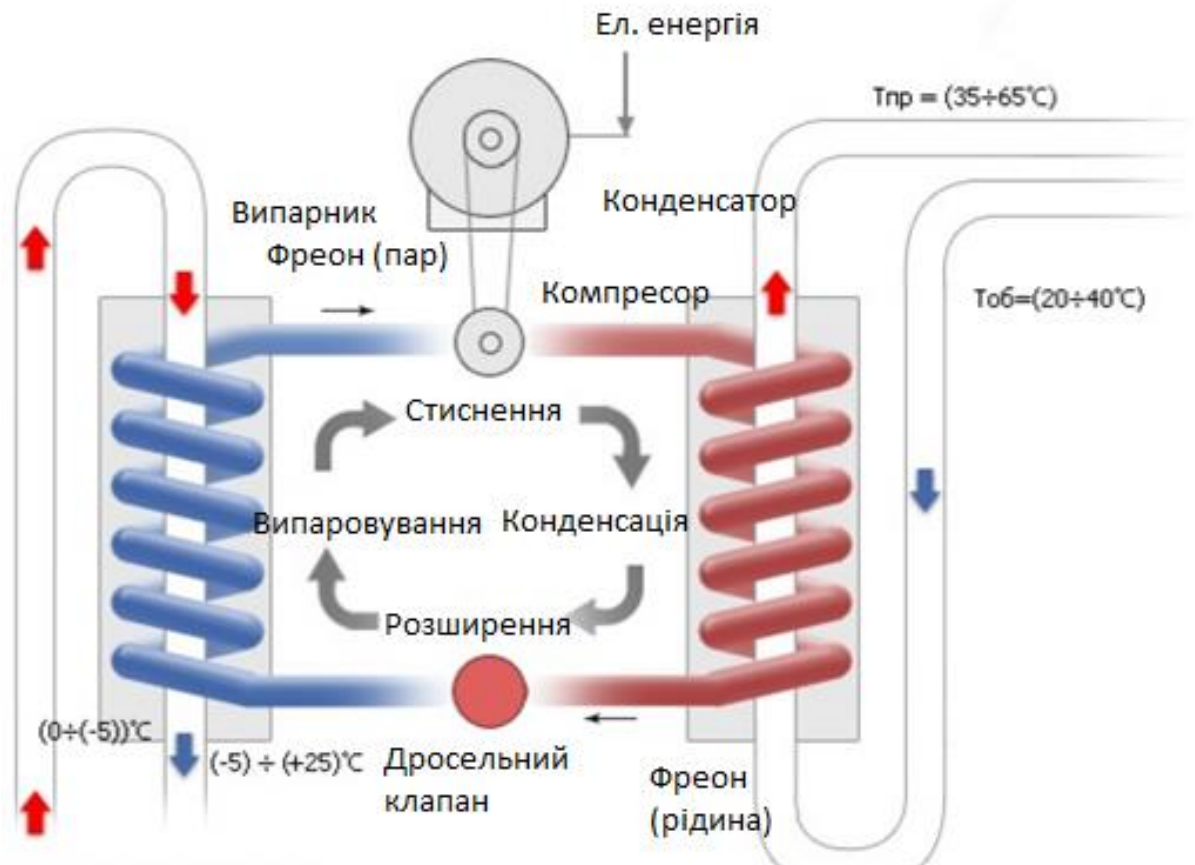


Рисунок 1.2 – Схема теплового насоса "грунт-вода"

Найбільш використовувані зонди: труба в трубі та U-подібний зонд. По одній лінії "розсіл" циркуляційним насосом подається вниз, по іншій піднімається вгору до випарника. Для поліпшення теплопередачі та підвищення міцності зонда, зазор між землею або обсадною трубою та робочими трубами заповнюється бетоном або бетоном. Якщо необхідно отримати велику потужність, таких теплосбірників роблять кілька. Відстань між ними 5-7 м [8].

Теплові насоси "вода-вода".

Джерелом тепла можуть слугувати поверхневі (річки, озера) або підземні води (свердловини), а також стічні води технологічних установок. Самі насоси практично нічим не відрізняються від тих, що працюють з "розсоллом". Але, завдяки більш високій температурі теплоносія, взимку річна ефективність застосування пристроїв типу "вода-вода" виявляється

максимальною. А якщо поруч протікає незамерзаюча річка чи є ставок, можна прокласти по дну трубку петлю з антифризом (притопивши вантажами) та прогріватися практично дарма. Зі свердловиною ситуація складніша. Вода з неї (з розрахунку близько $0,25 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 кВт теплової потужності) свердловинним насосом подається безпосередньо у випарник, а відводиться в другу свердловину, розташовану на відстані 15-20 м нижче за течією. При цьому водоносний шар повинен приймати і відводити зливу воду, інакше гарантований невеликий паводок [11].

Схема теплового насосу типу "вода-вода" представлена на рис. 1.3.

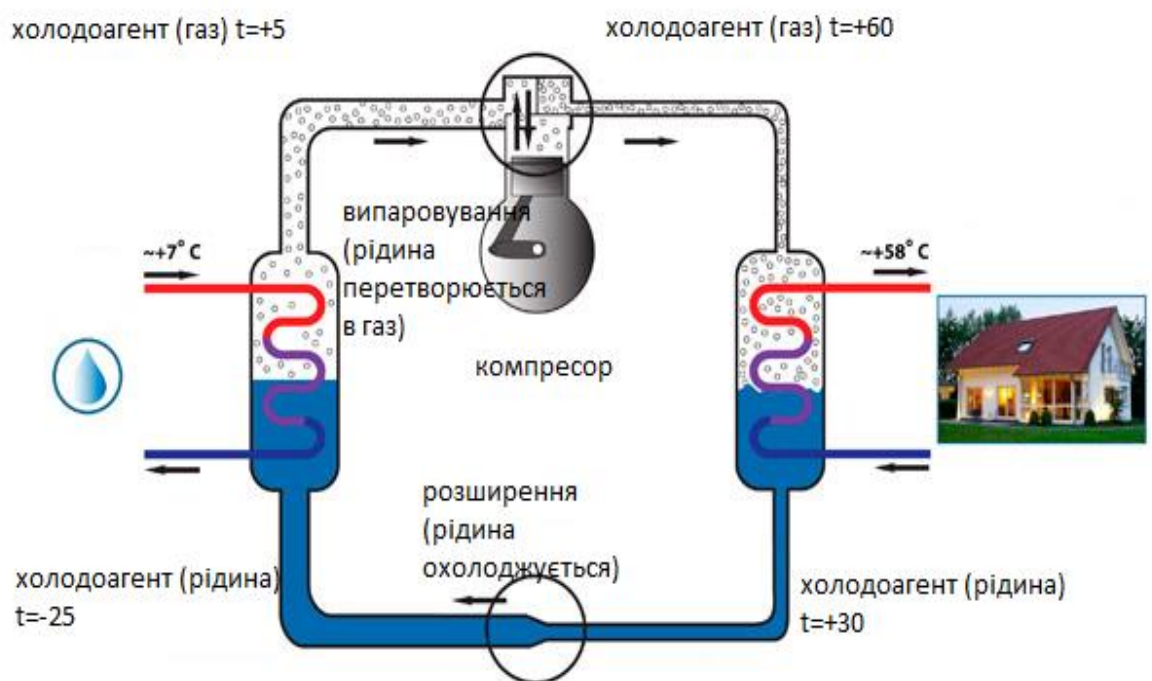


Рисунок 1.3 – Схема теплового насосу типу "вода-вода"

Теплові насоси "повітря-вода".

За універсальністю застосування в українських умовах даний тип насосів поки що займає друге місце. І самі насоси дешевше, і труби (при незмінних земляних роботах) не потрібні. Є один недолік, але досить істотний: від морозного повітря не відбереш багато тепла. Стабільно, хоча зі зниженою потужністю, ці пристрої працюють до -15 °C, а потім потрібно включати інший

котел. В конструкцію деяких моделей вже вбудовані ТЕНи потужністю від 3 до 12 кВт. Крім того, компанії активно працюють над подальшим зниженням робочої температури.

Конструктивно апарати повітряно-водяного типу виконуються з двома схемами компонування: спліт і моно. У першому випадку установка складається з двох блоків, з'єднаних комунікаціями. Один, зовнішній, включає потужний вентилятор і випарник (монтується на майданчику біля будинку). Другий, внутрішній, містить конденсатор і автоматику і встановлюється всередині будинку. Компресор можна розташувати або зовні - щоб не шуміти, або в приміщенні чи у внутрішньому модулі. У моноблоках всі елементи збираються в загальний корпус і монтуються у будівлю, а з вулицею з'єднуються гнучким воздуховодом. Вони поставляються компаній, але мають обмежену потужність - зазвичай 3-16 кВт. Існують моноблоки, які допускають як зовнішній, так і внутрішній монтаж. В останні через погіршення вентиляції будинків у зв'язку з широким використанням пластикових герметичних вікон зі склопакетами, ТН "повітря-вода" отримали додатковий розвиток. Крім опалення та приготування гарячої води, деякі моделі "навчилися" не тільки працювати в системах вентиляції, а й використовувати тепло відпрацьованого (витяжного) повітря будівель. На узбережжі Чорного моря, де температура рідко опускається нижче нуля, теплові насоси, що відбирають тепло з зовнішнього повітря, досить популярні та дуже ефективні.

Теплові насоси, призначені виключно для приготування гарячої технічної води, найчастіше використовують повітря з навколишнього середовища як джерело тепла, але вони також можуть використовувати відпрацьоване повітря. Слід зазначити, що поступово збільшується пропозиція теплових насосів реверсивного класу "повітря-вода", які часто поставляються в комплекті з розширювальним баком і насосним агрегатом. За окремим замовленням поставляється накопичувальний бак. Такі насоси можна врізати безпосередньо в існуючі системи водопостачання [11].

1.3.4 Переваги теплових насосів

Тепловий насос використовує електроенергію набагато ефективніше, ніж будь-які котли, що спалюють пальне. Коефіцієнт ефективності теплових насосів значно перевищує одиницю. Між собою теплові насоси порівнюють за умовною величиною — коефіцієнтом перетворення тепла (КПТ), це поняття ще називається коефіцієнтом трансформації тепла, потужності, перетворення температур. Він показує співвідношення отриманого тепла до витраченої енергії. Наприклад, $\text{КПТ} = 4,5$ означає, що номінальна (споживана) потужність теплового насоса становить 1 кВт, на виході ми отримуємо 4,5 кВт теплової потужності, тобто 3,5 кВт тепла отримуємо від природи.

Широкий спектр застосування.

На нашій планеті дуже багато дифузної теплоти. Земля і повітря всюди, і більшість людей не мають проблем з водою. Вони містять теплову енергію, отриману від сонця. Теплові насоси, незалежно від погодних умов, перепаду тиску в газовій трубі, зберуть це тепло для споживача. Для цього потрібна лише електрика. Але якщо вона відсутня, це теж не біда — деякі моделі теплових насосів можуть використовувати для своєї роботи дизельне пальне чи бензин.

Екологічність.

Тепловий насос не тільки економить кошти, але й захищає здоров'я власників будівель та їх дітей. Пристрій не спалює пальне, виходить та не виділяє шкідливих оксидів, таких як CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , P_bO_2 . Тому на ґрунті навколо будинку не залишається слідів сірчаної, азотної, фосфорної кислот і сполук бензолу. А для нашої планети використання теплових насосів — безсумнівна користь. Адже на ТЕЦ зменшується споживання газу чи вугілля для виробництва електроенергії. Охолоджуючі рідини, які використовуються в теплових насосах, не містять хлористого вуглецю та нешкідливі для озону.

Універсальність.

Теплові насоси, оснащені реверсивним клапаном, працюють як для опалення, так і для охолодження. Тепловий насос може відбирати тепло з повітря приміщення, охолоджуючи його. Влітку надлишок тепла можна використовувати для підігріву побутової води або для басейну.

Безпечність.

Теплові насоси атмосфери вибухо- та пожежобезпечні. У процесі нагрівання відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі теплового насоса не нагріваються до високих температур, що може спричинити пожежу. Зупинка теплового насоса не приведе до його поломки, його можна сміливо використовувати після тривалого простою. Також виключається замерзання рідин в компресорі або інших компонентах [12].

1.3.5 Використання теплових насосів в світі

Енергетична доцільність використання теплових насосів як джерела енергії переконливо доведена результатами великої кількості наукових досліджень і досвідом експлуатації мільйонів теплонасосних установок у промислово розвинених країнах світу.

На сьогоднішній день в світі успішно експлуатується понад 130 млн. теплонасосних установок різного функціонального призначення. Загальний обсяг продажів теплових насосів, вироблених за кордоном, становить 125 млрд. доларів США, що в 3 рази перевищує світовий обсяг продажів озброєнь.

За даними Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA) на 2021 рік в розвинених країнах світу частка опалення та гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів складає 75%.

Сьогодні теплові насоси, безсумнівно, є найбільш перспективними джерелами «нетрадиційної енергетики» для вирішення проблем енергозбереження, завдяки здатності «черпати» відновлювану енергію з навколишнього середовища.

В США та Японії реверсивні теплові насоси «повітря-повітря» широко використовуються для опалення та річного кондиціонування. До 2000 року в США дослідженнями і виробництвом теплових насосів займалося більше п'ятдесяти великих компаній. Загальна кількість діючих теплових насосних установок до 2003 року перевищило 25 млн. одиниць. У США вже більше 20 років спостерігається постійне зростання продажів теплових насосів.

В Японії щорічно виробляється і продається до 500 тисяч ТНУ різного функціонального призначення, а основним обладнанням для теплопостачання житлового фонду є близько 5 млн. теплонасосних систем.

Наприклад, в Європі 77% встановлених теплових насосів використовують зовнішнє повітря як джерело тепла, хоча в Швеції, Швейцарії та Австрії переважають ґрунтові теплові насоси.

В Норвегії на кінець 1999 року працювало 27 200 теплових насосів, з яких 67% використовували як джерело тепла навколишнє повітря, 12% використовували вентиляційне повітря, а 19% використовували воду і ґрунт.

У Китаї попит на виробництво реверсивних теплових насосів з 500 тис. одиниць у 1989 році досяг в 2003 році величини 18 млн. одиниць, випередивши Японію більш, ніж в 2 рази.

Найбільші ТНУ експлуатуються в Швеції та скандинавських країнах. Зі 110 тисяч теплонасосних станцій, що працювали в Швеції в 2000 році, близько сотні мали потужність 100 МВт і більше, а найпотужніша у світі ТНС зі встановленою тепловою потужністю 320 МВт успішно працює в Стокгольмі, використовуючи тепло морської води як низькотемпературне джерело теплоти.

У Німеччині до 1998 року було виготовлено понад 500 ТНУ великої потужності для систем опалення та гарячого водопостачання з компресорами від дизельних і газових двигунів і з утилізацією тепла вихлопних газів [11].

1.3.6 Застосування теплових насосних технологій в Україні

В Україні, на жаль, сьогодні важко вказати якийсь інший напрямок розвитку нової техніки і технології, який би перебував у такому разючому протиріччі як зі своїми потенційними можливостями, так і з рівнем розвитку в інших країнах світу. Якщо в розвинутих країнах кількість працюючих ТНУ різних функціональних напрямків обчислюється мільйонами або сотнями тисяч одиниць, то в Україні створюються одиничні установки, переважно на базі елементного холодильного обладнання, імпортованого з країн Західної Європи зі спеціалізованих виробників. Значне відставання України від країн, які успішно використовують теплонасосні технології, можна пояснити як об'єктивними факторами – розвиток енергетики в країні здійснювався переважно за рахунок централізованого теплопостачання та теплопостачання, так і суб'єктивними – недостатньою увагою окремих підприємств до економії паливно-енергетичних ресурсів. До основних причин також можна віднести відсутність демонстраційного парку працюючих ТНУ різного функціонального призначення та реклами їх достоїнств, відсутність державної підтримки розробки, дослідження та впровадження цього виду обладнання [11].

1.3.7 Виробники теплових насосів

NIBE Industrier – відома міжнародна компанія з виробництва систем опалення. Її розробки використовують альтернативні та екологічні джерела енергії. Продукція NIBE сертифікована в Європі та Америці. Це означає, що вона відповідає параметрам надійності та ефективності.

Viessmann має 100-річну історію розробки холодильних, опалювальних і кліматичних систем. Теплонасосне обладнання виробляється і модернізується протягом 30 років, самого моменту зародження принципу використання екологічного тепла. Насоси продаються в 70-ти країнах світу з виробництва в 10-ти з них.

Опалювальне обладнання реалізується міжнародною німецькою компанією Vaillant. Але обладнання для відновлюваної енергетики – лише один із напрямків її діяльності. Експорт виробника охоплює 60 країн.

Українська компанія ТОВ «ФЛАЙ-ТЕХ» пропонує системи, зібрані з іноземних комплектуючих. Вартість його теплових насосів на 30% нижча за міжнародні аналоги.

Компанія «Сінтек» працює на ринку України 10 років. Виробляє опалювальне обладнання під брендом SintSolar. У 2000 році вона була присуджена за розробку ефективних технологій.

1.4 Сонячні колектори

Геліосистема - це пристрій, який перетворює сонячне тепло в будь-який вид енергії. Сьогодні все частіше можна побачити як великі сонячні електростанції, так і спеціальні сонячні колектори для опалення, що поглинають сонячну енергію та перетворюють її в тепло.

Опалення сонячними колекторами працює навіть у похмуру погоду. Адже система здатна поглинати енергію сонця навіть крізь хмари. А автоматичне керування дозволяє при необхідності переключатися на інші джерела енергії, якщо це необхідно. На відміну від сонячних батарей, колектори не виробляють електроенергію. Вони лише нагрівають теплоносій, тому використовуються для гарячого водопостачання та опалення житлових будинків.

Існує кілька модифікацій сонячних колекторів. Такі як: плоский; вакуумний; колекторно – концентратний; повітряні.

Плоскі моделі являють собою панелі, які поглинають сонячне тепло. Вони мають прозоре покриття із загартованого скла або рифленого полікарбонату. Його задня частина вкрита спеціальним теплоізоляційним матеріалом. Панель з'єднується з теплопроводящою системою трубками із зшитого поліетилену.

Підвищити ККД установки допомагають спеціальні оптичні покриття. Вони забезпечують повну пропускну здатність інфрачервоного випромінювання теплоносія, який завдяки інноваційним розробкам може прогріватися до 200 °С.

Плоскі колектори мають як переваги, так і недоліки. Їх переваги в тому, що:

- споруда влаштована таким чином, щоб вона могла самостійно очищатися від снігу. Тому взимку не доведеться кожен раз залазити на дах, щоб витягти його з-під снігу.

- влітку установка демонструє високу продуктивність;

- плоский колектор можна встановлювати під будь-яким кутом. Він має найнижчу початкову вартість і демонструє хороше співвідношення ціни та якості. Але фахівці рекомендують ставити плоскі колектори тільки в південних широтах з переважно теплим кліматом.

До недоліків приладу можна віднести наступну обставину. Конструкція плоских колекторів не може запобігти великим тепловтратам, тому в холодну пору року вони демонструють низьку працездатність.

Встановлювати плоский колектор на дах можна тільки в зібраному вигляді, що істотно ускладнює процес монтажу. Ефективній роботі установки також заважає висока швидкість вітру.

Виробникам вдалося створити геліосистеми, що позбавлені практично всіх вказаних недоліків. Це вакуумні колектори [9]. Вакуумні сонячні колектори працюють за таким же принципом, що і панельні. Однак вони ще більше прогривають теплоносії, доводячи його до температури 300 °С. В такому випадку теплові втрати практично відсутні. Вакуумним колектором називають тому, що скляне покриття з декількох шарів створює розрідження всередині системи.

Конструкція схожа на звичайний термос, лише з однією різницею. Замість світлонепроникної колби окремі елементи колектора мають прозору

поверхню, що дозволяє поглинати сонячне тепло. А на внутрішню секцію нанесено спеціальне покриття, яке підвищує поглинаючу здатність. Між двома шарами трубки, всередині якої знаходиться мідний нагрівальний стрижень, створюється вакуум. Саме він зберігає до 96% тепла, взятого від сонця.

Вакуумна установка ефективно працює навіть при екстремально низьких температурах. Теплова трубка не вимагає додаткового заповнення. Усередині кожної знаходиться рідина, яка після нагрівання перетворюється в газ і рухається у конденсатор, де відбувається нагрів теплоносія. Вода поглинає теплову енергію, температура падає, і газ знову перетворюється на воду. Вона спускається по похилих трубках до нижньої частини теплової труби, і весь процес відновлюється. Тому передача сонячного тепла триває безперервно.

Оскільки рідина постійно знаходиться за стінками, захищеними вакуумом, вона не замерзає навіть при температурі мінус 30 °С. Той же вакуум дозволяє «закривати» тепло на ніч, тому будь-які втрати тепла виключені. Безперебійна циркуляція припиняється лише тоді, коли температура трубок всередині колектора падає до 22 °С.

Технічні особливості та переваги вакуумних колекторів наступні:

- забезпечують високий ступінь нагріву - температура в тепловій трубці може досягати 250-300 °С;
- теплові трубки виготовлені з червоної міді, яка ефективно нагріває теплопровідну рідину;
- всередині трубок відсутня вода, тому вони не замерзають при низьких температурах;
- основа колектора виготовлена з алюмінію, тому установка має привабливий дизайн, легко вписується в концепцію сучасного екстер'єру;
- конструкція витримує високий робочий тиск;
- модульні секції легко монтуються.

Однак такі пристрої мають і недоліки. При сильному снігопаді доведеться вручну розчищати прилад від снігу. На відміну від плоских моделей, вакуумні колектори мають відносно високу вартість. Встановити їх нескладно, але необхідно чітко виміряти кут нахилу. Він повинен бути не менше 20°C . А ще краще довірити цей процес професійним фахівцям.

Сонячні концентратори працюють трохи інакше, ніж плоскі та вакуумні колектори. Вони являють собою стаціонарні нерухомі установки, які вловлюють сонячні промені, що падають на поверхню пристрою під різними кутами. Тому ефект нагрівання не завжди максимальний. Але виробники легко усунули таку проблему, встановивши прилади для спостереження за сонцем. Це допомогло значно підвищити ККД пристрою.

Основним елементом цих установок є параболо-циліндричний відбивач. Він встановлюється під рівну прозору поверхню. Колекторно – концентратні пристрої нагрівають не теплоносій, а повітря в будівлі.

Ще одна геліосистема - повітряний сонячний колектор. Використовується тільки для опалення закритих приміщень або для висушування сільськогосподарської продукції. Конструкція колектора проста: зовнішній блок виглядає як велика коробка, дно якої покрито спеціальною чорною світлопоглинаючою фарбою.

Зверху ящик накривають скляною пластиною або будь-яким іншим прозорим листом. Крізь таке покриття легко проходять промені сонця. У той же час чорне дно посилює їх поглинання і зігріває повітря всередині коробки. За допомогою вентилятора в будинок подається нагріте повітря.

Перевагою такої установки є те, що повітряна система опалення набагато практичніше водяної. Адже трубопроводів тут немає, а сама установка набагато дешевше плоских і вакуумних колекторів.

Всередині повітряного сонячного колектора немає теплоносія, тому немає ризику його замерзання. Це виключає можливість протікання пристрою. Установка встановлюється просто, швидко і навіть самостійно, без залучення

фахівців. Тому споживачі все частіше звертають увагу на такі альтернативні джерела тепла.

Основним недоліком описаних систем є низький ККД. Тому наразі установка використовується лише як додаткове джерело тепла.

1.5 Інфрачервоний обігрівач

Інфрачервоні обігрівачі відрізняються від конвективних тим, що вони перетворюють електричну енергію в теплову за допомогою спеціально вмонтованого нагрівального елемента. На відміну від конвективного теплообміну, що в першу чергу нагріває повітря, теплові промені променистого теплообміну інфрачервоного обігрівача направлені безпосередньо на предмети і об'єкти приміщення.

Близько 92% теплової енергії інфрачервоного випромінювання спрямовано на нагрівання об'єктів, які знаходяться в зоні випромінювання обігрівача. Повітря в приміщенні лише на 8% піддається впливу теплових променів, оскільки інфрачервоне випромінювання слабо акумулюється в повітрі. Нагрівальний елемент інфрачервоного обігрівача безпосередньо проникає на поверхню стін, підлоги і предмети приміщення, нагріваючи їх. Таким чином, створюється первинна теплота об'єктів, які, в свою чергу поширюють накопичене тепло в повітря. Принцип роботи інфрачервоного обігрівача здійснюється за рахунок трьох діапазонів електромагнітних хвиль.

Перший тип - це короткохвильові, з діапазоном від 0,77 до 15 мкм. Другий тип - середньохвильові електромагнітні хвилі, що характеризуються інтервалом від 15 до 100 мкм. Третій тип хвиль – це довгохвильові, з діапазоном від 100 до 340 мкм. Завдяки поєднанню роботи короткохвильових хвиль зі світлом і довгохвильового діапазону з радіохвилями, інфрачервоне випромінювання обігрівача можна порівняти з механізмом дії сонячних променів, які діють з прямолінійною проекцією, заломленням і відбиттям. Дія радіохвиль дає можливість проникати крізь непрозорі матеріали поверхні та

предметів інтер'єру. В силу функціональної динаміки проникності довгохвильового діапазону для об'єктів цей тип хвиль не здатний нагрівати повітря, яке має світлопроникні характеристики.

Існують три види інфрачервоних обігрівачів, які відрізняються в залежності від типу джерела енергії.

Першим з таких інфрачервоних приладів є газові агрегати, засновані на принципі розпалу і взаємодії повітря з пропаном, за допомогою спеціального п'єзокомпонента. Газові інфрачервоні обігрівачі призначені для обігріву великих приміщень, таких як спортивні майданчики, виставкові зали та інші великі приміщення. Принцип роботи газових інфрачервоних обігрівачів заснований на довгих хвилях, здатних обігрівати до 25 м .

Другий тип - дизельний тип інфрачервоного обігрівача, має принцип роботи нагрівання електродів за допомогою джерела живлення. Таким чином, нагріті пальники, що містять ці електроди, включають паливний насос і запускають вентилятор, робота якого дозволяє утворювати особливу теплову суміш, яка потім потрапляє в пальник і запалюється при контакті з повітрям. Цей процес нагрівання потім виробляє інфрачервоні промені.

Третій тип - електричний, принцип дії якого заснований на нагріванні цокольних гілок котушки, яка досягає приблизно 900 °C і виробляє інфрачервоні промені, які за допомогою рефлектора нагрівають певну зону. У циліндричній підставці газового інфрачервоного обігрівача розташований газовий балон, який за допомогою спеціального шланга всередині підставки обігрівача з'єднаний з розпалювальним пальником [10].

1.6 Тепла підлога

Пристрій теплої підлоги дозволяє регулювати мікроклімат в квартирі. Блок управління автоматично підтримує задану температуру, а також вмикає або вимикає обігрів відповідно до часу, керуючись певним алгоритмом.

Тепла підлога може бути виконана на основі електронагрівальних елементів або труб, по яких циркулює гаряча вода.

В першому випадку конструкція теплої підлоги виглядає наступним чином: нагрівальним елементом є кабель, спеціальна плівка або пруті. Ці моделі перетворюють електричну енергію в теплову.

Водяна підлога живиться від системи центрального опалення або котла. Таку теплу підлогу можна використовувати для основного опалення [8].

1.7 Камін з водяним контуром

Всередині каміна з водяним контуром встановлюється спеціальна ємність - водяний контур, який підключається до загальної системи опалення. При спалюванні дров в каміні вода в контурі нагрівається і надходить в систему опалення.

Корпус теплового каміна виготовляється зі сталі 4-5 мм або чавуну товщиною до 8 мм і покривається зовні вогнестійкою фарбою. Простір між стінками, який ще називають водяною сорочкою, вміщує близько 40 л води. Внутрішня частина печі облицьована жароміцної плиткою. Між стінками топки розміщені повітряні канали, через які здійснюється доступ кисню для підтримки процесу горіння, а також, як описано вище, встановлені теплообмінники. Нагріте в каналах повітря через спеціальні отвори виходить в будівлю, а нагріта в трубках вода відводиться в систему опалення приміщення і, при необхідності, в систему гарячого водопостачання.

Одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти останнім часом стали нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх на економічно ефективний рівень і розширення сфер використання. Основними причинами такої уваги є очікуване виснаження запасів органічного палива, різке підвищення цін на нього, недосконалість і низька ефективність технологій його використання, шкідливий вплив на навколишнє

середовище, наслідки якого все більше хвилюють світ. Альтернативна енергетика стає одним із основних напрямів розвитку технологій у світі, разом із інформаційними та нанотехнологіями вона стає важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу [8].

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Джерела теплопостачання

Теплопостачання (постачання теплової енергії) — сфера діяльності з виробництва, транспортування, постачання теплової енергії споживачам.

Постачання теплової енергії в приміщення для забезпечення комфортних параметрів повітря в приміщеннях, приготування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб і здійснення технологічних процесів на промислових підприємствах вимагає організації та експлуатації спеціальних систем теплопостачання, які є локальними, якщо виробництво тепла відбувається за місцем її споживання, або централізовано, якщо виробництво тепла здійснюється спеціальними підприємствами.

В існуючому господарському механізмі України теплопостачання приміщень здійснюється переважно від централізованих систем. Цьому сприяло краще використання палива, розширення можливостей реалізації заходів щодо боротьби із забрудненням атмосфери продуктами згоряння палива, зниження питомих експлуатаційних витрат. Системи централізованого теплопостачання складаються з трьох основних елементів: джерело тепла, теплові мережі, системи використання тепла споживачами.

Джерела теплопостачання призначені для перетворення енергії, що міститься в органічному або ядерному паливі, в тепло, і нагріву теплоносія (води або пари), який транспортує теплоту до споживача.

Джерелом теплопостачання в містах є теплові електроцентралі (ТЕЦ) і котельні, а сільській місцевості — малі котельні та опалювальні печі. На відміну від ТЕЦ і великих котелень з централізованим теплопостачанням, виробництво тепла в малих котельнях та опалювальних печах потребує значних витрат некваліфікованої праці та сприяє значному забрудненню навколишнього середовища.

Систему трубопроводів та спеціального обладнання, призначених для організації руху теплоносія від джерела до споживача й повернення охолодженого теплоносія до джерела тепlopостачання, називають тепловими мережами.

Системи використання тепла споживачами призначені для прийому теплоносія від теплових мереж для його розподілу, підтримки необхідних параметрів у абонентів та обліку споживання тепла.

Котельні є основним джерелом тепlopостачання середніх (з населенням близько 100 тис.) і малих (до 50 тис.) міст. Залежно від величини теплового навантаження комунальні котельні, які призначені переважно для відпуску тепла житловим і громадським будівлям, класифікуються за структурними одиницями території міста: будинкові, групові, мікрорайонні, районні.

Побутові котельні мають теплову потужність до 2 МВт і віддають тепло в системи споживання теплоти окремого будинку. Розміщують такі котельні, як правило, в межах будівлі, яку вони обслуговують.

Групові котельні забезпечують тепlopостачанням групи будівель із загальною чисельністю населення до 3 тис. осіб із загальним споживанням теплової енергії 2-9 МВт.

Мікрорайонні котельні забезпечують теплом усі житлові та громадські будинки мікрорайону з населенням 6-20 тис. осіб і загальним споживанням теплової енергії 10-70 МВт. Такі котельні, як і групові, розміщують в окремій будівлі.

Районні котельні можуть забезпечити теплом житловий масив (або невелике місто) з чисельністю населення 25-80 тис. і тепловим навантаженням 50-300 МВт.

Котельні також класифікують за видом теплоносія (парові чи водяні), за видом палива (газові, газомазутні, вугільні). Суттєво впливає на теплову схему й номенклатура обладнання котельні, спосіб подачі води для гарячого водопостачання. За цією ознакою розрізняють відкриті та закриті системи.

Внаслідок збільшення відбору води з мереж котельні, що обслуговують відкриті системи теплопостачання, мають більшу потужність пристроїв водопідготовки для котельних установок [5].

В умовах зростання нерівномірності добового споживання електроенергії важливу роль відіграють гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС). Вони покривають пікові навантаження. Вночі ГАЕС, працюючи як насос і перекачуючи воду в робочі басейни, споживають електричну енергію. В основі роботи ГАЕС лежить циклічний рух постійного об'єму води між двома басейнами, розташованими на різних рівнях. ГАЕС будують поблизу великих міст [3].

2.2 Теплові мережі

Теплові мережі призначені для транспортування теплоти до споживачів з метою задоволення комунально-побутових потреб (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) і технологічних потреб.

Теплові мережі можуть бути кільцевими і тупиковими.

Способи прокладання теплових мереж: роздільний, суміщений.

Розподільчі теплові мережі прокладають по вулицях міста від джерела до інженерних споруд: роздільним способом прокладання — під тротуаром; при комбінованому способі прокладання в міському колекторі разом з В1, W1, V0 також під тротуаром.

Розвідні теплові мережі проходять від ЦТП споруд мікрорайону роздільним способом прокладання в непрохідних каналах, розташованих у землі, як правило, з боку дворових фасадів, на відстані не менше 2 м від фундаментів приміщень, а при безканальній прокладці на відстані не менше 5 м. При комбінованому способі прокладання теплові мережі розміщують у прохідному каналі (мікрорайонному колекторі) під проїздами мікрорайонів або в технічних підпіллях будівель.

Ввід і розгалуження при транзитному способі прокладки через технічні підпілля закінчуються індивідуальним тепловим пунктом (ІТП), в якому знижується температура теплоносія від 1500 до 95 – 105⁰С, використовуваного для опалення будівлі. ІТП знаходяться в технічних підпіллях будинку. Можливе встановлення одного ІТП на декілька секцій будинку або одного на весь будинок [6].

Теплові електростанції розташовані відносно вільно і здатні виробляти електроенергію без сезонних коливань.

Конденсаційні ТЕС одночасно тяжіють до джерел палива і до місць споживання електроенергії, вони дуже поширені. Чим більша КЕС, тим далі вона може передавати електроенергію. Тому зі збільшенням потужності конденсаційних електростанцій зростає вплив паливно-енергетичного чинника. Орієнтація на паливні бази найбільш ефективна за наявності дешевих і нетранспортабельних паливних ресурсів. Варіант розміщення палива також характерний для КЕС, що працюють на мазуті. Електростанції такого типу пов'язані з регіонами і центрами нафтопереробної промисловості. До місць споживання електроенергії тяжіють ТЕЦ, які використовують висококалорійне паливо, яке витримує транспортування.

Багато ТЕС виробляють теплову енергію одночасно з електроенергією. Такі електростанції називаються тепловими електроцентралями (ТЕЦ). Нагріта в процесі виробництва електроенергії вода використовується для опалення теплиць, приміщень і для виробничих потреб. Але теплопередача обмежена відстанню 20 км, тому ТЕЦ будують поблизу великих промислових підприємств, а також у великих містах [3].

2.3 Характеристика систем опалення

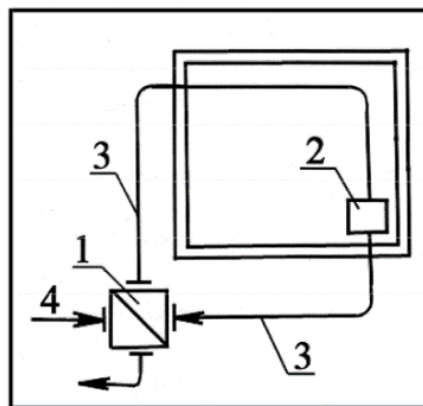
Опалення — штучний обігрів приміщень в опалювальний період з метою компенсації втрат теплоти та підтримання в них заданого рівня температури, що відповідає умовам теплового комфорту та вимогам технологічного процесу.

Система опалення – це сукупність конструкційних елементів, що призначені для прийому, перенесення і передачі потрібної кількості теплоти у всім приміщенням, які потребують опалення.

Основні конструктивні елементи системи опалення:

- теплообмінник – елемент, який потрібен для отримання теплоти під час спалювання палива або від іншого джерела;
- нагрівальний прилад – елемент для передачі теплоти в будівлю;
- теплопровід – елемент для передачі теплоти від теплообмінника до нагрівального приладу.

Схема системи опалення, яка включає у себе ці елементи наведена нижче (рис.2.1).



- 1 – теплообмінник; 2 – нагрівальний прилад; 3 – теплопровід;
4 – підведення палива (теплоти)

Рисунок 2.1 - Принципова схема системи опалення

Перенесення теплоти може здійснюватися за допомогою рідкого (води) або газоподібного (пари, повітря, газу) середовища. Середовище, що рухається по системі опалення називають теплоносієм.

Залежно від виду теплоносія системи опалення бувають: водяні; парові; повітряні; газові.

При використанні електричного струму для нагрівання, теплота також може передаватися через тверде середовище.

Системи опалення поділяють на дві основні групи: локальні; центральні.

Локальні системи – для обігріву одного приміщення всі три основні елементи конструктивно об'єднані в одну установку, безпосередньо в якій теплота приймається та передається в будівлю.

Середовище для перенесення теплоти нагрівається гарячою водою, паром, електрикою або під час спалення будь-якого пального.

Типовим прикладом локальної системи опалення є опалювальна піч. Тепло, що надійшло в теплообміннику (в результаті спалювання палива), передається теплоносієм (гарячими газами) по теплопроводах (каналах печі) та передається в будівлі через опалювальний прилад (стіни печі).

Центральні системи призначені для опалення кількох будівель від одного теплового центра. Теплообмінник і прилади таких систем опалення відокремлені один від одного. Теплоносій нагрівається в теплообміннику, що знаходиться в осередку тепла, рухається по теплопроводах в окремі будівлі та, передавши тепло через нагрівальні прилади, повертається в осередок тепла.

До центральних систем належать: водяне, парове та повітряне опалення.

Характерним прикладом таких систем є система водяного опалення приміщення з власною котельнею.

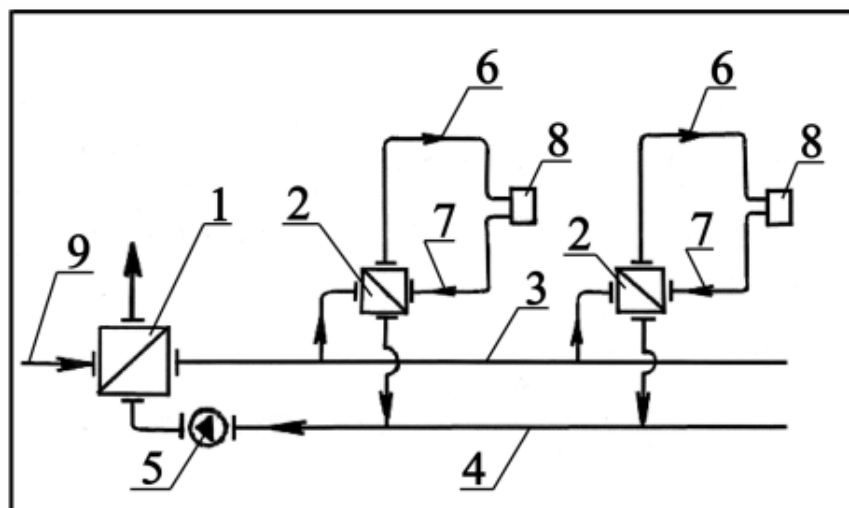
Часто центральну систему опалення роблять районною, коли група будівель опалюється від центрального теплового пункту. Теплообмінник і опалювальні прилади системи також розділені: теплоносій нагрівається в теплообміннику, який розташований на тепловій станції, рухається по

зовнішніх і внутрішніх теплопроводах в окремі приміщення кожної будівлі, а після віддачі тепла через приладів опалення, повертається на станцію.

Сучасні системи теплопостачання та опалення використовують два теплоносія (рис. 2.2):

- первинний – високотемпературний, отримавши тепло в центральному теплообміннику на тепловій станції, рухається по зовнішніх теплопроводах і віддає тепло місцевим теплообмінникам;

- вторинний – низькотемпературний, отримавши тепло в локальних теплообмінниках кожного приміщення, передає його по внутрішньому теплопроводу індивідуальним опалювальним приладам і по зворотній трубі повертає в теплообмінник [7].



1 – центральний теплообмінник; 2 – місцеві теплообмінники; 3 – теплопровід системи теплопостачання по якому подають теплоносії; 4 – зворотній теплопровід системи теплопостачання; 5 – циркуляційний насос; 6 – теплопровід по якому подають теплоносії системи опалення; 7 – зворотній теплопровід системи опалення; 8 – опалювальний прилад; 9 – підведення палива (тепла)

Рисунок 2.2 - Принципова схема систем теплопостачання та опалення

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ КОТЕДЖУ

3.1 Характеристика об'єкту проектування

Котедж знаходиться в місті Запоріжжя.

Конструкція зовнішніх стін – кладка з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині $\delta_1=120$ мм; глина $\delta_2=600$ мм.

Головний фасад будинку орієнтований на південний захід.

Конструкція підлоги - глина ($\delta_1 = 400$ мм), дерев'яні дошки ($\delta_2=36$ мм).

Конструкція горищного перекриття – глина ($\delta_1 = 400$ мм), підлога на лагах (80×50 , через 500 мм), дерев'яні дошки ($\delta_2=25$ мм).

Вікна будівлі дерев'яні в роздільних плетіннях.

Дані для розрахунків:

- напрям вітру – східний;
- швидкість повітря – 3,15 м;
- температура самого холодного місяця (січня) – (-3,5 °С);
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки – (-21 °С) [13].

3.2 Теплотехнічний розрахунок

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх стін, підлоги і горищного перекриття.

$$K = \frac{1}{R_0},$$

де R_0 - термічний опір, (м²·К)/Вт

$$R_0 = R_e + \sum R_T + \sum R_{в.п.} + R_H,$$

де $R_B = \frac{1}{\alpha_B}$ - опір тепловіддачі внутрішньої поверхні, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

α_B - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до поверхні, для всіх перекриттів $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приведені в табл. 3.4 [14];

ΣR_T - сумарний термічний опір всіх шарів огорожі, $R_T = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

δ - товщина шару, м ;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, які приймають згідно з ДБН, [14];

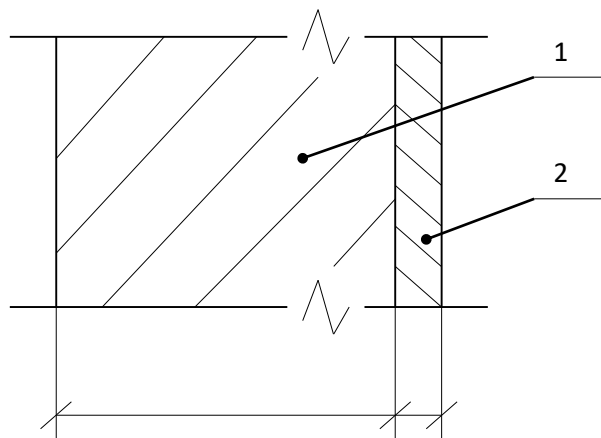
$\Sigma R_{в.п.}$ - сумарний термічний опір повітряних прошарків, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, [14];

$R_H = \frac{1}{\alpha_H}$ – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

α_H – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до навколишнього повітря, для зовнішньої стіни $\alpha_H = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [14].

3.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Розріз стін котеджу зображено нижче на рис. 1.3.



1 – внутрішня стіна; 2 – зовнішня стіна

Рисунок 3.1 – Розріз стіни будинку

Термічний опір зовнішньої стіни, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H},$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,6}{0,3} + \frac{0,12}{0,41} + \frac{1}{23} = 2,45.$$

Знайдене значення R_0 порівнюємо з мінімальним значенням опору теплопередачі $R_{q \min}$ [15].

Оскільки $R_0 = 2,45 < R_{q \min} = 2,8$ різниця не дуже суттєва, відповідно шар ізоляції вирішено не додавати.

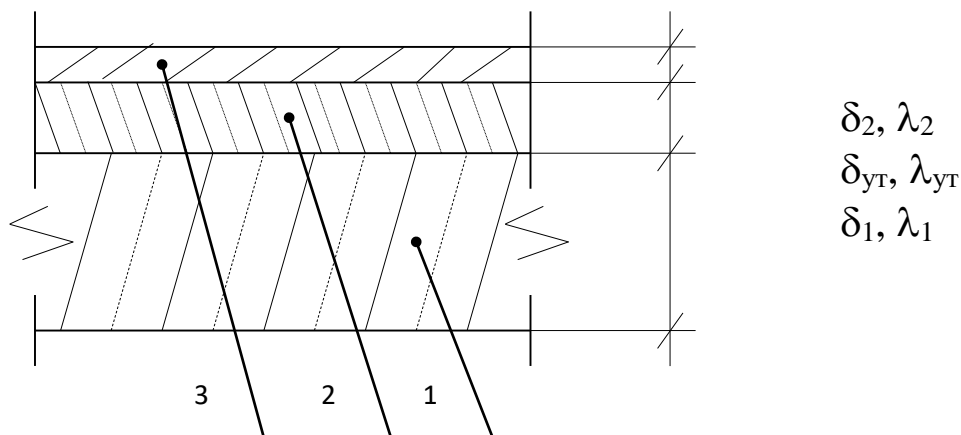
Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K_{з.с} = \frac{1}{R_{пр}},$$

$$K_{з.с} = \frac{1}{2,45} = 0,41.$$

3.2.2 Теплотехнічний розрахунок перекриття

Розріз перекриття зображено нижче на рис. 3.2.



1- плита перекриття; 2- утеплювач; 3- поверхня підлоги

Рисунок 3.2 – Розріз перекриття

Опір теплопередачі R_0 горищного перекриття, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} + R_{\text{в.п.}},$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,3} + \frac{0,025}{0,44} + \frac{1}{12} + 0,18 = 2,28,$$

де $R_{\text{в.п.}}$ - опір повітряного прошарку для перекриття на лагах, для інших типів огорож $R_{\text{в.п.}} = 0$ [14].

Коефіцієнт теплопередачі горищного перекриття, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K = \frac{1}{R_0^{\Phi}},$$

$$K = \frac{1}{2,28} = 0,44.$$

Втрати тепла через підлоги, розташовані на землі, визначаються зонами шириною 2 м.

Для першої зони (прилеглої до зовнішнього огороження) приймається термічний опір $R_1 = 2,1$ $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

- для другої зони - $R_2 = 4,3$ $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для третьої зони - $R_3 = 8,6$ $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для четвертої зони - $R_4 = 14,2$ $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Коефіцієнт теплопередачі перекриття над ґрунтом, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K_{\Pi} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4},$$

$$K_{\Pi} = \frac{1}{2,1} + \frac{1}{4,3} + \frac{1}{8,6} = 0,81.$$

Коефіцієнт теплопередачі вікон, Вт/(м² · К)

$$K_B = \frac{1}{R_0},$$

$$K_B = \frac{1}{0,53} = 1,89,$$

де R_0 – термічний опір двошарового склопакету у роздільних дере’яних плетіннях, $R_0 = 0,53$ (м²·К)/Вт.

3.3 Розрахунок тепловтрат будівлі

Основні тепловтрати приміщень складаються з тепловтрат за рахунок окремих зовнішніх конструкцій, визначених за формулою

$$Q_{\text{очн}} = F \cdot k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р.}}) \cdot n,$$

$$Q_{\text{очн}} = 8,56 \cdot 0,41 \cdot (22 - (-21)) \cdot 1 = 150,84,$$

де F - площа конструкції огорожі, через яку відбуваються тепловтрати, м²;

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

n - поправочний коефіцієнт, (табл. 3.4) [14];

k - коефіцієнт теплопередачі конструкцій огорож, Вт/(м²·К).

Таблиця 3.4 - Коефіцієнт n розміщення зовнішньої поверхні

№	Огороджувальні конструкції	Коефіцієнт n
1	Суміщені покриття (в тому числі вентилязовані зовнішнім повітрям) і горищні покриття (з покрівлею із штучних матеріалів)	1,0
2	Перекриття над холодними підвалами, які сполучаються із зовнішнім повітрям і горищні покриття з покрівлею з рулонних матеріалів	0,9
3	Перекриття над неопалювальними підвалами з отворами в стінах	0,75
4	Перекриття над неопалювальними підвалами без отворів у стінах, розташованих над рівнем землі	0,6
5	Перекриття над неопалювальними технічними підвалами без отворів у стінах, розміщених нижче рівня землі	0,4

Значення коефіцієнта теплопередачі заповнених світлових отворів і зовнішніх дверей приведені у ДБН [12].

Повні тепловтрати, Вт

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{осн}} \cdot P,$$

$$Q_{\text{п}} = 150,84 \cdot 0,001 = 150,99,$$

де P – множник, що враховує додаткові втрат

$$P = 1 + 0,01 \cdot \beta,$$

$$P = 1 + 0,01 \cdot 0,1 = 1,001,$$

де β - додаткові втрати у %.

Побутові тепловикиди (тепловий потік, який регулярно надходить від освітлення, обладнання та людей), Вт [13]

$$Q_m = 10 \cdot F ,$$

$$Q_m = 10 \cdot 6,8 = 68 ,$$

де F - площа підлоги приміщень.

Розрахунок втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у житлові приміщення шляхом інфільтрації, виконувати не потрібно [13].

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт

$$Q_v = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{вн} - t_{н.о.р}) ,$$

$$Q_v = 0,337 \cdot 6,8 \cdot 2,8 \cdot (22 - (-21)) = 275,91 ,$$

де h – висота приміщення від підлоги до стелі, м (але не більше 3.5 м).

Загальні втрати тепла підраховуються для всього приміщення, Вт

$$Q_{заг} = \sum Q_{п} + Q_v - Q_m ,$$

$$Q_{заг} = (169,41 + 264,24 + 146,43 + 97,08 + 115,79) + 275,91 - 68 =$$

$$= 1000,85 .$$

Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівлі зведені в таблицю 3.5.

3.4 Розрахунок теплового насоса для опалення котеджу

Дані для розрахунків

- Місто, проектується система ГВП – Запоріжжя (47,8° п.ш).
- Тип колектора – високоселективний.
- Термін виконання робіт – квітень-жовтень.
- Параметри сонячного колектора :

$$F_r(\tau\alpha)_n = 0,76$$

$$F_r U_1 = 3,4$$

$$\eta_{СК}^{ТН} = 0,72$$

- Вартість колектора, грн/м² – 4500.
- Температура гарячої води – $T_{Г.В} = 50$ °С.
- Температура холодної води – $T_{Х.В} = 15$ °С.
- Кут нахилу колектора до горизонту – $\beta = \varphi + 15^\circ = 47,8 + 15 = 62,8^\circ$.

Таблиця 3.6 – Середньомісячне добове надходження сумарної H і дифузної H_d сонячної радіації на горизонтальну поверхню, коефіцієнт ясності атмосфери $K_{я}$, години сонячного сьйва $n_{міс}^{cc}$, температура зовнішнього повітря $T_{в}$ [16]

Місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
$H, \text{МДж/м}^2 \cdot \text{доб}$	16,82	21,73	24,05	23,08	20,65	15,57	9,18
$H_d, \text{МДж/м}^2 \cdot \text{доб}$	7,64	8,5	8,48	7,83	6,61	5,42	4,59
$K_{я}$	0,58	0,59	0,51	0,58	0,59	0,58	0,49
$n_{міс}^{cc}$	197	266	298	327	304	240	172
$T_{в}, ^\circ\text{C}$	8,9	15,8	20,2	22,8	21,9	17,1	11,4

Таблиця 3.7 – Кут нахилу Сонця для середнього дня IV- X місяців

Місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
$\delta, \text{Град}$	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6

3.4.1 Розрахунок величини сумарного надходження сонячної радіації за місяцями робочого терміну

Знайдемо значення коефіцієнта відношення сумарної радіації на похилій поверхні до радіації на горизонтальній поверхні

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{H}d}{H}\right) \bar{R}_b + \frac{\bar{H}d}{H} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2},$$

$$\bar{R} = (1 - 0,306) \cdot 1,422 + 0,306 \cdot \frac{1 + \cos 1,096}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos 1,096}{2} = 1,264,$$

де \bar{R}_b - відношення середньомісячних надходжень прямої радіації до похилі і горизонтальні поверхні

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \frac{\pi}{180} \omega' \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta},$$

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(-0,262) \cdot \cos 0,164 \cdot \sin 1,754 + \frac{3,14}{180} \cdot 1,754 \cdot \sin(-0,262) \cdot \sin 0,164}{\cos 0,834 \cdot \cos 0,164 \cdot \sin 1,754 + \frac{3,14}{180} \cdot 1,754 \cdot \sin 0,834 \cdot \sin 0,164} =$$

$$= 1,422,$$

де ω - годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні дорівнює:

$$\omega = \arccos -tg \varphi tg \delta,$$

$$\omega = \arccos(-\tan 0,834 \cdot \tan 0,164) = 1,754,$$

де ω' - годинний кут заходу сонця на похилій поверхні:

$$\omega' = \min \omega; \arccos -tg \varphi - \beta tg \delta,$$

$$\omega' = \min 1,754 = 1,754,$$

δ - схилення сонця; в наближених розрахунках можна скористатися

величинами δ для середнього дня кожного з 12 місяців ;

ρ - відбивна здатність землі, яка змінюється від 0,2 (влітку) до 0,7 (взимку при наявності снігового покриву) [16];

β - кут нахилу колектора до горизонту ;

Дослідження показали, що частина дифузної складової у сумарній радіації $\frac{\overline{H_d}}{H}$ залежить від індексу хмарності $K_{\text{я}}$ (коефіцієнта ясності атмосфери) [16].

Залежність частки дифузної радіації від показника хмарності може Виразитися по формулі:

$$\frac{\overline{H_d}}{H} = 1,39 - 4,03 \cdot K_{\text{я}} + 5,53 \cdot K_{\text{я}}^2 - 3,11 \cdot K_{\text{я}}^3 ,$$

$$\frac{\overline{H_d}}{H} = 1,39 - 4,03 \cdot 0,58 + 5,53 \cdot 0,58^2 - 3,11 \cdot 0,58^3 = 0,306 .$$

Середньомісячне денне надходження сумарної сонячної радіації, МДж/(м²·доб)

$$\overline{H_T} = \overline{R} \cdot \overline{H} ,$$

$$\overline{H_T} = 1,264 \cdot 16,83 = 21,28 .$$

Надходження сумарної сонячної радіації в місяць, МДж/(м²·міс)

$$\overline{H_T} = \overline{H_T} \cdot \eta_{\text{міс}}^{\text{діб}} ,$$

$$\overline{H_T} = 21,28 \cdot 30 = 638,39 ,$$

де $\eta_{\text{міс}}^{\text{діб}}$ – кількість діб у місяці, діб.

Всі розрахунки виконуються в програмі Microsoft Excel. Значення всіх розрахунків знесені в таблицю 3.8.

3.4.2 Розрахунок щільності потоку сонячної радіації по місяцях робочого терміну

Визначення щільності потоку сонячної радіації, Вт/м²

$$I_a = \frac{\overline{H_T}}{n_{\text{міс}}^{\text{cc}} \cdot 3600},$$

$$I_a = \frac{638,39}{197 \cdot 3600} = 900,16.$$

3.4.3 Розрахунок площі колектора в системі без теплового насоса

Теплова потужність сонячної системи гарячого водопостачання, Вт

$$Q'_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{д}} \cdot 10^9}{n_{\text{міс}}^{\text{cc}} \cdot 3600},$$

$$Q'_{\text{ГВП}} = \frac{1,759 \cdot 30 \cdot 10^9}{197 \cdot 3600} = 74388,32,$$

де $Q_{\text{ГВП}}$ - навантаження ГВП, ГДж/доб

$$Q_{\text{ГВП}} = \rho \cdot C_p \cdot V_{\text{Г.В.}} \cdot T_{\text{Г.В.}} - T_{\text{Х.В.}} \cdot N \cdot n_{\text{д}},$$

$$Q_{\text{ГВП}} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,1 \cdot 50 - 15 \cdot 4 \cdot 30 = 1,759,$$

де ρ – щільність води, $\rho=1000$ кг/м³;

C_p – теплоємність води, $C_p = 4187$ Дж/(кг·К);

$V_{\text{Г.В.}}$ – добове споживання гарячої води на людину, $V_{\text{Г.В.}} = 0,1$ м³;

$T_{\text{Г.В.}}$ – температура гарячої води, $T_{\text{Г.В.}} = 50$ °С ;

$T_{\text{Х.В.}}$ – температура холодної води, для середньої смуги можна приймати,
то $T_{\text{Х.В.}} = 15$ °С ;

N – число мешканців котеджу, $N = 4$ чол ;

$n_{\text{д}}$ – число днів у відповідному місяці.

Ефективність СК залежить від температури рідини на його вході T_i і середньомісячної температури зовнішнього повітря T_B , а також від сумарної сонячної радіації I_a і визначається за формулою

$$\eta_{СК} = F_r(\tau\alpha)_n - F_r U_l \cdot \frac{(T_i - T_B)}{I_a},$$

$$\eta_{СК} = 0,76 - 3,4 \cdot \frac{(35 - 8,9)}{900,16} = 0,661$$

де T_i – температура води на вході у колектор, приймаємо рівною $T_i = 35$ °С.

Визначення необхідної площі колектора звичайної системи СТ (без теплового насоса), м²

$$F_{СК} = \frac{Q'_{ГВП}}{I_a \cdot \eta_{СК}},$$

$$F_{СК} = \frac{74388,32}{900,16 \cdot 0,661} = 125$$

Всі розрахунки виконуються в програмі Microsoft Excel. Значення всіх розрахунків занесено в таблицю 3.9.

3.4.4 Розрахунок температури води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника теплового насоса

Температура рідини на вході в сонячний колектор, °С

$$T_1 = T_B - \frac{\eta_{СК}^{ТН} - F_r(\tau\alpha)_n}{F_r U_l} \cdot I_a,$$

$$T_1 = 8,9 - \frac{0,72 - 0,76}{3,4} \cdot 900,16 = 19,5.$$

Температура випаровування холодоагенту у випарнику ТН, °С

$$T_0 = T_1 - 5 ,$$

$$T_0 = 19,5 - 5 = 14,5 .$$

Температура конденсації , °С

$$T_k = T_{ГВ} + 5 ,$$

$$T_k = 50 + 5 = 55 ,$$

де $T_{ГВ}$ – температура гарячої води для потреб ГВП, °С.

Температура холодоносія на вході у випарник, °С

$$T_x = T_1 + 2 ,$$

$$T_x = 19,5 + 2 = 21,5 .$$

Всі розрахунки виконуються в програмі Microsoft Excel. Значення всіх розрахунків занесені в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 - Розрахунок температури води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника теплового насоса

Місяць	T_1 , °С	T_0 , °С	T_k , °С	T_x , °С
Квітень	19,49	14,49	55	21,49
Травень	26,19	21,19	55	28,18
Червень	29,73	24,73	55	31,73
Липень	31,70	26,70	55	33,70
Серпень	30,59	25,59	55	32,59
Вересень	25,19	20,19	55	27,19
Жовтень	18,06	13,06	55	20,06

3.4.5 Розрахунок коефіцієнта перетворення (КОП) ТН

Значення КОП

$$\text{КОП} = \frac{h_C - h_D}{h_C - h_A},$$

$$\text{КОП} = \frac{464,15 - 285}{564,15 - 418} = 3,88,$$

де h_A – ентальпія фреону у випарнику КДж/кг;

h_C – ентальпія фреону на виході з компресору, КДж/кг;

h_D – ентальпія фреону у конденсаторі, КДж/кг.

Перегрів пари на вході в компресор 15 °С, будуюмо цикл ТН на р-h діаграмі фреону R407a, де визначається КОП. На рисунку 3.5 показано принцип побудови циклу ТН [17] .

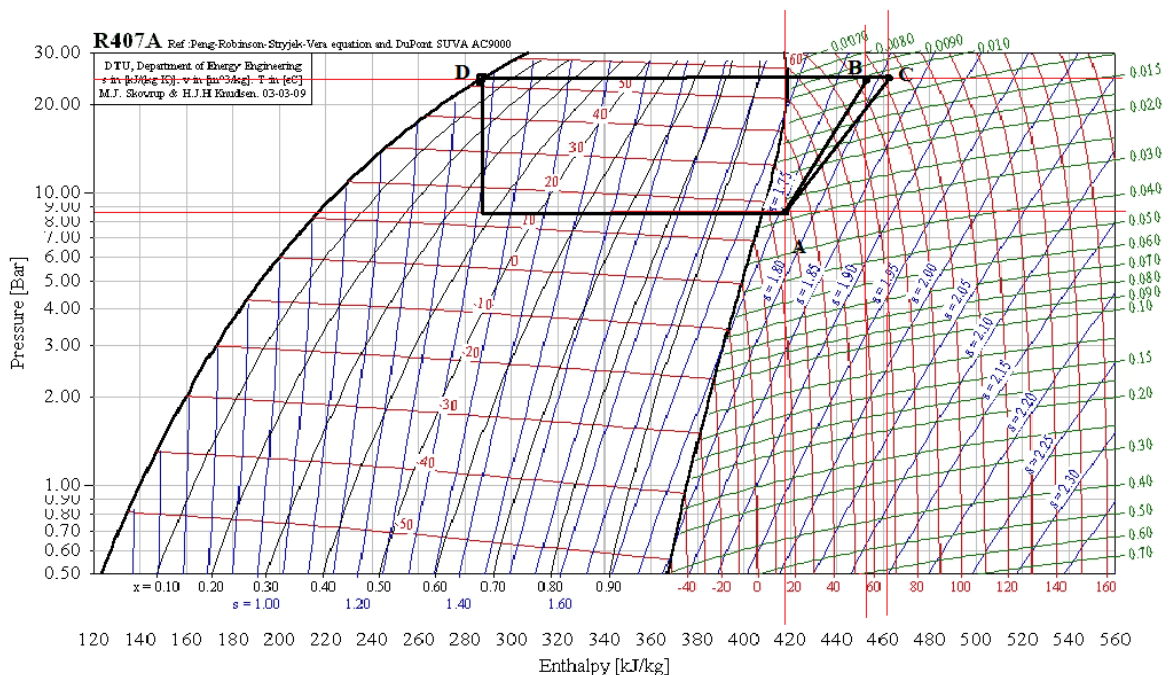


Рисунок 3.3 – Побудова циклу ТН для квітня

На рис. 3.3 відображується цикл ТН для першого місяця дослідження – квітня.

Таблиця 3.11 – Значення для розрахунку КОП

Місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
T ₀ , °C	14,5	21,19	24,73	26,7	25,69	20,19	13,06
h _a , КДж/кг	418	423	426	429	427	422	417
h _b , КДж/кг	454	454	454	454	454	454	454
h _c , КДж/кг	464,15	462,74	461,90	461,05	461,62	463,03	464,44
h _d , КДж/кг	285	285	285	285	285	285	285
P _a Бар	8,6	10,3	11,9	12,3	12,1	10,25	8,3
P _b ,Бар	25	25	25	25	25	25	25

3.4.6 Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором

Робота виконана компресором, Вт

$$P_k = \frac{Q'_{\text{ГВП}}}{\text{КОП}},$$

$$P_k = \frac{74388,32}{3,88} = 19164,02 .$$

Холодопродуктивність (навантаження випарника ТН), Вт

$$Q_B = Q'_{\text{ГВП}} - P_k ,$$

$$Q_B = 74388,32 - 19164,02 = 55224,31 .$$

Площа колектора в системі з ТН, м³

$$F_{\text{СК}}^{\text{ТН}} = \frac{Q_B}{I_a \cdot \eta_{\text{СК}}^{\text{ТН}}},$$

$$F_{\text{СК}}^{\text{ТН}} = \frac{55224,31}{900,16 \cdot 0,72} = 85,21 .$$

Електрична потужність на привід компресора, Вт

$$N_K = \frac{P_K}{\eta_{\max}},$$

$$N_K = \frac{19164,02}{0,95} = 20172,65 ,$$

де η_{\max} – механічний ККД компресора, приймається рівний 0,95 [18].

Всі розрахунки виконуються в програмі Microsoft Excel. Значення всіх розрахунків занесено в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12 - Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором

Місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
P_k , Вт	19164,02	13153,56	9979,22	8711,85	10088,32	16885,50	24050,34
Q_B , Вт	55224,31	45672,56	39196,95	39140,60	41384,54	56387,00	66924,95
$F_{СК}^{TH}$, м ²	85,21	71,86	67,20	71,85	77,75	113,84	164,17
N_k , Вт	20172,65	13845,86	10504,44	9170,37	10619,29	17774,21	25316,15

3.5 Технічні характеристики обраного обладнання

На підставі розрахунків потужності компресора теплового насоса за жовтень $N_k = 25,3$ кВт, обрано тепловий насос компанії «АІК ГРУП» моделі «АІК AIR-30». Монтаж насосної системи виконується на фундаменті, який оснащений спеціальним пристроєм для відведення конденсату; завдяки прокладці електронних проводів і трубопроводів в землі, вони максимально захищені. Тепловий насос також оснащений системою вприскування пари і компресорами Panasonic EVI. Система вприскування пари дозволяє збільшити продуктивність системи на 5 – 7%, і захищає компресор від перегрівання.

Таблиця 3.13 – Технічні характеристики ТН

Теплопроводивність, кВт	КОП	Споживана потужність, кВт	Холодо агент	Тип компресора	Рівень шуму, дБ	Розміри, ш/г/в	
						Внутрішнього блоку, мм	Зовнішнього блоку, мм
31,36	5,3	5,93	R407a	спіраль	58	520/540/1500	790/2085/900

В якості акумуляторної ємності обрано ємність «Termico», що має унікальну особливість акумулюючих ємностей терміки, термоакумуляторів, яка полягає в обробці внутрішньої поверхні буферної ємності бакелітовим лаком. Це збільшує термін служби виробу в 3 рази у порівнянні з аналогами, включаючи імпордне виробництво.

Таблиця 3.14 – Технічні характеристики баку акумулятора

Матеріал	Ємність, л	Ширина, мм	Висота, мм	Вага, кг
Метал	100	300	1250	21

Для коректної роботи схеми був обраний циркуляційний насос фірми «DAV», серії «DAV VA 25/130». Циркуляційний насос «DAV VA» призначений для циркуляції теплоносія в системі опалення заміських будинків (одне і двоповерхових). Насоси серії «DAV VA» можуть працювати в трьох швидкісних режимах з урахуванням споживаної потужності і гідравлічних характеристик. Швидкість насоса перемикається вручну шляхом переміщення важеля в потрібне положення на клемній коробці. Завдяки захисній оболонці ротора насоса робота установки практично безшумна. Підшипники в насосі змащуються рідиною. Така серія насосів відрізняється наявністю різьбових патрубків. Монтаж полегшується наявністю відповідних різьбових приєднань.

Таблиця 3.15 – Технічні характеристики насосу

Матеріал	чавун
1	2
Частота, Гц	50

Продовження табл. 3.15

1	2
Подача, м ³ /год	3
Гідростатичний напір, м	2
Діапазон температур середовища що перекачують, °С	-10/+110
Кількість режимів швидкостей	3
Максимальний робочій тиск, Бар	10
Діаметр під'єднання труб, мм	40

В якості сонячного колектора обрано високоселективний плоский колектор «СПК-F1». Високоселективний поглинач нового покоління Bluetec Eta Plus (Німеччина) колектора СПК-F1 має 100% рівномірне покриття по всій ширині пластини, поглинаючи енергію до 95%, що виділяє не більше 5% теплової енергії. Висока термостійкість абсорбера (до 295 °С) дозволяє системі витримувати режими стагнації без пошкодження для колектора і системи. Унікальний запатентований спосіб зварювання мідних трубок з поглинаючими пластинами імпульсним лазером забезпечує надміцне і повне з'єднання деталей. Встановлюється на будь-якій поверхні.

Таблиця 3.16 – Технічні характеристики сонячного колектору

Загальна площа	Матеріал і товщина плити абсорбера	Скло	Тип системи трубопроводів	Теплоізоляція	Товщина ізоляції	Теплоносії	Робочий тиск
2,03 м ²	алюміній 0,5 мм	ультрапрозоре загартоване скло (PPT)	гратчастий тип	мінеральна вата	30 мм	вода / гліколевий розчин до 50%	0,6 МПа

3.6 Затрати на сонячну систему без теплового насоса

Капітальні витрати на геліосистему без теплового насоса визначаються виходячи з площі сонячного колектора, для найхолоднішого місяця – жовтня:
 $F_{ск} = 260 \text{ м}^2$.

Вартість геліосистеми розраховується виходячи з вартості колектора. Вказана вартість накопичувального бака відноситься до бака з вбудованим теплообмінником і резервним електронагрівачем. Оскільки споживанням електроенергії електронасосом в контурі гарячого водопостачання можна знехтувати (система може працювати без електронасоса під тиском водопровідної мережі), а також витрати насоса в контурі сонячного колектора незначні, тому поточні витрати на цю систему можна вважати нульовими.

Геліоустановка виконана на основі високоселективного колектора.

Параметри колектора: $F_r(\tau\alpha)_n = 0,76$; $F_r U_l = 3,4$.

Вартість 1 м² колектора: 4500 грн;

Вартість 1 м³ бака-акумулятора, 1000 грн;

Вартість системи автоматичного контролю і управління, 3000 грн;

Вартість насосної групи (3 шт.): $1000 \cdot 3 = 3000$ грн;

Вартість трубопроводів: 2000 грн;

Витрати на ізоляцію труб: 1000 грн;

Вартість проекту: 3% від вартості устаткування;

Монтажні і пусконаладжувальні роботи: 20% від вартості обладнання.

Враховуючи, що об'єм баку-акумулятора дорівнює 0,075 м³ на 1 м² площі колектора, можна записати залежність вартості системи гарячого водопостачання від площі колектора, грн :

$$S_1 = ((4500 + 0,27 \cdot 37 \cdot 1000 \cdot 0,075) \cdot F_{ск} + 3000 + 3000 + 2000 + 1000) \cdot 1,03 \cdot 1,2,$$

$$S_1 = ((4500 + 1000) \cdot 260 + 3000 + 3000 + 2000 + 1000) \cdot 1,03 \cdot 1,2 = 1777842,$$

де 37 – курс долара, грн./\$.

Капітальні витрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора теплового насоса.

Поточні затрати на роботу компресора ТН визначаються як сума добудтків потужностей компресора, розрахованих для кожного місяця, помножених на число годин роботи в даному місяці, яке рівне числу годин сонячного сіяння.

$$W = \sum P_{ki} \cdot n_i^{cc} \cdot 10^{-3} , \text{кВт} - \text{год}$$

$$W = (19164,02 \cdot 197 + 13153,56 \cdot 266 + 9979,22 \cdot 298 + 8711,85 \cdot 327 + 10088,32 \cdot 304 + 16885,50 \cdot 240 + 24050,34 \cdot 172) \cdot 10^{-3} = 237701 ;$$

$$S_{\text{ел/ен2}} = W \cdot Z_{\text{ел/ен}} , \text{грн}$$

$$S_{\text{ел/ен2}} = 237701 \cdot 1,67 = 396960,67 ,$$

де $Z_{\text{ел/ен}}$ – вартість електричної енергії, грн/кВт-год.

Експлуатаційні витрати насоса можна не враховувати, оскільки вони малі порівняно з експлуатаційними витратами компресора.

Капітальні витрати на тепловий насос, включаючи проектні роботи та роботи по впровадженню системи, можна прийняти рівними 500 \$ на 1 кВт електричної потужності:

$$S_{\text{ТН}} = 500 \cdot N_{\text{к}} \cdot 10^{-3} , \text{грн}$$

$$S_{\text{ТН}} = 500 \cdot 27 \cdot 25316,15 \cdot 10^{-3} = 341768 ,$$

де $N_{\text{к}}$ – робота компресора для найхолоднішого місяця, Вт

При розрахунку вартості геліосистеми при використанні комбінованої системи слід врахувати, що наявність теплового насоса виключає необхідність використання резервного нагрівника. Комбінована схема передбачає теплообмінник у баку-акумуляторі.

Капітальні витрати на придбання та монтаж комбінованої системи:

$$S_2 = ((4500 + 250) \cdot F_{\text{СК}}^{\text{ТН}} + 3000 + 3000 + 2000 + 1000) \cdot 1,03 \cdot 1,2 + S_{\text{ТН}}, \text{ грн}$$

$$S_2 = ((4500 + 250) \cdot 164 + 3000 + 3000 + 2000 + 1000) \cdot 1,03 \cdot 1,2 + 341768 =$$

$$= 1316753,$$

де $S_{\text{ТН}}$ – капітальні витрати на тепловий насос, грн.

Розрахунок витрат на роботу традиційної системи з електрокотлом - базовий варіант.

Потужність електрокотла, кВт

$$N_{\text{ел.к}} = Q_{\text{ГВП}} \cdot 1,5,$$

$$N_{\text{ел.к}} = \frac{1,8 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} \cdot 1,5 = 31,3,$$

де 1,5 – поправочний коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження на ГВП протягом доби.

Капітальні витрати на придбання і встановлення електрокотла, грн

$$S_3 = Z_{\text{ел.к}} \cdot N_{\text{ел.к}},$$

$$S_3 = 200 \cdot 31,3 = 6250,$$

де $Z_{\text{ел.к}}$ – вартість поточно-ємнісного електрокотла, з урахуванням витрат на впровадження, грн/кВт.

Обсяг електроенергії, споживаної електрокотлом за період з квітня по жовтень, кВт-год

$$W = Q_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{сез}} ,$$

$$W = \frac{1,8 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} \cdot 214 \cdot 24 = 107000 ,$$

де $n_{\text{сез}}$ – кількість днів у сезоні.

Поточні витрати на електроенергію, грн

$$S_{\text{ел/енз}} = W \cdot Z_{\text{ел/ен}} ,$$

$$S_{\text{ел/енз}} = 107000 \cdot 1,67 = 176550 .$$

Розрахунок капітальних витрат та економії на електроенергію.

Капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса, грн.

$$KB_1 = S_1 - S_3 ,$$

$$KB_1 = 1777842 - 6250 = 1771592 ,$$

Граничні – ми приймаємо капітальні витрати на систему ГВП без теплового насоса рівними різниці між капітальними витратами на придбання та встановлення сонячної системи та електричного котла.

Поточна річна економія електроенергії для системи ГВП без теплового насоса, грн

$$E_1 = S_{\text{ел/енз}} = 176550 ,$$

Граничні капітальні витрати системи ГВП з тепловим насосом, грн

$$KB_2 = S_2 - S_3 ,$$

$$KB_2 = 1316753 - 6250 = 1310502$$

У фінансовій оцінці сонячної системи ГВП з тепловим насосом різниця між капітальними витратами на придбання та встановлення комбінованої системи та електричного котла відображається як капітальні витрати.

Поточна річна економія електроенергії для системи ГВП з тепловим насосом, грн

$$E_2 = S_{\text{ел/енз}} - S_{\text{ел/ен2}} ,$$

$$E_2 = 176550 - 62207 = 114343.$$

Розрахунок терміну окупності.

Термін окупності визначається як відношення капітальних витрат до річної економії:

– для системи без ТН, років

$$P_1 = \frac{KB_1}{E_1} ,$$

$$P_1 = \frac{1771592}{176550} = 10 ,$$

– для системи з ТН, років

$$P_2 = \frac{KB_2}{E_2} ,$$

$$P_2 = \frac{1310502}{114343} = 11,5 .$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Потенційні небезпеки при експлуатації сонячних систем

Щоб запобігти нещасним випадкам і нещасним випадкам, пов'язаним з експлуатацією обладнання, необхідне системне проведення комплексних заходів технічно-організаційного характеру.

Серйозною проблемою є корозія теплообмінників, яка забруднює навколишнє середовище водопровідної води, що використовується споживачами, і може завдати непоправної шкоди організму людини. Для захисту від корозії використовується газотермічний напилення трубних дощок, труб пароперегрівачів. Це стосується лише кожухотрубні теплообмінники з вуглецевої сталі. Також є резервний електрокотел, який працює під напругою 250-380 В. Електричний струм і напруга, під якою він знаходиться може служити небезпечним і шкідливим фактором для життя людини. Тому, щоб не завдати шкоди організму людини, необхідно дотримуватися правил використання електрообладнання.

Незважаючи на ефективну теплоізоляцію накопичувальної ємності, трубопроводи гарячої води в приміщенні виділяють тепло ($>23 \text{ Вт/м}^3$), що створює в теплий період року в котельні підвищену температуру до 28-30 °С, що перешкоджає віддачі тепла тілом людини під час фізичної роботи в цій кімнаті.

Шум, створюваний циркуляційним насосом, не перевищує 45 дБА, що є прийнятною нормою. Гранично допустимий рівень шуму при обслуговування обладнання становить 80 дБА.

4.2 Заходи щодо покращення умов праці

Щоб уникнути аварійної ситуації під час експлуатації, система сонячних колекторів та гарячого водопостачання обладнані приладами управління, захисту, сигналізації та блокування. Для запобігання витoku фреону R12 через зварні та болтові з'єднання та запірну арматуру вузла газопроводу перевірено на відповідність вимогам правил безпеки в газовому господарстві України. Для захисту людей від ураження електричним струмом в мережі трифазної напруги використовується захисне заземлення, опір якого не більше 4 Ом. Всі струмоведучі частини і проводи ізолювані. Опору ізоляції на ділянці немає менше 500 кОм. Ізоляція обладнання (нового або встановленого після ремонту) перевіряється перед запуском. Приймається захисний замок, тобто відключення електричного кола в аварійній ситуації з повним робочим часом активація 0,2 секунди.

4.3 Електрична безпека

Як засіб індивідуального захисту від ураження електричним струмом в електричних мережах напругою до 1000 В використовують: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюваними ручками, покажчики напруги, діелектричні калоші, гумові килимки, ізолювані підставки. Для захисту людини від ураження електричним струмом використовують захисне заземлення. Обладнання, яке може бути небезпечним для життя людини при неправильному використанні є електричний котел, тобто як резервне джерело для підігріву води в ГВП, подачі, оборотний насос, який перекачує рідину через систему. Також можуть бути небезпечним джерелом металеві труби, що з'єднують систему СК, які розташовані на даху будівлі.

Захист обладнання від короткого замикання здійснюється за допомогою автоматів, а від перевантаження - тепловими реле. Система зовнішнє та внутрішнє освітлення живиться від внутрішніх мереж електропостачання.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом є технічне приміщення, де встановлено електрокотел, відноситься до приміщень с підвищеною небезпекою. Воно характеризується наявністю в ньому умов, що створюють підвищену небезпеку: можливість одночасного контакту людини з металевими конструкціями, з'єднані з землею, технологічних пристроїв, механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

Безпека електрообладнання забезпечується:

- ізоляцією струмоведучих частин та їх замикання;
- блокування пристроїв для запобігання помилкових операцій за допомогою автоматичних вимикачів АЕ 2000, заземленням корпусів електрообладнання та елементи установок, які можуть перебувати під напругою.

Усі металеві частини електрообладнання, що не під напругою, підключені до контуру заземлення. Як внутрішній контур для заземлення використовують металеві майданчики і сходи. Заземлення електроприймачів виконані сталевими трубами електропроводки, опору заземлювального пристрою не повинно перевищувати 4 Ом. На проводах комутаційних апаратів повинні бути чітко визначені положення «включено» і «відключено».

Слід пам'ятати, що після зникнення напруги з обслуговуваної електроустановки, вона може бути подана повторно без попередження, як в нормальних умовах експлуатації, так і в аварійних умовах. На робочому місці струмоведучі частини, на яких проводяться роботи, повинні бути відключені, а також ті, до яких можна доторкнутися при виконанні роботи. Доступні контакту струмоведучої частини можна не роз'єднувати в корпусі, тільки якщо

вони будуть захищені ізоляційними накладками. Вимикання треба проводити так, щоб частини, виділені для виконання роботи електроустановки були відокремлені від струмоведучих частин з усіх боків, які знаходяться під напругою, комутаційні пристрої або зняття запобіжники. З передньої і задньої сторін шафи станції управління та шафи сигналізації повинні мати діелектричні гумові доріжки. Заборонено використання неперевірених засобів захисту, термін перевірки яких закінчився.

На електроприводах з автоматичним або дистанційним керуванням вмикаючись, має бути напис «Увага - вмикається автоматично!» чи «Увага - вмикається дистанційно!».

4.4 Засоби індивідуального захисту

Засоби захисту інженерно-технічного персоналу та робітників, які займаються експлуатацією та ремонтом тепловикористовуючих установок і теплових мереж є такі:

- захисні окуляри типу ЗП (закриті захисні окуляри з прямою вентиляцією), рукавички брезентові типу Ми, Мп, Тп 100, протигази промислові, страхувальні пояси, страхувальні канати;
- тимчасові огорожі, попереджувальні плакати;
- рукавички гумові діелектричні (ТУ 38-10659-79), черевики (ГОСТ 12.4.065-79), калоші, мати, що утеплюють трибуни.

Зберігаються засоби захисту, які є у користуванні та на складі при умові, що забезпечують їх справність і придатність до використання без попереднього реставраційного ремонту, тому засоби захисту повинні бути захищені від вологи, забруднень і механічних пошкоджень.

Наведені вище засоби індивідуального захисту є мінімальними та основними для безпечного монтажу або при обслуговуванні чи ремонту устаткування.

ВИСНОВОК

В ході дипломного проекту на початку була наведена інформація про альтернативні джерела енергії для опалення приміщень, такі як: твердопаливні котли, теплові насоси, сонячні колектори, інфрачервоний обігрівач, тепла підлога та камін з водяним контуром.

Для початку розрахунку були задані вхідні дані, характеристика об'єкту проектування, а саме: конструкція перекриттів, конструкція стін, тип вікон, орієнтація котеджу по сторонам світу та ін.

Під час теплотехнічного розрахунку були визначені коефіцієнти теплопередачі для зовнішніх стін, підлоги, вікон та горищного перекриття.

Проведено розрахунок тепловтрат будинку та знайдено наступні величини: основні тепловтрати приміщень, загальні тепловтрати, побутові тепловиділення, тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря, загальні втрати теплоти.

Для безпосереднього розрахунку теплового насоса дані для розрахунків були наведені на початку роботи. Далі для розрахунку площі сонячного колектора були проведені наступні розрахунки: розрахунок сумарної сонячної радіації, визначення щільності потоку сонячної радіації, тепла потужність сонячної системи гарячого водопостачання. Також проведено розрахунок коефіцієнта перетворення теплового насосу, розрахунок роботи компресора та електричної потужності на привід компресора.

Надано інформацію про принцип роботи теплового насоса, його види та характеристики, переваги, приклади застосування в Україні та світі. Відповідно до розрахунків було обрано наступне обладнання:

- тепловий насос компанії «АІК ГРУП» модель «АІК AIR-30»;
- акумуляторний бак фірми «Termico»;
- циркуляційний насос серії «DAV VA 25/130»;
- високоселективний плоский сонячний колектор «СПК-F1».

Розраховано витрати на сонячну систему без теплового насоса, визначено загальні капітальні витрати на комбіновану систему та експлуатаційні витрати на компресор теплового насоса. Для розрахунку капітальних затрат на систему ГВП без теплового насоса були розраховані витрати на експлуатацію традиційної системи з електричним котлом.

Для узагальнення результатів розрахунку дипломної роботи були розраховані терміни окупності, що складають:

- для системи без теплового насоса - 10 років;
- для системи з тепловим насосом - 12 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. URL: <http://www.eco-live.com.ua> (дата звернення: 11.10.2022)
2. URL: <http://www.old.niss.gov.ua> (дата звернення: 11.10.2022 р.)
3. Плачкова С.Г. Энергетика: история, настоящее и будущее. Киев: Наука, 2005. 297 с.
4. URL: <http://www.pidruchniki.com> (дата звернення: 14.10.2022 р.)
5. Філоненко, В.М. Джерела енергопостачання промислових підприємств: курс лекцій для студ. Напрямку підготовки 6.050601 “Теплоенергетика” ден. та заочн. форм навч. Київ: НУХТ, 2014. 246 с.
6. URL: <http://www.polyplastic.ua> (дата звернення: 02.11.2022 р.)
7. URL: <http://www.oilreview.kiev.ua> (дата звернення: 02.11.2022 р.)
8. URL: <http://www.term.od.ua> (дата звернення: 15.11.2022 р.)
9. URL: <http://www.stroytechnology.net> (дата звернення: 18.11.2022 р.)
10. URL: <http://www.teploline.com.ua> (дата звернення: 18.11.2022 р.)
11. URL: <http://www.journal.esco.co.ua> (дата звернення: 18.11.2022 р.)
12. URL: <http://www.atmosfera.ua> (дата звернення: 23.11.2022 р.)
13. ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ. Мінрегіонбуд України, 2011.
14. ДБН В.2.6 – 31: 2006 Конструкції будинків і споруд “Теплова ізоляція будівель” зі зміною № 1 від 1 липня 2013 р.: Мінбуд України, Київ 2006.
15. ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ. Мінрегіонбуд України, 2011.
16. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ 2013.
17. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання/ Укладачі: Бердишев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М.

Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2015. – 270 с.

18. Прикладні питання тепломасообміну: навчально методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.090510 і 8.090510 «Теплоенергетика» всіх форм навчання/ Бердишев М.Ю., Яковлева І.Г.; Запорізька державна інженерна академія – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 134 с.

ДОДАТОК А

Таблиця 3.5 - Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівлі

№ приміщення	Назва огорожі	Внутрішня температура $t_{вн}$, °С	Орієнтація по сторонах світа	Розміри, м	Площа, F, м ²	Різниця температур, ($t_{вн} - t_{нор}$), °С	Поправочний коефіцієнт, n	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/м ² ·К	Основні тепловтрати $Q_{осн}$, Вт	Сума додаткових втрат, %	Повні тепловтрати $Q_{п}$, Вт	Втрати на нагрівання вентиляційного повітря $Q_{в}$, Вт	Тепловиділення $Q_{м}$, Вт	Загальна втрата тепла приміщення $Q_{заг}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	зс	22	ПнЗ	2,48·(2,8+0,65)	8,56	43	1	0,41	150,84	0,1	150,99	275,91	68	970,15
	зс	22	ПнС	4,34·(2,8+0,65)	14,97	41	1	0,41	251,70	0,1	251,95			
	в	22	ПнЗ	1,2·1,5	1,8	43	1	1,89	146,29	0,1	146,43			
	пол	22		2,48+4,32	6,8	43	0,4	0,83	97,08		97,08			
	пот	22		2,48+4,32	6,8	43	0,9	0,44	115,79		115,79			
2	зс	22	ПдС	2,83·(2,8+0,65)	9,76	43	1	0,41	172,13	0,1	172,30	403,41	99,42	1079,54
	зс	22	ПнС	2,39·(2,8+0,65)	8,25	43	1	0,41	145,37	0,15	145,59			
	в	22	ПдС	1,2·1,5	1,8	43	1	1,89	146,29	0,1	146,43			
	пол	22		2,39·4,16	9,94	43	0,4	0,83	141,94		141,94			
	пот	22		2,39·4,16	9,94	43	0,9	0,44	169,30		169,30			

ДОДАТОК Б

Продовження таблиці 3.5 - Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівлі

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	зс	27	ПнС	$2,82 \cdot (2,20 + 0,65)$	8,04	48	1	0,41	158,17	0,15	158,41	157,83	34,85	477,79
	зс	27	ПдС	$1,33 \cdot (2,20 + 0,65)$	3,79	48	1	0,41	74,60	0,05	74,63			
	пол	27		$1,33 \cdot 2,62$	3,49	48	0,4	0,83	55,53		55,53			
	пот	27		$1,33 \cdot 2,62$	3,49	48	0,9	0,44	66,24		66,24			
4	зс	20	ПдЗ	$2,95 \cdot (2,20 + 0,65)$	8,41	41	1	0,41	141,33		141,33	334,22	86,39	1132,69
	зс	20	ПдС	$3,26 \cdot (2,20 + 0,65)$	9,29	41	1	0,41	156,18	0,05	156,26			
	в	20	ПдЗ	$1,5 \cdot 1,5$	2,25	41	1	1,89	174,35		174,35			
	д	20	ПдС	$0,9 \cdot 2,1$	1,89	41	1	2	154,98	0,05	155,06			
	пол	20		$2,65 \cdot 3,26$	8,64	41	0,4	0,83	117,59		117,59			
	пот	20		$2,65 \cdot 3,26$	8,64	41	0,9	0,44	140,26		140,26			
5	зс	20	ПдЗ	$2,45 \cdot (2,8 + 0,65)$	8,45	41	1	0,41	142,09		142,09	250,23	64,68	660,18
	в	20	ПдЗ	$1,2 \cdot 1,5$	1,8	41	1	1,89	139,48		139,48			
	пол	20		$2,45 \cdot 2,64$	6,47	41	0,4	0,83	88,04		88,04			
	пот	20		$2,45 \cdot 2,64$	6,47	41	0,9	0,44	105,01		105,01			

ДОДАТОК В

Продовження таблиці 3.5 - Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівлі

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	зс	22	ПнЗ	$(4,3+0,72) \cdot (2,8+0,65)$	17,32	43	1	0,41	305,33	0,1	305,64	760,69	187,48	2360,16
	зс	22	ПдЗ	$(4,36+0,72) \cdot (2,8+0,65)$	17,53	43	1	0,41	308,98		308,98			
	в	22	ПнЗ	$1,2 \cdot 1,5$	1,8	43	1	1,89	146,29	0,1	146,43			
	в	22	ПнЗ	$1,2 \cdot 1,5$	1,8	43	1	1,89	146,29	0,1	146,43			
	в	22	ПдЗ	$1,2 \cdot 1,5$	1,8	43	1	1,89	146,29		146,29			
	в	22	ПдЗ	$1,2 \cdot 1,5$	1,8	43	1	1,89	146,29		146,29			
	пол	22		$4,3 \cdot 4,36$	18,75	43	0,4	0,83	267,65		267,65			
	пот	22		$4,3 \cdot 4,36$	18,75	43	0,9	0,44	319,24		319,24			

ДОДАТОК Г

Таблиця 3.8 - Розрахунок величини сумарного надходження сонячної радіації за місяцями робочого терміну

Місяць	$H, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$	Кя	$\frac{\overline{Hd}}{H}$	$1 - \frac{\overline{Hd}}{H}$	W	W'	$\varphi, \text{рад}$	$\beta, \text{рад}$	$\varphi - \beta, \text{рад}$	$\delta, \text{рад}$	\overline{Rb}	$\left(1 - \frac{\overline{Hd}}{H}\right) \overline{Rb}$	$\frac{\overline{Hd} 1 + \cos \beta}{H 2}$	\overline{R}	$H_T, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{доб}}$	$H_T^{\text{міс}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$	n_d
Квітень	16,83	0,58	0,31	0,69	1,75	1,75	0,83	1,096	-0,26	0,16	1,42	0,99	0,22	1,12	4,23	131,11	31
Травень	21,73	0,59	0,29	0,70	1,96	1,96				0,33	1,40	0,98	0,22	1,15	6,83	191,32	28
Червень	24,05	0,51	0,36	0,64	2,06	2,06				0,40	1,39	0,89	0,26	1,20	13,13	406,91	31
Липень	23,08	0,58	0,31	0,69	2,01	2,01				0,37	1,39	0,97	0,22	1,26	21,28	638,39	30
Серпень	20,65	0,59	0,29	0,70	1,84	1,84				0,24	1,41	0,99	0,22	1,26	27,27	845,32	31
Вересень	15,57	0,58	0,31	0,69	1,61	1,61				0,04	1,43	0,99	0,22	1,21	28,97	869,06	30
Жовтень	9,18	0,49	0,38	0,62	1,38	1,38				-0,17	1,45	0,90	0,28	1,25	28,73	890,67	31

ДОДАТОК Д

Таблиця 3.9 - Визначення густини потоку сонячної радіації та розрахунок площі колектора в системі без ТН

Місяць	I_a , Вт/м ²	$Q_{гвс}$, ГДж/кг	$Q'_{гвп}$, Вт	$\eta_{ск}$	$\eta_{из}$	$\eta_{ск}^{ТН}$	$F_r U_l$	$F_r(\tau\alpha)_n$	T_b , °С	$n_{міс}^{cc}$	$F_{ск}$, м ²
Квітень	900,16	1,76	350715,9	0,661	0,78	0,72	3,4	0,76	8,9	197	589,06
Травень	882,75	1,82	58826,13	0,686					15,8	266	97,13
Червень	810,08	1,76	49176,17	0,698					20,2	298	86,98
Липень	756,60	1,82	47852,44	0,705					22,8	327	89,69
Серпень	739,31	1,82	51472,86	0,700					21,9	304	99,50
Вересень	687,97	1,76	61060,42	0,672					17,1	240	132,17
Жовтень	566,18	1,82	90975,29	0,618					11,4	172	259,89