

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра електричної інженерії

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) О. Ю. Колларов
(ініціали, прізвище)
«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА

на тему Підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання
Improving the efficiency of the hot water supply system

Виконав: студент 3 курсу, групи ТЕПЗп-18
(шифр групи)

напряму підготовки 144 «Теплоенергетика»
(спеціальності)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Малтих Ігор Андрійович
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник Проф. д.т.н, доц., Тімошенко С. М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль:

(підпис) Любименко О. М.
02.06.2021
(дата)

Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)
02.06.2021
(дата)

Покровськ – 2021 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: (144) теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (Колларов О. Ю.)

« » _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Малтих Ігор Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: _____

Підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання

Improving the efficiency of the hot water supply system

керівник роботи Тімошенко Сергій Миколайович, док. техн. наук, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № 2

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2021 року.

3. Вихідні дані до роботи: Населений пункт с. Родинське, густина населення, кількість будинків,

сонячна інсоляція для с. Родинське, температура гарячої води та температура води в тепловій мережі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. теоретичний огляд сучасних методів підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання.

2. Описання об'єкту та системи гарячого водопостачання

3. Описання підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання

4. Розробка заходів з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, якщо передбачається)

Вісім слайдів презентаційного матеріалу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 3	Тімошенко С. М.		
Розділ 4	Колларов О. Ю.		
Нормоконтроль	Любименко О. М.		

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	03.05.21 – 12.05.21	
2.	Розділ 2	13.05.21 – 23.05.21	
3.	Розділ 3	24.05.21 – 27.05.21	
4.	Розділ 4	28.05.21 – 06.06.21	
5.			
6.			
7.			
8.			

Студент _____
(підпис)

Малтих І. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тімошенко С. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Малтих Ігор Андрійович. Підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання. / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю (144) «Теплоенергетика» . – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

Дипломна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі наведено теоретичний огляд сучасних методів підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання.

У другому розділі наведено описання об'єкту та системи гарячого водопостачання

У третьому розділі наведено описання підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання

В додатках описано заходи з охорони праці..

Ключові слова: ТЕПЛОВА МЕРЕЖА, ТЕПЛО, ТЕМПЕРАТУРА, ВИТРАТА, ТЕПЛОВИЙ НАСОС

Список публікацій здобувача

1.

SUMMARY

Maltykh Igor Andreevich. Improving the efficiency of the hot water supply system. / Graduation qualification work for the degree of "bachelor" in the specialty (144) "Heat power engineering". - DVNZ DonNTU, Pokrovsk, 2021.

Thesis consists of an introduction, the main part, which includes four sections, conclusions, a list of sources and appendices.

The first section provides a theoretical overview of modern methods of improving the efficiency of the hot water supply system.

the second section describes the facility and the hot water supply system

the third section describes the improvement of the efficiency of the hot water supply system

The annexes describe labor protection measures.

Keywords:

HEAT NETWORK, HEAT, TEMPERATURE, CONSUMPTION, HEAT
PUMP

LIST OF PUBLISHER PUBLICATIONS

1.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Теоретичний огляд сучасних методів підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання.....	10
1.1. Практика використання теплових насосів	10
1.2. Висновки по розділу 1	19
2. Описання об'єкту та системи гарячого водопостачання.....	20
2.1. Описання місця розташування об'єкту	20
2.2. Визначення та розрахунок витрат теплоти	24
2.3. Витрати тепла річні та погодинні для с. Родинське	27
2.4. Визначення та розрахунок споживання теплоти та гарячого водопостачання по місяцям	29
2.5. Розрахунок параметрів для отримання графіку температур води в системі гарячого водопостачання та опалення.....	32
2.6. Висновки по розділу 2	40
3. Описання підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання	41
3.1. Описання способу по підвищенню ефективності роботи системи гарячого водопостачання	41
3.2. Висновок по розділу 3	57
ВИСНОВОК	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА ДО РОБОТИ.....	65
--	----

ВСТУП

Підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання є на даний час дуже актуальним, тому що ціни на енергоносії невідмінно ростуть. В свою чергу це призводить до удорожчання гарячої води побутових споживачів. В уряді України закладено ряд програм з енергозбереження та ефективного використання природних ресурсів. Ефективність роботи системи гарячого водопостачання можливо підвищити різними шляхами. Найбільш економічним є використання альтернативних джерел для отримання гарячої води в неопалювальний період. До таких альтернативних джерел енергії відносять енергія сонця, енергію вітру.

Мета даної роботи визначити шляхи підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання.

Завдання роботи визначити показники, що характеризують ефективність роботи системи гарячого водопостачання.

Предмет дослідження - це температура води в системі гарячого водопостачання при використанні, альтернативного джерела.

Об'єктом дослідження є система гарячого водопостачання.

Методи дослідження, які використовувались в роботі, це розрахунок показників які отримуємо при використанні насосів та порівняння їх з еталонними показниками та визначення ефективності системи. Розробка та висунення висновків, як краще підвищувати ефективність роботи системи гарячого водопостачання.

Особистий внесок виконавця випускної кваліфікаційної роботи бакалавра в цю роботу, це визначення параметрів роботи системи гарячого водопостачання, визначення коефіцієнта теплової ефективності та коефіцієнта трансформації тепла при використанні теплового насосу в період коли не працює опалення, тобто з квітня по жовтень, також визначення коефіцієнта перетворення тепла та побудова термодинамічних циклів для теплового

насоса з урахуванням температури рідкого теплоносія в системі для кожного місяця з не опалювального періоду.

Висунення рекомендацій як краще підвищити ефективність роботи системи гарячого водопостачання.

Випускна кваліфікаційна робота складається з основної частини, яка містить чотири розділи, висновків та розділу з охорони праці.

1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДПОСТАЧАННЯ

1.1. Практика використання теплових насосів

В останні десятиліття сонячні колектори та комбіновані теплові насоси широко застосовуються для постачання тепла та гарячої води, наприклад, для теплопостачання та виробництва електроенергії для побутових та комерційних будівель та відповідних застосувань у виробничій та сільськогосподарській промисловості. Однак теплові насоси з сонячною енергією, які вже широко використовуються, можуть погіршити продуктивність системи в холодному середовищі. Для вирішення цієї проблеми автори розробили систему теплового насоса з гарячою водою, де водяне середовище використовувалось для накопичення енергії для сприяння роботі теплового насоса при низьких температурах. Всебічно було розглянуто три фактори: ступінь відкриття електронного розширювального клапана, температура низькотемпературного джерела тепла та допоміжна температура гарячої води. Кросовер-експерименти були розроблені з трьома рівнями для кожного фактора, і було проведено 36 груп експериментів. Результати показали, що зі збільшенням температури допоміжної гарячої води також збільшуються нагрівальна потужність та коефіцієнт корисної дії. Таким чином, загальна ефективність роботи системи покращилася. Згідно з ортогональним тестом, найважливішим фактором, що впливає на роботу системи, була допоміжна температура гарячої води, а потім температура навколишнього середовища та ступінь відкриття електронного розширювального клапана.

Опалення в холодних регіонах зазвичай вимагає великої кількості енергії. Звичайні методи опалення (наприклад, спалювання вугілля і дров) створюють серйозну проблему для запасів енергії, але також викликають забруднення навколишнього середовища і потепління клімату [1]. Теплові насоси з повітряним джерелом зазвичай мають високий тепловий ККД .. Такі насоси вважаються потенційною альтернативою опалення на викопному паливі через більш низьких викидів вуглецю і більш низьких витрат на установку в порівнянні з котлами, які працюють на розсипний вугілля або газі. В даний час основною проблемою теплових насосів з повітряним джерелом є обмерзання при низьких температурах навколишнього середовища [2], яке призводить до погіршення тепловіддачі і коефіцієнта корисної дії (COP). Отже, життєво важливо підвищити ефективність нагріву теплових насосів з повітряним джерелом тепла при низьких температурах навколишнього середовища. Одне джерело тепла може не забезпечувати стабільну подачу тепла, що призводить до необхідності використання кількох джерел тепла.

Тепловий насос з використанням сонячної енергії є комбінацією теплового насоса для стиснення пари і сонячних батарей [3]. Практика довела, що теплові насоси на сонячних батареях можуть ефективно знижувати споживання електроенергії та підвищувати ефективність роботи. Теплові насоси з використанням сонячної енергії діляться на тандемні і паралельні типи в залежності від того, як сонячна енергія пов'язана з тепловим насосом. Теплові насоси з сонячними батареями також підрозділяються на типи з прямим і непрямим розширенням в залежності від типу використовуваного теплового терміналу. Дослідження показали, що теплові насоси з використанням сонячної енергії можуть поліпшити тепловий ККД сонячних колекторів [4]. В роботі [1] представлена принципова схема системи теплового насоса з сонячною батареєю і допоміжної гарячою водою.

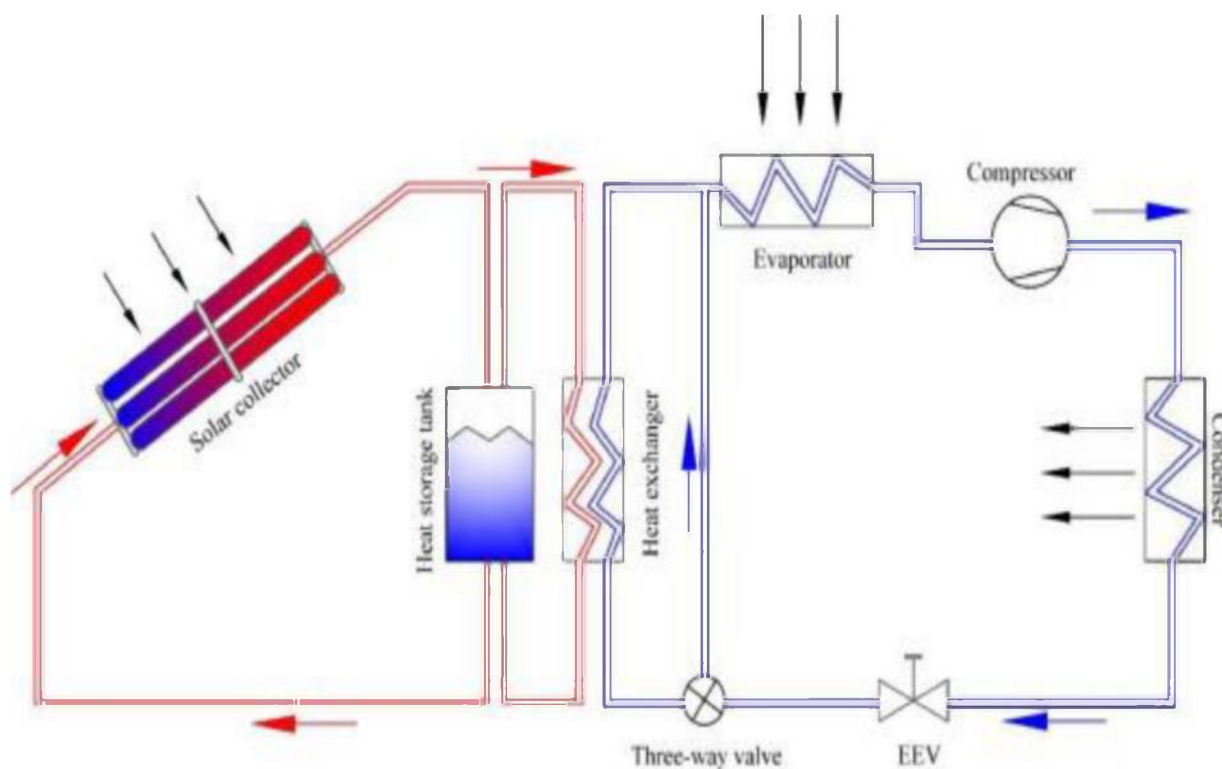


Рисунок 1.1 - Принципова схема системи теплового насоса з сонячною батареєю і допоміжної гарячою водою.

Ця система складалася з двох частин, а саме підсистеми теплового насоса з повітряним джерелом і підсистеми акумулювання енергії з додатковою гарячою водою.

Підсистема повітряного теплового насоса. У випарнику відбувається фазовий перехід робочого тіла з рідкого стану в газоподібний. Теплова енергія поглиналася від низькотемпературного джерела тепла. Потім низькотемпературний газ низького тиску перетворювався в компресорі в високотемпературний газ високого тиску. Фазовий перехід з газу в рідину в конденсаторі супроводжувався виділенням тепла, під час якого енергія, отримана від випаровування і стиснення, використовувалася для нагріву водного середовища, яка охолоджувалася, проходячи через конденсатор. Робоче тіло високого тиску було перетворено назад в низькотемпературну рідину низького тиску шляхом проходження через EEV. Потім почався наступний цикл [5].

Підсистема накопичення енергії з допоміжної гарячою водою. Допоміжна підсистема гарячого водопостачання була запущена при низькій температурі навколишнього середовища. Низькотемпературна рідка робоче середовище низького тиску, що пройшла через ЕТМ, нагрівалася пластинчастим теплообмінником з використанням гарячої води в сонячному колекторі. Після теплообміну високотемпературне робоче тіло відповідало за додатковий нагрів низькотемпературного робочого тіла у випарнику. Ця підсистема вирішила проблему обмерзання компресора при низьких температурах, тим самим покращивши продуктивність системи з вироблення тепла.

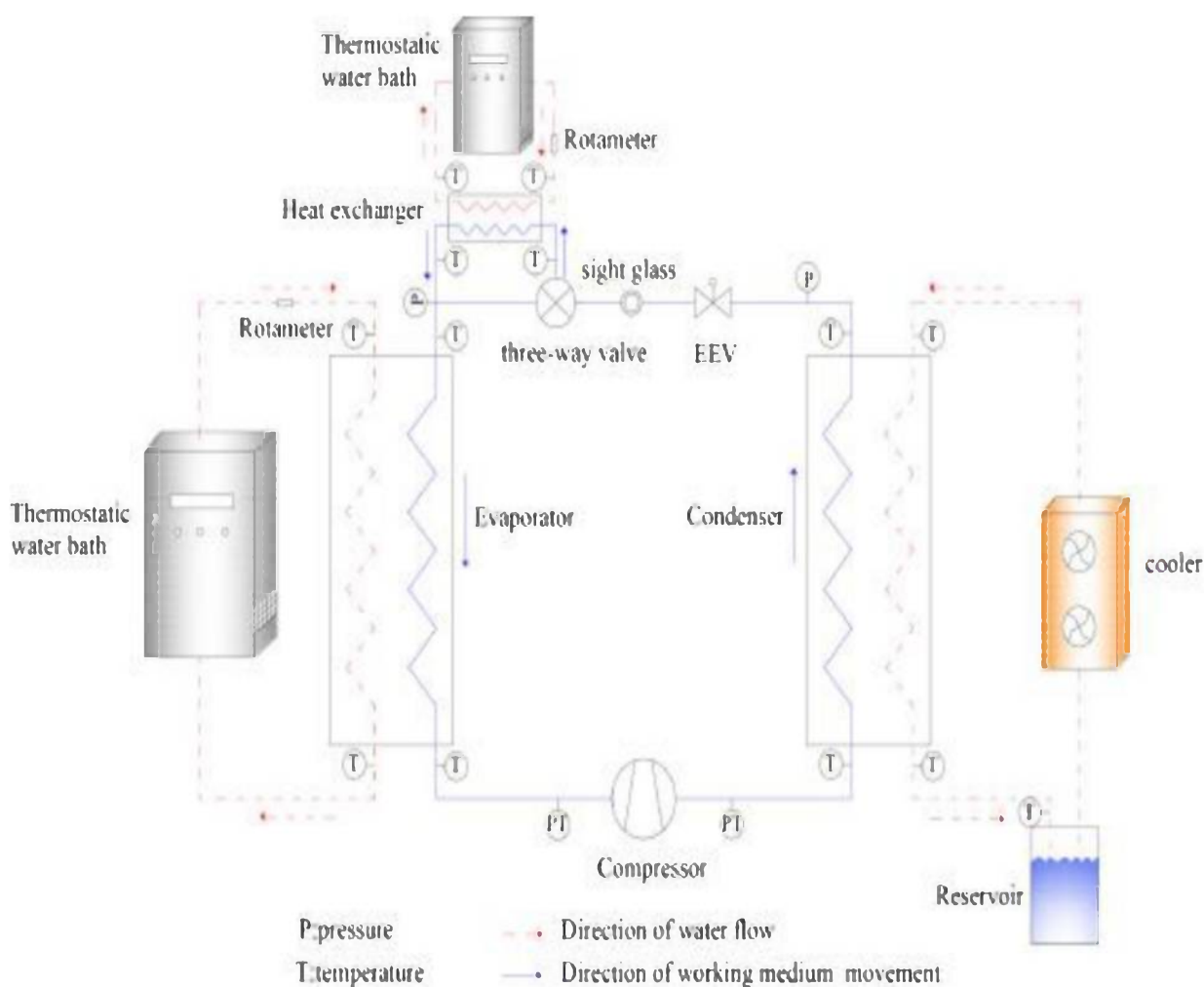


Рисунок 1.2 - Принципова схема системи теплового насоса з додатковою гарячою водою.

В роботі [1] проведено дослідження теплових насосів (рис.1.3, та рис.1.4) з прямим розширенням з використанням сонячної енергії в умовах обмерзання показали, що сонячне випромінювання може поліпшити теплопродуктивність цього типу теплового насоса, запобігаючи або затримуючи обмерзання.

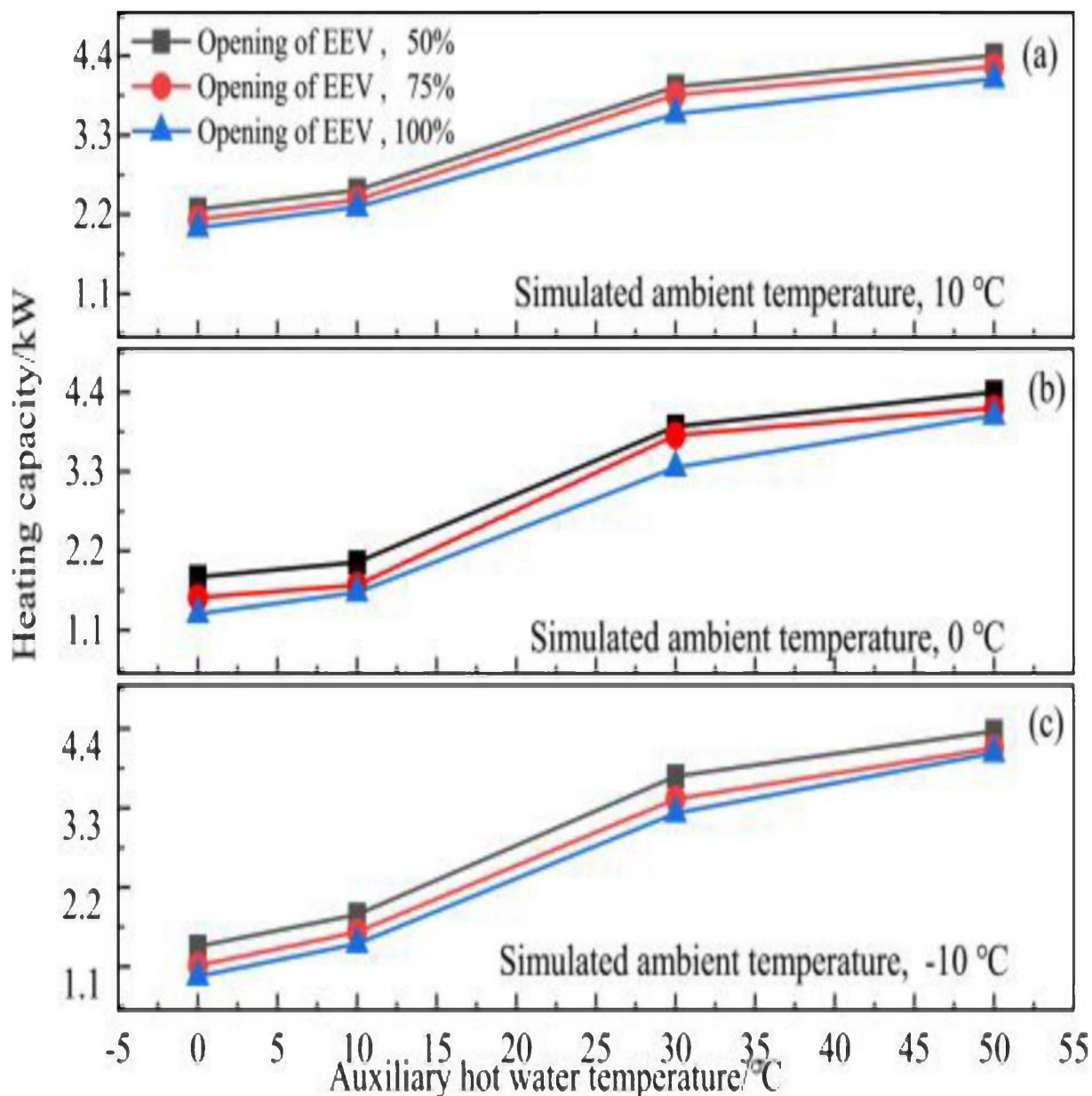


Рисунок 1.3 - Зміна теплової потужності системи в залежності від ступеня відкриття EEV, змодельованої температури навколишнього середовища і температури допоміжної гарячої води.

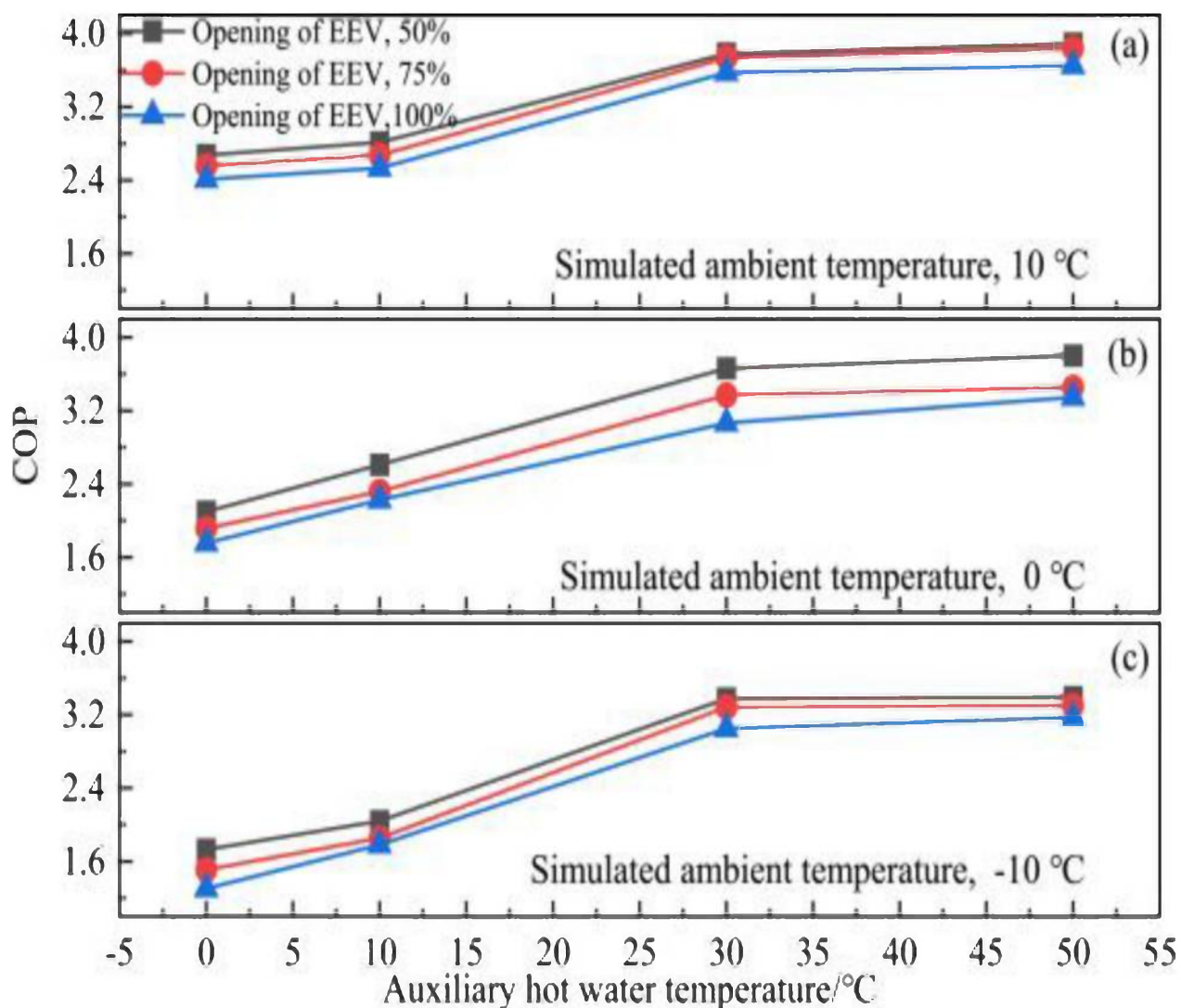


Рисунок 1.4 - Зміна COP системи теплового насоса в залежності від ступеня відкриття EEV, змодельованої температури навколишнього середовища і температури допоміжної гарячої води.

Криві представляють аналогічні тенденції зміни середньої теплової та коефіцієнта корисної дії (COP). Найбільша швидкість збільшення була отримана при температурі допоміжної гарячої води 30 °C. При однаковій мірі відкриття електронного розширювального клапана (EEV) чим вище була температура допоміжної гарячої води, тим вище теплопродуктивність системи теплового насоса. Більш того, при однаковій температурі навколишнього середовища, чим більше була ступінь відкриття електронного розширювального клапана (EEV), тим менше теплопродуктивність системи.

Деякі вчені провели аналіз продуктивності системи теплових насосів з сонячною батареєю за допомогою математичного моделювання [6]. В іншому дослідженні був випробуваний новий тип теплового насоса з повітряним джерелом енергії, що працює від сонячної енергії.

Ребристо-трубний випарник був підключений паралельно до випарника колекторного типу, і два випарника доповнювали один одного в різних робочих умовах, коли CO_2 використовувався як холодоагент з двофазним циклом (рис.1.4).

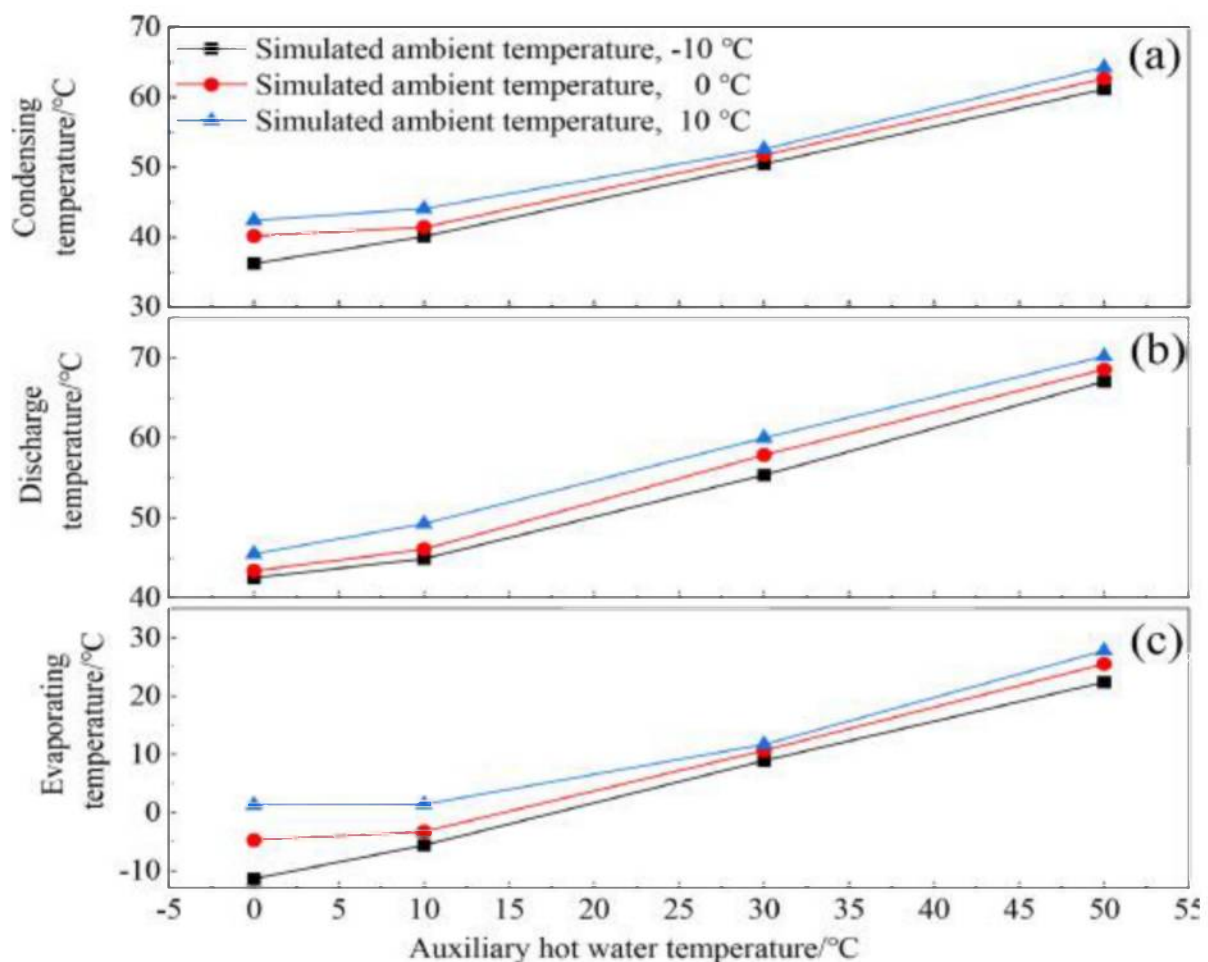


Рисунок 1.4 - Зміни температури конденсації, температури випаровування і температури вихлопних газів.

Моделювання було виконано для теплового насоса з непрямим розширенням, що працює від сонячної енергії. Було проведено порівняння з

тепловим насосом з непрямым розширенням, що працюють на сонячній енергії, який використовував R410a в якості холодоагенту з однофазним циклом. Результати показали, що двофазний цикл перевершує однофазний цикл в холодну погоду (рис.1.5), та залежить від зміни ступеня стиснення (а), та зміни потужності компресора (б).

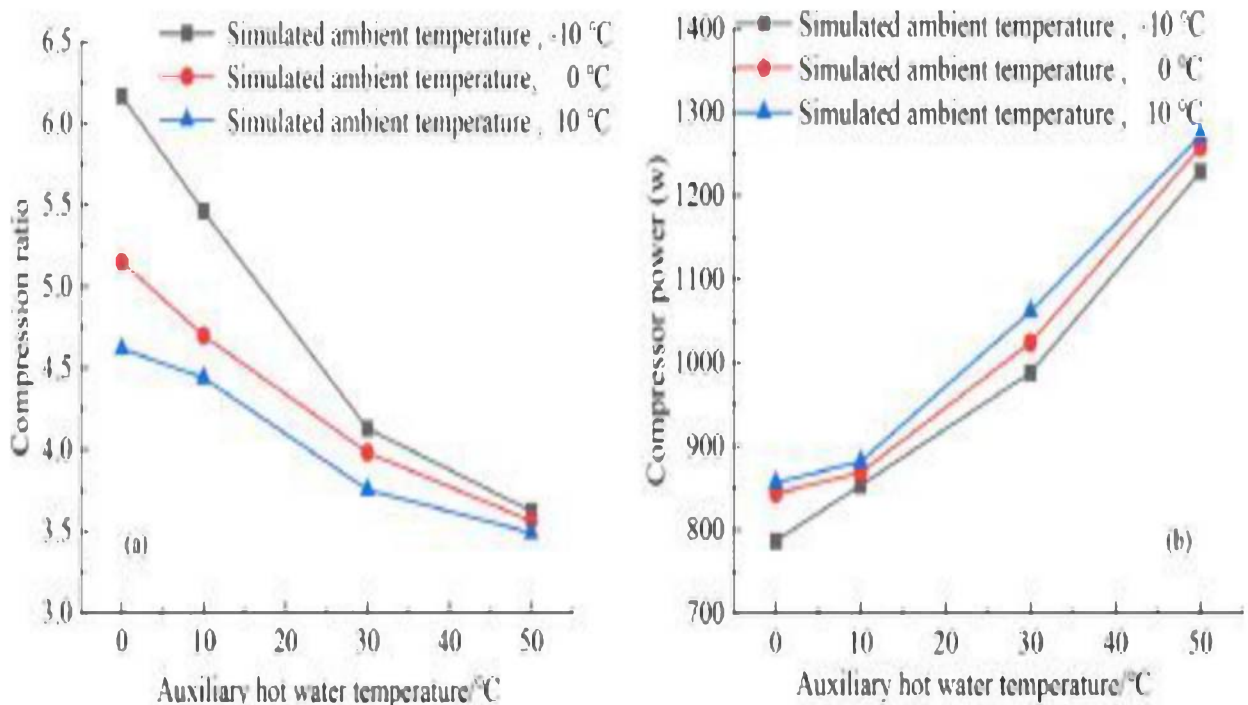


Рисунок 1.5 - (а) Зміни ступеня стиснення, (б) зміни потужності компресора.

Цей метод [7] можна використовувати в природних робочих умовах для підвищення ефективності теплових насосних систем при низьких температурах.

В роботі [8] також досліджували новий тип системи теплового насоса з двома джерелами сонячно-повітряної енергії при порівнянні теплопроизводительности при однаковому ступені відкриття EEV, представлено на рис.1.6.

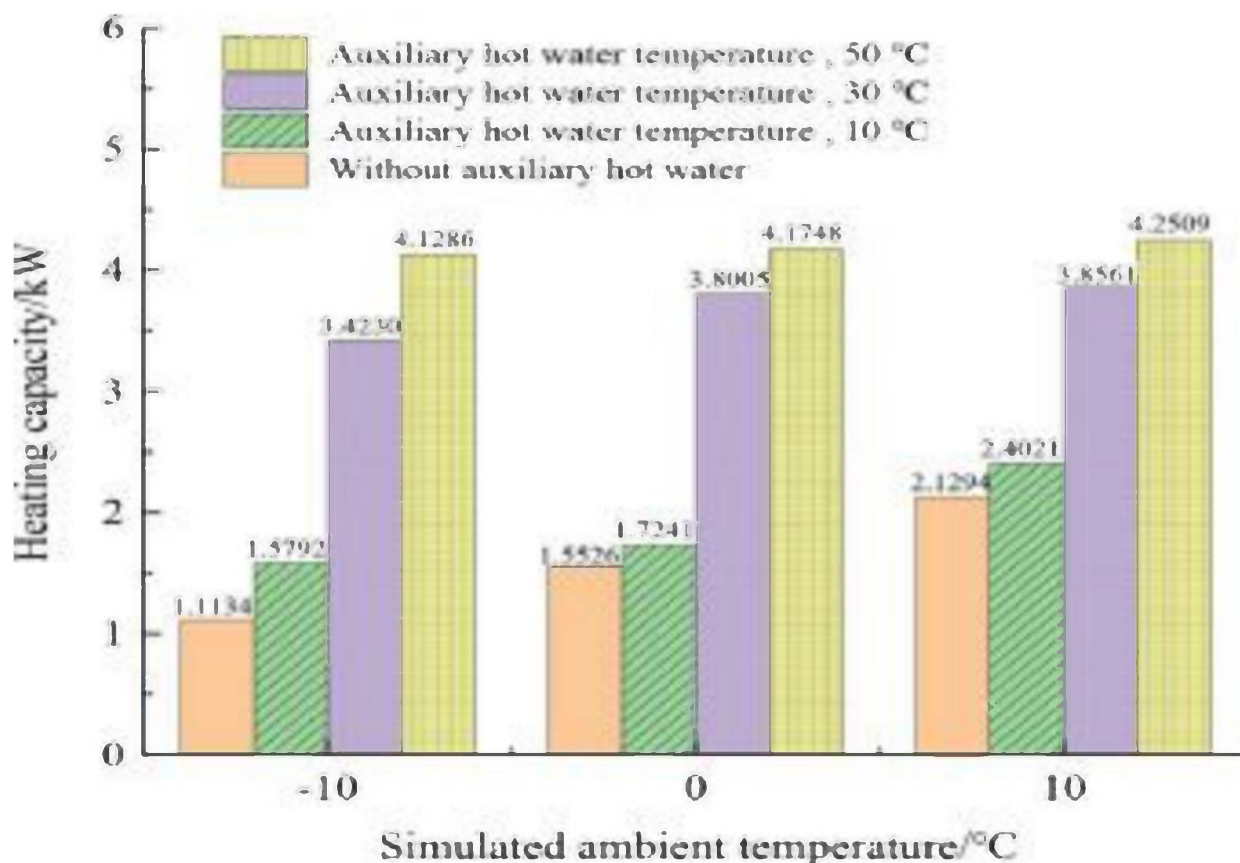


Рисунок 1.5 - Порівняння кількості виробленого теплоти при однаковому ступені відкриття EEV.

Ці результати повністю продемонстрували, що додавання додаткової гарячої води може значно поліпшити продуктивність системи. Крім того, оптимізація ступеня відкриття електронного розширювального клапана (EEV) дала різні результати, вказуючи на те, що оптимальний вибір знаходився в інтервалі ступеня відкриття 50% -75%.

Дослідники також запропонували і досліджували новий тип системи теплового насоса з двома джерелами сонячно-повітряної енергії. Розподіл витрати холодоагенту контролювалося в зв'язаному тепловому насосі. Результати показали, що витрата хладагента впливає на продуктивність теплового насоса з двома джерелами і що відповідне співвідношення холодоагенту, що надходить в сонячний колектор і випарник, покращує загальні характеристики системи [9].

1.2. Висновки по розділу 1

На ефективність тепlopостачання та гарячого водопостачання температура допоміжної гарячої води зробила набагато більш значний вплив, ніж температура навколишнього середовища. Чим нижче була температура навколишнього середовища, тим вище швидкість підвищення загальної ефективності системи за рахунок додавання додаткової гарячої води.

Таким чином, можливо систему використовувати при низькій температурі навколишнього середовища.

При більш низькій температурі навколишнього середовища відповідне збільшення температури допоміжної гарячої води збільшує коефіцієнт корисної дії в порівнянні з коефіцієнтом корисної дії при більш високій температурі навколишнього середовища.

Важливим фактором, що впливає на продуктивність системи, була температура допоміжної гарячої води, температура навколишнього середовища.

2. ОПИСАННЯ ОБ'ЄКТУ ТА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1. Описання місця розташування об'єкту

Місто, де будемо встановлювати додаткове гаряче водопостачання за рахунок сонячної енергії – Родинське. Воно розташоване в Донецькій області на півночі, та має координати $48^{\circ} 21' 11''$ північної широти та $37^{\circ} 12' 36''$ східної довжини. Добове навантаження на теплопостачання розраховується виходячи з характеристики району, де планується гаряче водопостачання, з врахуванням середньодобової температури в зимку (-23°C) та влітку. Тривалість температур по годинам наведено в таблиці 2.1, а характеристика району для опалення в таблиці 2.2.

В селищі Родинське джерелом тепла є міська котельня, яка постачає мешканцям теплоносій з параметрами при прямому постачанні 150°C та зворотному 70°C , температура гарячої води в системі 55°C .

Таблиця 2.1 – Тривалість визначеної температури по годинам для с.Родинське

Температура, $^{\circ}\text{C}$	-	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
N,		58,	172,	358,		904,	119	120	125	112		95
години	15	5	5	5	585	5	7	6	0	8	935	0
Сумма		73,		604,	118	209	329	449	574	687	781	87
годин, n	15	5	246	5	9,5	4	1	7	7	5	0	60

Таблиця 2.2 – Характеристика району для опалення в с.Родинське

№ дому	Кількість поверхів	Густина житлового фонду (ρ), м ² /га	Загальна площа (S), м ²
1-17	2	1510	6,70
18-29	3	1510	6,70
30-40	5	1510	6,70

Використовується замкнута двотрубна система теплопостачання з центральним регулюванням. Температурний графік для системи опалення с температурами 150 °С та 70 °С при температурі зовнішнього середовища при $t_n = -23^\circ\text{C}$ та температури в житлових приміщеннях $t_v = 21^\circ\text{C}$ наведено в табл.2.3, а схема теплопостачання одного з мікрорайонів міста наведена на рис.2.1.

Таблиця 2.3– Характеристика температурний графік для опалення в с.Родинське

Температура зовнішнього повітря °С	Температура води в трубопроводі, що подає °С	Температура води в зворотному трубопроводі °С	Теплове навантаження %
10	61	46	25%
9	64	48	27%
8	67	49	30%
7	70	51	32%
6	73	53	34%
5	76	54	36%
4	79	56	39%

Продовження табл. 2.3

3	82	57	41%
2	85	59	43%
1	87	60	45%
0	90	61	48%
-1	93	63	50%
-2	96	65	52%
-3	98	65	55%
-4	101	67	57%
-5	104	69	59%
-6	106	69	61%
-7	109	71	64%
-8	112	72	66%
-9	114	73	68%
-10	117	75	70%
-11	120	76	73%
-12	122	77	75%
-13	125	79	77%
-14	127	79	80%
-15	130	81	82%
-16	132	82	84%
-17	135	83	86%
-18	137	84	89%
-19	140	85	91%
-20	143	87	93%
-21	145	88	95%
-22	148	89	98%
-23	150	90	100%

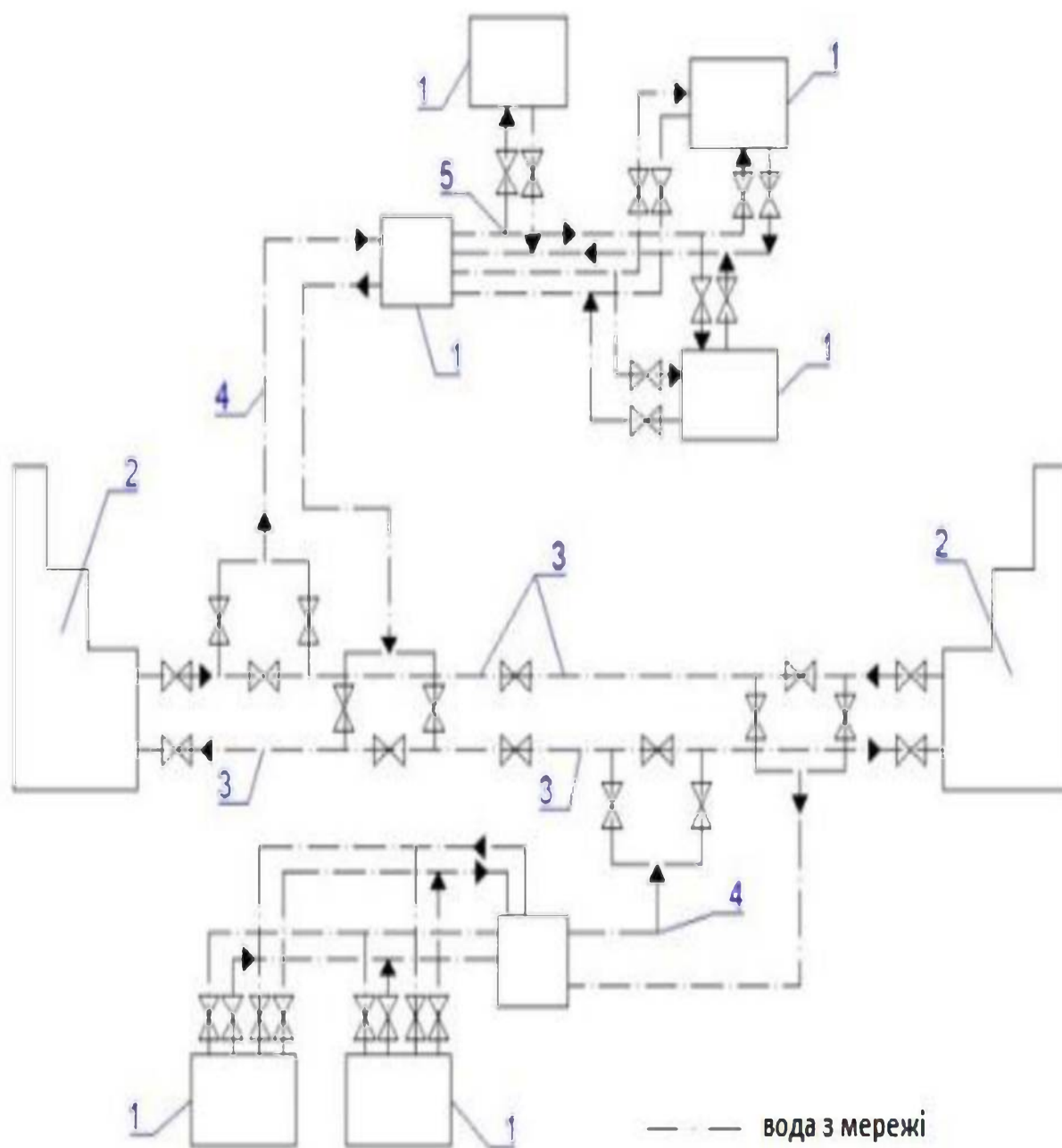


Рисунок 2.1 – Схема теплопостачання одного з мікрорайонів с. Родинське: 1 - споживачі теплоти житлові будівлі; 2 - джерела теплового постачання; 3 - ділянки магістральної теплової мережі; 4 - розподільні теплові мережі; 5 - квартальні теплові мережі [9].

2.2. Визначення та розрахунок витрат теплоти

Для с.Родинське визначимо витрати на гаряче водопостачання та опалення і вентиляцію.

Визначимо площу житлового фонду для с. Родинське за формулою:

$$A = S * \rho, \text{ м}^2$$

$$A = 6,7 * 1510 = 10117 \text{ м}^2$$

Визначимо число жителів для с. Родинське в мікрорайоні

$$m = A/18 = 10117 / 18 = 562 \text{ особи}$$

де 18 м² - це житлова площа що приходить на 1 мешканця.

Розрахуємо витрату тепла на опалення:

максимальне: $Q_{\text{max}} = Q_{\text{ж}} + Q_{\text{вент}}$

житлове: $Q_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} + Q_{\text{вент}}$

загальне: $Q_{\text{общ}} = Q_{\text{ж}} * \partial_o$

де $q_0 = 88 \text{ Вт / м}^2$ – коефіцієнт для опалення житлових будинків на 1 м² загальної площі максимального теплового потоку.

∂_o - коефіцієнт для потоку, 0,24.

Розрахунки занесемо до табл.2.4

Таблиця 2.4 - Значення кількості автобусів для с. Родинське

№ будинку	Число мешканців $m=A/f$	$Q_{o.ж.}$	$Q_{o.общ.}$	$Q_{o_{max}}, \text{МВт}$
1-17	280,94	445016	106803,8	551819,8
18-29	187,30	296677,3	71202,56	367879,9
30-40	112,38	178006,4	42721,54	220727,9

Розрахуємо максимальну часову тепла, яке циркулює в приміщенні

$$Q_{vmax} = \kappa l * Q_{oобщ}, \text{Вт}$$

де $\kappa_l = 0,59$ – коефіцієнт витрати тепла, яке циркулює в приміщенні.

Витрати теплоти під час опалювального періоду для гарячого водопостачання житлових будинків.

$$Q_{hm} = 2,9 * m (a + b), \text{Вт}$$

де m - число осіб в 1 кварталі;

$a = 105$ літрів / добу - витрати в житлових домах гарячої води на добу для однієї особи;

$b = 22$ л / добу - витрати в громадських будівлях гарячої води на добу для однієї особи.

Максимальне значення теплового потоку для гарячого водопостачання в будинках:

$$Q_{hmax} = 2.4 * Q_{hm}, Bm$$

Витрати теплоти для гарячого водопостачання в неопалювальний період:

$$Q_{se}^{term} = \beta * Q_{hm} * \frac{55 - t_c^{term}}{55 - t_c^{зим}}, Bm$$

де $\beta = 0,79$ - витрати гарячої води в період без опалення.

Розрахунок зведено до табл.2.5.

Таблиця 2.5 - Значення розрахованих теплових потоків для с. Родинське

№ бу- ди- нку	Qv max, МВт	Q hm, МВт	Q hmax, МВт	Qhm лет, МВт	Загальний тепловий потік $\Sigma Q =$ $Q_{o_{max}} +$ $Q_{v_{max}} +$ Q_{hm} , МВт
1-17	63014,27	103471,8	248332,4	64576,77	718305,9
18-29	42009,51	68981,23	165554,9	43051,18	478870,6
30-40	25205,71	41388,74	99332,97	25830,71	287322,4

2.3. Витрати тепла річні та погодинні для с. Родинське

Розрахунки витрати тепла будемо проводити для усього періоду. Тобто протягом року, коли температура змінюється від негативної до позивної літом. Визначимо критичні точки протягом року, перша це коли температура повітря (t_n) становить $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, та потрібно відключати опалення, а в слід і за ним гарячу воду, температура $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, комфортна температура повітря в приміщенні (t_b) та найнижча мінімальна ($t_{но}$) температура - $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проведемо розрахунок за наявними формулами кількості тепла для опалення:

$$Q_o = Q_{оmax} \cdot (t_b - t_n) / (t_b - t_{но})$$

Кількість тепла для опалення

$$Q_v = Q_{vmax} \cdot (t_b - t_n) / (t_b - t_{нв})$$

Середні витрата теплоти для гарячого водопостачання

$$Q_{гвс}^{cp} = q_{гвс} \cdot m$$

Загальний тепловий потік визначимо з рівняння:

$$Q_{сум} = 1,05(Q_{оmax} + Q_{vmax} + Q_{гвс}^{cp})$$

По розрахованим даним побудуємо графік витрат тепла на опалення та гаряче водопостачання, він представлений на рис.2.2.

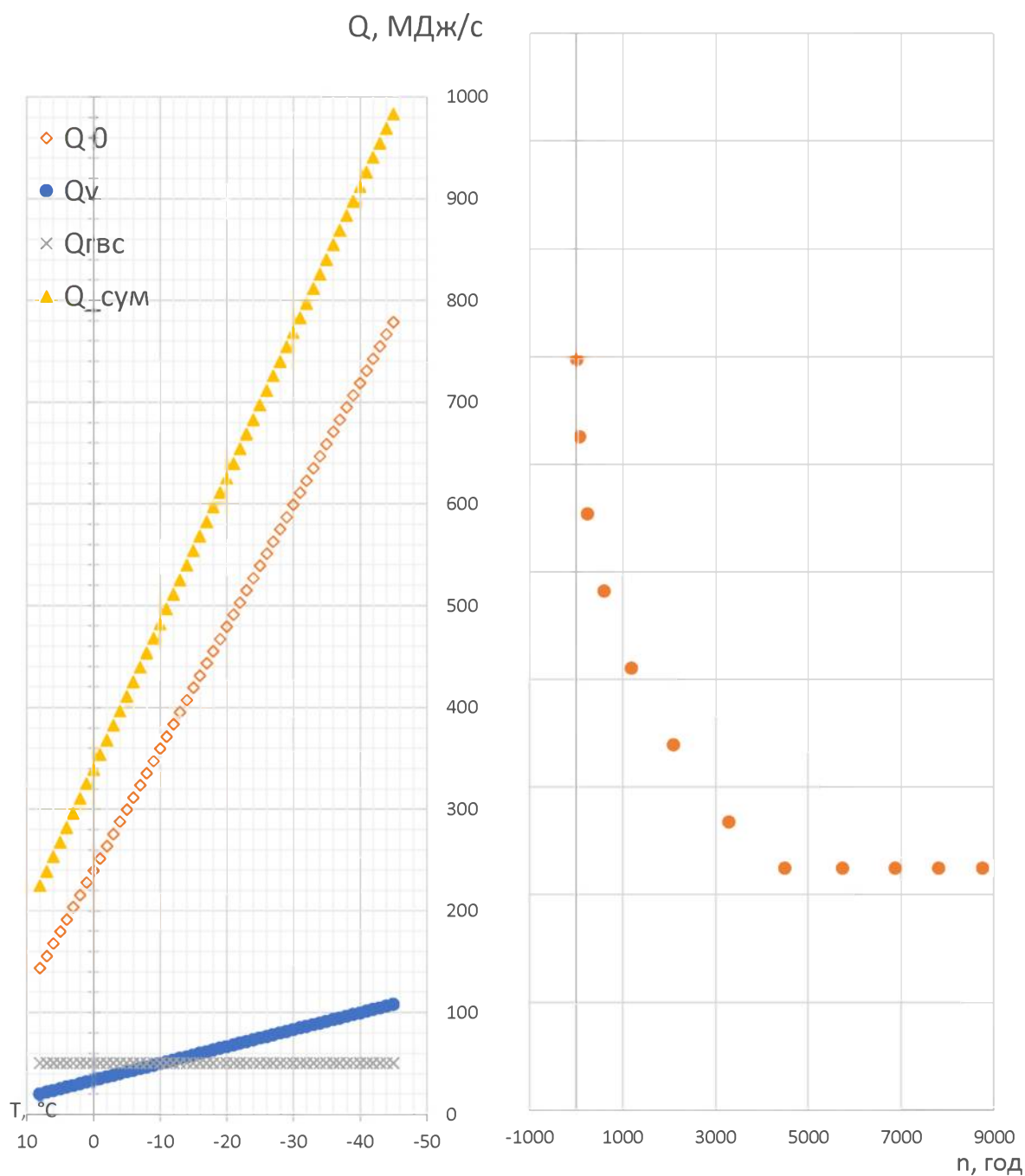


Рисунок 2.2 - Графік витрат тепла на опалення та гаряче водопостачання

Як бачимо, з рис.2.2 зі зниженням температури навколишнього середовища, зростає кількість використаного тепла, яке призводить до збільшення використання природних ресурсів.

2.4. Визначення та розрахунок споживання теплоти та гарячого водопостачання по місяцям

Для того щоб визначити та побудувати графік використання тепла та гарячої води в селищі Родинське слід розрахувати та мати значення теплового потоку, коли працює опалення :

Для системи опалення:

$$Q_o^{от} = Q_{оmax} \left(\frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_{нро}} \right),$$

Для системи вентиляції:

$$Q_v^{от} = Q_{vmax} \left(\frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_{нро}} \right)$$

Для гарячого водопостачання:

в зимовий період

$$Q_{гвс}^{ср} = q * m$$

в літній період

$$Q_{гвс.л}^{ср} = m * q(t)$$

Значення величини витрат на гаряче водопостачання протягом зимового періоду не змінюється, та має значення 5,01 МВт, в не

опалювальний період величина витрат на гаряче водопостачання зменшується в порівнянні з зимовим періодом та складає 2,73 МВт,

Усі витрати тепла, розраховуємо по формулі

$$Q_{\text{сум}}^{\text{я}} = Q_{\text{о}}^{\text{я}} + Q_{\text{в}}^{\text{я}} + Q_{\text{гвс}}^{\text{я.ср}}$$

Розрахунки проводимо для кожного місяця року та отримаємо значення, які занесемо до табл.2.6 та представимо на рис.2.3 графік визначених витрат тепла по міс

Таблиця 2.6 – Витрати тепла по місяцям в році

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
витрати тепло-ти, МВт	- 17,0 5	- 14,9 6	- 7,59	2,97	11	16, 61	18, 92	16, 39	10,1 2	1,32	- 7,48	- 14,4 1
$Q_{\text{отак}}$	474, 76	447, 98	353, 54	218, 22	115, 33	43, 44	13, 84	46, 26	126, 60	239, 36	352, 13	440, 93
$Q_{\text{втак}}$	54,2 8	51,2 2	40,4 2	24,9 5	13,1 9	4,9 7	1,5 8	5,2 9	14,4 8	27,3 7	40,2 6	50,4 1
$Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}, Q_{\text{гв}}^{\text{ср}}$	5,01	5,01	5,01	5,01	2,73	2,7 3	2,7 3	2,7 3	2,73	5,01	5,01	5,01
$Q_{\text{сум}}$	534, 05	504, 21	398, 97	248, 19	131, 24	51, 14	18, 15	54, 28	143, 81	271, 75	397, 40	496, 36

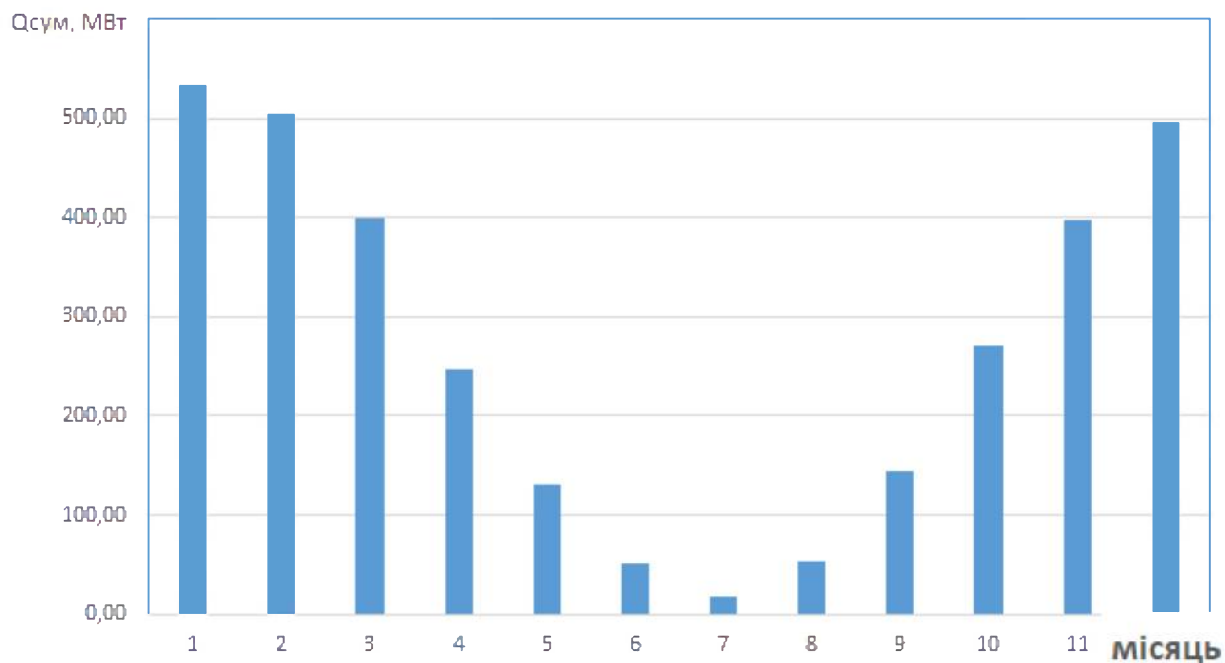


Рисунок 2.3 - Річні витрати тепла по місяцям

Побудуємо окремо залежності витрат тепла на гаряче опалення, тобто гарячу воду в системі опалення та гаряче водопостачання та представимо їх на рис.2.4

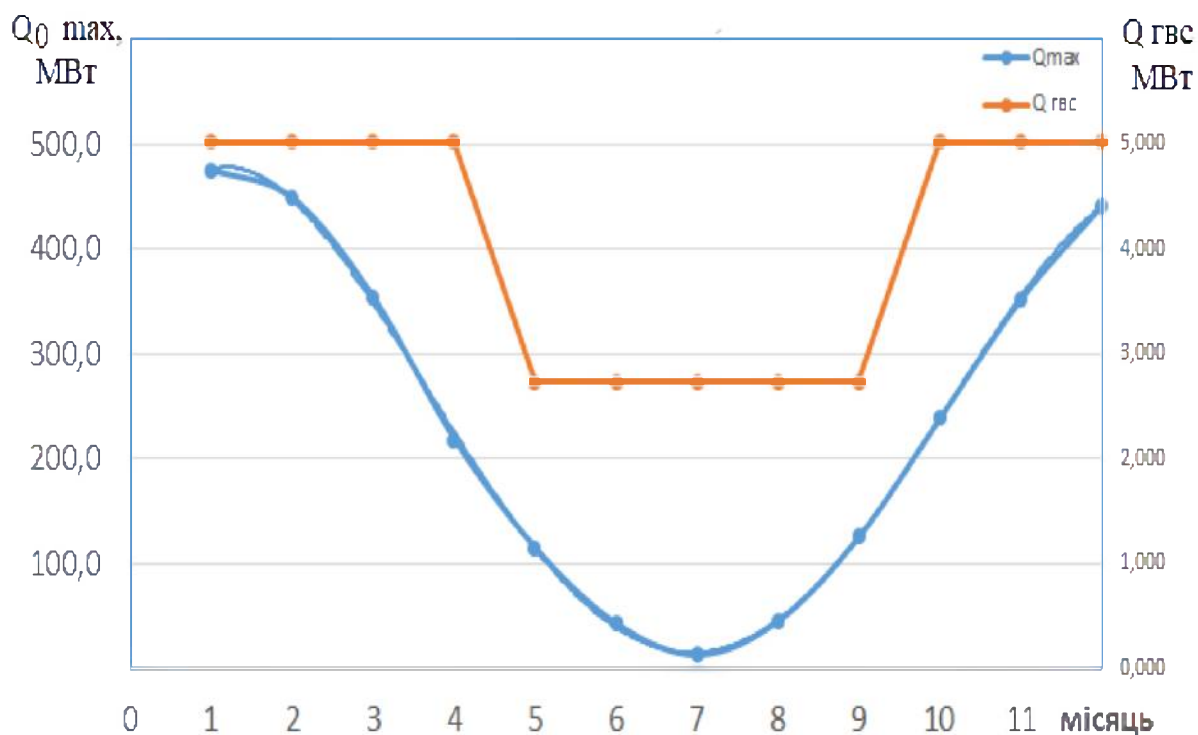


Рисунок 2.4 – Залежність зміни витрат тепла на опалення та гаряче водопостачання протягом року

По результатам розрахунку та по результатам отриманих графіків рис.2.4, ми отримали рівняння залежності сумарних витрат від місяця року на підготовку та отримання гарячої води та відповідно від середньої температури в цьому місяці.

$$y = -0,4331x^4 + 11,957x^3 - 95,822x^2 + 181,56x + 378,52$$

$$R^2 = 0,9996$$

З рис.2.4 бачимо, що витрати на гаряче водопостачання протягом холодної та протягом неопалювального періоду має лінійну залежність, та величина витрат на гаряче водопостачання протягом літнього періоду зменшується має вдвоє.

2.5. Розрахунок параметрів для отримання графіку температур води в системі гарячого водопостачання та опалення

Якщо для нашої системи гарячого водопостачання та опалення виконується співвідношення :

$$\frac{Q_{гвс}}{Q_{сум}} = \frac{5,014}{474,76} = 0,01 > 0,15,$$

Тоді ми можемо визначити, що гаряче водопостачання відбувається в закритій системі від центральної котельні. Схема підключення абонентів до такої теплової мережі та гарячого водопостачання представлено на рис.2.5 [9].

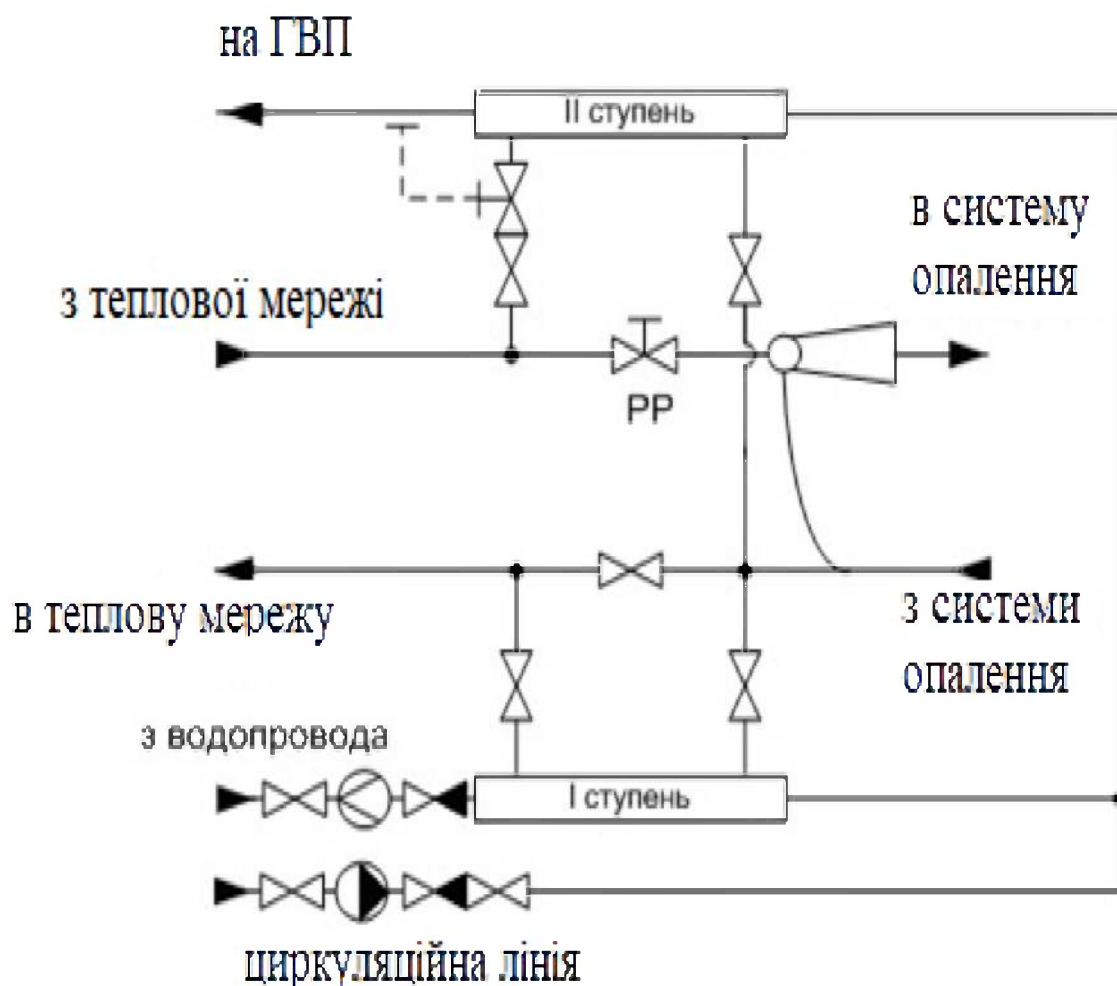


Рисунок 2.5 – Схема підключення та вводу та виводу гарячої води з системи

Як бачимо з рис. 2.5 водопідігрівачі приєднані до теплової мережі відповідно схеми, вони забезпечують споживачів гарячою водою в другу ступінь, розрахункова температура для приміщень в зимовий період $+19^{\circ}\text{C}$, температура гарячої води в системі опалення при подачі та її поверненні $t_{\text{нро}}$:

$$\tau_1 = 145^{\circ}\text{C},$$

$$\tau_2 = 65^{\circ}\text{C}.$$

Проведемо розрахунок для температур зовнішнього повітря в інтервалі від $+15$ до -25°C , з початку визначимо температурний напір для нашого приладу, який нагріває воду за наступним виразом:

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{\text{вн}},$$

$$\Delta t = \frac{91 + 65}{2} - 20 = 60,5^\circ\text{C}$$

Визначимо перепад температур в нашій тепловій мережі для води з мережі

$$\Delta \tau = \tau_1 - \tau_2 = 145 - 65 = 80^\circ\text{C}$$

Визначимо перепад температур в системі опалення в 2 ступені:

$$\theta = \tau_3 - \tau_2 = 91 - 65 = 26^\circ\text{C}$$

Проведемо розрахунок температури води в системі гарячого водопостачання та опалення по наступним виразам для усього періоду, коли працює опалення:

В прямому напрямі

$$\tau_1 = t_{\text{вн}} + \Delta t \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}} \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5\theta) \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}} \right)$$

Та зворотному напрямі

$$\tau_2 = t_{\text{вн}} + \Delta t \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}} \right)^{0,8} - 0,5\theta \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}} \right)$$

Виконаємо розрахунки температури в інтервалі від +15 до -25 °C, по вище наведеним рівнянням.

Розрахуємо при +15 °C:

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 15}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 - 15}{19 + 35} \right) = 33,26^\circ C$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 15}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 - 15}{19 + 35} \right) = 29,33^\circ C$$

Розрахуємо при $+10^\circ C$:

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 10}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 - 10}{19 + 35} \right) = 46,75^\circ C$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 10}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 - 10}{19 + 35} \right) = 38,89^\circ C$$

Розрахуємо при $+5^\circ C$:

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 5}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 - 5}{19 + 35} \right) = 59,33^\circ C$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 5}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 - 5}{19 + 35} \right) = 47,55^\circ C$$

Розрахуємо при $+0^\circ C$:

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 0}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 - 0}{19 + 35} \right) = 71,42^\circ C$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 - 0}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 - 0}{19 + 35} \right) = 55,70^\circ C$$

Розрахуємо при -5°C :

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right) = 81,15^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right) = 63,51^{\circ}\text{C}$$

Розрахуємо при -10°C :

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 10}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 + 10}{19 + 35} \right) = 94,63^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 + 5}{19 + 35} \right) = 71,06^{\circ}\text{C}$$

Розрахуємо при -15°C :

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 15}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 + 15}{19 + 35} \right) = 105,90^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 15}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 + 15}{19 + 35} \right) = 78,40^{\circ}\text{C}$$

Розрахуємо при -20°C :

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 20}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 + 20}{19 + 35} \right) = 116,99^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 20}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 + 20}{19 + 35} \right) = 85,57^{\circ}\text{C}$$

Розрахуємо при -25°C :

$$\tau_1 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 25}{19 + 35} \right)^{0,8} + (60,5 - 0,5 \cdot 26) \left(\frac{19 + 25}{19 + 35} \right) = 127,95^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 19 + 60,5 \left(\frac{19 + 25}{19 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 26 \left(\frac{19 + 25}{19 + 35} \right) = 92,59^{\circ}\text{C}$$

Усі отримані результати занесемо до табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Температура гарячої води в прямому та зворотному напрямках

	Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$								
$t, ^{\circ}\text{C}$	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
$t_1, ^{\circ}\text{C}$	33,26	46,75	59,33	71,42	83,15	94,63	105,90	116,99	127,95
$t_2, ^{\circ}\text{C}$	29,33	38,89	47,55	55,70	63,51	71,06	78,40	85,57	92,59

По отриманим в табл.2.7 даним побудуємо графік температури води від температури навколишнього середовища та представимо його на рис. 2.6.

Як бачимо з рис.2.6 зі зниженням температури спостерігається зростання температури гарячої води в системі для забезпечення оптимального та комфортного існування мешканців міста, тому при температурі нижче 0°C Цельсія, воду в джерелі теплопостачання сильно нагрівається, бо на своєму шляху до споживача відбувається дуже інтенсивний процес тепловіддачі.

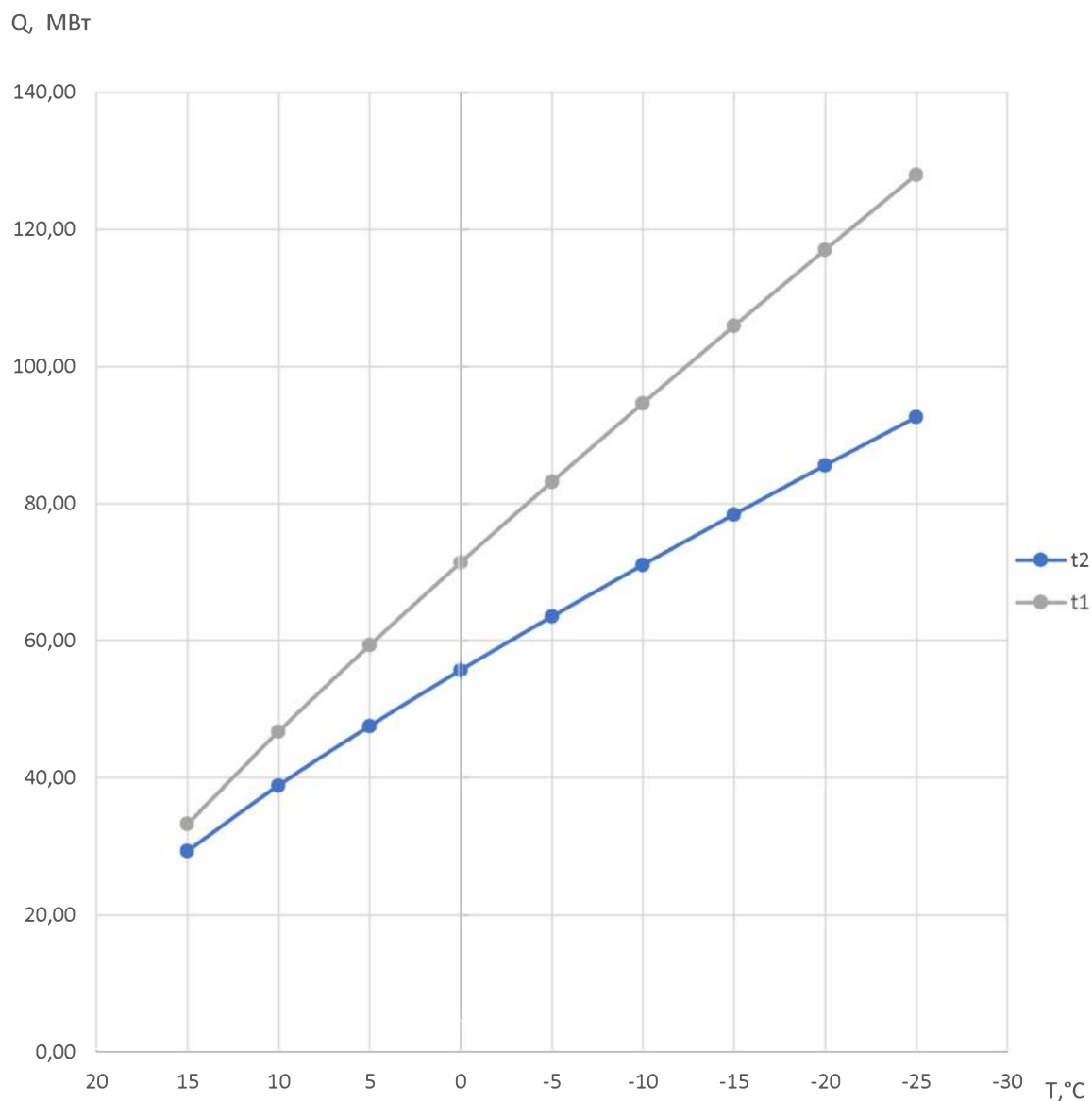


Рисунок 2.6 - Залежність температури гарячої води в прямому та зворотному напрямках

Проведемо розрахунок необхідної кількості тепла для забезпечення гарячого водопостачання в літній період, яку надо додатково отримати, для того щоб споживачі мали гарячу воду :

$$Q_1 = Q_0 + C \cdot \cos\left(\frac{t}{4380} \cdot \pi\right) + D \cdot \cos\left(\frac{t}{2190} \cdot \pi\right)$$

де Q_0 - теплові витрати в літні місяці;

C, D - коефіцієнти;

t – час (крок 168 годин).

Розраховані дані представимо на рис.2.7.

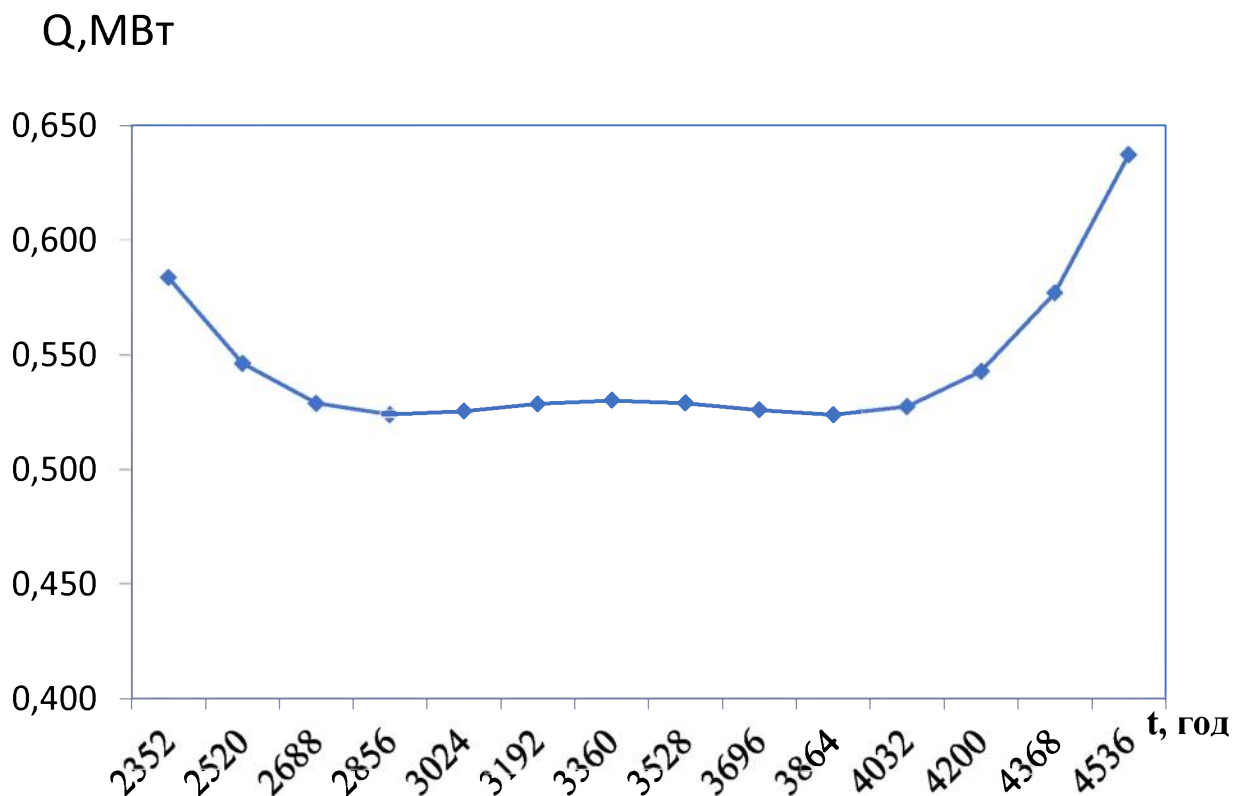


Рисунок 2.7 – Залежність додаткової кількості тепла від часу в літній період

Як бачимо з рис.2.7 залежність додаткової кількості тепла від часу в неопалювальний період змінюється від 0,63 – 0,53 МВт, тому з метою забезпечення підвищення ефективності системи гарячого водо-постачання в літній період, отримаємо цю кількість теплоти від альтернативного джерела енергії а саме сонця, за допомогою використання теплових насосів.

2.6. Висновки по розділу 2

З метою забезпечення підвищення ефективності системи гарячого водопостачання в літній період, отримувати необхідну кількість теплоти (0,6 МВт) від альтернативного джерела енергії а саме сонця, за допомогою використання теплових насосів.

3. ОПИСАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1. Описання способу по підвищенню ефективності роботи системи гарячого водопостачання

В селищі Родинське потрібно підвищити ефективність роботи системи гарячого водопостачання в неопалювальний період. Для цього потрібно було визначити для гарячого водопостачання добове навантаження з квітня по жовтень включно. Воно представлено в табл.2. 6

Для цього рекомендовано використовувати тепло від сонця та встановити сонячні колектори неселективного типу на дахи будинків та застосувати теплові насоси.

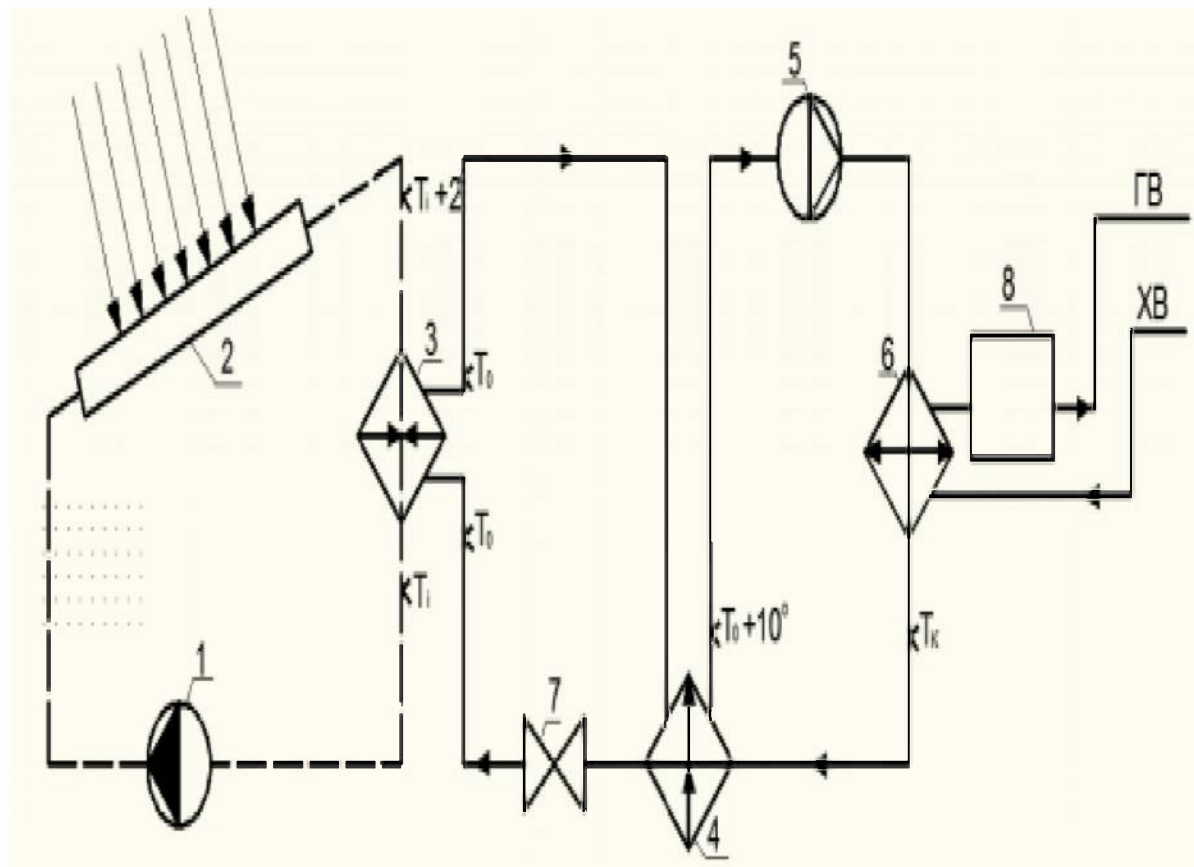
Режим роботи для гарячого водопостачання, який нам забезпечить тепловий насос, це температури гарячої води 55 °С, а холодної 15 °С.

Тепловий насос з використанням сонячної енергії є комбінацією теплового насоса для стиснення пари і сонячних батарей. Теплові насоси на сонячних батареях можуть ефективно знижувати споживання електроенергії та підвищувати ефективність роботи системи гарячого водопостачання. На схемі рис.3.1. [8] представлена принципова схема системи теплового насоса з сонячною батареєю і допоміжної гарячою водою.

Ця система складалася з двох частин, а саме підсистеми теплового насоса з повітряним джерелом і підсистеми акумулювання енергії з додатковою гарячою водою.

У випарнику відбувається фазовий перехід робочого тіла з рідкого стану в газоподібний. Теплова енергія поглиналася від низькотемпературного джерела тепла. Потім низькотемпературний газ

низького тиску перетворювався в компресорі в високотемпературний газ високого тиску.



1-Тепловий насос, 2- сонячна панель, 3- випарник, 4 - теплообмінник–переохолоджувач, 5- компресор, 6- конденсатор, 7- дросель, 8-бак

Рисунок 3.1 - Схема підключення теплового насосу в систему гарячого водопостачання

Фазовий перехід з газу в рідину в конденсаторі супроводжувався виділенням тепла, під час якого енергія, отримана від випаровування і стиснення, використовувалася для нагріву водного середовища, яка охолоджувалася, проходячи через конденсатор. Робоче тіло високого тиску було перетворено назад в низькотемпературну рідину низького тиску шляхом проходження через клапан. Потім почасться наступний цикл.

Підсистема накопичення енергії з допоміжної гарячою водою. Допоміжна підсистема гарячого водопостачання була запущена при низькій

температурі навколишнього середовища. Рідке робоче середовище низького тиску, нагрівається пластинчастим теплообмінником з використанням гарячої води в сонячному колекторі. Після теплообміну високотемпературне робоче тіло відповідає за додатковий нагрів низькотемпературного робочого тіла у випарнику.

Визначимо значення сонячної активності для селища Родинське в період з квітня по жовтень, тобто для семи місяців, данні занесемо до табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Сонячна активність для селища Родинське в період з квітня по жовтень

Місяці	1	2	3	4	5	6	7
Сонячна радіація на добу, Н ,МДж/м ² ·добу	23,69	26,72	29,16	26,99	24,74	19,71	15,43
Сонячна радіація, Н _д , М Дж/м ² ·добу	4,66	5,18	6,43	6,24	5,32	3,83	3,59
коефіцієнт ясності повітря атмосфери К _я	0,73	0,72	0,74	0,72	0,73	0,72	0,76
тривалість сонячного випромінюван ня протягом дня $\eta_{\text{міс}}^{\text{cc}}$	281,69	314,19	332,91	326,01	300,40	257,06	245,25
температура повітря Т _в , °С.	11,62	18,12	23,05	26,10	25,90	21,77	16,64

Визначимо значення тієї радіації, яку можна отримати для селища Родинське в період з квітня по жовтень по формулі, отримані данні занесемо до табл. 3.2 :

$$\bar{H}_T = \bar{R} \cdot \bar{H}$$

де \bar{H} - середньомісячна величина денного надходження сумарної радіації на горизонтальну поверхню, МДж/(м²·добу).

\bar{R} – коефіцієнт для сонячної радіації:

$$\bar{R}_{\phi=50,5^\circ}^1 = \bar{R}_1 + \frac{\bar{R}_2 - \bar{R}_1}{\phi_2 - \phi_1} \cdot (\phi_X - \phi_1)$$

ϕ_1, ϕ_2 – кути нахилу сонця.

Отримання в сонячної радіації за місяць для кожного літнього місяця

$$\bar{H}_{T_{\text{міс}}} = \bar{H}_T \cdot n_{\text{міс}}^{\text{діб}}, \text{ МДж} / \text{м}^2 \cdot \text{міс}$$

де $n_{\text{міс}}^{\text{діб}}$ - кількість днів в місяці для літнього періоду .

Розрахуємо густини потоку сонячної радіації радіація:

$$I_a = \frac{\bar{H}_T}{n_{\text{міс}}^{\text{сс}} \cdot 3600}$$

Усі розраховані та отримані данні занесемо до табл. 3.2:

Таблиця 3.2 – Розрахунок густини потоку сонячної радіації для не опалювального сезону

показники	Місяць року						
	1	2	3	4	5	6	7
Сумарна сонячна радіація H_T , МДж/м ² ·міс	769,86	809,54	818,30	793,46	790,76	699,54	653,59
\bar{R}	1,07	0,96	0,92	0,93	1,02	1,17	1,35
K_{γ}	0,69	0,68	0,71	0,68	0,69	0,68	0,73
\bar{H}_T , МДж/м ² ·добу	25,66	26,11	27,28	25,59	25,51	23,32	21,08
Середньомісячна температура зовнішнього	769,86	809,54	818,30	793,46	790,76	699,54	653,59
Тривалість сонячного сяяння $\eta_{\text{міс}}^{\text{сс}}$, год/міс	11,56	18,03	22,93	25,97	25,77	21,66	16,56
Густини потоку сонячної радіації I_a , Вт/м ²	280,28	312,62	331,24	324,38	298,90	255,78	244,02

Встановлення на дахи сонячного колектору дозволить в літній період використовувати сонячне тепло на 75 відсотків, а це призведе до підвищення ефективності системи гарячого водопостачання, коли в якості охолоджуючої рідини треба використовувати холодоагент R123 в тепловому насосі, цех холодоагент виконує цикл термодинамічний, та для того щоб визначити на

скільки ефективно таке використання теплового насосу для гарячого водопостачання необхідно визначати μ .

$$\mu = \frac{Q_{\text{в}}}{N},$$

$Q_{\text{в}}$ - кількість тепла, отриманого від теплового насосу;

N - витрачена потужність компресором.

коефіцієнт трансформації тепла

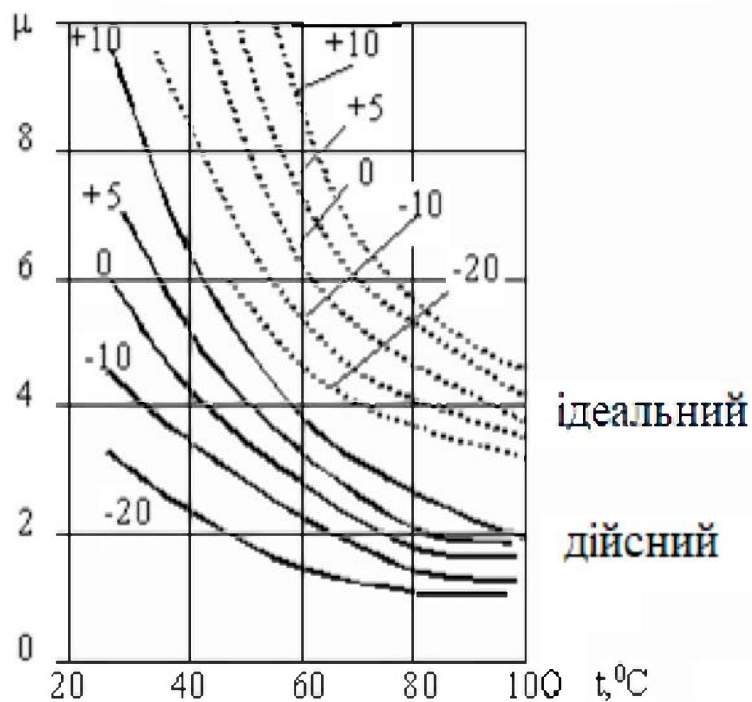


Рисунок 3.2 - Коефіцієнт трансформації тепла

Для визначення параметрів циклу теплового насосу розрахуємо температури охолоджуючої рідини (T_0) в тепловому насосі за використанням наступних рівнянь :

Спочатку визначаємо

$$T_i = T_{\text{с}} - \frac{\eta_{\text{СК}}^{\text{TH}} - F_R (\tau \alpha)_n}{F_R U_L} \cdot I_a, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Потім температуру в колекторі:

$$T_x = T_i + 2, ^\circ\text{C}$$

Потім температуру в самому тепловому насосі

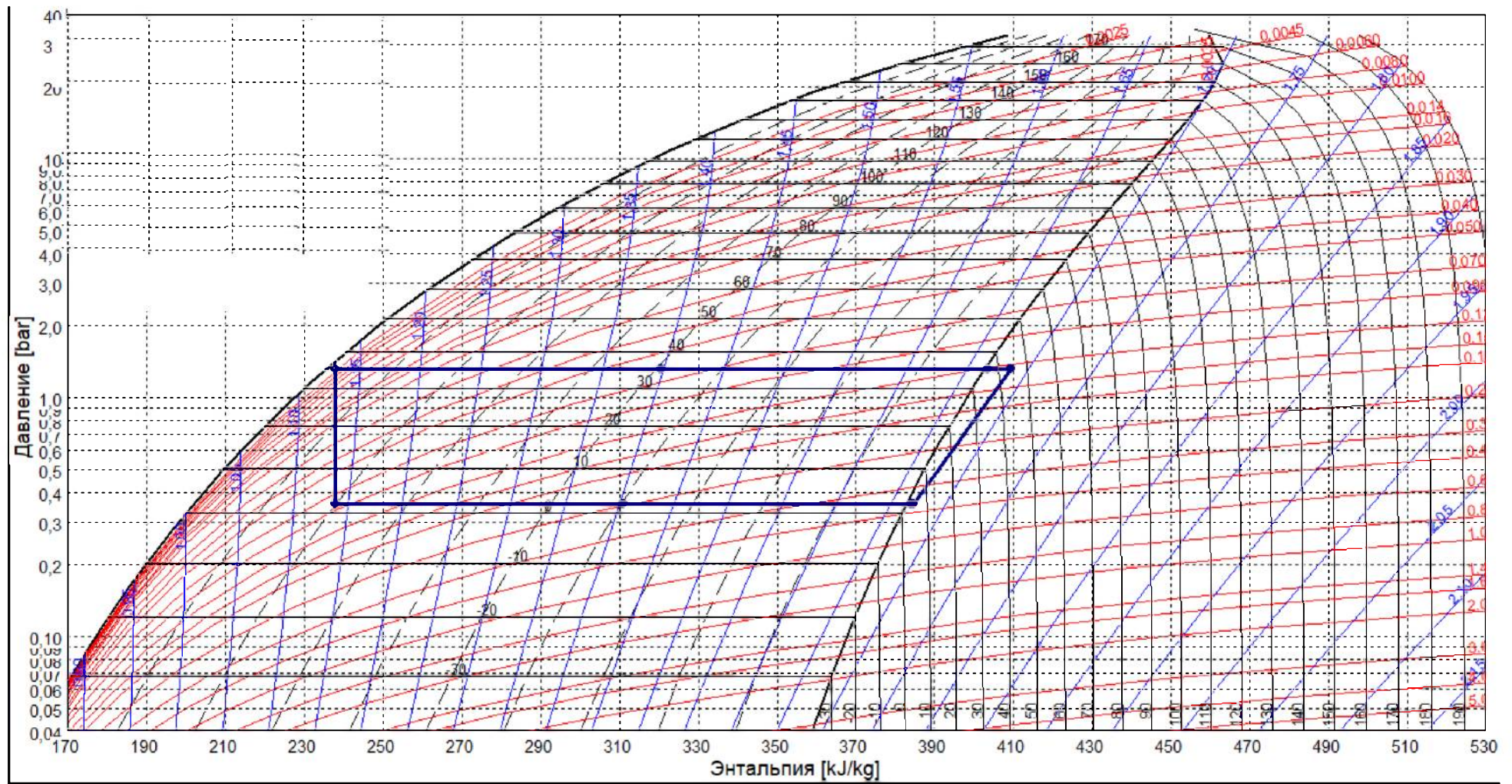
$$T_o = T_i - 5, ^\circ\text{C}$$

Розраховані значення занесемо до табл. 3.3.

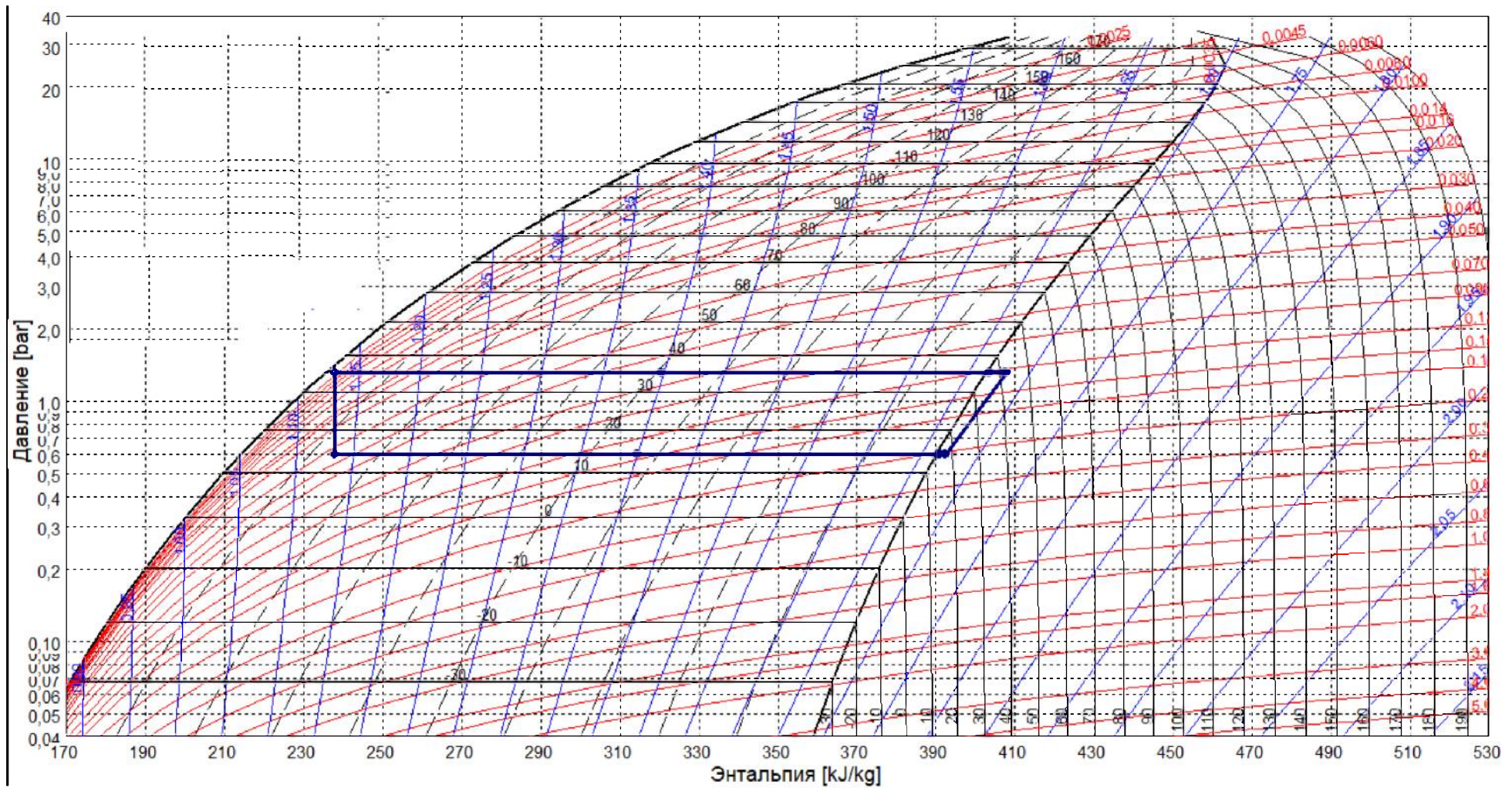
Таблиця 3.3 – Температура охолоджуючої рідини

Місяць року	1	2	3	4	5	6	7
температура повітря $T_B, ^\circ\text{C}.$	11,62	18,12	23,05	26,10	25,90	21,77	16,64
$T_i, ^\circ\text{C}$	7,332	13,987	19,028	22,094	23,622	17,440	13,392
$T_x, ^\circ\text{C}$	9,332	15,987	21,028	24,094	25,622	19,440	15,392
$T_o, ^\circ\text{C}$	2,332	8,987	14,028	17,094	18,622	12,440	8,392

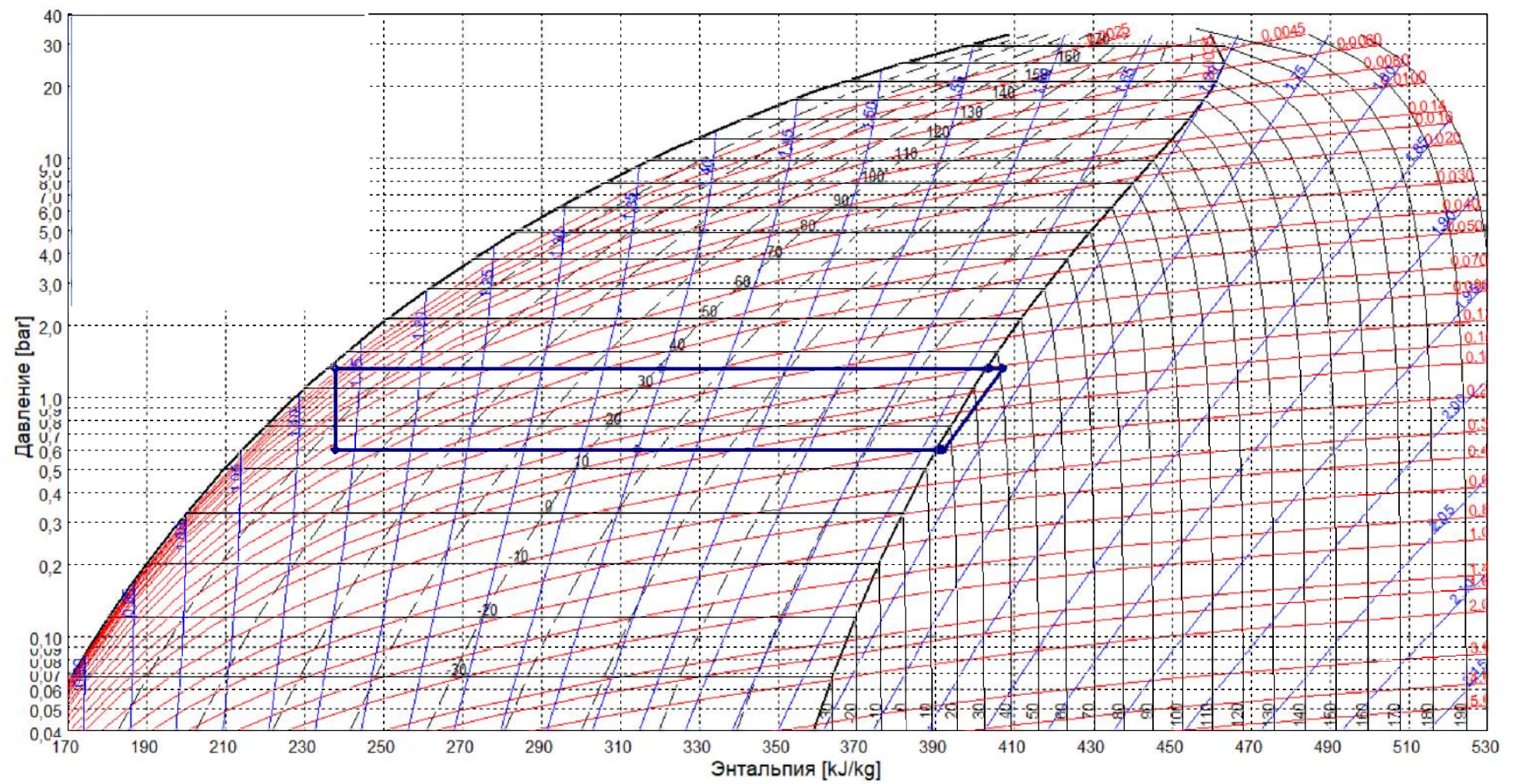
Побудуємо для теплового насосу тепловий цикл для кожного місяця з неопалювального періоду в координатах тиск ентропія (рис.3.3).



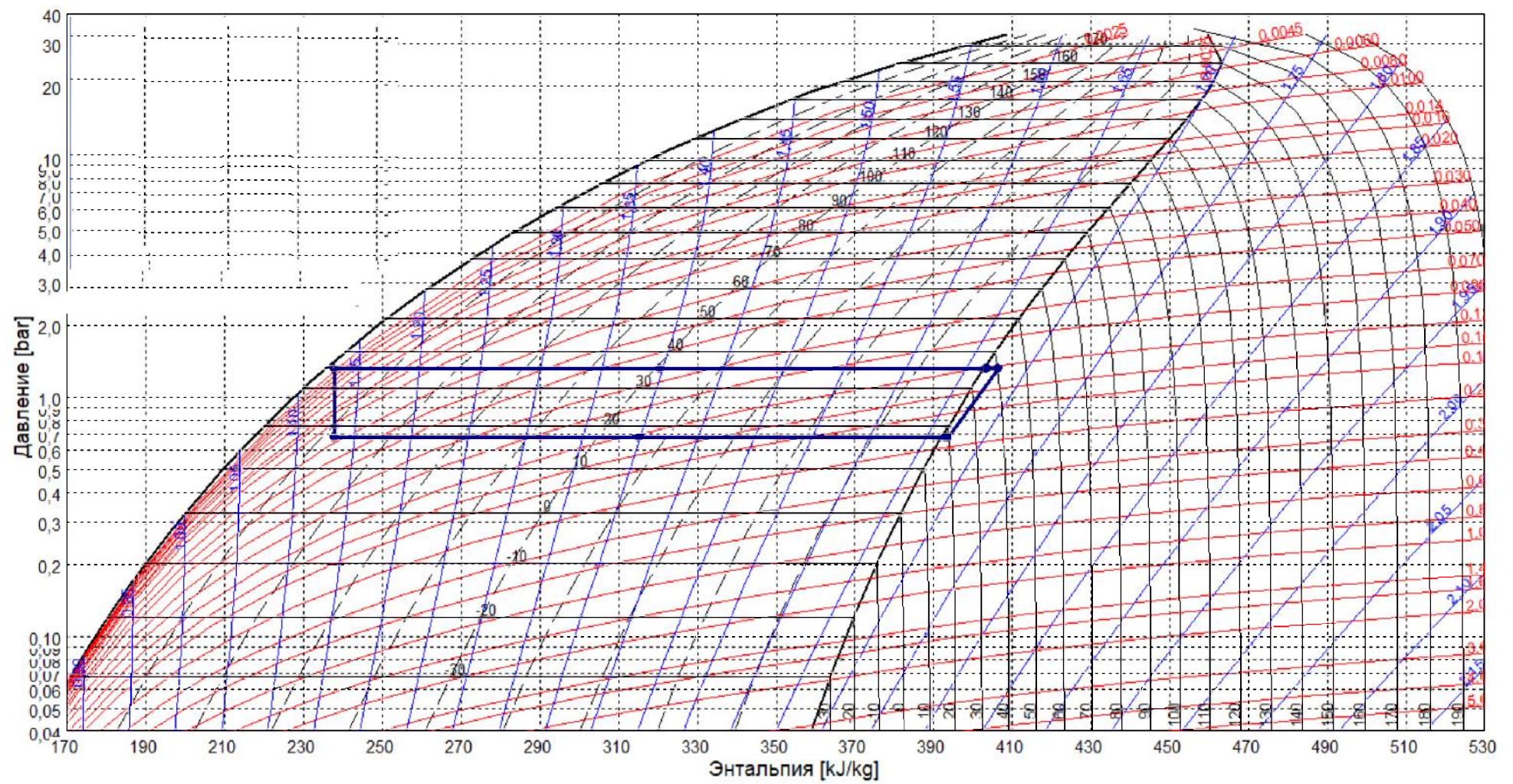
А) Квітень



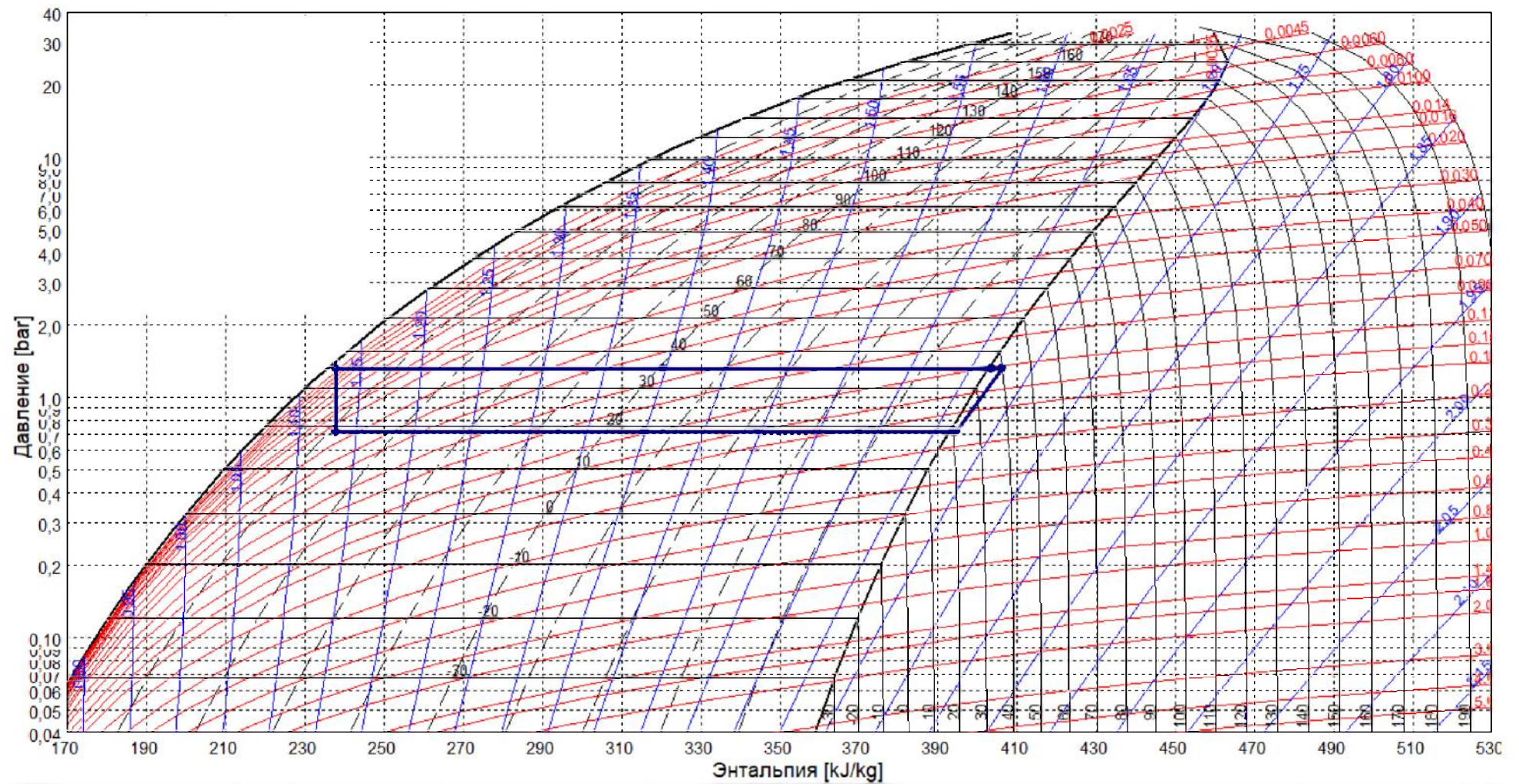
Б)Травень



В)Червень

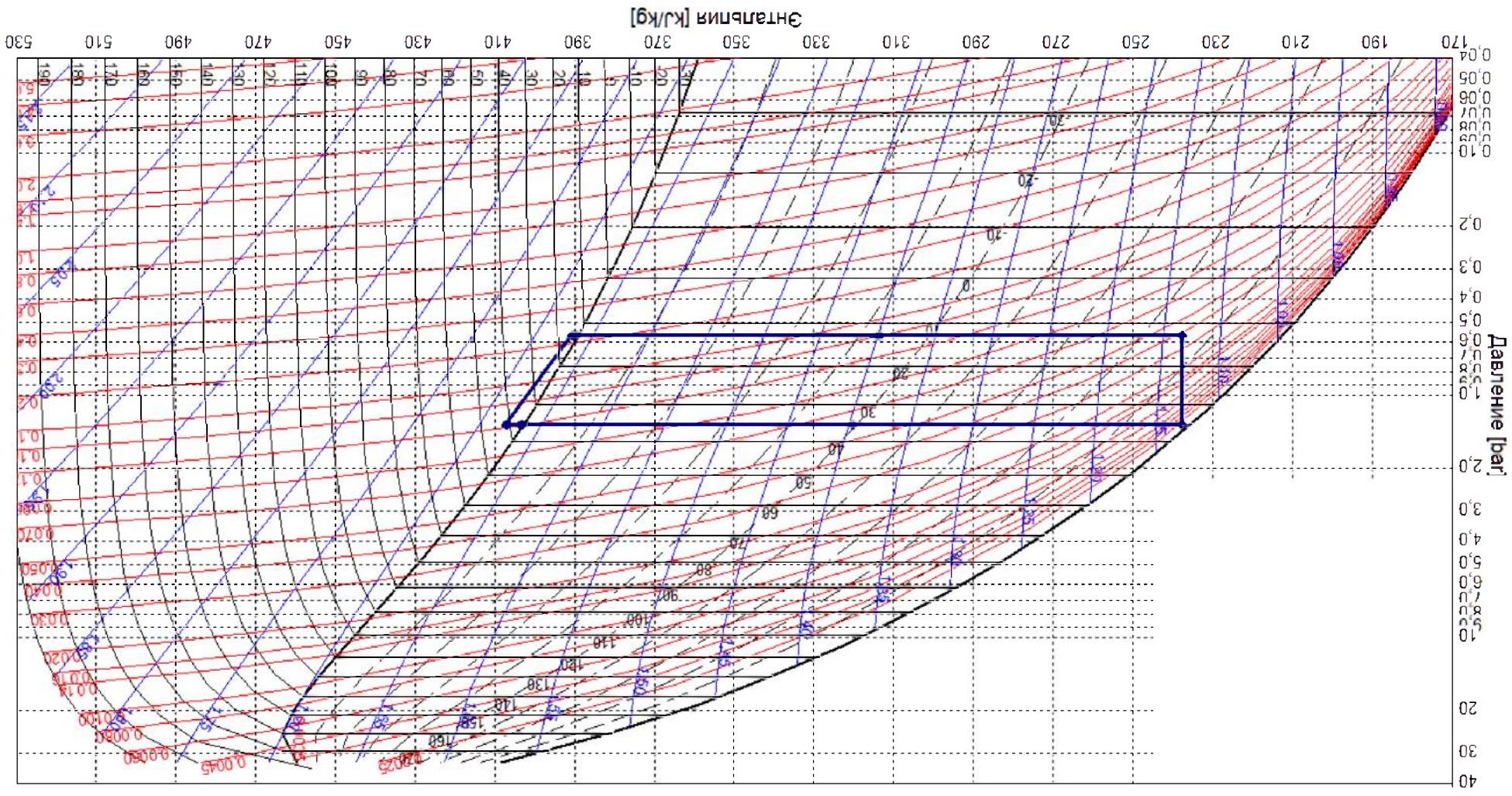


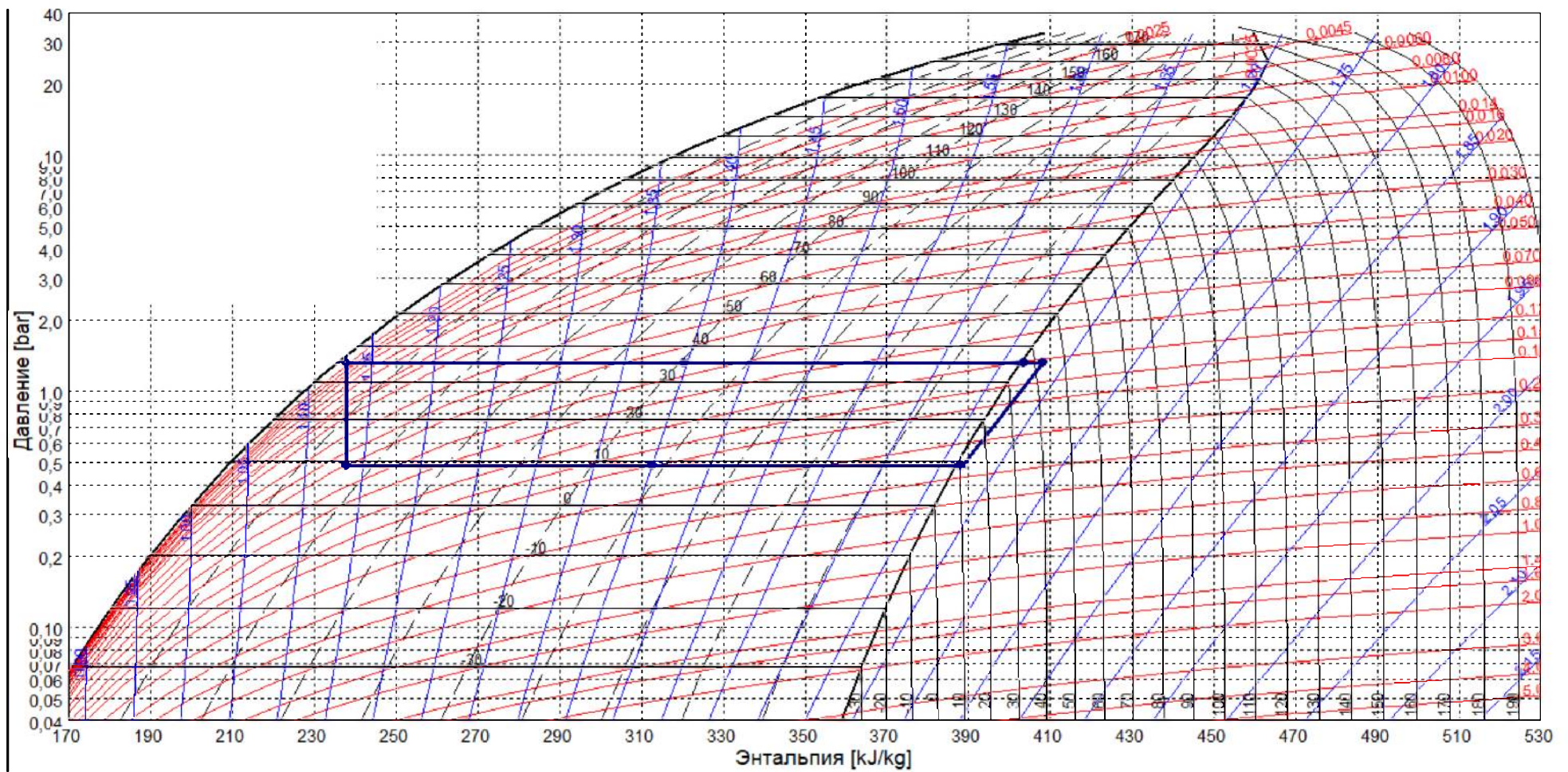
Г)Липень



Д)Серпень

Е)Вересень





К) Жовтень

Рисунок 3.3 – Термодинамічний цикл з квітня(а) по жовтень (к) для теплового насосу

Після проведення аналізу даних, які отримані з теплових циклів (рис.3.3), занесемо до табл.3.4 значення ентропії для кожного циклу, та розрахуємо коефіцієнт трансформації тепла та коефіцієнти перетворення (КОП):

$$КОП = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$$

Таблиця 3.4 – Значення отриманих показників для неоплювального періоду

Місяць	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
$T_i, ^\circ C$	7,332	13,987	19,028	22,094	23,622	17,440	13,392
$T_o, ^\circ C$	2,332	8,987	14,028	17,094	18,622	12,440	8,392
Q, МВт	0,584	0,525	0,531	0,545	0,531	0,53	0,63
N, МВт	0,17	0,13	0,14	0,26	0,25	0,22	0,26
h2, Дж	409,37	407,91	407,72	406,96	406,46	407,29	408,03
h3, Дж	403,61	403,61	403,61	403,61	403,61	403,61	403,61
h4, Дж	237,44	237,44	237,44	237,44	237,44	237,44	237,44
μ	5,88	7,69	7,14	7,69	8,00	9,09	7,69
КОП	0,29	0,39	0,40	0,50	0,58	0,45	0,38

Побудуємо графік зміни коефіцієнта трансформації тепла для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7), та представимо його на рис.3.4

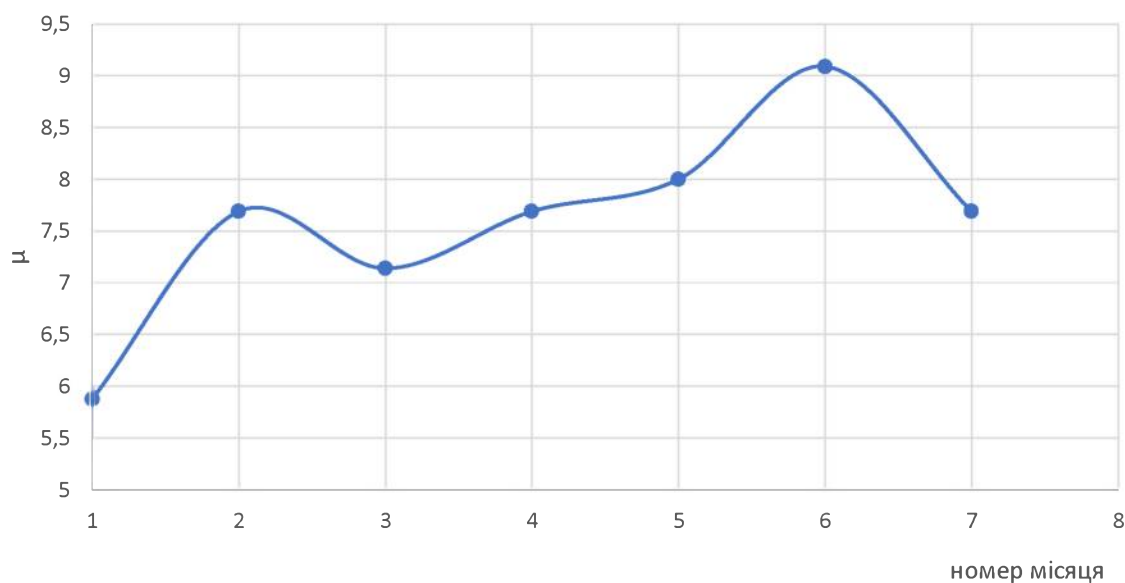


Рисунок 3.4 – Залежність зміни коефіцієнта трансформації тепла від місяця

Як бачимо з графіку рис.3.4 зміни коефіцієнта трансформації для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) добре корелює з даними отриманими в літературі рис.3.3, та отримані нами значення не виходять з цього діапазону для дійсних температур навколишнього середовища, та знаходяться в межах від 5,88 до 9,1. Тобто чим нижче температура повітря та кількість використаної теплоти збільшується, а коефіцієнт трансформації зменшується, бо є втрати теплоти на роботу теплового насосу.

Тому як бачимо з цього графіку раціонально використовувати теплові насоси для отримання гарячої води в неопалювальний період, бо ми заощаджуємо природні ресурси та не засмічуємо навколишнє середовище.

Проаналізуємо ще як змінюється коефіцієнт перетворення теплоти для теплового насосу в неопалювальний періоду з квітня (1) по жовтень (7), та представимо його на рис.3.5

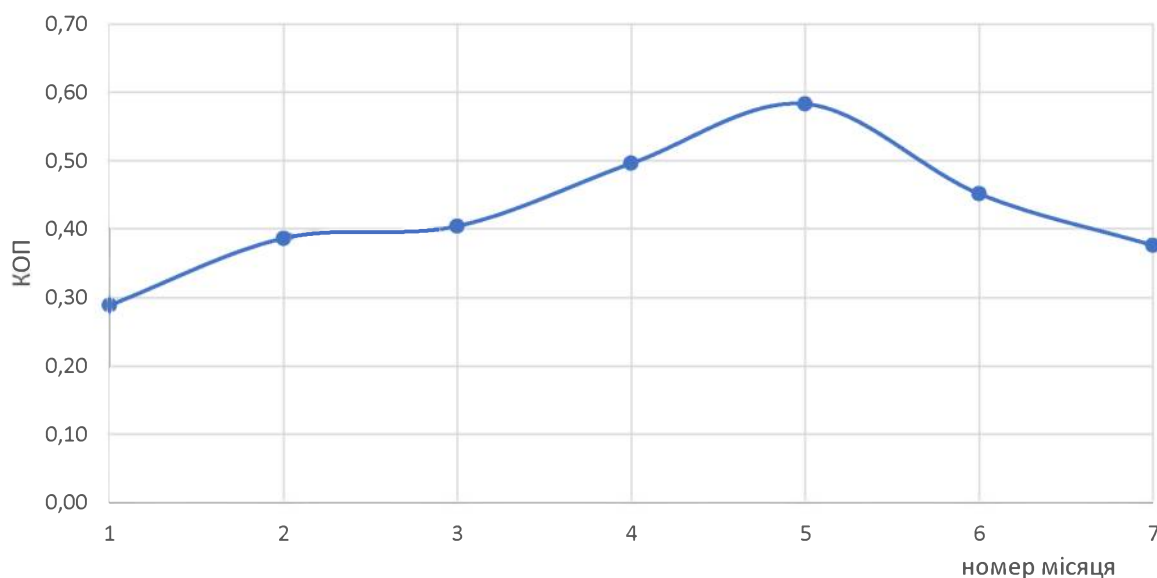


Рисунок 3.5 – Залежність зміни коефіцієнта перетворення тепла від місяця

Як бачимо з графіку рис.3.5 зміни коефіцієнта перетворення тепла для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) добре корелює з даними отриманими в літературі від 0,29 до 0,58, тобто чим нижче температура повітря тоді кількість використаної теплоти збільшується, а коефіцієнт перетворення зменшується, бо є втрати теплоти на роботу теплового насосу.

Тому як бачимо з цього графіку раціонально використовувати теплові насоси для отримання гарячої води в неопалювальний період, бо ми заощаджуємо природні ресурси та не засмічуємо навколишнє середовище.

3.2. Висновок по розділу 3

1. Зміна коефіцієнта трансформації для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) добре корелює з даними отриманими в

літературі та знаходиться в діапазоні для дійсних температур навколишнього середовища від 5,88 до 9,1 . Тобто чим нижче температура повітря та кількість використаної теплоти збільшується, а коефіцієнт трансформації зменшується, бо є втрати теплоти на роботу теплового насосу.

2. Зміни коефіцієнта перетворення тепла для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) знаходиться в межах від 0,29 до 0,58.

3. Тому як бачимо з цього графіку раціонально використовувати теплові насоси для отримання гарячої води в неопалювальний період, бо ми заощаджуємо природні ресурси та не засмічуємо навколишнє середовище.

ВИСНОВОК

В випускній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю (144) «Теплоенергетика» Підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання було проведено теоретичний огляд сучасних методів підвищення ефективності роботи системи гарячого водопостачання та описана практика використання теплових насосів. Описано об'єкт та систему гарячого водопостачання, описано місця розташування об'єкту. Проведено розрахунки витрат теплоти річні та погодинні для с. Родинське,

Проведено визначення та розрахунок споживання теплоти та гарячого водопостачання по місяцям.

Проведено розрахунок параметрів для отримання графіку температур води в системі гарячого водопостачання та опалення.

Рекомендовано з метою забезпечення підвищення ефективності системи гарячого водопостачання в літній період, отримувати необхідну кількість теплоти (0,6 МВт) від альтернативного джерела енергії а саме сонця, за допомогою використання теплових насосів.

В роботі описано спосіб по підвищенню ефективності роботи системи гарячого водопостачання, а саме як використовувати та з яким робочім тілом тепловий насос для отримання гарячої води та наведено осні параметри , які характеризують його ефективність.

Зміна коефіцієнта трансформації для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) добре корелює з даними отриманими в літературі та знаходиться в діапазоні для дійсних температур навколишнього середовища від 5,88 до 9,1 . Тобто чим нижче температура повітря та кількість використаної теплоти збільшується, а коефіцієнт трансформації зменшується, бо є втрати теплоти на роботу теплового насосу.

Зміни коефіцієнта перетворення тепла для місяців з неопалювального періоду з квітня (1) по жовтень (7) знаходиться в межах від 0,29 до 0,58.

Тому як бачимо з цього графіку раціонально використовувати теплові насоси для отримання гарячої води в неопалювальний період, бо ми заощаджуємо природні ресурси та не засмічуємо навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1) Xuejuan Li, Yunfeng Wang, Ming Li, Mengxiao Hang, Wenkui Zhao, Decheng Kong, Gaofei Yin, Performance testing of a heat pump system with auxiliary hot water under different ambient temperatures, *Energy and Built Environment*, 2021, ISSN 2666-1233, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.02.002>.

2) Л. Цзинь , Ф. Цао , Д. Ф. Ян , XL Ван, Эксплуатационные исследования теплового насоса с воздушным источником R404A с внутренним теплообменником для отопления жилых помещений в северном Китае, *Int. J. Refrig.* , 67 (2016) , с. 239 – 248.

3) JZ Zhou , XD Zhao , XL Ma , ZZ Qiu , J. Ji , ZY Du , M. Yu, Экспериментальное исследование солнечной системы теплового насоса прямого расширения с использованием новых фотоэлектрических модулей / микроканалов-испарителей. *Прил. Энергия* , 178 (2016) , с. 484 – 495.

4) Э. Мохамед, С. Риффат , С. Омер, Низкотемпературный тепловой насос на солнечных батареях: разработанная конструкция для бытового применения в холодном климате, *Int. J. Refrig.* , 81 (2017) , с. 134 – 150.

5) Соколов Е.Л. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Энергоатомиздат, 1982. - 360с.

6) X. Ju , A. Vossier , Z. Wang , A. Dollet , G. Flamant Усовершенствованный метод оценки температуры для солнечных батарей, работающих при высоких концентрациях. *Sol. Энергия* , 93 (2013) , стр. 80 - 89

7) Г. С. Кинси , П. Хеберт , К. Э. Барбур , Д. Д. Крут , Х. Л. Котал , Р. А. Шериф, Концентраторные характеристики многопереходных солнечных элементов при переменной интенсивности и температуре, *Прогр. Photovolt .: Res. Прил.* , 16 (6) (2008) , с. 503 – 508

8) Х. Хелмерс , М. Шахтнер , А. В. Бетт, Влияние температуры и освещенности на тройные солнечные элементы. Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 116 (2013) , с. 144 - 152.

9) Схеми підключення ГВС до теплових мереж,
<https://santechnik.org.ua/stati/vodoprovod/podkluchenie-gvs-k-teploseti>

10)Теплоснабжение района города : учеб. пособие /А.К. Тихомиров. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та,2006. - 135 с.

11) Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Н. Е. Гарнагина, Н. Г. Занько, Н. Ю. Золотарева и др.; Под ред. О. Н. Русака. СПб.: Изд-во МАНЭБ, . 279 с.

Додаток А. ОХОРОНА ПРАЦІ

Теплопостачання в зимовий період повинно відповідати нормам та вимогам безпеки систем опалення. Підготовку до експлуатації котельнь починається з підготовки їх до опалення в літній період, їх ремонтом займаються спеціально навчені працівники. Трубопроводи теплових мереж необхідно утеплювати, щоб уникнути втрат теплоти, для цього використовують негорючі, вибухонебезпечні теплоізоляційні матеріали.

У приміщення призначених для водяного опалення не повинно бути речовин, які при контакті з водою у випадку аварії займаються, вибухають або виділяють отруйні речовиною.

Котли які працюють не можна залишати без нагляду або керувати за їх роботою з пункту керування.

Не дозволяється залишати без нагляду кваліфікованого персоналу котли, які працюють. Виняток становлять котли, контроль та управління якими здійснюється з диспетчерського пульта.

В окремо розташованих котельних допускається встановлення закритих витратних баків для рідкого палива об'ємом не більше ніж 5 м³ (для мазуту) або 1 м³ (для легкого нафтового палива).

В приміщеннях котельних забороняється:

- проводити роботи, не пов'язані з технічним обслуговуванням і наглядом за обладнанням котельної;
- допускати до цих приміщень сторонніх осіб і доручати їм обслуговування котлів;
- сушити на котлах спецодяг, взуття, інші горючі матеріали;
- допускати підтікання рідкого палива або витікання газу із системи подавання палива;
- користуватись вогнем для виявлення витікання газу від газопроводів;
- користуватись несправними газовими пальниками та пристроями;

- подавати паливо при несправній системі подавання палива, погашених форсунках або газових пальниках;
- користуватись витратними баками, які не мають пристроїв для відведення палива в аварійну ємність (тобто безпечне місце) в разі пожежі;
- палити в топці при несправних приладах автоматичного регулювання, сигналізації та захисту обладнання;
- застосовувати відкритий вогонь або курити в приміщеннях, де встановлена ємність з паливом;
- використовувати як паливо відходи нафтопродуктів та інші легкозаймисті горючі рідини, не передбачені технічними умовами на експлуатацію котельного обладнання;
- застосовувати трубопроводи подавання палива з горючих матеріалів. При експлуатації калориферів слід:
- постійно тримати у справному стані контрольно-вимірювальні прилади;
- зашпарувати негорючими матеріалами виявлені шпарини між калориферами та будинковими конструкціями камер;
- забезпечити відстань між калориферами та конструкціями з горючих матеріалів не менше ніж 1,5 м за наявності вогневого або електричного підігрівання і не менше ніж 0,1 м коли теплоносіями є вода або пара;
- стежити за тим, щоб транзитні канали, якими подається нагріте в калорифері повітря, не мали отворів, крім призначених для подавання повітря в приміщення;
- систематично очищати калорифери від забруднення пневматичним або гідравлічним способом.

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА ДО
РОБОТИ

Перелік зауважень нормо контролера до роботи

Позначення документа	документ	Умовне позначення	Зміст зауваження

Дата _____

підпис(ПІБ)_____