

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлювальних джерел енергії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

д-р техн. наук

Будько В. І.

(підпис)

“ ___ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра
зі спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему: Система гарячого водопостачання та опалення приватного домоволодіння
на основі використання теплових насосів

Виконала студентка 4 курсу, групи ЕД-71

Александрова Дар'я Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник ст. вик., канд. тех. наук Вишневська Юлія Павлівна

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д-р техн. наук

_____ Будько В. І.

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Александровій Дар'ї Сергіївні

1. Тема дипломної роботи: Система гарячого водопостачання та опалення приватного домоволодіння на основі використання теплових насосів; керівник роботи Вишневська Юлія Павлівна ст.вик, к.т.н. затверджені наказом по університету від

2. Термін подання студентом роботи

3. Вихідні данні до роботи: індивідуальний житловий будинок у м. Донецьку.

4. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- а) розглянути особливості отримання теплоти тепловими насосами з врахуванням умов місцевості, де розташований будинок;
- б) розрахувати потреби в тепловій енергії житлового будинку на гаряче водопостачання і опалення;
- в) визначити необхідну потужність і вибрати тепловий насос для забезпечення теплових потреб житлового будинку на гаряче водопостачання та опалення;
- г) охорона праці.

5. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва дипломної роботи);
- б) опис роботи;
- в) план будинку і розташування теплових насосів;
- г) схема теплового насосу;

6. Дата видачі завдання «22» березня 2021р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	2	3	4
1	Робота з джерелами	25.04.2021	Виконано
2	Аналіз даних про місце розташування будинку	8.05.2021	Виконано
3	Розрахунок теплового балансу житлового будинку	15.05.2021	Виконано

1	2	3	4
4	Вибір теплового насосу та накопичувального баку	29.05.2021	Виконано
5	Охорона праці та навколишнього середовища	04.06.2021	Виконано
6	Оформлення роботи, підготовка до здачі	11.06.2021	Виконано

Студент _____

Александрова Д. С.

Науковий керівник _____

Вишнеvsька Ю. П.

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломного проекту має обсяг в 54 аркуші, містить 10 рисунків, 5 таблиць.

Потенціал природної енергії, який може бути ефективно перетворений тепловими насосами в тепло для опалення - невичерпний. Тепло в сприйнятті більшості людей визначається швидше як почуття, ніж величина, яка вимірюється. Ми відчуваємо тепло сонячного дня або тепло обігрівач приміщення вашого житла в протилежності зимового холоду зовні. Але з фізичної точки зору це не зовсім холод, тому що абсолютним нулем прийнято вважати величину рівну $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а до цієї межі теплової енергії ще зберігається. Тепловими насосами ми можемо ефективно використовувати це низькопотенційне тепло.

Також, наявність газового котла, який би сучасний та ефективний він не був би не може суттєво вплинути на кількість витрачаємого палива, та як наслідок, ціну за енергію.

Тому в проекті було наведено розрахунок основних показників теплових втрат та потреб для мешканців індивідуального житлового будинку.

З розрахунків обрано відповідний тепловий насос, який забиратиме теплоту від землі, що значно зменшить споживання паливних продуктів, і, як наслідок, знизить собівартість теплової енергії.

ABSTRACT

The text part of the diploma project has a volume of 54 sheets, contains 10 figures, 5 tables.

The potential of natural energy that can be efficiently converted by heat pumps into heat for heating is inexhaustible. Warmth in the perception of most people is defined more as a feeling than a quantity that is measured. We feel the warmth of a sunny day or the heat heats the room of your home as opposed to the winter cold outside. But from a physical point of view it is not quite cold, because the absolute zero is considered to be equal to $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$, and to this limit thermal energy is still stored. With heat pumps we can effectively use this low-potential heat.

Also, the presence of a gas boiler, no matter how modern and efficient it may be, cannot significantly affect the amount of fuel consumed and, as a consequence, the price for energy.

Therefore, the project calculated the main indicators of heat loss and needs for residents of an individual house.

An appropriate heat pump was selected from the calculations, which will remove heat from the ground, which will significantly reduce the consumption of fuel products and, as a result, reduce the cost of thermal energy.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.....	11
1.1 Вивчення сучасного стану застосування теплових насосів.....	12
1.2 Принцип роботи теплового насосу.....	18
1.3 Види джерел енергії теплових насосів.....	21
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ.....	25
2.1 Опис об'єкта.....	26
2.2 Кліматологічні дані для м. Донецька.....	26
2.3 Вихідні дані.....	27
2.4 Втрати теплоти через огорожувальні конструкції.....	28
2.5 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій.....	31
2.6 Визначення площ огорожувальних конструкцій.....	34
2.7 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції....	36
2.8 Середня та річна витрати теплоти на опалення.....	37
2.9 Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	38

					<i>ЕД 7101.141. ДП</i>			
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Разраб		Александрова			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Вишневіська					7	54
Реценз.						ФЕА, ЕД-71		
Н. Контр.		Головко В.М.						
Затв.		Будько В.І.						

2.10 Розрахунок системи ГВПЗ9

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	41
3.1 Вибір теплового насоса.....	42
3.2 Вибір накопичувального баку.....	44
3.3 Вибір колектора.....	46
3.4 Прокладка поверхневого колектораро.....	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання.....	49
4.2 Електробезпека.....	49
4.3 Пожежна безпека.....	50
Загальні висновки.....	53
Список літератури.....	54

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

ГВП – гаряче водопостачання;

ТН – тепловий насос;

ТНУ – теплова насосна установка;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Споживання енергії в нашій країні кожного року впевнено зростає, на теплозабезпечення будівель і споруд, що експлуатуються в Україні, приходится близько 30% вироблюваної теплоти. Тому питанням проектування і експлуатації систем опалення і ГВП в Україні приділяється особлива увага.

Система опалення застосовується для підтримання комфортного для людини клімату всередині приміщення, що дуже важливо для здоров'я і активної діяльності людини. Система опалення виконує санітарно-гігієнічну функцію. Вона призначена для створення, підтримки або зміни за заданою програмою параметрів кліматичних умов всередині приміщення.

В останні десятиліття розширюється використання автономних систем теплопостачання, які обслуговують один будинок або невелика їх кількість. При цьому для приготування теплоносія можливе використання, як електроенергії, так і безпосереднє спалювання палива, рідкого і газоподібного. Сучасні котли, ефективність застосування яких складає 92-95%, незначні втрати в теплових мережах, можливості автоматичного регулювання. Однак перспективно застосовувати теплові насоси для забезпечення системи опалення та ГВП, що володіють високими екологічними показниками порівняно з котлами на твердому паливі. Незаперечною перевагою теплових насосів є відсутність камери згорання. Іншими словами, для виробництва теплоти не потрібно спалювання викопного палива. Тепловий насос, як правило, використовує низькопотенційні джерела енергії для виробництва теплоти.

					<i>ЕД 7101.141. ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб</i>		<i>Александрова</i>			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Вишневіська</i>					10	54
<i>Реценз.</i>						ФЕА, ЕД-71		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Будько В.І.</i>						

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

					<i>ЕД 7101.141. ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разраб</i>		<i>Александрова</i>					11	54
<i>Керівник</i>		<i>Вишнеєвська</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Зав.</i>		<i>Будько В.І.</i>						
						ФЕА, ЕД-71		

різниця становила 2,7. Звичайно, за таких умов проекти з використанням дорогої технології теплових насосів з точки зору окупності первинних інвестицій не були привабливими ні для приватних інвесторів, ні для уряду.

З одного боку, зміни в паливно-енергетичному секторі України в останні роки сприяють використанню ТН. За підрахунками вітчизняних та міжнародних експертів, ціна на викопне паливо в Україні суворо зростає, значно випереджаючи зростання цін на електроенергію.

Згідно з прогнозом експертів Світового банку, ціна на природний газ в Україні в 2011 році була оголошена на рівні 250 доларів США/тис. м³ і до 2017 року зросла до 312,5-438,0 доларів США/тис. м³. З іншого боку, поточні переговори з Росією щодо додаткових знижок на газ опосередковано негативно впливають на прийняття рішення про придбання теплових насосів, оскільки погіршують правильну реалізацію техніко-економічного обґрунтування раціональності реалізації проектів.

Ще однією об'єктивною причиною, яка спричинила труднощі із впровадженням енергозберігаючих технологій ТН в Україні, є той факт, що розвиток теплопостачання в містах України пов'язаний з центральним опаленням та когенерацією центрального опалення. Фінансування окремих систем теплопостачання та холоду здійснювалось за залишковим принципом. Безперечно, що комбіноване виробництво електричної та теплової енергії на тепловій електростанції або теплопостачання від великих сучасних котелень є термодинамічно найбільш ефективним способом використання первинного енергетичного палива для комунальних потреб з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Однак до 60% українського населення мешкає у сільській місцевості, невеликих містах, селах, віддалених від централізованих тепломереж, і тут для опалення та гарячого водопостачання часто використовуються індивідуальні малопотужні теплогенератори на твердому

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

або рідкому паливі. Для більш зручного використання газоподібного палива людям часто доводиться платити за дозволи та за будівництво місцевих газопроводів.

Ці витрати перевищують вартість впровадження ТН.

Третя причина полягає у відсутності широкого кола юридичних документів для ТН, включаючи документи, які регулюють взаємодію міської структури управління енергетикою, фінансових установ (комерційні банки, інвестиційні фонди тощо) та виробників енергії з питань взаємних платежів за виробляється тепло з використанням ТН та фінансування.

В Україні практично відсутня державна підтримка застосування технології теплових насосів.

Це четверта проблема впровадження ТН.

Нещодавно в цьому напрямку були зроблені заохочувальні кроки, коли на урядовому, муніципальному та регіональному рівнях розпочато розробку інноваційних проектів із застосування ТН у системі тепlopостачання та гарячого водopостачання муніципальних ділянок, формуванні стимулів впровадження, питання щодо зменшення податків на імпортовану продукцію для енергозберігаючих технологій ТН та нового статусу надходження та розподілу прибутку, отриманого від впровадження. Вирішення цих питань зробило б технологію теплових насосів більш привабливою для інвесторів та споживачів. Реалізація 20-30 пілотних демонстраційних проектів у різних регіонах країни за державної підтримки стала б найкращою рекламою для їх широкого впровадження.

П'ята причина проблемного впровадження НР в Україні - відсутність достатньої кількості проектних, монтажних та сервісних компаній, що мають достатній досвід. При цьому очікуване щорічне зростання на ринку

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

впровадження ТН оцінюється як мінімум на 70-80% протягом наступних двох - трьох років.

Сотні українських фірм готові виконати роботи з проектування, постачання та монтажу теплових насосів без великого практичного досвіду та кваліфікованих фахівців у цій галузі.

Згідно з оцінкою на основі кількості фактично впроваджених систем теплових насосів з встановленою тепловою потужністю понад 20 кВт, кількість фірм, які заявили про своє бажання встановити теплові насоси (на основі результатів пошуку в Інтернеті) перевищує більш ніж у 3-4 рази кількість фірм, які мають один або кілька оперативно завершених проектів. Виникає така ситуація, яка може призвести до дискредитації ідеї використання теплових насосів. Тому актуальним питанням для конкурентоспроможного впровадження технології теплових насосів в українську економіку є питання наукових досліджень, пов'язаних з оптимізацією схеми теплових насосних систем в системах тепlopостачання та холоду з вибором обладнання та раціональними режимами його роботи, розробки посібників та рекомендацій для місцевих дизайнерів, монтажних та сервісних компаній.

Експерти мають єдину думку: сьогодні в Україні формується сприятлива ситуація щодо застосування технології теплових насосів як у зв'язку з наближенням українських цін на енергоносії до світових, так і у зв'язку з підвищеною увагою з боку уряду, громадськості та інвесторів до теплових насосів . Водночас слід підкреслити, що з огляду на переваги технології теплових насосів, не компетентно робити спокусливий висновок щодо повної заміни ними традиційних теплогенераторів. Існують зони раціонального використання опалення деревиною та зони раціонального тепlopостачання атомних теплових електростанцій. А для конкретного користувача зона

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

доцільного впровадження тієї чи іншої форми опалення визначається лише на основі ретельно проведеної техніко-економічної оцінки.

Підвищена енергоефективність теплових насосних систем за останні роки дозволяє нам знаходити раціональні рішення впровадження теплових насосів. Аналіз розроблених проектів дозволяє виділити сфери конкурентних додатків.

1. В першу чергу це системи HVAC в місцях, де багато людей (криті басейни, спортивні комплекси, концертні зали, торгові центри, великі супермаркети). Традиційні схеми теплопостачання та холодопостачання з роздільним використанням котлів та кондиціонерів, як правило, є енерговитратними. Відновлення величезної кількості відпрацьованого тепла за допомогою теплових насосів дозволяє критому басейну, наприклад, вирішити проблему енергозбереження за рахунок нагрівання та сушіння, нагрівання вентиляційного повітря взимку та його охолодження влітку, нагрівання води в басейні. Прикладом такого рішення може служити система, розроблена і впроваджена в критому басейні спортивного клубу "Нефтяник, м. Ахтірка, Сумська область в 1998 р. Рекуперація тепла вентиляційними викидами з використанням рекуператора" повітря в повітря "дозволила зменшити у вісім разів більше пікова потреба теплової енергії та усунення корозійного руйнування бетону та будівельних конструкцій. Період успішної роботи системи становить більше 15 років; первинний термін окупності інвестицій - 18 місяців. Дуже перспективним є використання теплових насосів у системах кондиціонування повітря протягом року, системах опалення та вентиляції в торгових центрах, включаючи використання рекуперації гарячої води влітку.

Зараз такі проекти знаходяться на стадії реалізації. У той же час попередні розрахунки показують, що взимку лише для опалення та вентиляції

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

можна досягти зниження експлуатаційних витрат на 50-70% порівняно зі звичайними системами.

2. Індивідуальне опалення, вентиляція та кондиціонування повітря житлових, соціальних, офісних будівель, розташованих подалі від систем центрального опалення та газопроводу (будинків, шкіл, дитячих садків, лікарень тощо). Система опалення приміської станції на станції Залютіно, м. Харків була модернізована в 2006 році. Вугільні котли загальною потужністю 50 кВт замінено геотермальним тепловим насосом потужністю 38,6 кВт з електронагрівачем 12 кВт. Система успішно працює в автоматичному режимі, зменшуючи щорічні експлуатаційні витрати з 17 000 доларів США до 4500 доларів США. Крім того, встановлене обладнання дозволяє кондиціонувати повітря в спекотне літо і забезпечує гарячу воду до станції круглий рік. До модернізації таких переваг не було. Окупність модернізації становила 2 роки 6 місяців. Крім того, початкові капітальні витрати для поточної системи були майже вдвічі нижчими порівняно з витратами на планове встановлення газової системи опалення.

3. Сьогодні теплові насоси користуються попитом на розкішному котеджному будівництві. Таке впровадження збільшується, і вони приносять реальну економію власникам. Основним фактором, що обмежує широке впровадження теплових насосів на цих ділянках, є їх висока вартість. Терміни окупності теплових насосів для побутових систем становлять від семи до дев'яти років, для промислових систем - три або п'ять років. Для власників будинків у південних регіонах країни, де можна використовувати відносно недорогі та прості в монтажі теплові насоси, які використовують навколишнє повітря як джерело, буде найдешевшим. Наприклад, їх використання в Кримському регіоні дозволить виробляти необхідну кількість тепла навіть взимку до температури навколишнього повітря -6 °С за моновалентною схемою. Мешканцям прохолодних регіонів доведеться вибирати між більш

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дорогими геотермальними та водяними тепловими насосами або застосуванням двовалентних контурів з електричним або газовим котлом.

4. На сьогодні використання теплових насосів для індивідуального та централізованого постачання гарячої води представляє практичний інтерес для численних промислових та комунальних об'єктів в Україні. Фактичне споживання газу для постачання гарячої води оцінюється у 3 мільярди кубічних метрів газу. Як приклад, шляхом реалізації теплової насосної системи гарячого водопостачання сучасних висотних енергоефективних будівель за рахунок рекуперації тепла викидів, стічних вод та тепла ґрунту або атмосферного повітря за допомогою теплових насосів щорічні витрати енергоресурсу на воду опалення може бути зменшено на 45% (Васильєв Г.В., 2008).

5. Реалізація проектів теплових насосних систем опалення з використанням тепла стічних вод як низькопотенційного джерела енергії для теплових насосів у таких містах, як Зеленоград (більше шести років експлуатації), Полтава, Краматорськ вказують на можливість отримання коефіцієнтів трансформації COP 4-4,5 і вище. В даний час в Україні реалізується низка нових проектів у цьому напрямку

1.2 Принцип роботи теплового насосу

Вже давно відомо, що тепло передається мимовільно від більш гарячого предмета до того, що холодніше. Це було закріплено в одному з формулювань другого закону термодинаміки. Для того щоб передати тепло в зворотному напрямку, потрібно затратити роботу. Для цих цілей і служить тепловий насос. Для його роботи потрібна енергія. Кількість енергії, що витрачається тим більше, чим більше різниця температур між середовищами, які беруть участь в цьому процесі.

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Конструкція самого простого теплового насоса включає в себе 2 теплообмінника. Один з них називається випарник, а другий — конденсатор. У випарнику підтримується температура нижче того середовища, у якій відбирається тепло. У ролі такого середовища може бути вода, ґрунт, повітря, інше. В результаті тепло переходить до холодоагенту, що має більш низьку температуру. Конденсатор має температуру вище температури того середовища, від якого повинно бути передано тепло. Цим середовищем, а точніше тілом, є система опалення. Різниця температур між випарником і конденсатором забезпечується завдяки холодоагенту, що циркулює між ними. Він може змінювати свій фазовий стан, переходити з рідкого стану в газоподібний в залежності від рівня тиску.

У ролі холодоагентів використовуються легкокиплячі хімічні речовини, які при певному тиску в компресорі переходять з рідкого в газоподібний стан і навпаки. Компресор в складі теплового насоса є основним споживачем електричної енергії. Якщо трохи заглибитися в теорію, то можна сказати наступне: рух молекул в будь-якій речовині припиняється тільки при абсолютному нулі. Але якщо температура відрізняється від цього значення, то молекули рухаються і у цього середовища можна забрати тепло і перемістити його в інше тіло або середу.

Більшість використовуваних сьогодні теплонасосів є парокompресійними.

Є також такі різновиди, як електрохімічні, термоелектричні, абсорбційні.

Роботу теплових насосів, як правило, характеризують за величиною коефіцієнта трансформації енергії ($K_{тр}$), який визначається за формулою:

$$K_{тр} = T_{вих} / (T_{вих} - T_{вх}), \text{ де:}$$

$T_{вих}$ - температура на виході насоса;

$T_{вх}$ - температура на вході насоса.

Тобто, $K_{тр}$ - це співвідношення тепла, яке йде в систему теплопостачання, до енергії, яка витрачається на забезпечення функціонування теплового насоса. В реальності коефіцієнт $K_{тр}$ відрізняється від того, що розраховується за цією формулою. Різниця дорівнює величині коефіцієнта h , який враховує енергетичні втрати і ступінь термодинамічної досконалості. Енергія також витрачається на забезпечення роботи запірної арматури, насосів, керуючих схем, іншого.

Принцип роботи ТН показаний на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Принцип роботи теплового насоса

Хладагент, що міститься в замкненому контурі, рухається по трубопроводу. Відбираючи енергію від джерела енергії хладагент закипає і рухається вздовж трубопровода до компресора (працює з підведенням електроенергії). Компресор стискає хладагент, внаслідок підвищення тиску збільшується і температура. Далі гарячий газ потрапляє до конденсатора, де

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

віддає теплоносію (воді), і зкраплюється. Далі хладагент проходить через редуційний клапан, тиск при цьому знижується. Опинившись в випарнику хладагент завершив цикл і готовий повторити усі процеси знов.

1.3 Види джерел енергії теплових насосів

Джерелом енергії для теплового насосу може виступати енергія повітря, води або ґрунту. ТН збирають низькопотенційне тепло, що знаходиться поруч з вашим будинком для того, щоб потім використати його з користю в середині.

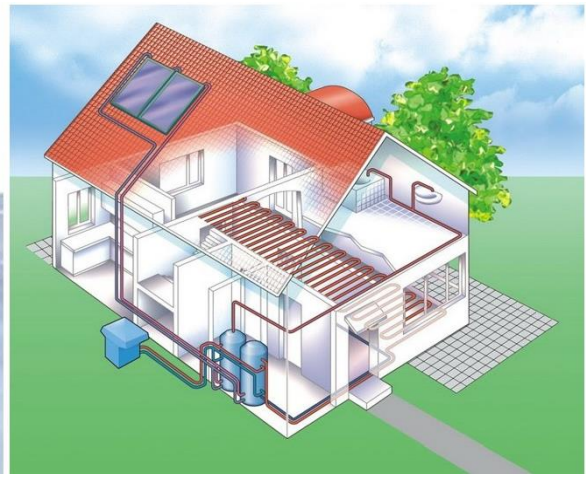
В нинішній час, теплові насоси, що використовують в якості джерела енергії повітря вважаються найпоширенішими (рис. 1.26),

За останні роки технологія теплових насосів повітряного джерела вдосконалилася, завдяки чому зараз вона пропонує законну альтернативу опаленню приміщення в холодних регіонах.

Для будинків без повітропроводів теплові насоси із джерелом повітря також доступні у безпроводній версії, яка називається міні-спліт-тепловим насосом. Крім того, спеціальний тип ТН з джерелом повітря, який називається «охолоджувач із зворотним циклом», генерує гарячу та холодну воду, що дозволяє використовувати його з променевими системами теплої підлоги в режимі опалення.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Використання тепла водойми і навколишнього повітря

Геотермальні: ґрунтові (рис. 1.3а,б) або водні (рис. 1.2а). Теплові насоси досягають більш високої ефективності завдяки передачі тепла між вашим будинком і землею або сусіднім джерелом води. Незважаючи на те, що їх встановлення коштує дорожче, геотермальні теплові насоси мають низькі експлуатаційні витрати, оскільки використовують переваги відносно постійної температури ґрунту або води. Геотермальні (або наземні) теплові насоси мають деякі основні переваги. Вони можуть зменшити споживання енергії на 30% -60%, контролювати вологість, міцні та надійні, і вміщуються в найрізноманітніших будинках. Чи підходить вам геотермальний тепловий насос, буде залежати від розміру вашої ділянки, надр та ландшафту. Теплові насоси із землею або водою можна використовувати в більш екстремальних кліматичних умовах, ніж теплові насоси із джерелом повітря, і задоволеність споживачів системами дуже висока.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а)

б)

Рисунок 1.3 – Використання тепла землі

Підсумуємо:

1. Широкому поширенню ТНУ в світі сприяє зростання цін на енергоресурси, законодавства з енергоефективності, екологічні законодавства, вимоги щодо зниження викидів парникових газів. Компанії, що продають ефективні і екологічно чисті теплонасосні установки, користуються податковими пільгами, а організації та домовласники, які купують це обладнання, отримують дотації, субсидії, пільгові кредити. В Україні, де впровадження теплонасосних технологій поки не є державною політикою, їх застосування не підкріплюється жодним економічним стимулюванням.

2. Присутність на українському ринку великої кількості імпортерів теплонасосної техніки ще не дає ніяких гарантій по її належному застосуванню, особливо якщо ми будемо черпати відомості про їх експлуатацію лише з барвистих рекламних проспектів. З іншого боку нам не потрібно починати з того, що весь світ пройшов протягом останніх 50 років. Доступ до світового досвіду і його критичний аналіз фахівцями, науково-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

технічний супровід поки ще нечисленних експлуатованих теплонасосних систем, узагальнення отриманих результатів по режимам роботи, схемним рішенням і вибору обладнання у вітчизняних умовах - обов'язкова умова успішного впровадження теплонасосних технологій в Україні.

3. Досвід і помилки впровадження ТНУ показали шляхи їх раціонального використання. Рішення проблеми енергозбереження в ЖКГ можливо лише при синхронізації термомодернізації будівель і генерації теплової енергії тепловими насосами.

4. Приклади раціонального застосування теплонасосних технологій не тільки за кордоном, але і на об'єктах ЖКГ України показує доцільність їх впровадження для гарантування енергетичної незалежності та ефективності вітчизняної економіки.

5. Широке впровадження теплонасосної технологій стримується через перекіс цін на теплову та електричну енергію, відсутність необхідних нормативно-законодавчої бази і інвестиційного клімату, а найголовніше через недостатню підтримку державних і регіональних органів влади впровадження даної інноваційної технології.

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

**РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ І
ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ**

ЕД 7101.141. ДП

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Разраб		Александрова			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Вишнеєвська				25	54
Реценз.					ФЕА, ЕД-71		
Н. Контр.		Головко В.М.					
Зав.		Будько В.І.					
					РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ		

2.1 Опис об'єкта

В якості об'єкта в проекті розглянуто будівлю без хозблоку та підвалу, загальна площа якого становить — 113,77 м²:

- площа житлових приміщень — 65,29 м²;
- площа тераси і ганку — 19,87 м²;
- висота поверху (від підлоги до стелі) – 2,70 м;
- кількість поверхів – 1.

Стельове перекриття складається з залізобетонних панелей 210 мм, цементної стяжки 50 мм та утеплювача – мінераловатних матів.

Стіни складаються з наступних матеріалів: залізобетон товщиною 200 мм, утеплювач - пінополіуретан, та штукатурка вапняна товщиною 10 мм.

Вікна у будівлі мають тип двокамерних склопакетів.

Опалення реалізується через оснащення домівці теплою підлогою.

План поверху наведено на рис. 2.1.

2.2 Кліматологічні дані для м. Донецька

Тривалість опалювального періоду: $n_{оп} = 187$ діб.

Середня температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{p.o} = -22$ °С – найменша температура навколишнього середовища за опалювальний період, на яку розраховується система тепlopостачання, визначається згідно ДБН В.2.6-31:2016, Додаток В, табл. В.4.

Температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 20$ °С.

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

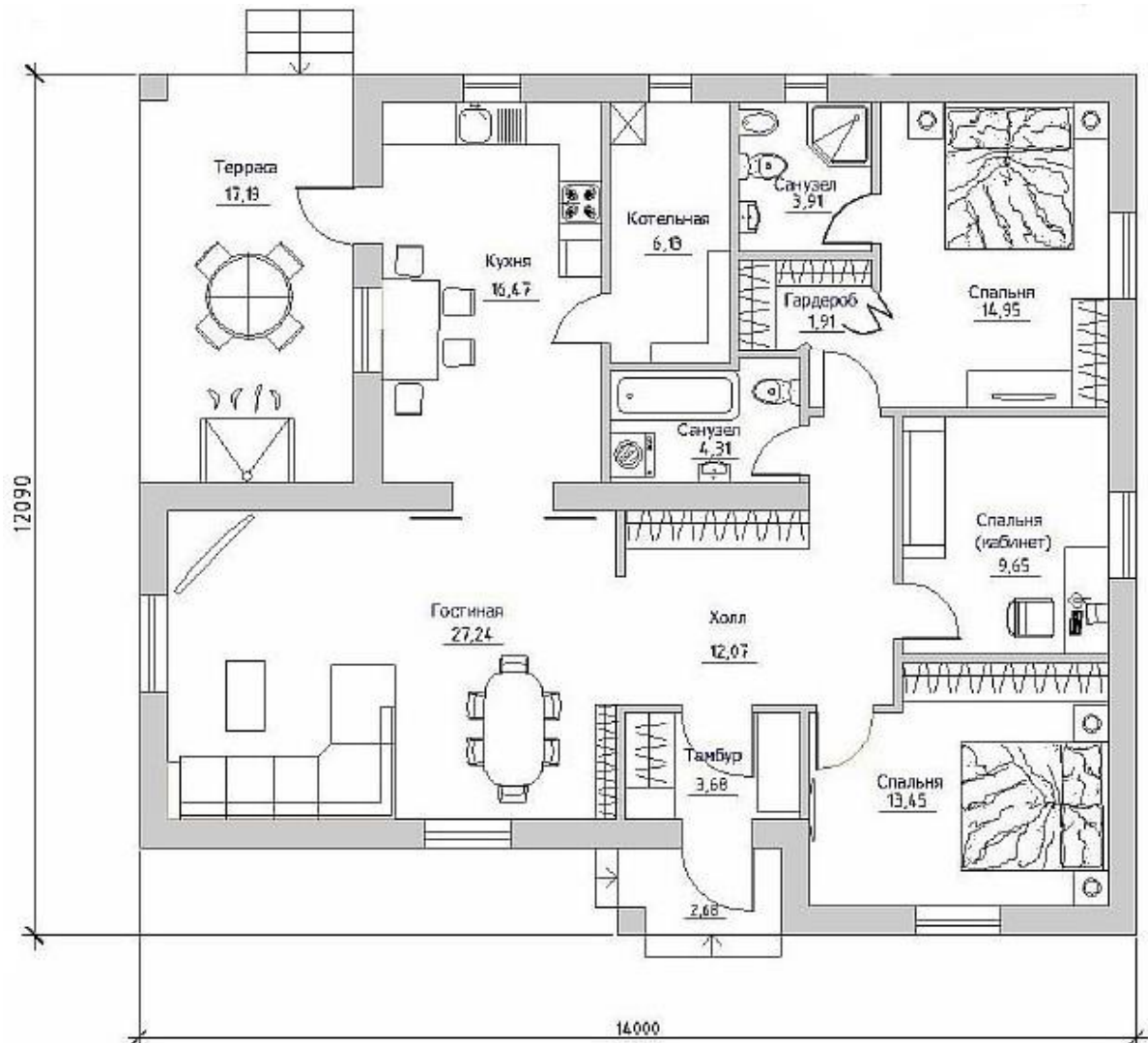


Рисунок 2.1 – План першого поверху

2.3 Вихідні дані

Коефіцієнти тепловіддачі визначаються згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б.

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішніх поверхонь стін $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни до оточуючого повітря $\alpha_z = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Коефіцієнти теплопередачі визначаються згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток А, табл. А.1.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

елемента окремо за формулою:

$$Q_{ог.і} = \left(\frac{1}{r_i}\right) F_i \Delta t_i (1 + \sum \beta)_i n_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт;

F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м²;

Δt_i – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу ($n = 1$ для всіх зовнішніх стін даного будинку);

$\sum \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

Термічний опір теплопередачі:

$$r = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}, \quad (2.2)$$

де $\alpha_{вн} = 8,7$ та $\alpha_з = 23$ Вт/(м²·К) – коефіцієнти тепловіддачі від внутрішньої та зовнішньої поверхні стіни до оточуючого повітря;

δ_i та λ_i – товщина (м) та теплопровідність (Вт/(м·К)) матеріалів окремих шарів огорожень.

Поверхні F_i зовнішніх стін визначаються за зовнішніми розмірами, поверхні вікон – за розмірами у світлі, поверхні перекриття (підлоги) – за внутрішніми розмірами.

Різниця температур Δt_i визначається за наведеними нижче

Для вертикальних та похилих огорожувальних конструкцій при розрахунковій швидкості зовнішнього повітря (в січні) $\Sigma\beta = 0,05$.

2.5 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій

Термічний опір зовнішніх стін розраховується за формулою (2.2):

$$r_{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,4} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,25 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі для стін рівний:

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{r_{\text{ст}}} = \frac{1}{3,25} = 0,31 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Термічний опір покрівлі розраховується за формулою (3.2):

$$r_{\text{покрів}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,21}{2,04} + \frac{0,035}{0,26} + \frac{0,2}{0,05} + \frac{1}{23} = 4,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі для покрівлі рівний:

$$K_{\text{покрів}} = \frac{1}{r_{\text{покрів}}} = \frac{1}{4,4} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Площа підлоги, що розташована на ґрунті, поділяється на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м (для першої, другої та третьої зон, а для четвертої – все, що залишилося). На рис. 2.2 показана компоновка приміщення та його розміри. Виходячи з них, а також з рис. на якому вказані теплові зони будинку була розрахована площа для першої, другої та третьої зони відповідно F1, F2, F3. В нашому випадку четверта зона відсутня.

- для першої зони – $r_1 = 2,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$;
- 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 – $r_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.

Таким чином, для неутепленої підлоги:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{F_1}{r_{(yn)1}} + \frac{F_2}{r_{(yn)2}} + \frac{F_3}{r_{(yn)3}} + \frac{F_4}{r_{(yn)4}}, \quad (2.3)$$

Наявність утеплювача, що має теплпровідність $\lambda_{y \leq 1,163 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ робить підлогу умовно утепленою. Через це розраховуємо термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги за формулою:

$$r_{(yn)i} = r_{(нп)i} + \sum \frac{\delta_{yi}}{\lambda_{yi}} \quad (2.4)$$

де δ_{yi} та λ_{yi} – товщина, м, та теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, окремих шарів утеплювача відповідно.

Враховуючи всі складові підлоги в табл. 2.2 проводимо розрахунок втрат теплоти через підлогу.

Таблиця 2.2 – Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для підлоги першого поверху

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	δ , мм
Плитка керамічна	1,5	12
Система теплої підлоги в мокрій стяжці	1,51	60
Пароізоляція	0,04	2

Утеплювач	0,037	100
Пароізоляція	0,04	2
Чорнова стяжка	1,51	100
Утеплюючий керамзит	0,16	300
Будівельний пісок з вологістю 10%	0,97	150

Для першої зони:

$$r_{(уп)1} = 2,15 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} =$$

$$= 7,06 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$r_{(уп)2} = 4,3 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} =$$

$$= 9,21 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$r_{(уп)3} = 8,6 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} =$$

$$= 13,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Таким чином, підставляючи отримані термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги в формулу (2.3), отримаємо величину $\sum \frac{F_i}{r_i}$, Вт/К, для підлоги:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{41,96}{7,06} + \frac{44,39}{9,21} + \frac{8,29}{13,51} = 11,38 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

2.6 Визначення площ огорожувальних конструкцій

Розрахуємо загальну площу вікон:

- 120 см x 150 см S = 1,8 м² – 6 шт.;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

- 800 см x 150 см $S = 1,2 \text{ м}^2 - 1 \text{ шт.};$
- 600 см x 150 см $S = 0,9 \text{ м}^2 - 2 \text{ шт.}$

Загальна площа вікон:

$$F_{\text{вік}} = 1,8 \cdot 6 + 1,2 + 0,9 \cdot 2 = 13,8 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо площу зовнішніх дверей:

- 100 см x 230 см $S = 2,3 \text{ м}^2 - 1 \text{ шт.}$

Загальна площа дверей:

$$F_{\text{д зовн}} = 2 \cdot 2,3 = 2,3 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо площу металопластикових дверей:

- 800 см x 230 см $S = 1,84 \text{ м}^2 - 1 \text{ шт.}$

Загальна площа дверей:

$$F_{\text{д балк}} = 1,84 \text{ м}^2.$$

Загальна площа зовнішніх стін розраховується за формулою:

$$F_{\text{ст}} = P \cdot H - F_{\text{вік}} - F_{\text{дв зовн}} - F_{\text{дв балк}}, \quad (2.5)$$

де P – зовнішній периметр будинку, м;

H – висота поверху.

$P = 52,1 \text{ м}$ (з плану будинка);

$H = 2,7 \text{ м}$ (з плану будинка).

Загальна площа стін дорівнює:

$$F_{\text{ст}} = 52,1 - 13,8 - 2,3 - 1,84 = 34,16 \text{ м}^2.$$

Загальна площа даху дорівнює загальній площі:

$$F_{\text{покрів}} = 86,64 \text{ м}^2.$$

2.7 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти через вікна:

$$Q_{\text{вік}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}; \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{вік}} = 2,08 \cdot 13,8 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,21 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через зовнішні та балконні двері:

$$Q_{\text{дв}} = (K_{\text{дв.зовн}} \cdot F_{\text{дв балк}} + K_{\text{дв.балк}} \cdot F_{\text{дв балк}}) \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}; \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{дв,вор}} = (1,9 \cdot 2,3 + 1,67 \cdot 1,84) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,01 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через підлогу для панельного опалення:

$$Q_{\text{під}} = \sum \frac{F_i}{r_i} \cdot (t_{\text{л}} - t_{\text{р.о}}) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

де $t_{\text{л}}$ – це логарифмічний температурний напір:

$$t_{\text{л}} = \frac{t_{\text{под}} - t_{\text{пов}}}{\ln \frac{t_{\text{под}}}{t_{\text{пов}}}}; \quad (2.9)$$

$$t_{\text{л}} = \frac{40 - 35}{\ln \frac{40}{35}} = 37,44 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$Q_{\text{під}} = 11,38 \cdot (37,44 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,68 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через зовнішні стіни:

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}; \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{ст}} = 0,31 \cdot 34,16 \cdot 42 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,47 \text{ кВт.}$$

Втрати теплоти через покрів:

$$Q_{\text{покрів}} = K_{\text{покрів}} \cdot F_{\text{покрів}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}; \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{гор}} = 0,23 \cdot 86,64 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ кВт.}$$

Загальні втрати теплоти будинку через огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{ог}} = Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{під}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{покрів}}; \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{ог}} = 1,21 + 0,01 + 0,68 + 0,47 + 0,84 = 3,21 \text{ кВт.}$$

2.8 Середня та річна витрати теплоти на опалення

Середня витрата теплоти на опалення розраховується за формулою:

$$Q_o^{\text{ср}} = Q \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}, \quad (2.13)$$

де $t_{\text{ср.о}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період. Для Донецька $t_{\text{ср.о}} = -0,9^{\circ}\text{C}$.

$$Q_o^{\text{ср}} = 3,21 \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-22)} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Річна витрата теплоти на опалення, кВт·год/рік:

$$Q_o^{\text{річ}} = Q_o^{\text{ср}} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24, \quad (2.14)$$

де $n_{\text{оп}}$ – тривалість опалювального періоду, діб;

$Q_o^{\text{ср}}$ – середня витрата теплоти на опалення, кВт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$Q_o^{\text{річ}} = 1,6 \cdot 176 \cdot 24 = 6747,24 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

2.9 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

Середні витрати теплоти на гаряче водопостачання (ГВП) за опалювальний період розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = K_{\text{Т.П}} \cdot M_{\text{ГВ}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{Х.З}}), \quad (2.15)$$

де $K_{\text{Т.П}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від трубопроводів системи ГВП та витрати теплоти на опалення ванних кімнат, $K_{\text{Т.П}} = 1,2$;

$c_{\text{В}}$ – теплоємність води, $c_{\text{В}} = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$t_{\text{ГВ}}$ – температура гарячої води у споживача, $t_{\text{ГВ}} = 55^\circ\text{C}$;

$t_{\text{Х.З}}$ – температура холодної водопровідної води в зимовий час,

$t_{\text{Х.З}} = 5^\circ\text{C}$;

Величина масової витрати гарячої води визначається за формулою:

$$M_{\text{ГВ}} = \frac{m \cdot a}{24}, \quad (2.16)$$

де m – кількість людей, які використовують гарячу воду в будинку;

a – норма витрати гарячої води на одну людину за добу, $a = 90 \text{ кг}/\text{добу}$.

$$M_{\text{ГВ}} = \frac{3 \cdot 90}{24} = 11,25 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 3,13 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

За формулою (2.15) розрахуємо середні витрати теплоти на ГВП за опалювальний період:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 1,2 \cdot 3,13 \cdot 10^{-3} \cdot 4187 \cdot (55 - 5) = 786,32 \text{ Вт} = 0,79 \text{ кВт}.$$

Максимальні витрати теплоти на ГВП житлових та громадських будівель за опалювальний період складають:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}} = (2 \dots 2,4) \cdot Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 2,2 \cdot 0,79 = 1,74 \text{ кВт} \quad (2.16)$$

Результати розрахунків теплового навантаження на систему опалення та витрат теплоти на ГВП зведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Витрати теплоти на систему опалення та ГВП

Вид навантаження	Позначення	Величина, кВт
Витрати теплоти на опалення	Q_o	6,75
Витрати теплоти на ГВП	$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}}$	1,74
Загальні витрати	$Q_{\text{втр}}$	8,49

2.10 Розрахунок системи ГВП

Ефективність роботи ТН залежить від різниці температур між джерелом теплоти і бажаної кінцевої температури в системі. Чим менша різниця – тим більше ефективність насоса. Тому для досягнення максимальних показників нагріву води для ГВП в подавальному контурі підтримують температуру на граничному допустимому рівні. Це відбувається за допомогою збільшення площі поверхні теплообмінника.

Накопичувальний бак за призначення слугує для накопичення запасу води необхідної температури в тому об'ємі, якого буде вистачати користувачам в час-пік використання. Всі розрахунки проводяться згідно з потребами мешканців будинку, для якого обирається накопичувальний бак. Вибір, на сам перед, робиться на основі головного параметру – об'єму споживчої кількості води. Іноді розглядають такий параметр, як потужність теплообмінника, зазвичай цей параметр відіграє роль для бойлерів непрямого нагрівання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обов'язково розраховується витрата води для ранкових та вечірніх проміжків часу в різних точках водозбору. За час між цими періодами вода встигне нагрітися в повному обсязі.

Для розрахунків вважаємо, що температура води, яку використовують в середньому 40 °С, а підтримувана температура в накопичувальному баці підтримується на рівні 60 °С, температура води, яка поступає з мережі – 10 °С.

Приймаємо, що середня витрата води в душових $V_{\text{сер.душ}} = 12$ л/хв. У середньому мешканці будинку приймають душ $\tau = 5$ хв. Всього в будинку проживає $n = 3$ особи. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{сер.душ}} \cdot \tau \cdot n = 12 \cdot 5 \cdot 3 = 180 \text{ л.} \quad (2.17)$$

Приймаємо середню витрату води на миття посуду $V_{\text{сер.пос}} = 5$ л/хв. Час для миття посуду приймаємо $\tau = 5$ хв. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{пос}} = V_{\text{сер.пос}} \cdot \tau = 5 \cdot 5 = 25 \text{ л.} \quad (2.18)$$

Загальний об'єм використаної теплої води з температурою 40°C становить:

$$V_{\text{т.в.}} = V_{\text{душ}} + V_{\text{пос}} = 180 + 25 = 205 \text{ л.} \quad (2.19)$$

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

					<i>ЕД 7101.141. ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 3 ВБІР ОБЛАДНАННЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разраб</i>		<i>Александрова</i>					41	54
<i>Керівник</i>		<i>Вишнеєвська</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Будько В.І.</i>				ФЕА, ЕД-71		

3.1 Вибір теплового насоса

Сума опалювальних навантажень для опалення та приготування гарячої витратної води складає $\Sigma Q = 8,5$ кВт .

Для обліку планових періодів відключення подачі електроенергії місцевими підприємствами енергопостачання застосовується коефіцієнт проектування, який підвищує потужність приблизно на 10%. Тоді сумарна потужність, яку необхідно розвивати ТН, складе:

$$Q_{\text{ТН}} = 1,1 \cdot \Sigma Q = 1,1 \cdot 8,49 = 9,34 \text{ кВт}$$

У нашому випадку, для забезпечення максимального тепlopостачання та гарячого водопостачання прийнято обладнання: «Грунтовой тепловой насос IDM SW 10 COMPLETE» у кількості 1 комплект.



Рисунок 6 – Грунтовой тепловой насос IDM SW 10 COMPLETE

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Технічні характеристики теплового насосу:

Необхідний проток для ґрунт-вода:

з боку первинного контуру – 2,6 м.куб. / год;

з боку вторинного контуру - 1,85 м.куб. / год.

Таблиця 3.1 – Робочі характеристики

Тип теплового насоса	Робоча точка	Теплова потужність, кВт	COP	Електрична потужність, кВт
ґрунт-вода	B0/W35	10,58	4,80	2,20
	B5/W35	11,47	5,19	2,21

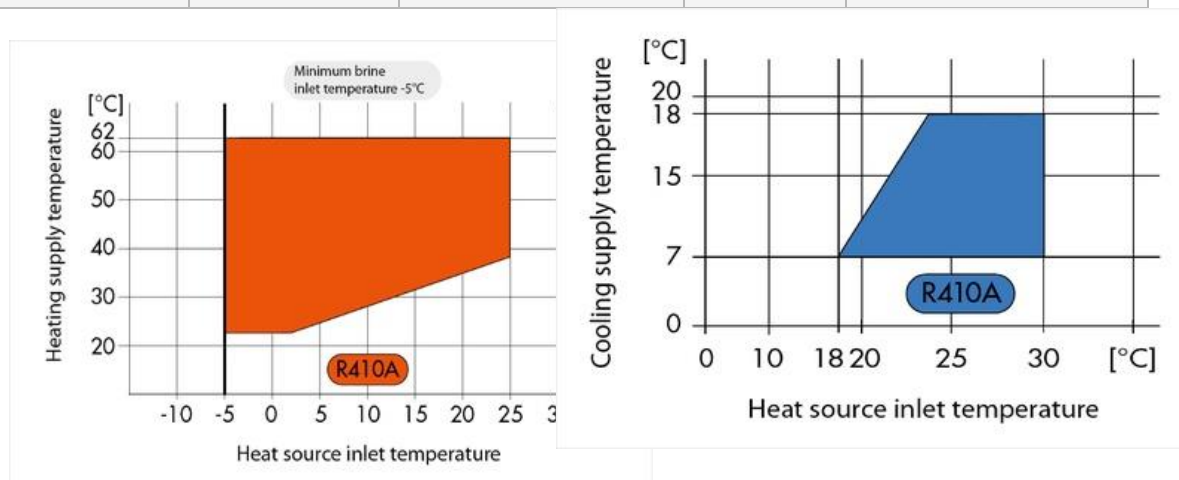


Рисунок 3.1 – Температурний діапазон на опалення для ґрунт-вода / температурний діапазон на охолодження для ґрунт-вода

Обладнання відповідає вимогам:

- ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. “Шум. Общие требования безопасности.”;
- ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования”.

- Параметри теплового насосу відповідають вимогам технічної документації виробника, згідно з ДСТУ EN255-3.

До основних переваг теплового насоса IDM SW 6 можна віднести:

- вбудований лічильник тепла;
- дистанційне керування через безкоштовний додаток для iOS, Android, Windows;
- 1 змішувальний / 1 прямий контур;
- погодозалежне управління опалювальними контурами;
- управління додатковим джерелом тепла;
- інтеграція з фотопанелями;
- управління геліосистемою;
- управління станцією проточного нагріву побутової води;
- підключення датчика вологості або реле точки роси для поверхневих систем охолодження.

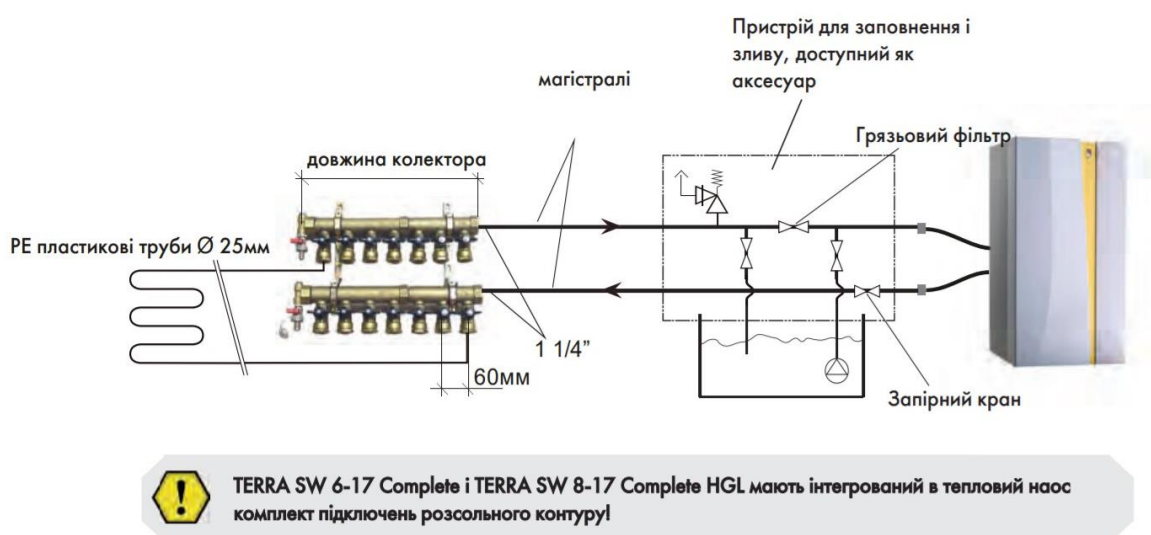


Рисунок 3.2 - План підключення

3.2 Вибір накопичувального баку

За знайденим об'ємом вибираємо накопичувальний бак – ємність гігієнік 300 (рис. 3.3). Технічні характеристики:

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- Корисний об'єм: 500 л.
- Діаметр з ізоляцією: 870 мм.
- Висота з ізоляцією: 1890мм.
- Вага ємності: 100 кг.
- Станція проточного нагріву: 25 л / хв. або 35 л / хв. з частотним керуванням.
- Разова продуктивність *: 341 л / 525 л.
* За умови початкового нагріву води в ємності +60 і виходу гарячої води + 45°C, температура холодної води на вході + 15°C.
- Підключення станції ГВС: 1 ".
- Підключення джерела тепла: 1 1/2 ".
- Патрубок для ТЕНа: 2 ".
- Діаметр без ізоляції: 650 мм



Рисунок 3.3 – Ємність гігієнік 500 л, 25-25 л/хв

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕД 7101.141. ДП

Аркуш

45

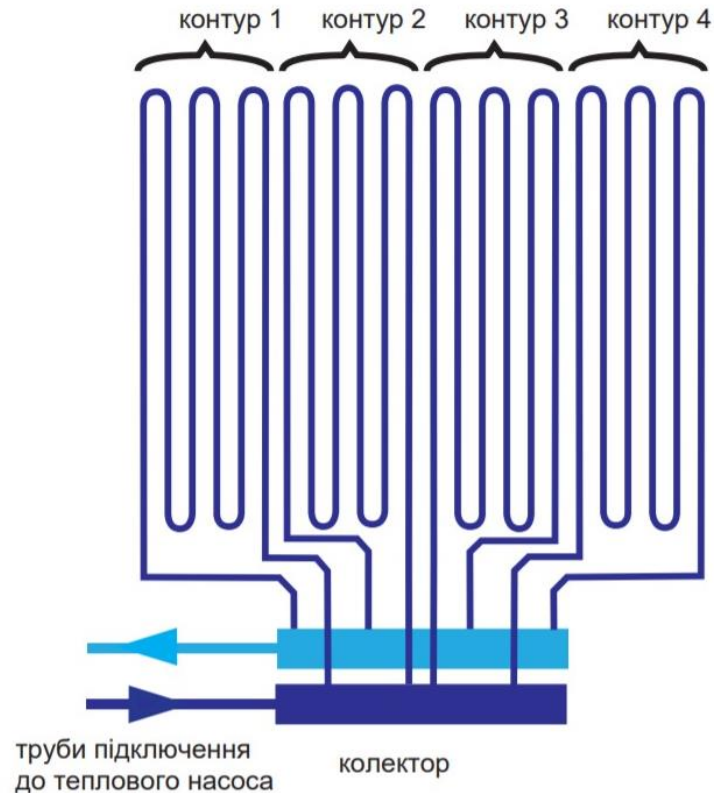


Рисунок 3.4 – Приклад поверхневого колектору

Для кращого відбору тепла від землі використовують спеціальні пластикові зонди, що мають голівки. Це зменшує необхідну кількість площі землі для монтажу контуру. Глибина і довжина свердловин залежить від потужності ТН. Діаметр складає 12,5 см. Розсіл – рідина, що циркулює в пластикових трубах. Теплообмінник виконаний з нержавіючої сталі.

Розширювальний бак розсолу і циркуляційний насос розсолу вбудовані в ТН. Комплект безпеки входить в комплект поставки пристрою для наповнення і зливу, доступного як аксесуар. Шланги, що з'єднують краще використовувати гнучкі для кращої шумоізоляції. Магістралі встановлюються на місці.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

					<i>ЕД 7101.141. ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разраб</i>		<i>Александрова</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Вишнеєська</i>					48	54
<i>Реценз.</i>						ФЕА, ЕД-71		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Будько В.І.</i>						

4.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання

Вимоги щодо монтажу основного обладнання

Усі основні планувальні рішення по теплому пункту було прийнято з урахуванням вимог ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі», у тому числі:

Під час монтажу усі трубопроводи ізолюються. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно схеми, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія.

Компоновка основного та допоміжного устаткування в приміщенні теплового пункту виконано згідно з нормативним документом.

1. Проектом теплового пункту передбачена монтажна (ремонтна) площадка.

2. Кожний водопідігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, відповідно вимогам.

3. Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у приміщенні теплового пункту.

4.2 Електробезпека

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися відповідно до паспортних даних, що визначають номінальні значення струму і напруги. Забезпечення техніки безпеки в силовому електроустаткуванні виконано вибором відповідного устаткування й апаратів.

Всі електромонтажні роботи виконувати в суворому відповідності з діючими будівельними нормами – ДБН В.2.5.24-2003 «Электротехнические

					ЕД 7101.141. ДП	<i>Аркуш</i>
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

устройства. Производство электромонтажных работ», ПУЭ з дотримання норм по охороні праці і техніки безпеки.

Електропостачання усіх технологічних токоприймачів теплового пункту здійснюється від загального щита автоматизації. Підключення цього щита до системи електропостачання та обладнання необхідно здійснити по місцю.

Блок управління насосами забезпечується наступними функціями: автоматичне відключення циркуляційного насосу у разі падіння тиску на вході насосу нижче встановленого; можливість ручного вмикання/вимикання насосу; автоматичне вмикання насосу після перерви в електропостачанні, а також інші функції, які детально описані в технічній документації на щит автоматизації.

Контролер блоку управління забезпечить можливість зв'язку з комп'ютером за допомогою інтерфейсу (RS-232, 485).

Основними споживачами електроенергії в тепло пункті є електродвигуни насосних установок та джерела штучного освітлення.

Електрообладнання живиться від мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю частотою 50Гц.

4.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення згідно з НАПБ Б07.005-86 відноситься до категорії Д (пожежобезпечні – негорючі речовини та матеріали у холодному стані). Джерелом пожежі може бути спалення електроізоляції кабелю при

короткому замиканні чи дії обслуговуючого персоналу, які порушують правила пожежної безпеки (використання відкритого вогню, куріння у недозволених місцях). Приміщення не відноситься до вибухонебезпечних, тому що тут не використовуються легкозаймисті речовини та немає умов для створення вибухонебезпечних сумішей.

Системи пожежної безпеки - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно – технічних засобів.

Системи пожежної безпеки мають запобігати виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не повинен бути меншим за 0,9 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної безпеки для людей не може перевищувати 10^{-6} впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Основні засоби попередження пожеж:

- застосування електрообладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної електробезпеки по ГОСТ 12.1.018-79;

- застосування захисту від короткого замикання на розподільчому щиті теплового пункту;

- Основні технічні рішення по системі протипожежного захисту теплопункту:

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

•згідно вимог ДБН В.2.5-13-98 для пожежної сигналізації застосовані пристрої УОТС-11, які працюють з димовими та тепловими датчиками. Датчики встановлено на стелі:

•передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники ОУ-5 згідно вимог ДСТУ 36 75-98 IS03941-77 та ГОСТ 7276-77, ящик с піском, щільна тканина, лопата. Вогнегасник розташовано біля входу у тепловий пункт;

•плавкі вставки запобіжників калібровані, з визначенням на клеймі номінального струму вставки;

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ВИСНОВКИ

Українські споживачі тепла починають розуміти, що впровадження теплових насосів - це не просто чергове оновлення звичайних теплогенераторів, а використання нових, високоефективних технологій перетворення та використання тепла з низьким потенціалом. Зростання цін на дефіцитне викопне паливо, вирішення проблем захисту навколишнього середовища від продуктів згоряння сприяють широкому впровадженню технології теплових насосів, особливо в житловому секторі національної економіки. Це дає надію, що протягом найближчих 10-15 років технологія теплових насосів увійде в український спосіб життя, а також сьогодні ми використовуємо комп'ютери, телевізори або пральні машини.

За результатами розрахунків об'єм накопичувального баку, необхідний для забезпечення потреб мешканців будинку – 205 л, витрати теплоти загалом складуть 8,5 кВт: 6,75 кВт на опалення та 1,75 кВт на гаряче водопостачання.

З розрахунків теплових потреб було обрано ґрунтовий теплової насос IDM SW 10 COMPLETE, накопичувальний бак гігієнік 500 л, 25-25 л/хв, наведені усі необхідні технічні характеристики. Розглянуто вибір колектора, спосіб прокладки поверхневого колектору.

В розділі охорони праці аналізуються шкідливі та небезпечні фактори під час користування основним обладнанням теплового насосу, приведено можливі ситуації попадання працівника під дію електричного струму та приведена оцінка безпеки. Щоб умови праці були безпечнішими, повинні проводитися спеціальні профілактичні заходи, наприклад, використання різних знаків безпеки «Обережно! Електрична напруга!», маркування частин обладнання й дотримання спеціального колоруювання.

					ЕД 7101.141. ДП	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Evolution of thermal pumps. Electronic magazine of power service company "Ecological Systems" [Evolyutsiya teplovyih nasosov. Elektronnyiy zhurnal energoservisnoy kompanii «Eko- logicheskie sistemyi»]. – No. 9, September, 2012.
2. Степанов, И.Р. / Перспектива применения теплонасосных установок в районах европейского севера России / И.Р.Степанов / Институт физико - технических проблем энергетики Севера. Апатиты, 1999.
3. Амерханов, Р.А./ Теплотехника: Учебник для вузов. / Р.А. Амерханов, Б.Х. Драгкнов. //– 2-е изд., перераб. И доп. – М.: 2006.
4. Рей, Д./ Тепловые насосы: Пер. с англ./ Д.Рей, Д.Макмайл //М.: Энергоиздат, 1982.
5. Эволюция тепловых насосов. Электронный журнал энергосервисной компании, «Экологические системы», № 9, сентябрь, 2012.
6. Обзор рынка тепловых насосов. Электронный журнал энергосервисной компании, «Города и здания», № 7, июль, 2013.
7. Пономарев А.Б., Атаманов А.А. Энергетические фундаменты/Строительная наука и техника.- 2008. -№4.
8. Brandi, H. Energy foundation and other thermo – active ground structures. Geotechnique 56. – 2006. - №2.
9. Brandi, H. Energy piles and diaphragm walls for heat transfer from and into the ground. Proceeding of the 3-th international Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger Piles. Ghent. Technical University, Vienna, Austria – 1998
10. Беляев Н.М. Термодинамика. - Киев: Вища школа, 1987
11. Шаповал В.Г., Моркляник Б.В., Шаповал А.В. О целесообразности использования грунтовых оснований в качестве накопителей тепла/Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 22. Полтава, 2008
12. Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, - 1975
13. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. - М.: Высш.шк., 1985.
14. Дыховичный Ю.А. и др. Справочник инженера-конструктора жилых и общественных зданий.-М.: Стройиздат, 1975