

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ**

**Кваліфікаційна робота**

**бакалаврський**

(рівень вищої освіти)

на тему Розрахунок і вибір сонячних колекторів для  
забезпечення гарячого водопостачання бази відпочинку ПФ «ДОТ  
ім. Гагаріна « ПАТ «Тера-Гарант» м. Приморську

Виконав: студент 5 курсу, групи ТЕ-16-16з  
спеціальності теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

Тельпіс Олександр Вікторович

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Радченко В.В.

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

Рецензент проф., д.т.н. Чейлитко А.О.

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

Запоріжжя  
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики  
Рівень вищої освіти бакалаврський  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код та назва)  
Освітня програма Теплоенергетика  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Тельпіс Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Розрахунок і вибір сонячних колекторів для забезпечення гарячого водопостачання бази відпочинку ПФ «ДОТ ім. Гагаріна « ПАТ «Тера-Гарант» м. Приморську керівник роботи Радченко Віталій Васильович к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «17» січня 2021 року № 91-с

2 Строк подання студентом роботи 15 травня 2022 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Приморськ, Запорізька область. Кліматологія. Потужність системи ГВП. Орієнтація колектора (азимут). Тип колектора. Ефективність проміжного теплообмінника. Вартість електроенергії.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальна характеристика альтернативних джерел об'єктів з невеликим тепловим навантаженням, використовуваних для потреб ГВП. Розрахунок і вибір сонячних колекторів для забезпечення гарячого водопостачання бази відпочинку ПФ «ДОТ ім. Гагаріна « ПАТ «Тера-Гарант» м. Приморську. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень вибору альтернативного джерела енергії для ГВП

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Функціональна схема системи тепlopостачання SintSolar. Визначення інтенсивності потоку штучного випромінювання для п'яти режимів освітленості

#### 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<b>1</b>	<b>Радченко В.В.</b>		
<b>2</b>	<b>Радченко В.В.</b>		
<b>3</b>	<b>Радченко В.В.</b>		
<b>4</b>	<b>Радченко В.В.</b>		

7 Дата видачі завдання 15 травня 2022 р

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<b>1</b>	<b>Загальна характеристика альтернативних джерел об'єктів з невеликим тепловим навантаженням, використовуваних для потреб ГВП</b>		
<b>2</b>	<b>Розрахунок і вибір сонячних колекторів для забезпечення гарячого водopостачання бази відпочинку ПФ «ДОТ ім. Гагаріна « ПАТ «Тера-Гарант» м. Приморську</b>		
<b>3</b>	<b>Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень вибору альтернативного джерела енергії для ГВП</b>		
<b>4</b>	<b>Оформлення пояснювальної записки</b>		
<b>5</b>	<b>Підготовка презентації</b>		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

О.В. Тельпіс  
(ініціали та прізвище)

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

В.В. Радченко  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
(підпис)

С.Є. Чижов  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Тельпіс О.В. Розрахунок і вибір сонячних колекторів для забезпечення гарячого водопостачання бази відпочинку ПФ «ДОТ ім. Гагаріна « ПАТ «Тера-Гарант» м. Приморську

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник канд. тех. наук, доцент Радченко В.В. Запорізький національний університет. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022.

У дипломному проекті виконано розрахунок і вибір альтернативного джерела гарячого водопостачання для бази відпочинку у м. Приморськ на основі фінансового оцінювання. Устаткування у даному дипломному проекті представлені такими світовими брендами: вітчизняною фірмою-виготівником SintSolar та німецькою фірмою Meibes.

Мета роботи – придбати навички аналізу економічної доцільності використання систем теплопостачання з нетрадиційними джерелами енергії; оволодіти практичними прийомами розрахунку основних технічних параметрів цих систем.

Ключові слова: комбінована система гарячого водопостачання, електрична потужність, число годин, площа колектору, температура, акумулятор, електричний нагрівач, термін окупності, приведена вартість вигоди

## ABSTRACT

Telpis OV Calculation and selection of solar collectors to provide hot water supply to the recreation center PF "DOT them. Gagarin PJSC "Tera-Garant" Primorsk

Qualification final work for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 - Heat Power Engineering, research supervisor Associate Professor Radchenko VV Zaporizhia National University. Department of Heat and Hydropower, 2022.

The diploma project calculates and selects an alternative source of hot water for the recreation center in Primorsk on the basis of financial evaluation. The equipment in this diploma project is represented by the following global brands: the domestic manufacturer SintSolar and the German company Meibes.

The purpose of the work is to acquire skills of analysis of economic feasibility of using heat supply systems with non-traditional energy sources; master the practical techniques of calculating the basic technical parameters of these systems.

Key words: combined hot water supply system, electric power, number of hours, collector area, temperature, accumulator, electric heater, payback period, reduced cost of benefit

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ОБ'ЄКТІВ З НЕВЕЛИКИМ ТЕПЛОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ, ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЛЯ ПОТРЕБ ГВП .....	9
1.1 Сонячні колектори та їх раціональне використання .....	11
1.2 Принципова схема комбінованої системи .....	20
1.3 Сонячна енергія в Україні .....	22
1.4 Вихідні дані для розрахунку .....	23
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БАЗИ ВІДПОЧИНКУ ПФ «ДОТ ІМ. ГАГАРИНА « ПАТ «ТЕРА-ГАРАНТ» М. ПРИМОРСЬКУ .....	25
2.1 Розрахунок сонячних теплонадходжень .....	25
2.2 Середньомісячні денні надходження сумарної сонячної радіації на похилу поверхню .....	29
2.3 Розрахунок густини потоку сонячної радіації за місяцями робочого терміну .....	30
2.4 Розрахунок навантаження теплопостачання .....	31
2.5 Розрахунок плоского сонячного колектора МФК 002 ( фірма Meibes) .	32
2.6 Розрахунок температур води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника ТН (МФК 002 ( фірма Meibes) .....	35
2.7 Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором, вибір устаткування .....	39
2.8 Розрахунок плоского сонячного колектора СВ-V3R ( фірма- Sint Solar)	42
2.10 Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором, вибір устаткування .....	55

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГВП.....	59
3.1 Порівняльний розрахунок витрат сонячної геліосистеми без ТН для фірми Meibes та Sint Solar.....	59
3.2 Капітальні витрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН.....	60
3.3 Розрахунок витрат на роботу традиційної системи з електрокотлом - базовий варіант.....	63
3.4 Розрахунок затрат і порівняння альтернативних систем гарячого водопостачання SintSolar.....	65
3.5 Капітальні витрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН.....	67
3.6 Розрахунок витрат на роботу традиційної системи з електрокотлом - базовий варіант.....	68
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ .....	75
4.1 Історія розвитку автоматизації, як науки .....	75
4.2 Види автоматизації виробництва.....	76
4.3 Вплив автоматизації на життя людини .....	77
4.4 Автоматизація сонячного колектору та бака-акумулятора .....	78
4.5 Автоматизація водостачання .....	79
4.6 Призначення та функції контролера Sint Solar K .....	79
ВИСНОВОК.....	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	83

## ВСТУП

Зростаюче з кожним роком вироблення і споживання енергії в світі створюють необхідні умови для прискорення науково-технічного прогресу, який дозволяє покращувати добробут людей планети. Але разом з тим зростаючі обсяги споживання енергії вимагають все більших обсягів вуглеводневої сировини, запаси якої не безмежні. Світова енергетична криза 1973-1974 рр. змусила багато країн переглянути своє ставлення до споживання паливно-енергетичних ресурсів і вжити необхідні заходи щодо зниження енергоємності валового внутрішнього продукту (ВВП) та збільшення забезпеченості паливно-енергетичними ресурсами за рахунок своїх внутрішніх резервів і поновлюваних джерел енергії.

Електроенергетика є найважливішою галуззю будь-якої країни, оскільки електроенергія відноситься до універсального виду енергії. Її легко можна передавати на значні відстані, ділити на велику кількість споживачів. Без електроенергії неможливо здійснити багато-технологічні процеси. Однією зі специфічних особливостей електроенергії є те, що її продукція на відміну від інших галузей промисловості не може зберігатися для подальшого споживання. Оскільки при передачі електроенергії на великі відстані спостерігаються збільшення витрат, для ринку цієї продукції характерним є використання її з місцевих і найближчих районів.

Існує тісний взаємозв'язок між енергозабезпеченням, багатством і добробутом народу. Рівень розвитку суспільства визначається способом його енергозабезпечення. За підрахунками ак. А.Берга ще 100 років тому 98% споживаної енергії припадало на мускульну силу людини і тварин.



## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ОБ'ЄКТІВ З НЕВЕЛИКИМ ТЕПЛОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ, ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЛЯ ПОТРЕБ ГВП

В даний час в результаті науково-технічного прогресу майже всю важку роботу виконують машини, а на мускульну силу людей припадає менше 1% енергії. Користування природними енергоресурсами (вітром і сонячним теплом) сприяло зародженню і становленню цивілізації. Послідовно змінюються види все більш калорійних енергоносіїв - дрова, вугілля, нафта, газ і, нарешті, ядерне паливо - це етапи прогресу, які, створюючи блага для людства водночас погіршують екологічне середовище, зменшують межу екологічного середовища проживання людини.

Основними напрямками енергозбереження в промисловості є:

- структурна перебудова підприємств, спрямована на випуск менш енергоємної, конкурентоспроможної продукції;
- спеціалізація і концентрація окремих і енергоємних виробництв (ливарних, термічних, гальванічних ) по регіонах;
- модернізація і технічне переозброєння виробництв на базі наукомістких ресурсо-і енергозберігаючих та екологічно чистих технологій;
- вдосконалення існуючих схем енергопостачання підприємств;
- підвищення ефективності роботи котельних і компресорних установок;
- використання вторинних ресурсів і альтернативних видів палива, в т.ч. горючих відходів виробництва;
- застосування джерел енергії з високоефективними термодинамічними циклами;
- застосування ефективних систем теплопостачання, освітлення, вентиляції, гарячого водопостачання;

- реалізація великих комплексних проектів, що впливають на рівень енергоспоживання в республіці, її енергозабезпеченість та ефективність використання енергії.

Першочерговими заходами є:

- модернізація термічного устаткування;
- утилізація тепла відхідних газів;
- підвищення активності роботи котельних шляхом автоматизації основних і допоміжних процесів, оптимізації процесів горіння, установки в промислових котелень турбогенераторів малої потужності;
- зниження витрат на теплопостачання будівель і споруд, вентиляцію, освітлення, пальне теплопостачання

У сільському господарстві основними напрямками підвищення ефективності використання є:

- впровадження енергоефективних систем мікроклімату, годівлі, напування, утримання молодняка;
- впровадження систем обігріву виробничих приміщень інфрачервоними випромінювачами;
- використання геліоколекторів для нагріву води, використовуваної на технологічні потреби;
- впровадження частотно-регульованого приводу для технологічних установок;
- децентралізація схем теплопостачання з впровадженням газогенераторних установок;
- заміна електродкотлів і неекономічних чавунних котлів на котельні установки, що працюють на місцевих видах палива;
- впровадження газогенераторних установок із застосуванням ефективних технологій перетворення низькосортних палив в висококалорійні;

- створення міні-ТЕЦ на базі двигунів внутрішнього згоряння, установка турбогенераторів малої потужності в котельних, будівництво малих ГЕС;
- впровадження енергоефективних систем освітлення виробничих приміщень, вуличного освітлення населених пунктів;
- установка сучасної апаратури для технічного обслуговування, регулювання двигунів внутрішнього згоряння.

### 1.1 Сонячні колектори та їх раціональне використання

Одним зі шляхів зменшення споживання первинних енергоресурсів є розвиток нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії. Виробництво електроенергії на нетрадиційних та відновлювальних джерелах прогнозується збільшити до 2 мільярдів кіловат-годин у 2030 році тобто у 20 разів.

Одним із перспективних напрямків є біоенергетика. На сьогодні використання біомаси як палива в Україні дорівнює 988 тис. т у.п./рік, що становить 0,5% споживання первинних енергоресурсів. При цьому значна кількість біомаси, придатної для виробництва енергії знищується.

Для оцінки енергетичного потенціалу сонячної енергії і для встановлення можливих обсягів його практичного використання та обсягів заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів, було проведено розподіл на три різновиди:

- загальний;
- технічний ;
- доцільно-економічний

Загальний потенціал - це максимально можлива кількість енергії, яку отримує якась конкретна область України.

Технічний потенціал - це частка енергії загального потенціалу, яку можна реалізувати за допомогою сучасних технічних засобів.

Доцільно-економічний потенціал - це кількість енергії, яку доцільно використовувати з метою заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів, враховуючи при цьому наступні фактори: економічні, екологічні, технічно-технологічні, соціальні та політичні.

До числа факторів, що визначають економічну доцільність застосування систем сонячного теплопостачання можна віднести наступні:

- висока вартість теплової енергії, що відпускається традиційними джерелами;
- сезонне теплопостачання та значну кількість об'єктів, що працюють в режимі теплоспоживання з максимальними навантаженнями в літній період (санаторії, будинки відпочинку, дитячі оздоровчі табори і т.д.);
- високі середньорічні значення інтенсивності надходження сонячної радіації і велика кількість сонячних днів;
- наявність площ для розміщення колекторів і відсутність їх затінення;
- постійно зростаючі вимоги до чистоти навколишнього середовища.

Враховуючи перелічені чинники, використання геліосистем в Україні можна визнати перспективним напрямком розвитку енергетики.

Системи сонячного опалення та гарячого водопостачання (геліосистеми) - це системи, за допомогою яких здійснюється поглинання сонячної енергії і перетворення її в теплову енергію, акумулювання отриманої теплоти та її розподіл по мірі необхідності на обігрів приміщень та інші побутові потреби.

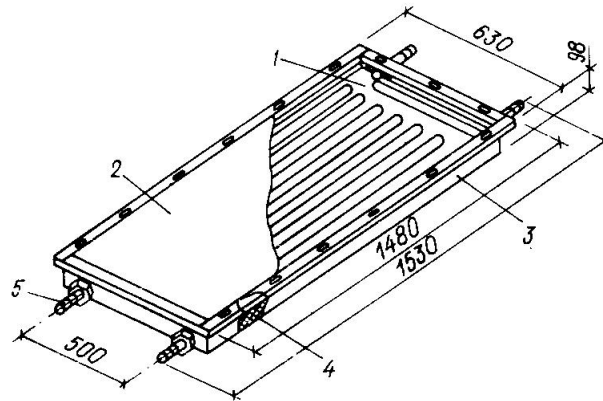
Основними елементами розглянутих систем є:

- сонячний колектор, в якому нагрівається вода або повітря;
- водяний бак-акумулятор або гальковий акумулятор з шаровою насадкою;
- додатковий нагрівач або котел;
- контрольно-вимірювальна та регулююча апаратура;

- запобіжні клапани;
- насоси і трубопроводи.

Перетворення сонячної радіації в теплову енергію здійснюється в плоских сонячних колекторах (рис.1.1).

Основні елементи колектора такі:



1 - поглинаюча пластина, звичайно з металу, з невідбивним чорним покриттям, 2 - один або кілька повітряних проміжків, розділених прозорими покриттями для теплової ізоляції колектора зверху, 3 - корпус, 4 - теплова ізоляція днища і бічних стінок корпусу, 5 - труби для рідини або канали для повітря, які знаходяться в тепловому контакті з поглинаючою пластинною.

Рисунок 1.1 - Основні елементи плоского сонячного колектора (розміри показані для довідки)

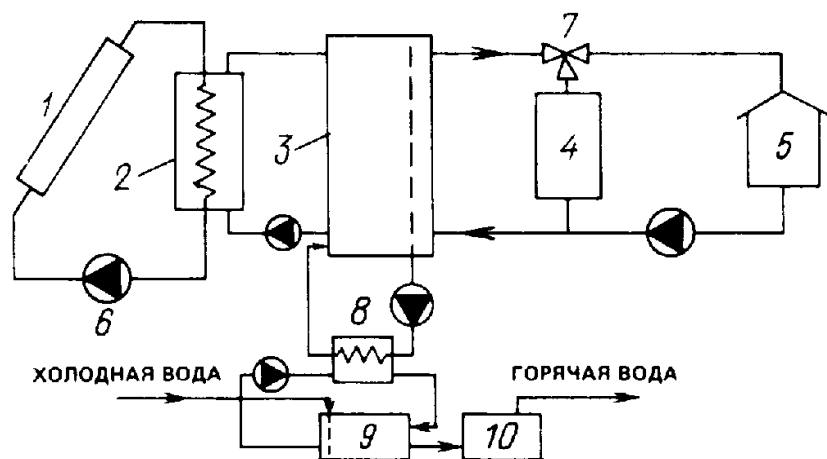
Принцип дії колектора гранично простий. Більша частина сонячної радіації, що падає на колектор, поглинається поверхнею, яка є «чорною» по відношенню до сонячного випромінювання. Частина поглиненої енергії передається рідині, що циркулює через колектор. Решта - втрачається в результаті теплообміну з навколишнім середовищем. Тепло, яке уноситься рідиною, є корисним теплом.

Залежно від виду теплоносія, що циркулює в контурі колектора, геліосистеми поділяються на рідинні й повітряні.

В рідинній системі (рис. 1.2) в якості теплоносія використовується вода або розчин антифризу, а в якості акумулюючого середовища - вода. Теплова енергія накопичується в баці-акумуляторі в результаті підвищення температури рідини і використовується в міру необхідності для забезпечення теплових навантажень опалення та гарячого водопостачання.

Якщо в будівлі передбачено повітряне опалення приміщень, то в схему ССТ включають водо-повітряний теплообмінник для нагріву повітря (рис.1.2).

Додатковий нагрівач (додаткове джерело енергії-ДДЕ) використовується в тих випадках, коли сонячної енергії недостатньо для повного задоволення теплових навантажень.



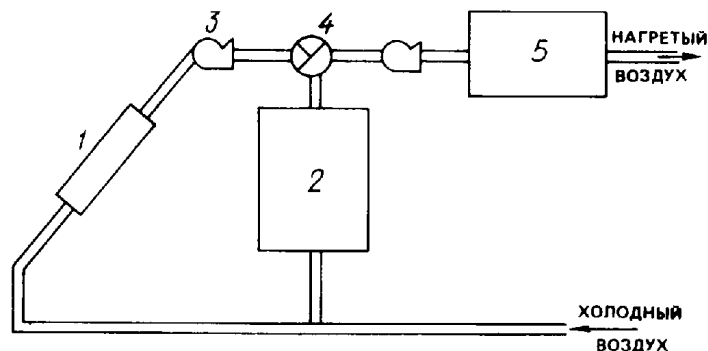
1 - колектор сонячної енергії (КСЕ), 2 - теплообмінник, 3 - бак-акумулятор,  
 4 - резервне (додаткове) джерело енергії (ДДЕ), 5 - опалювана будівля,  
 6 - насос, 7 - змішувальний вентиль, 8 - теплообмінник в контурі гарячого водопостачання, 9 - бак гарячої води, 10 - дублер-доводчик.

Рисунок 1.2 - Принципова схема рідинної геліосистеми опалення та гарячого водопостачання

У повітряній системі сонячного теплопостачання (рис. 1.3) в колекторі нагрівається повітря, яке подається або безпосередньо в приміщення, що

обігривається, або в гальковий акумулятор. Теплова енергія акумулюється в шаровій насадці, яка нагрівається циркулюючим гарячим повітрям. Вночі або в похмуру погоду, коли прихід сонячної радіації недостатній для забезпечення теплових навантажень, повітря нагрівається, проходячи через нагріту гальку в акумуляторі, і надходить у приміщення. При виснаженні запасу тепла в акумуляторі повітря додатково підігривається звичайним нагрівачем. У літній період немає необхідності акумулювати енергію, тому зазвичай в такій системі передбачається байпасна лінія.

Для приготування води на потреби гарячого водопостачання у повітряних ССТ передбачають водо-повітряний нагрівач, гарячим теплоносієм в якому є повітря, що циркулює через акумулятор (рис. 1.3). У тих випадках, коли сонячної енергії недостатньо, в контурі гарячого водопостачання ССТ використовують додатковий нагрівач-«доводчик» (ДДЕ) - для нагріву води до необхідної температури.



1 - колектор сонячної енергії, 2 - гальковий акумулятор теплоти,  
3 – вентилятор, 4 - перемикаючий клапан, 5 - резервне (додаткове) джерело енергії.

Рисунок 1.3 - Принципова схема повітряної геліосистеми опалення

Прийнято розрізняти миттєві і довгострокові характеристики колектора. Для вивчення роботи колектора при змінних умовах необхідно визначити залежність його миттєвих характеристик від метеорологічних і режимних факторів. Корисна енергія, відведена з колектора в даний момент

часу, - це різниця кількості сонячної енергії, поглиненої пластиною колектора, та кількості енергії, що втрачається в навколишнє середовище.

Рівняння, яке застосовується для розрахунку майже всіх існуючих конструкцій плоского колектора, має вигляд

$$Q_U = F_R A [I_T - U_L (T_1 - T_{o.c.})], \quad (1.1)$$

де  $Q_U$  - корисна енергія, відведена від колектора в одиницю часу, Вт;

$A$  - площа колектора, м<sup>2</sup>;

$F_R$  - коефіцієнт відводу тепла з колектора;

$I_T$  - щільність потоку сумарної сонячної радіації в площині колектора, Вт/;

- пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання;

- поглинальна здатність пластини колектора по відношенню до сонячного випромінювання;

$U_L$  - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, Вт / (К);

$T_1$  - температура рідини на вході в колектор, К;

$T_{o.c.}$  - температура навколишнього середовища, К.

В рівнянні корисна енергія колектора визначається по температурі рідини на вході. Проте втрати тепла в навколишнє середовище залежать від середньої температури поглинаючої пластини, яка завжди вище температури на вході, якщо рідина нагрівається, проходячи через колектор. Коефіцієнт відводу тепла  $F_R$  дорівнює відношенню фактичної корисної енергії, коли температура в колекторі збільшується в напрямку потоку, до корисної енергії, коли температура всієї поглинаючої пластини дорівнює температурі рідини на вході.

$F_R$  і  $F_R U_L$  неважко визначити за результатами стандартних випробувань колекторів. Такі випробування проводять або в натурних



умовах приблизно опівдні ясних сонячних днів, або в приміщенні з застосуванням сонячного імітатора. В обох випадках дифузна складова радіації мала і падаюче випромінювання направлено майже по нормалі до поверхні колектора. В результаті цього, значення наведеної поглинальної здатності, яка визначається з цих дослідів, відповідає прямій радіації, що падає по нормалі до поверхні, і позначається  $(\rho_p)$ .

В процесі випробувань ретельно вимірюють щільність потоку падаючої сонячної радіації, температуру рідини на вході і виході з колектора.

Корисна енергія колектора визначається виразом, Вт

$$Q_U = AG, \quad (1.2)$$

де  $G$  - витрата рідини на 1 площі колектора, кг / (с);

- теплоємність рідини, Дж / (кгК);

- температура рідини на вході в колектор, К;

- температура рідини на виході з колектора, К.

За результатами випробувань зазвичай визначається ККД колектора - відношення корисної енергії, отриманої колектором, до падаючої енергії сонячного випромінювання на площину сонячного колектора.

Результати випробувань найкраще представити у вигляді графіка залежності миттєвого ККД колектора від параметра. В основі такої форми подання досвідчених даних лежить рівняння (1.1). Розділивши обидві частини цього рівняння на  $I_T A$ .

Щоб запобігти замерзанню рідини в колекторі, застосовують схему ССТ з проміжним теплообмінником, що розділяє колектор і бак-акумулятор (рис.1.2). При цьому в контурі колектора використовують антифриз, а в контурі акумулятора - воду.

Відношення  $f_R$  називають поправочним коефіцієнтом, що враховує вплив теплообмінника. Цей коефіцієнт, значення якого лежать в межах від 0 до 1,0 характеризує зменшення корисної енергії колектора внаслідок



Для цього розраховуються місячні надходження радіації на похилу поверхню для заданої місцевості, проводиться розрахунок навантаження тепlopостачання району (опалення та гаряче водopостачання). Потім, виходячи з типу сонячного колектора визначаються його параметри, і розраховується коефіцієнт заміщення  $f$  (частка повного місячного теплового навантаження, забезпечується за рахунок сонячної енергії) в залежності від площі колектора.

Найбільш освоєним є використання сонячної енергії для тепlopостачання. Вартість сонячних колекторів, які відповідають світовому технічному рівню, складає від 50 до 400 дол. за 1 м<sup>2</sup> поверхні, ця цифра весь час зменшується відповідно до росту обсягів виробництва. Агентство США з міжнародного розвитку має намір вкласти 1 млн. дол. в посилення енергоефективності України. Ця програма принесе два результати. По-перше, допоможе підприємствам, які братимуть участь в програмі, заощадити значний об'єм газу. По-друге, буде створена модель, яку зможуть перейняти інші українські промислові виробники.

У Приморську на виробництво продукції і комунальні потреби використовується тільки до 3% альтернативних видів енергії (вітрова, когенераційна, сонячна та інші). Геліоустановки мають низку переваг: вони прості у використанні, порівняно дешеві, термін їх використання майже 30 років; можливе застосування жорсткої і навіть технічної води.

В електроенергетиці необхідно більше уваги приділяти використанню альтернативних джерел енергії. Розвиток цієї сфери передбачає переорієнтацію значної кількості науково-дослідних і проектно-конструкторських установ, промислових підприємств на розробку та виготовлення енергетичного обладнання для альтернативної енергетики.

## 1.2 Принципова схема комбінованої системи

Принципова схема комбінованої системи представлена на рисунку 1.5.

Її робота полягає в наступному. Рідина, що подається насосом 1 і нагріта в СК 2 до температури близької до температури зовнішнього повітря за рахунок сонячної радіації, служить джерелом теплоти для ТН. Рідину спрямовують у випарник 3, де вона охолоджується, віддаючи теплоту холодоагенту, який випаровується. Пари, що утворилися, перегріваються в теплообміннику – переохолоджувачу 4 для забезпечення надійної і безпечної роботи компресора 5. Засмоктувані компресором перегріті пари піддаються стискуванню. При цьому підвищуються тиск і температура холодоагенту. Гарячі пари поступають в конденсатор 6, де охолоджуються і конденсуються, нагріваючи водопровідну воду (ВВ) до необхідної температури. Конденсат холодоагенту переохолоджується в 4 і дроселює в 7. Через це знижується тиск і температура холодоагенту, а волога пара, що утворилася, знову поступає у випарник 3 і цикл замикається.

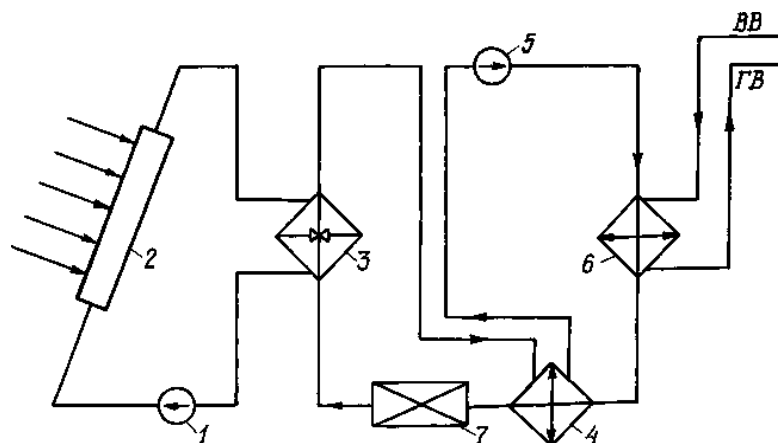


Рисунок 1.5 - Принципова схема системи ГВП з ТН

При використанні наведеної схеми треба знайти компроміс між двома задачами, що знаходяться у протиріччі. З одного боку, чим нижче

температура на вході у колектор, тим вище ККД колектора ( $\eta_{\text{кол}}$ ), а з другого боку, чим нижче ця температура, тим нижче температура випаровування теплового насоса, і відповідно зменшується КОП, тобто ефективність ТН. Тому в даному розрахунку розглядається система в якій підтримується постійний  $\eta_{\text{кол}}$ , який близький до максимального значення, рівного  $F_R(\tau\alpha)_p$ . Постійність  $\eta_{\text{кол}}$  забезпечується підтриманням температури у випарнику ТН впродовж місяця на постійному рівні, який розраховується з рівняння колектора. В цьому випадку температура води на виході з випарника ТН (а значить на вході в колектор), буде на кілька градусів вища за середньомісячну температуру зовнішнього повітря.

Використовуючи таку схему, витрата води в циклі сонячного колектора вибирається такою, щоб забезпечити її нагрів всього на кілька градусів. Як зазначено у [2], для роботи ТН достатньо охолодження теплоносія всього на 1- 2°С. Оскільки температура рідини в СК близька до температури навколишнього середовища, майже повністю усуваються теплові втрати від поверхонь СК, що і призводить до підвищення енергетичної ефективності. Використання такого режиму дозволяє відмовитись від дорогих селективних покриттів. Крім того, набагато скорочуються поверхні СК, підвищується надійність системи ГВП. Вся теплота, зібрана колектором, віддається у випарнику ТН холодоагенту (фреону), і знову надходить в колектор – цикл замикається.

Таким чином, навантаження випарника  $Q_L$  рівне теплоті, отриманій від сонячного колектора. Тому розрахунок в основному зводиться до того, щоб для кожного місяця роботи системи визначити кількість теплоти отриманої СК за рахунок сонячної енергії і температуру випарника у ТН, а потім використати ці дві величини і температуру води, необхідної споживачу, для розрахунку параметрів ТН (коефіцієнта перетворення – КОП, потужності компресора).

У даному дипломному проекті проводиться наближений техніко-економічний розрахунок комбінованої системи, схема якої зображена на, і

отримані фінансові показники порівнюються з відповідними показниками двох альтернативних способів нагріву води:

1. За допомогою сонячної системи ГВП, схема, якої представлена на (рис. 1.6).

2. Традиційного (за умови наявності єдиного джерела енергії – електричної енергії).

Для вибору системи гарячого водопостачання (ГВП) порівняти витрати на обладнання та енергоносії для трьох варіантів, для двох фірм, та на основі фінансового аналізу вибрати доцільну.

Варіант 1 - використання плоских сонячних колекторів сумісно з тепловим насосом (ТН).

Варіант 2 – використання плоских сонячних колекторів.

Варіант 3 – використання електричного нагрівача.

Об'єкт – сезонна система ГВП бази відпочинку. Термін роботи: червень – вересень. Газопостачання відсутнє.

### 1.3 Сонячна енергія в Україні

Клімат нашої планети визначає сонячна енергія. Потік її досить істотно змінюється протягом року в залежності від широти місцевості та обумовлює кліматичну зональність - різницю температур, вологості, тиску і вітру на Землі.

Україна розташована у Центрально-Східній Європі, у південно-східній частині Східноєвропейської рівнини, між  $44^{\circ}$  і  $52^{\circ}$  північної широти і  $22^{\circ}$  і  $41^{\circ}$  східної довготи.

В результаті обробки статистичних метеорологічних даних по надходженню сонячної радіації визначено питомі енергетичні показники з надходження сонячної енергії та розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання для кожної зони України [2]. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 поверхні, на території

України знаходиться в межах: від 1000 кВт год/ в північній частині України і до 1400 кВт год/ в Автономній Республіці Крим (АРК). Щоб приблизно зорієнтуватись про що йдеться мова, можна ці цифри охарактеризувати так - сонячна енергія, що реально надходить за три дні на територію України, перевищує енергію всього річного споживання електроенергії в нашій країні, а тривалість сонячних годин на протязі року в північно-західній частині України складає 1600 - 1700 годин. У лісостеповій зоні вона зростає до 1900 - 2000 годин за рік. У степовій зоні, на морському узбережжі Приморську, досягає 2300 - 2400 годин за рік. Звичайно, чим ближче до екватора тим більша кількість сонячних годин в році і в таких країнах як Туреччина, Болгарія, Іспанія, Португалія, Єгипет і т.д. ефективного використання сонячних систем відбувається цілий рік.

Отже, є можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання й на території України.

Термін «ефективне використання» означає, що геліоустановка працюватиме з віддачею в 50% і більше, а це 9 місяців в південних областях України (з березня по листопад), і 7 місяців - в північних областях (з квітня по жовтень). Взимку ефективність роботи падає, але не зникає. Отже, і в умовах нашого клімату сонячні системи працюють круглорічно, але з перемінною ефективністю.

#### 1.4 Вихідні дані для розрахунку

Розташування - Приморськ (46,5 пн.ш.).

Тип колектора - з одинарним склінням селективний.

Орієнтація колектора (азимут) -  $\alpha = 0$ .

Кут нахилу колектора до горизонту -  $\beta = 30.5$ .

Ефективність проміжного теплообмінника -  $\eta = 0,9$ .

Спосіб визначення - по заданих широті місцевості, азимуту і куту нахилу колектора до горизонту.

Питомий обсяг бака-акумулятора =  $0,095 \text{ м}^3/\text{м}^2$

Вартість електроенергії -  $C_T = 0,35 \text{ грн} / (\text{КВт} \cdot \text{г})$ .

Витрата води на людину -  $0,06 \text{ м}^3$

Температура гарячої води –  $T_r = 55 \text{ }^\circ \text{C}$ .

Кількість осіб = 300 чол. ККД електрокотла = 98 %

Кут нахилу колектора до горизонту -  $\beta = \phi - 15^\circ = 46,5 - 15 = 31,5^\circ$ .



2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БАЗИ ВІДПОЧИНКУ  
ПФ «ДОТ ІМ. ГАГАРИНА « ПАТ «ТЕРА-ГАРАНТ» М. ПРИМОРСЬКУ

Середні місячні значення величин денних надходжень сонячної радіації на горизонтальну поверхню відомі для багатьох географічних пунктів [4], тоді як для похилої поверхні таких даних немає.

### 2.1 Розрахунок сонячних теплонадходжень

Відношення середньомісячних приходів прямої радіації на похилу і горизонтальну поверхні

$$\overline{R_B} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \frac{\pi}{180} \omega' \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta} \quad (2.1)$$

де  $\varphi = 46,5^{\circ}$  – широта місцевості для міста Приморськ;

$$\varphi = 46,5 \cdot \frac{\pi}{180} = 0,811 \text{ рад};$$

$\beta$  – кут нахилу;

$\delta$  – схилення сонця;

$\omega$  – годинний кут заходу сонця на похилій поверхні;

$$\omega' = \min\{\omega; \arccos[-\tan(\varphi - \beta) \tan \delta]\} \quad (2.2)$$

$\omega$  – годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні;

$$\omega = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (2.3)$$

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{253 + n}{365}\right) \quad (2.4)$$

де n-порядковий номер дня року

Кут схилення Сонця для середнього дня червня-вересня місяця, рад  
Для червня місяця:

$$\delta = 23,1^{\circ} = 0,403$$

Для липня місяця:

$$\delta = 21,2^{\circ} = 0,37$$

Для серпня місяця:

$$\delta = 13,5^{\circ} = 0,236$$

Для вересня місяця:

$$\delta = 2,2^{\circ} = 0,0314$$

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні, рад  
 $\omega = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) = \cos^{-1}[-\tan(0,812) \cdot \tan(0,403)] = 2,037$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні, рад

$$\omega' = \min\{\omega; \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)]\}; \omega = 2,037$$

$$\begin{aligned} \omega' &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)] = \\ &= \cos^{-1}[-\tan(0,812 - 0,55) \cdot \tan(0,403)] \\ &= 1,685, \text{ тому приймаємо} \end{aligned}$$

$$\omega' = 1,685 \text{ рад}$$

$\beta$  – кут нахилу колектора до горизонту. Задаємо його на  $15^{\circ}$   
 меншим широті місцевості, рад

$$\beta = 46,5^{\circ} - 15^{\circ} = 31,5^{\circ} = 0,55$$

$$\begin{aligned} \overline{R}_B &= \frac{\cos(0,812 - 0,55) \cos(0,403) \sin(1,685) + 1,685 \sin(0,812 - 0,55) \sin(0,403)}{\cos(0,812) \cos(0,403) \sin(1,685) + 1,685 \sin(0,812) \sin(0,403)} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

Для липня місяця:

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні  
 $\omega = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) = \cos^{-1}[-\tan(0,812) \cdot \tan(0,37)] = 1,992 \text{ рад}$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні

$$\omega' = \min\{\omega; \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)]\}; \omega = 1,992 \text{ рад}$$

$$\begin{aligned}\omega' &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)] = \\ &= \cos^{-1}[-\tan(0,812 - 0,55) \cdot \tan(0,37)] = 1,842 \text{ рад}\end{aligned}$$

тому приймаємо  $\omega' = 1,842$  рад

$$\beta = 46,5^0 - 15^0 = 31,5^0 = 0,55 \text{ рад};$$

$$\bar{R}_B = \frac{\cos(0,812 - 0,55) \cdot \cos(0,37) \sin(1,842) + 1,842 \cdot \sin(0,812 - 0,55) \cdot \sin(0,37)}{\cos(0,812) \cos(0,37) \sin(1,842) + 1,842 \cdot \sin(0,812) \sin(0,37)} = 0,96$$

Для серпня місяця:

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) = \cos^{-1}[-\tan(0,812) \cdot \tan(0,236)] = 1,827 \text{ рад}$$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні

$$\omega' = \min\{\omega; \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)]\}; \omega = 1,827 \text{ рад}$$

$$\begin{aligned}\omega' &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)] = \\ &= \cos^{-1}[-\tan(0,812 - 0,55) \cdot \tan(0,236)] = 1,632 \text{ рад}\end{aligned}$$

тому приймаємо  $\omega' = 1,632$  рад

$$\beta = 46,5^0 - 15^0 = 31,5^0 = 0,55 \text{ рад};$$

$$\bar{R}_B = \frac{\cos(0,812 - 0,55) \cdot \cos(0,236) \sin(1,632) + 1,632 \cdot \sin(0,812 - 0,55) \cdot \sin(0,236)}{\cos(0,812) \cos(0,236) \sin(1,632) + 1,632 \cdot \sin(0,812) \sin(0,236)} = 1,092$$

Для вересня місяця:

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) = \cos^{-1}[-\tan(0,812) \cdot \tan(0,0314)] = 1,6 \text{ рад}$$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні

$$\omega' = \min\{\omega; \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)]\}; \omega = 1,6 \text{ рад}$$

$$\begin{aligned}\omega' &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)] = \\ &= \cos^{-1}[-\tan(0,812 - 0,55) \cdot \tan(0,0314)] = 1,466 \text{ рад}\end{aligned}$$

тому приймаємо  $\omega' = 1,466$  рад

$$\beta = 46,5^{\circ} - 15^{\circ} = 31,5^{\circ} = 0,55 \text{ рад};$$

$$\bar{R}_B = \frac{\cos(0,812 - 0,55) \cdot \cos(0,0314) \sin(1,466) + 1,466 \cdot \sin(0,812 - 0,55) \cdot \sin(0,0314)}{\cos(0,812) \cos(0,0314) \sin(1,466) + 1,466 \cdot \sin(0,812) \sin(0,0314)} = 0,99$$

Залежність частки дифузної радіації від показника хмарності ( дані з таблиці )

Для червня місяця:

$$\frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} = \frac{6,55}{27,64} = 0,237$$

Для липня місяця:

$$\frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} = \frac{5,58}{28,7} = 0,195$$

Для серпня місяця:

$$\frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} = \frac{4,68}{25,28} = 0,185$$

Для вересня місяця:

$$\frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} = \frac{4,18}{18,27} = 0,229$$

Відношення середньомісячних денних надходжень сумарної радіації на похилу і горизонтальну поверхні

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{H}_D}{\bar{H}}\right) \cdot \bar{R}_B + \frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

$\rho=0,2$ - коефіцієнт засніження

Для червня місяця:

$$\bar{R} = (1 - 0,237) \cdot 0,95 + 0,237 \cdot \frac{1 + \cos 0,55}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos 0,55}{2} = 0,94$$

Для липня місяця:

$$\bar{R} = (1 - 0,195) \cdot 0,96 + 0,195 \cdot \frac{1 + \cos 0,55}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos 0,55}{2} = 0,97$$

Для серпня місяця:

$$\bar{R} = (1 - 0,185) \cdot 1,092 + 0,185 \cdot \frac{1 + \cos 0,55}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos 0,55}{2} = 1,076$$

Для вересня місяця:

$$\bar{R} = (1 - 0,229) \cdot 0,99 + 0,229 \cdot \frac{1 + \cos 0,55}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos 0,55}{2} = 0,99$$

Таблиця 2.1 – Значення  $\bar{R}$  для  $\varphi = 46,5^\circ$  при різних  $K_{\text{Я}}$

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$\bar{R}$	0,94	0,97	1,076	0,99
$K_{\text{Я}}$	0,67	0,72	0,73	0,68

2.2 Середньомісячні денні надходження сумарної сонячної радіації на похилу поверхню

Середньомісячні денні надходження сумарної сонячної радіації на похилу поверхню визначаються таким чином

$$\bar{H}_T = \bar{R} \cdot \bar{H} \cdot K_3 \cdot n_{\text{міс}}^{\text{діб}}$$

де  $\bar{H}$  - середньомісячна величина денного надходження сумарної радіації на горизонтальну поверхню,  $\text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$ ;

$\bar{R}$  - відношення середньомісячних величин денного надходження сумарної радіації на похилу і горизонтальну поверхні;

Для червня місяця:

$$\bar{H}_T = 0,94 \cdot 27,64 \cdot 0,97 \cdot 30 = 756$$

Для липня місяця:

$$\bar{H}_T = 0,97 \cdot 28,7 \cdot 0,97 \cdot 31 = 837,12$$

Для серпня місяця:

$$\bar{H}_T = 1,076 \cdot 25,28 \cdot 0,97 \cdot 31 = 817,94$$

Для вересня місяця:

$$\overline{H_T} = 0,99 \cdot 18,27 \cdot 0,97 \cdot 15 = 263,17$$

Таблиця 2.2 – Значення  $H_T$  для кожного місяця

Місяці року	червен ь	липен ь	серпен ь	вересен ь
$H_T, \text{МДж}/\text{м}^2$ $\cdot \text{доб}$	25,98	27,84	27,2	18
$H_T, \text{МДж}/\text{м}^2 \cdot \text{міс}$	756	837,12	817,94	263,17

2.3 Розрахунок густини потоку сонячної радіації за місяцями робочого терміну

Визначимо густину потоку сонячної радіації,  $\text{Вт}/\text{м}^2$

$$I_a = \frac{\overline{H_T}}{n_{\text{міс}}^{\text{сс}} \cdot 3600} \cdot 10^6$$

Для червня місяця:

$$I_a = \frac{756}{315 \cdot 3600} \cdot 10^6 = 666,7$$

Для липня місяця:

$$I_a = \frac{837,12}{345 \cdot 3600} \cdot 10^6 = 674$$

Для серпня місяця:

$$I_a = \frac{817,94}{318 \cdot 3600} \cdot 10^6 = 714,5$$

Для вересня місяця:

$$I_a = \frac{263,17}{129 \cdot 3600} \cdot 10^6 = 566,7$$

## 2.4 Розрахунок навантаження теплопостачання

Розрахунок навантаження гарячого водопостачання, ГДж

$$Q_{ГВ} = \rho C_p V_{ГВ} (T_{ГВ} - T_{ХВ}) N n_d$$

Для червня місяця:

$$Q_{ГВП} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,06 \cdot (55 - 15) \cdot 300 \cdot 30 = 90$$

Для липня місяця:

$$Q_{ГВП} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,06 \cdot (55 - 15) \cdot 300 \cdot 31 = 93,5$$

Для серпня місяця:

$$Q_{ГВП} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,06 \cdot (55 - 15) \cdot 300 \cdot 31 = 93,5$$

Для вересня місяця:

$$Q_{ГВП} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,06 \cdot (55 - 10) \cdot 300 \cdot 15 = 50$$

де  $\rho$  – щільність води  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

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

$V_{2.в.}$  – добова витрата гарячої води на 1 людину за нормами, звичайно приймається  $0,06 \text{ м}^3 / (\text{доб. люд})$ ;

$T_{2.в.}$  – температура гарячої води  $T_{2.в.} = 55^\circ\text{C}$ ;

$T_{х.в.}$  – температура холодної води, для середньої смуги можна приймати для літніх місяців,  $T_{х.в.} = 15^\circ\text{C}$ ;

Повне навантаження теплопостачання, ГДж

$$Q_n^{год} = \sum_{i=1}^4 Q_{звн}^i = 327$$

Теплова потужність сонячної системи гарячого теплопостачання ,  
МВт

$$Q'_{гвп} = \frac{Q_{гвп} \cdot 10^9}{n_{міс}^{сс} \cdot 3600}$$

Для червня місяця:

$$Q'_{гвп} = \frac{90 \cdot 10^9}{315 \cdot 3600} = 79,4 \cdot 10^3$$

Для липня місяця:

$$Q'_{гвп} = \frac{93,5 \cdot 10^9}{345 \cdot 3600} = 75,3 \cdot 10^3$$

Для серпня місяця:

$$Q'_{гвп} = \frac{93,5 \cdot 10^9}{318 \cdot 3600} = 81,7 \cdot 10^3$$

Для вересня місяця:

$$Q'_{гвп} = \frac{50 \cdot 10^9}{129 \cdot 3600} = 107,7 \cdot 10^3$$

2.5 Розрахунок плоского сонячного колектора MFK 002 ( фірма Meibes)

Ефективність СК залежить від температури рідини на його вході  $T_i$  і середньомісячної температури зовнішнього повітря  $T_B$ , а також від сумарної



сонячної радіації  $I_a$  визначається по формулі . Враховуючи теплообмінник

$$\frac{F'_R}{F_R} = 0,97 \text{ знаходимо методом інтерполяції по [1] } \quad F_R(\alpha\tau)_n =$$

$$0,733; F_R U_L = 3,6$$

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

де  $T_i$  - температура води на вході у колектор, приймаємо рівною  $T_i = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для червня місяця:

$$\eta_{СК} = 0,733 - 0,94 \cdot (3,826 + 0,0094) \cdot \frac{35 - 21}{666,7} = 0,733 - 3,6 \cdot 0,02 = 0,661$$

Для липня місяця:

$$\eta_{СК} = 0,733 - 0,94 \cdot (3,826 + 0,0094) \cdot \frac{35 - 22,5}{674} = 0,733 - 3,6 \cdot 0,018 = 0,668$$

Для серпня місяця:

$$\eta_{СК} = 0,733 - 0,94 \cdot (3,826 + 0,0094) \cdot \frac{35 - 22,5}{714,5} = 0,733 - 3,6 \cdot 0,0175 = 0,669$$

Для вересня місяця:

$$\eta_{СК} = 0,733 - 0,94 \cdot (3,826 + 0,0094) \cdot \frac{35 - 17,3}{566,7} = 0,733 - 3,6 \cdot 0,03 = 0,625$$

Таблиця 2.2 - Значення  $\eta_{СК}$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$\eta_{СК}$	0,661	0,668	0,669	0,625

Визначаємо необхідну площу колектора звичайної ССТ (без теплового насоса) по наступній формулі [5],  $\text{м}^2$

Для червня місяця:

$$F_{СК} = \frac{Q'_{ГВП}}{I_a \cdot \eta_{СК}} = \frac{79,4 \cdot 10^3}{666,7 \cdot 0,661} = 192,6$$

Для липня місяця:

$$F_{ск} = \frac{Q'_{ГВП}}{I_a \cdot \eta_{ск}} = \frac{75,3 \cdot 10^3}{674 \cdot 0,668} = 171,2$$

Для серпня місяця:

$$F_{ск} = \frac{Q'_{ГВП}}{I_a \cdot \eta_{ск}} = \frac{81,7 \cdot 10^3}{714,5 \cdot 0,669} = 171,2$$

Для вересня місяця:

$$F_{ск} = \frac{Q'_{ГВП}}{I_a \cdot \eta_{ск}} = \frac{107,7 \cdot 10^3}{566,7 \cdot 0,625} = 304$$

Необхідна площа СК є кратною їх реальній площі, яка приведена у прайсі та складає, м<sup>2</sup> (тільки для вересня місяця)

$$S = 2,14$$

$$\frac{F_{ск}}{S} = \frac{304}{2,14} = 142$$

$$142 \cdot S = 142 \cdot 2,14 = 304$$

Кінцева необхідна площа СК для навантаження ГВП із урахуванням розмірів СК складе, м<sup>2</sup>

$$F_{ск} = 304$$

Таким чином, розрахувавши  $\eta_{СК}$  та знайшовши площі колекторів для всіх місяців – червня - вересня, обираємо найбільшу.

Отже, найбільшою є площа  $F_{ск} = 304 \text{ м}^2$

## 2.6 Розрахунок температур води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника ТН (МФК 002 ( фірма Meibes)

В даній комбінованій системі температура рідини в СК близька до температури навколишнього середовища, і тому колектор працює при ефективності, близькій до максимальної. Найбільша ефективність ССТ з ТН для даного типу СК забезпечується при ефективності СК 0,7- 0,74.

Температура рідини на вході в СК, °С

$$T_i = T_e - \frac{\eta_{СК}^{ТН} - F_R(\tau\alpha)_n}{F_R U_L} \cdot I_a$$

Для червня місяця:

$$T_i = 21 - \frac{0,7 - 0,733}{3,6} \cdot 666,7 = 27,11$$

Для липня місяця:

$$T_i = 22,5 - \frac{0,7 - 0,733}{3,6} \cdot 674 = 28,68$$

Для серпня місяця:

$$T_i = 22,5 - \frac{0,7 - 0,733}{3,6} \cdot 714,5 = 29$$

Для вересня місяця:

$$T_i = 17,3 - \frac{0,7 - 0,733}{3,6} \cdot 566,7 = 22,5$$

Таблиця 2.3 – Значення  $T_i$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_i, \text{ }^\circ\text{C}$	27,11	28,68	29	22,5

Температура випаровування холодоагенту у випарнику ТН,  $^\circ\text{C}$

$$T_o = T_i - 5$$

Для червня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 27,11 - 5 = 22,11$$

Для липня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 28,68 - 5 = 23,68$$

Для серпня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 29 - 5 = 24$$

Для вересня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 22,5 - 5 = 17,5$$

Таблиця 2.4 – Значення  $T_o$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_o, \text{ }^\circ\text{C}$	22,11	23,68	24	17,5

Визначимо температуру конденсації, °C

$$T_k = T_{Г.В} + 5 = 55 + 5 = 60$$

де  $T_{Г.В}$  - температура гарячої води для потреб ГВС, °C. У курсовому проекті приймаємо  $T_{Г.В} = 55$  °C.

Температура холодоносія на вході у випарник, °C

$$T_x = T_i + 2$$

Для червня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 27,11 + 2 = 29,11$$

Для липня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 28,68 + 2 = 30,62$$

Для серпня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 29 + 2 = 31$$

Для вересня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 22,5 + 2 = 24,5$$

Таблиця 2.5 – Значення  $T_x$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_x, \text{ }^\circ\text{C}$	29,11	30,62	31	24,5

Приймаємо перегрів пари на вході у компресор  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  будуюмо цикл ТН на р-h діаграмі фреону R12 (Рис.3) де визначаємо КОП.

Знаходимо значення КОП за формулою:

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a}$$

Знаходимо точку  $h_c$  для кожного місяця для визначення КОП

Для червня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{\text{із}}} = 361 + \frac{381 - 361}{0,7} = 389,57$$

Для липня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{\text{із}}} = 360 + \frac{380 - 360}{0,7} = 390$$

Для серпня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{\text{із}}} = 360 + \frac{379 - 360}{0,7} = 387,14$$

Для вересня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{\text{із}}} = 361 + \frac{378 - 360}{0,7} = 386,7$$

Значення КОП:

Для червня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{389,57 - 241}{389,57 - 361} = \frac{148,57}{28,57} = 5,2$$

Для липня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{390 - 243}{390 - 360} = \frac{147}{30} = 4,9$$

Для серпня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{387,14 - 251}{387,14 - 360} = \frac{136,14}{27,14} = 5$$

Для вересня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{386,7 - 245}{386,7 - 361} = \frac{141,7}{25,7} = 5,5$$

Таблиця 2.6 - Значення КОП

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
КОП	5,2	4,9	5	5,5

2.7 Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором, вибір устаткування

Робота виконана компресором, *Вт*

Для червня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{79,4 \cdot 10^3}{5,2} = 15269,23$$

Для липня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{75,3 \cdot 10^3}{4,9} = 15367,35$$

Для серпня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{81,7 \cdot 10^3}{5,0} = 16340$$

Для вересня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{107,7 \cdot 10^3}{5,5} = 19581,8$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Значення  $P_K$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$P_K, Вт$	15269,23	15367,35	16340	19581,8

Холодопродуктивність (навантаження випарника ТН),  $Вт$

Для червня місяця



$$Q_{\epsilon} = Q'_{ГВП} - P_K = 79400 - 15269,23 = 64130,77$$

Для липня місяця

$$Q_{\epsilon} = Q'_{ГВП} - P_K = 75300 - 15367,35 = 59932,65$$

Для серпня місяця

$$Q_{\epsilon} = Q'_{ГВП} - P_K = 81700 - 16340 = 65360$$

Для вересня місяця

$$Q_{\epsilon} = Q'_{ГВП} - P_K = 107700 - 19581,8 = 88118,2$$

Результати розрахунків значень  $Q_{\epsilon}$  заносимо до табл. 2.8

Таблиця 2.8 – Значення  $Q_{\epsilon}$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$Q_{\epsilon}, Вт$	64130,77	59932,65	65360	88118,2

Площа колектора в системі з ТН, м<sup>2</sup>

Для червня місяця

$$F_{СК}^{тн} = \frac{Q_{\epsilon}}{I_a \cdot \eta_{СК}^{тн}} = \frac{64130,77}{666,7 \cdot 0,7} = 137,4$$

Для липня місяця

$$F_{СК}^{тн} = \frac{Q_{в}}{I_a \cdot \eta_{СК}^{тн}} = \frac{59932,65}{674 \cdot 0,7} = 127$$

Для серпня місяця

$$F_{СК}^{тн} = \frac{Q_{в}}{I_a \cdot \eta_{СК}^{тн}} = \frac{65360}{714,5 \cdot 0,7} = 130,68$$

Для вересня місяця

$$F_{СК}^{тн} = \frac{Q_{в}}{I_a \cdot \eta_{СК}^{тн}} = \frac{88118,2}{566,7 \cdot 0,7} = 222,13$$

Значення потужності компресора для найхолоднішого місяця є вихідною інформацією для вибору ТН; а значення  $F_{СК}^{ТН}$  для цього ж місяця визначає площу сонячного колектора в системі з ТН.

## 2.8 Розрахунок плоского сонячного колектора СВ-V3R ( фірма- Sint Solar)

За допомогою люксметра виміряти потік світла, який падає на поверхню геліоколектора під кутами в 4 точках та в центрі колектора (5 режимів) , визначити середнє його значення, обчислити інтенсивність потоку випромінювання за формулою  $I = aE_{сп}$  ( $a = 0,37$  — емпіричний коефіцієнт перерахунку лк в Вт/м<sup>2</sup>) та заповнити таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 — Інтенсивність потоку випромінювання для п'яти режимів

$E_{1, \text{лк}}$	$E_{2, \text{лк}}$	$E_{3, \text{лк}}$	$E_{4, \text{лк}}$	$E_{\text{ц}, \text{лк}}$	$E_{\text{ср}, \text{лк}}$	$I, \text{Вт/м}^2$
463	460	495	485	894	559	207
924	918	988	968	1785	1117	413
1487	1440	1600	1549	2856	1786	661
1989	1926	2140	2072	3820	2389	884
2322	2249	2499	2420	4463	2791	1033

Обчислюємо середнє значення освітленості  $E_{\text{ср}}, \text{лк}$

$$E_{\text{ср}1} = \frac{463+460+495+485+894}{5} = 559;$$

$$E_{\text{ср}2} = \frac{924+918+988+968+1785}{5} = 1117;$$

$$E_{\text{ср}3} = \frac{1487+1440+1600+1549+2856}{5} = 1786;$$

$$E_{\text{ср}4} = \frac{1989+1926+2140+2072+3820}{5} = 2389;$$

$$E_{\text{ср}5} = \frac{2322+2249+2499+2420+4463}{5} = 2791.$$

Обчислюємо інтенсивність потоку випромінювання для п'яти режимів,  $\text{Вт/м}^2$

$$I_1 = 0,37 \cdot 559 = 207;$$

$$I_2 = 0,37 \cdot 1117 = 413;$$

$$I_3 = 0,37 \cdot 1786 = 661;$$

$$I_4 = 0,37 \cdot 2389 = 884;$$

$$I_5 = 0,37 \cdot 2791 = 1033.$$

Будуємо залежність величини інтенсивності потоку випромінювання  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>, від середнього значення освітленості  $E_{\text{ср}}$ , лк для п'яти режимів (див. рис. 2.1).

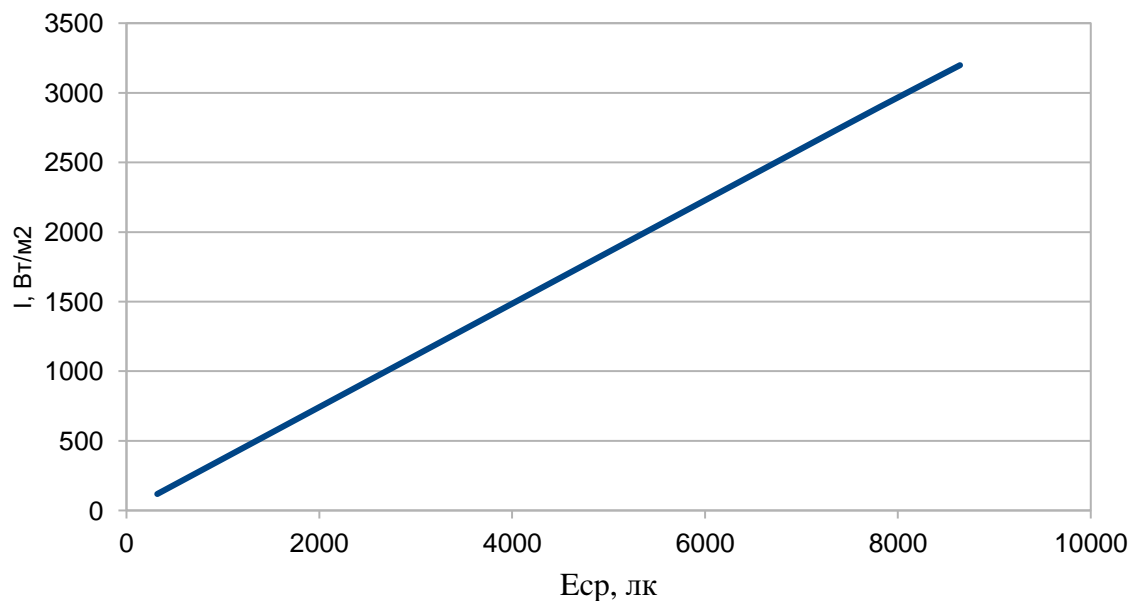


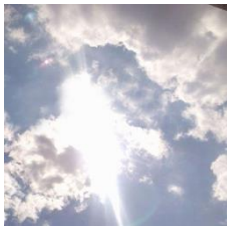




Рисунок 2.1 - Залежність величини інтенсивності потоку сонячного випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>, від середнього значення потоку світла  $E_{\text{ср}}$ , лк

Реальні виміри інтенсивності сонячного випромінювання приведені в таблиці 2.10. Фотографії неба, за весь період досліджень, проводилися камерою одного телефону.

Таблиця 2.10 — Інтенсивність сонячного випромінювання (реальні вимірювання)

№	Фотографія неба	Інтенсивність сонячного випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Дата	Час	T <sub>н.с</sub>
1		207	15.05.2017	13:00	16
2		413	08.07.2017	11:29	25
3		661	11.05.2017	12:50	20
4		884	15.11.2017	12:23	16
5		1033	03.04.2017	13:20	18

ККД сонячного колектора залежить від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища. Отже, для п'яти варіантів інтенсивності штучного випромінювання було виконано варіативні розрахунки основних параметрів роботи сонячного колектора. Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 207 \text{ Вт/м}^2$ , наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Основні параметри роботи сонячного колектора при інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 207 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{К}$	$T_{п}, \text{К}$	$Q_{ск}, \text{Вт}$	$Q_{пов}, \text{Вт}$	$Q_{втр}, \text{Вт}$	$\eta$
207	289	311	19,0347	337,527	318,492	0,1
	291	311	47,9884		289,5385	0,14
	293	311	76,943		260,5836	0,23

Для зручності сприйняття отриманих результатів, вони були представлені у графічному вигляді (див. рис. 2.2). На рисунку представлено залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

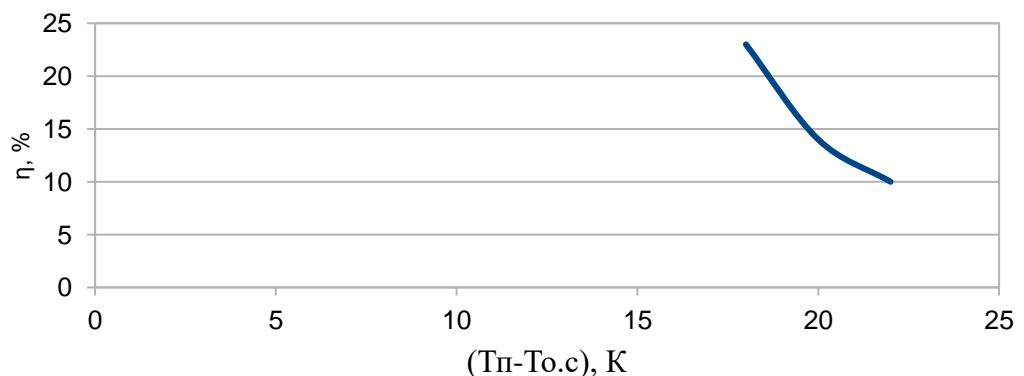


Рисунок 2.2 — Залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 413 \text{ Вт/м}^2$ , наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Основні параметри роботи сонячного колектора при інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 413 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{ Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{ К}$	$T_{п}, \text{ К}$	$Q_{ск}, \text{ Вт}$	$Q_{пов}, \text{ Вт}$	$Q_{втр}, \text{ Вт}$	$\eta$
413	289	313	324,4278	673,423	347,4461	0,48
	291	313	354,9309		318,4924	0,53
	293	313	369,4078		289,5385	0,57

На рисунку 2.3 представлено залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

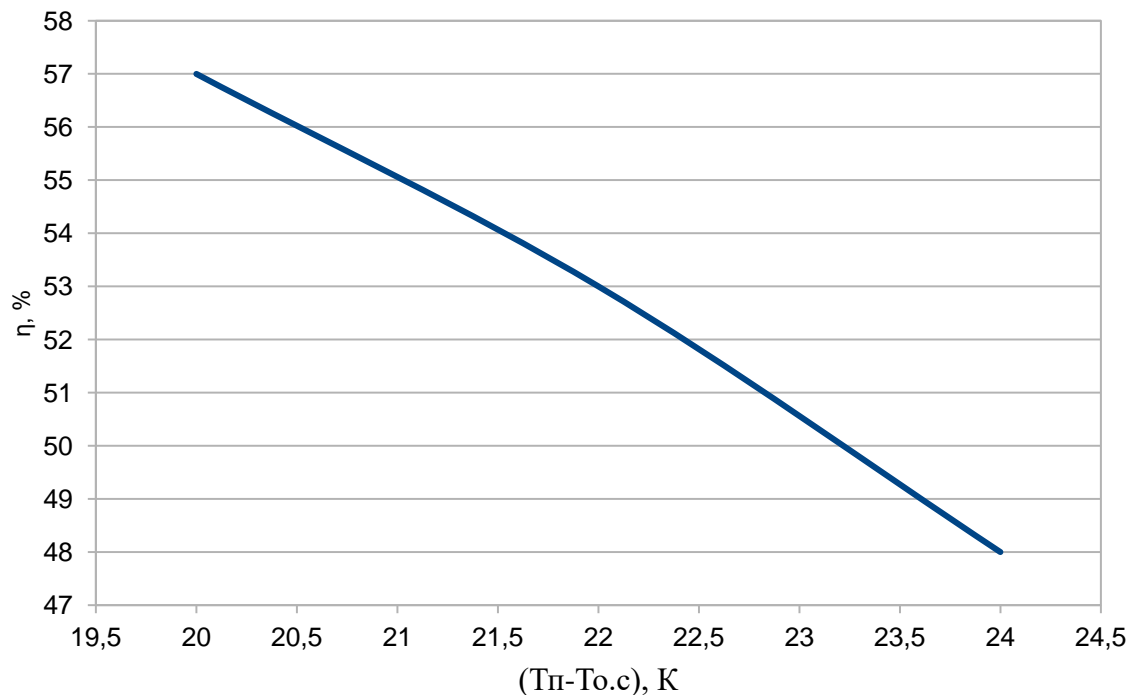


Рисунок 2.3 — Залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 661 \text{ Вт/м}^2$ , наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Основні параметри роботи сонячного колектора при інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 661 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{К}$	$T_{п}, \text{К}$	$Q_{ск}, \text{Вт}$	$Q_{пов}, \text{Вт}$	$Q_{втр}, \text{Вт}$	$\eta$
661	289	315	701,403	1077,803	376,4	0,65
	291	315	730,3572		347,4462	0,68
	293	315	759,311		318,4924	0,7

На рисунку 2.4 представлено залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

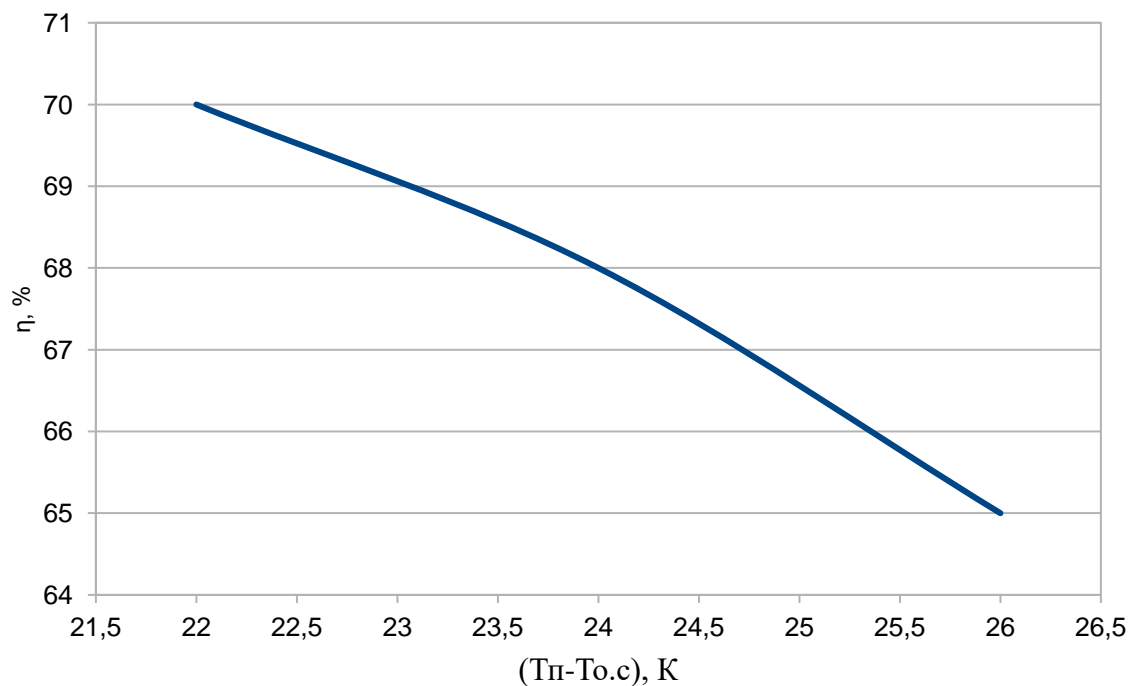


Рисунок 2.4 — Залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища



Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 884 \text{ Вт/м}^2$ , наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Основні параметри роботи сонячного колектора при інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 884 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{К}$	$T_{п}, \text{К}$	$Q_{ск}, \text{Вт}$	$Q_{пов}, \text{Вт}$	$Q_{втр}, \text{Вт}$	$\eta$
884	289	317	1036,0655	1441,419	405,3538	0,72
	291	317	1065,0193		376,4	0,74
	293	317	1093,9781		347,4461	0,76

На рисунку 2.5 представлено залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища.

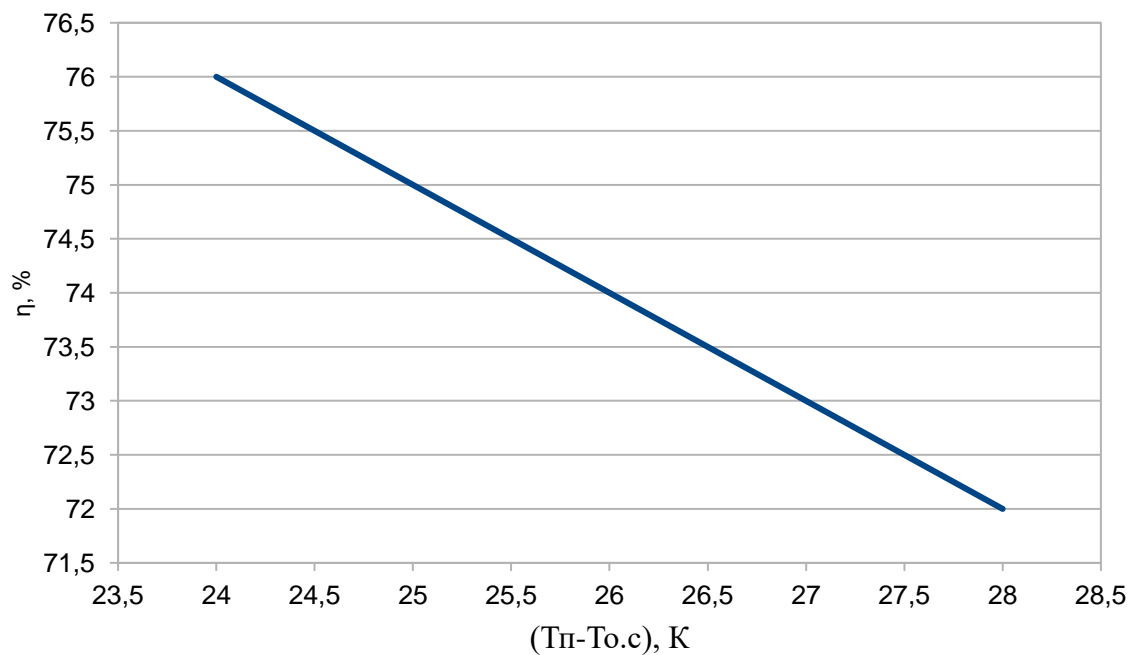


Рисунок 2.5 — Залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$ , наведено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Основні параметри роботи сонячного колектора при інтенсивності потоку штучного випромінювання  $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{ Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{ К}$	$T_{п}, \text{ К}$	$Q_{ск}, \text{ Вт}$	$Q_{пов}, \text{ Вт}$	$Q_{втр}, \text{ Вт}$	$\eta$
1033	289	319	1249,8588	1684,373	434,3076	0,74
	291	319	1278,8126		405,3538	0,76
	293	319	1307,7664		376,4	0,78

На рисунку 2.6 представлено залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

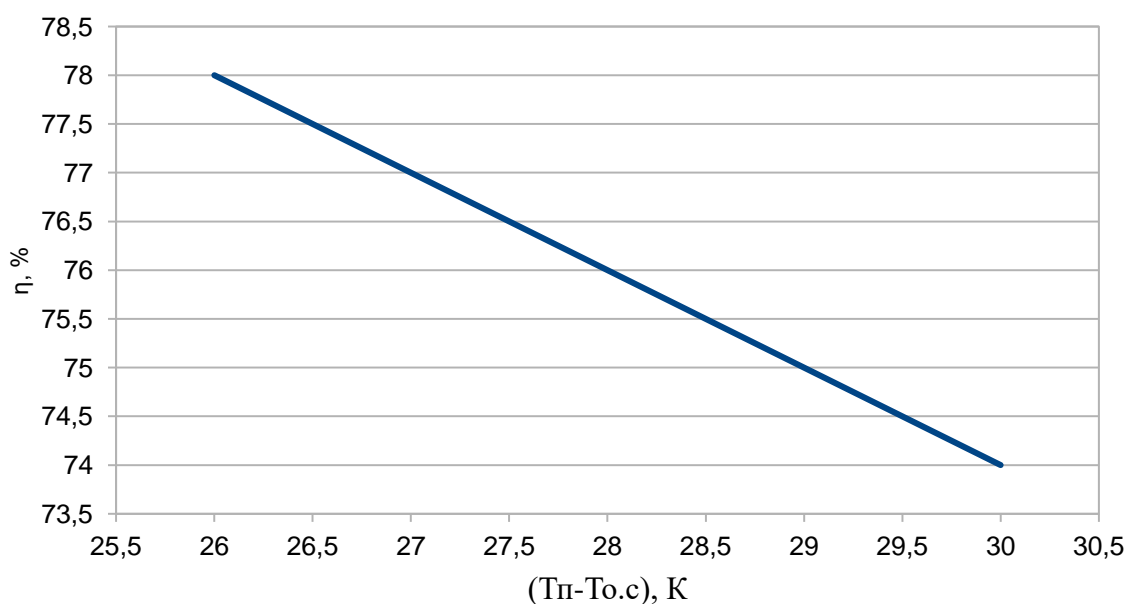


Рисунок 2.8 — Залежність ККД сонячного колектора від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища

## 2.9 Розрахунок температур води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника ТН( фірма- Sint Solar)

В даній комбінованій системі температура рідини в СК близька до температури навколишнього середовища, і тому колектор працює при ефективності, близькій до максимальної. Найбільша ефективність ССТ з ТН для даного типу СК забезпечується при ефективності СК 0,7- 0,74.

Температура рідини на вході в СК, °C

$$T_i = T_e - \frac{\eta_{СК}^{ТН} - F_R(\tau\alpha)_n}{F_R U_L} \cdot I_a$$

Для червня місяця:

$$T_i = 21 - \frac{0,7 - 0,83}{9,73} \cdot 666,7 = 29,9$$

Для липня місяця:

$$T_i = 22,5 - \frac{0,7 - 0,83}{9,73} \cdot 674 = 31,5$$

Для серпня місяця:

$$T_i = 22,5 - \frac{0,7 - 0,83}{9,73} \cdot 714,5 = 32$$

Для вересня місяця:

$$T_i = 17,3 - \frac{0,7 - 0,83}{9,73} \cdot 566,7 = 24,87$$

Таблиця 2.15. – Значення  $T_i$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_i, \text{ }^\circ\text{C}$	29,9	31,5	32	24,87

Температура випаровування холодоагенту у випарнику ТН,  $^\circ\text{C}$

$$T_o = T_i - 5$$

Для червня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 29,9 - 5 = 24,9$$

Для липня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 31,5 - 5 = 26,5$$

Для серпня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 32 - 5 = 27$$

Для вересня місяця:

$$T_o = T_i - 5 = 24,87 - 5 = 19,87$$

Таблиця 2.16 – Значення  $T_o$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_o, \text{ }^\circ\text{C}$	24,9	26,5	27	19,87

Визначимо температуру конденсації,  $^\circ\text{C}$

$$T_k = T_{Г.В} + 5 = 55 + 5 = 60$$

де  $T_{Г.В}$  - температура гарячої води для потреб ГВС, °C. У курсовому проекті приймаємо  $T_{Г.В} = 55$  °C.

Температура холодоносія на вході у випарник, °C

$$T_x = T_i + 2$$

Для червня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 29,9 + 2 = 31,9$$

Для липня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 31,5 + 2 = 33,5$$

Для серпня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 32 + 2 = 34$$

Для вересня місяця:

$$T_x = T_i + 2 = 24,87 + 2 = 26,87$$

Таблиця 2.17 – Значення  $T_x$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$T_x$ , °C	31,9	33,5	34	26,87

Приймаємо перегрів пари на вході у компресор 10 °C будемо цикл ТН на p-h діаграмі фреону R12 де визначаємо КОП.

Знаходимо значення КОП за формулою:

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a}$$

Знаходимо точку  $h_c$  для кожного місяця для визначення КОП

Для червня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{із}} = 362 + \frac{380 - 362}{0,7} = 387,71$$

Для липня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{із}} = 363 + \frac{381 - 363}{0,7} = 388,7$$

Для серпня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{із}} = 364 + \frac{380 - 364}{0,7} = 386,86$$

Для вересня місяця

$$h_c = h_a + \frac{h_b - h_a}{\eta_{із}} = 360 + \frac{380 - 360}{0,7} = 388,57$$

Значення КОП :

Для червня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{387,71 - 250}{387,71 - 362} = \frac{137,71}{25,71} = 5,36$$

Для липня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{388,7 - 244}{388,7 - 363} = \frac{144,7}{25,7} = 5,63$$

Для серпня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{386,86 - 245}{386,86 - 364} = \frac{141,86}{922,86} = 5,8$$

Для вересня місяця

$$\text{КОП} = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_a} = \frac{388,57 - 240}{388,57 - 360} = \frac{146,57}{28,57} = 5,2$$

Таблиця 2.18 - Значення КОП

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
КОП	5,36	5,63	5,8	5,2

2.10 Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором, вибір устаткування

Робота виконана компресором, Вт

Для червня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{\text{КОП}} = \frac{79,4 \cdot 10^3}{5,36} = 14813,43$$

Для липня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{\text{КОП}} = \frac{75,3 \cdot 10^3}{5,63} = 13374,78$$

Для серпня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{81,7 \cdot 10^3}{5,8} = 14086,2$$

Для вересня місяця

$$P_K = \frac{Q'_{ГВП}}{КОП} = \frac{107,7 \cdot 10^3}{5,2} = 20711,54$$

Аналогічно виконуємо розрахунок значення  $P_K$ .

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Значення  $P_K$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$P_K$ , Вт	14813,43	13374,78	14086,2	20711,54

Холодопродуктивність (навантаження випарника ТН), Вт

Для червня місяця

$$Q_6 = Q'_{ГВП} - P_K = 794000 - 14813,43 = 64586,57$$

Для липня місяця

$$Q_7 = Q'_{ГВП} - P_K = 75300 - 13374,78 = 61925,22$$



Для серпня місяця

$$Q_{\text{в}} = Q'_{\text{ГВП}} - P_{\text{К}} = 81700 - 14086,2 = 67613,8$$

Для вересня місяця

$$Q_{\text{в}} = Q'_{\text{ГВП}} - P_{\text{К}} = 107700 - 20711,54 = 86988,46$$

Результати розрахунків значень  $Q_{\text{в}}$  для інших місяців заносимо до табл.

6.2.

Таблиця 2.20 – Значення  $Q_{\text{в}}$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$Q_{\text{в}}, \text{Вт}$	64586,57	61925,22	67613,8	86988,46

Площа колектора в системі з ТН,  $\text{м}^2$

Для червня місяця

$$F_{\text{СК}}^{\text{тн}} = \frac{Q_{\text{в}}}{I_{\text{а}} \cdot \eta_{\text{СК}}^{\text{тн}}} = \frac{64586,57}{666,7 \cdot 0,7} = 138,4$$

Для липня місяця

$$F_{\text{СК}}^{\text{тн}} = \frac{Q_{\text{в}}}{I_{\text{а}} \cdot \eta_{\text{СК}}^{\text{тн}}} = \frac{61925,22}{674 \cdot 0,7} = 131,25$$

Для серпня місяця

$$F_{ск}^{тн} = \frac{Q_v}{I_a \cdot \eta_{ск}^{тн}} = \frac{67613,8}{714,5 \cdot 0,7} = 135,19$$

Для вересня місяця

$$F_{ск}^{тн} = \frac{Q_v}{I_a \cdot \eta_{ск}^{тн}} = \frac{86988,46}{566,7 \cdot 0,7} = 219,29$$

Значення потужності компресора для найхолоднішого місяця є вихідною інформацією для вибору ТН; а значення  $F_{ск}^{тн}$  для цього ж місяця визначає площу сонячного колектора в системі з ТН.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГВП

#### 3.1 Порівняльний розрахунок витрат сонячної геліосистеми без ТН для фірми Meibes та Sint Solar

Капітальні затрати на сонячну геліоустановку без теплового насоса визначаються виходячи з площі сонячного колектора, для найхолоднішого місяця – вересня  $F_{ск} = 304 \text{ м}^2$ .

Вказана вартість бака-акумулятора відноситься до баку з вбудованими теплообмінником та дублюючим електронагрівником. Оскільки витратою електроенергії на електронасос в контурі гарячого водопостачання можна нехтувати (система може працювати і без електронасоса під тиском водопровідної мережі), а також витрати на роботу насоса в контурі сонячного колектора незначні, тому поточні витрати для цієї системи можна прийняти рівними нулю.

Геліоустановка, виконана на основі селективного колектора фірми Meibes:

1. Параметри колектора:  $F_R(\alpha\tau)_n = 0,733$ ;  $F_R U_L = 3,6$ .
2. Вартість колектора (з ПДВ) :  $7761,6 \text{ грн/м}^2$ , (за прайсом).
3. Вартість бака-акумулятора –  $48641,94 \cdot 0,075 = 4808,79 \text{ грн/м}^3$ ,

де  $48641,94 \text{ грн}$ . - вартість бака- акумулятора за прайсом;

$0,075 \text{ м}^3$  – об'єм бака-акумулятора на  $1 \text{ м}^2$  площі колектора.

4. Вартість системи автоматичного контролю і управління –  $6739,43 \text{ грн}$ , де  $3543 \text{ грн}$ .- вартість сонячного регулятора в комплекті з клемними колодками , датчиком колектора KLF 1000 (довжина кабелю  $2 \text{ м}$ ) і датчиком накопичувача SPF 1000 (довжина кабелю  $3 \text{ м}$ ) за прайсом;  $319,968 \text{ грн}$ .- вартість температурного регулятора насосу TSP-100 за прайсом;  $873,312 \text{ грн}$ .- вартість мікропроцесорного регулятора температури PT-12 для змішувальних клапанів за прайсом;  $1134,55$ - стабілізатор напруги за прайсом.

5. Насосна група ( 2 насосні контури ) –  $25344 \text{ грн}$ .

де 12672 грн.- вартість одного циркуляційного контуру насоса для ГВП Wilo Star-ST 20/4 (Solar Star) з прайсу.

6. Трубне обв'язування і теплоізоляція – 6825 грн.,

Де  $75 \text{ м}^2$  - довжина ізолюваного трубопроводу;

91 грн/ $\text{м}^2$  – ціна на ізоляцію за  $1 \text{ м}^2$ .

7. Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3 %;

8. Монтажні і пуско-налагоджувальні роботи (% від вартості устаткування) – 20 %.

Капітальні затрати на сонячну систему без теплового насоса складуть

$$S_1 = (3626,9 + 4808,79) \cdot F_{\text{СК}} + 6739,43 + 6825 + 25344) \times \\ \times 1,03 \cdot 1,2 = (8435,69 \cdot 304) + 38908,43) \cdot 1,236 = 3217750,72$$

де  $F_{\text{СК}}$  –кінцева необхідна площа СК для навантаження ГВП із урахуванням розмірів СК,  $\text{м}^2$

3.2 Капітальні витрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН

Поточні затрати на роботу компресора ТН

$$W = \sum P_{\text{кі}} \cdot n_i^{\text{CC}} \cdot 10^{-3} = (15269,23 \cdot 315 + 15367,35 \cdot 345 + 16340 \times \\ \times 318 + 19581,8 \cdot 257) \cdot 10^{-3} = 20340185,8 \cdot 10^{-3} = 30340,19$$

де  $\sum P_{\text{кі}}$  – сума добутків потужностей компресора, розрахованих для кожного місяця;

$n_i^{\text{CC}}$  – число годин роботи в даному місяці, яке рівне числу годин сонячного сяяння

Таблиця 3.1 – Значення  $P_k$  для кожного місяця

Місяці року	червень	липень	серпень	вересень
$P_k, \text{Вт}$	15269,23	15367,35	16340	19581,8

Розрахункова добова витрата води (середня за рік) на господарсько-питні потреби,  $\text{м}^3/\text{доб}$

$$Q_{\text{ср доб}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000},$$

де  $q_{\text{ж}}$  – норма витрати води на господарсько-питні потреби на одного жителя, л / добу;

$N_{\text{ж}}$  – кількість чоловік.

$$Q_{\text{ср доб}} = \frac{0,23 \cdot 300}{1000} = 0,069,$$

де 0,23 - питоме середньодобове водоспоживання на господарсько-питні потреби в населених пунктах на одного мешканця, переведене з л у  $\text{м}^3$ .

Місячна вартість води на господарсько-питні потреби на одного жителя, грн / міс

$$Q_{\text{міс}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000} \cdot C_1 \cdot \sum z$$

$C_1$  - вартість холодної води, споживаної на гаряче водопостачання на 1 особу в місяць ;

$\sum z$  - кількість днів у кожному місяці

$$Q_{\text{міс}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000} \cdot C_1 \cdot \sum z = 0,069 \cdot 4,65 \cdot (30 + 31 + 31 + 15) = 34,33$$

Поточні витрати на електроенергію, грн

$$S_{\text{ел/ен 2}} = W \cdot z_{\text{ел/ен}} = 30340,19 \cdot 0,72 = 14644,93$$

де  $W$  – поточні затрати на роботу компресора ТН, кВт/год;

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

Витратами на роботу насоса можна нехтувати, так як вони малі в порівнянні з витратами на роботу компресора.

Капітальні витрати на тепловий насос, включаючи проектні роботи та роботи по впровадженню системи, можна прийняти рівними 300\$ на 1 кВт електричної потужності, грн

$$S_{\text{ТН}} = 300\$ \cdot P_{\text{к}} \cdot 10^{-3} = 2403 \cdot 19581,8 = 47055065,4,$$

де 2403 – долар, переведений у гривню;

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

При розрахунку вартості геліосистеми при використанні комбінованої системи треба врахувати, що наявність теплового насоса виключає необхідність дублюючого нагрівника. Комбінована схема передбачає теплообмінник у баці-акумуляторі.

1. Параметри колектора:  $F_{\text{R}}(\alpha\tau)_{\text{n}} = 0,733$ ;  $F_{\text{R}}U_{\text{L}} = 3,6$ .

2. Вартість колектора (з ПДВ) –  $\frac{735 \cdot 10,56}{2,14} = 3626,9$  грн/м<sup>2</sup>,

де 7761,6 грн.- вартість сонячного колектора за прайсом;

вартість сонячного колектора за 1 м<sup>2</sup> складе  $\frac{7761,6}{2,14} = 3626,9$  грн/м<sup>2</sup>.

3.Вартість бака-акумулятора –  $64117,20 \cdot 0,075 \cdot 0,25 = 1202,2$  грн/м<sup>3</sup>,

де 64117,20 грн. - вартість бака- акумулятора за прайсом;

0,075 м<sup>3</sup> – об'єм бака-акумулятора на 1м<sup>2</sup> площі колектора.

4.Вартість системи автоматичного контролю і управління – 6739,43 грн,

де 3543 грн.- вартість сонячного регулятора в комплекті з клемними колодками , датчиком колектора KLF 1000 (довжина кабелю 2 м) і датчиком накопичувача SPF 1000 (довжина кабелю 3 м) за прайсом;

319,968 грн.- вартість температурного регулятора насосу TSP-100 за прайсом;

873,312 грн.- вартість мікропроцесорного регулятора температури PT-12 для змішувальних клапанів за прайсом;

1134,55- стабілізатор напруги за прайсом.

5. Насосна група ( 2 насоси ) –25344 грн.,

де 12672 грн.- вартість двох циркуляційних насосів для ГВП Wilo Star-ST 20/4 (Solar Star) з прайсу.

6. Трубне обв'язування і теплоізоляція – 6825 грн.,

Де 75 м<sup>2</sup> - довжина ізолюваного трубопроводу;

91 грн/м<sup>2</sup> – ціна на ізоляцію за 1 м<sup>2</sup>.

7. Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3 %;

8. Монтажні і пуско-налагоджувальні роботи (% від вартості устаткування) – 20 %.

Капітальні затрати на придбання та установку комбінованої системи, грн.

$$S_2 = (3626,9 + 1202,2) \cdot F_{ck}) + 6739,43 + 6825) \times 1,03 \cdot 1,2) + 49769830,6 = \\ = (8435,69 \cdot 304) + 38908,43) \cdot 1,236 + 49769830,6 = 52987581,32$$

де  $S_{TH}$  – капітальні витрати на тепловий насос, грн

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

Потужність електрокотла, кВт

$$N_{елк} = \frac{Q_{звп}}{24 \cdot 3,6} \cdot 2 = \frac{327 \cdot 10^3}{24 \cdot 3,6} \cdot 2 = 3784,72,$$

де  $Q_{\text{ГВП}}$  – добове навантаження, ГДж/добу ;

24- години у добі;

$3600 \cdot 10^{-3} = 3,6$  – кількість секунд у годині;

2 - поправочний коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження на ГВП протягом доби.

Капітальні затрати на придбання та установку електродотла, грн

$$S_3 = z_{\text{елк}} \cdot N_{\text{елк}} = 100 \cdot 3784,72 = 378472,22,$$

де  $z_{\text{елк}}$  – вартість проточно-ємнісного електродотла, включаючи затрати на впровадження, грн/кВт;

$N_{\text{елк}}$  – потужність електродотла, кВт

Кількість електроенергії, споживаної електродотлом за період червень-вересень, кВт-год

$$W = Q_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{сез}} = \frac{327 \cdot 10^3}{24 \cdot 3,6} \cdot 214 = 809930,$$

де  $Q_{\text{ГВП}}$  – добовенавантаження, ГДж/добу ;

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

Поточні витрати на електроенергію, грн

$$S_{\text{ел/енз}} = W \cdot z_{\text{ел/ен}} = 809930 \cdot 0,72 = 583149,66$$

Капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса, грн

$$KB_1 = S_1 - S_3 = 3217750,72 - 378472,22 = 2839278,5$$



Гранично-капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса приймаємо рівними різниці між капітальними витратами на придбання і установку сонячної системи і електрокотла.

Поточна річна економія на електроенергію для випадку системи ГВП без теплового насоса, грн

$$E_1 = S_{\text{ел/ен 3}} = 583149,66$$

Граничні капітальні витрати системи ГВП з тепловим насосом, грн

$$KB_2 = S_2 - S_3 = 52987581,32 - 378472,22 = 52609109,1$$

При фінансовій оцінці сонячної системи ГВП з тепловим насосом як капітальні витрати виступає різниця між капітальними витратами на придбання і установку комбінованої системи і електрокотла.

Поточна річна економія на електроенергію для випадку системи ГВП з тепловим насосом, грн

$$E_2 = S_{\text{ел/ен 3}} - S_{\text{ел/ен 2}} = 583149,66 - 14644,93 = 5685047,3$$

Фінансова оцінка двох видів сонячних систем (з ТН і без ТН) проводиться на підставі визначення терміну окупності, ЧДВ і ВНП.

3.4 Розрахунок затрат і порівняння альтернативних систем гарячого водопостачання SintSolar

Капітальні затрати на сонячну систему без теплового насоса визначаються виходячи з площі сонячного колектора, для найхолоднішого місяця – вересня  $F_{\text{ск}} = 345,92 \text{ м}^2$ .

Вартість геліосистеми розраховується виходячи з вартості колектора. Вказана вартість бака-акумулятора відноситься до баку з вбудованими теплообмінником та дублюючим електронагрівником. Оскільки витратою електроенергії на електронасос в контурі гарячого водопостачання можна нехтувати (система може працювати і без електронасоса під тиском водопровідної мережі), а також витрати на роботу насоса в контурі сонячного колектора незначні, тому поточні витрати для цієї системи можна прийняти рівними нулю.

Геліоустановка, виконана на основі селективного колектора:

1. Параметри колектора:  $F_R(\alpha\tau)_n = 0,83$ ;  $F_R U_L = 9,73$ .

2. Вартість колектора (з ПДВ) –  $\frac{286 \cdot 8,01}{1,88} = 1218,54$  грн/м<sup>2</sup>;

де 2290,86 грн.- вартість сонячного колектора за прайсом;

вартість сонячного колектора за 1 м<sup>2</sup> складе  $\frac{2290,86}{1,88} = 1218,54$  грн/м<sup>2</sup>.

3. Вартість бака-акумулятора –  $31680 \cdot 0,075 = 2376$  грн/м<sup>3</sup>;

де 31680 грн. - вартість бака- акумулятора за прайсом;

0,075 м<sup>3</sup> – об'єм бака-акумулятора на 1 м<sup>2</sup> площі колектора.

4. Вартість системи автоматичного контролю і управління – 3619,77 грн;

де 3200 грн.- вартість автоматичного контролеру вводу резервного живлення АВР 313-60 ЛЕ: трьохфазна-однофазний генератор за прайсом;

419,77 грн.- вартість сонячного контролера заряду EP Solar LS 1024 12/24 В 10А

5. Насосна група(2 контура) – 6600 грн.;

де 3300 грн.- вартість одного циркуляційного контуру насоса для ГВП Solar 2 з прайсу.

6. Трубне обв'язування і теплоізоляція – 4834,5 грн.;

Де 75 м<sup>2</sup> - довжина ізольованого трубопроводу;

64,46 грн/м<sup>2</sup> – ціна на ізоляцію за 1 м<sup>2</sup> за прайсом.

7. Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3 %;

8. Монтажні і пуско-налагоджувальні роботи (% від вартості устаткування) – 20 %.

Враховуючи, що об'єм бака-акумулятора рівний  $0,075\text{ м}^3$  на  $1\text{ м}^2$  площі колектора, можемо записати залежність вартості системи сонячного гарячого водопостачання від площі колектора, грн.

3.5 Капітальні витрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН

Витратами на роботу насоса можна нехтувати, так як вони малі в порівнянні з витратами на роботу компресора.

Капітальні витрати на тепловий насос, включаючи проектні роботи та роботи по впровадженню системи, можна прийняти рівними  $300\text{ \$}$  на  $1\text{ кВт}$  електричної потужності, грн

$$S_{\text{ТН}} = 300\text{ \$} \cdot P_{\text{к}} \cdot 10^{-3} = 2403 \cdot 20711,54 = 49769830,62 ,$$

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

При розрахунку вартості геліосистеми при використанні комбінованої системи треба врахувати, що наявність теплового насоса виключає необхідність дублюючого нагрівника. Комбінована схема передбачає теплообмінник у баці-акумуляторі.

1. Параметри колектора:  $F_{\text{R}}(\alpha\tau)_{\text{n}} = 0,83$ ;  $F_{\text{R}}U_{\text{L}} = 9,73$ .

2. Вартість колектора (з ПДВ) –  $\frac{286 \cdot 8,01}{1,88} = 1218,54\text{ грн/м}^2$ ;

де  $2290,86\text{ грн.}$  – вартість сонячного колектора за прайсом;

вартість сонячного колектора за  $1\text{ м}^2$  складе  $\frac{2290,86}{1,88} = 1218,54\text{ грн/м}^2$ .

3. Вартість бака-акумулятора –  $31680 \cdot 0,075 = 2376\text{ грн/м}^3$ ;

де  $31680\text{ грн.}$  – вартість бака- акумулятора за прайсом;

$0,075\text{ м}^3$  – об'єм бака-акумулятора на  $1\text{ м}^2$  площі колектора.

4. Вартість системи автоматичного контролю і управління –3619,77 грн;  
де 3200 грн.- вартість автоматичного контролеру вводу резервного живлення  
АВР 313-60 ЛЕ: трьохфазна-однофазний генератор за прайсом;

419,77 грн.- вартість сонячного контролера заряду EP Solar LS 1024 12/24 В 10А

5. Насосна група(2 контура) –6600 грн.;

де 3300 грн.- вартість одного циркуляційного контуру насоса для ГВП Solar  
2 з прайсу.

6.Трубне обв'язування і теплоізоляція – 4834,5 грн.;

де 75 м<sup>2</sup> - довжина ізолюваного трубопроводу;

64,46 грн/м<sup>2</sup> – ціна на ізоляцію за 1 м<sup>2</sup>за прайсом.

7.Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3 %;

8.Монтажні і пуско-налагоджувальні роботи (% від вартості  
устаткування) – 20 %.

Капітальні затрати на придбання та установку комбінованої  
системи, грн

$$S_2 = (1218,54 + 594) \cdot F_{СК}^{ТН} + 1602 + 1121,23 + 6600) \cdot 1,03 \times 1,2) + \\ + 49769830,62 = (1812,54 \times 345,92) + 9323,23) \cdot 1,236 + 49769830,62 = \\ = 50556318,51$$

де  $S_{ТН}$  - капітальні витрати на тепловий насос, грн

3.6 Розрахунок витрат на роботу традиційної системи з електродкотлом -  
базовий варіант

Потужність електродкотла, кВт

$$N_{елк} = \frac{Q_{ГВП}}{24 \cdot 3,6} \cdot 2 = \frac{327 \cdot 10^3}{24 \cdot 3,6} \cdot 2 = 3784,72 ,$$

де  $Q_{\text{ГВП}}$  – добове навантаження, ГДж/добу ;

24- години у добі;

$3600 \cdot 10^{-3} = 3,6$  – кількість секунд у годині;

2 - поправочний коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження на ГВП протягом доби

Капітальні затрати на придбання та установку електрокотла, грн

$$S_3 = z_{\text{елк}} \cdot N_{\text{елк}} = 100 \cdot 3784,72 = 378472,$$

де  $z_{\text{елк}}$  – вартість проточно-ємнісного електрокотла, включаючи затрати на впровадження, грн/кВт;

$N_{\text{елк}}$  – потужність електрокотла, кВт

Кількість електроенергії, споживаної електрокотлом за період червень-вересень, кВт-год

$$W = Q_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{сез}} = \frac{327 \cdot 10^3}{24 \cdot 3,6} \cdot 214 = 809930,$$

де  $Q_{\text{ГВП}}$  – добове навантаження, ГДж/добу;

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

Поточні витрати на електроенергію, грн

$$S_{\text{ел/ен з}} = W \cdot z_{\text{ел/ен}} = 809930 \cdot 0,72 = 583149,6,$$

де  $W$  – кількість електроенергії, споживаної електрокотлом за період червень-вересень, кВт-год ;

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

Капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса, грн

$$KB_1 = S_1 - S_3 = 3180486 - 378472 = 2802014$$

Гранично-капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса приймаємо рівними різниці між капітальними витратами на придбання і установку сонячної системи і електрокотла.

Поточна річна економія на електроенергію для випадку системи ГВП без теплового насоса, грн

$$E_1 = S_{\text{ел/ен 3}} = 583149,6 ,$$

Граничні капітальні витрати системи ГВП з тепловим насосом, грн.

$$KB_2 = S_2 - S_3 = 50556318,51 - 378472 = 50177846,51$$

При фінансовій оцінці сонячної системи ГВП з тепловим насосом як капітальні витрати виступає різниця між капітальними витратами на придбання і установку комбінованої системи і електрокотла.

Поточна річна економія на електроенергію для випадку системи ГВП з тепловим насосом, грн

$$E_2 = S_{\text{ел/ен 3}} - S_{\text{ел/ен 2}} = 583149,6 - 13739,6 = 569410$$

Результати фінансової оцінки розглянутих варіантів організації ГВП наведено в таблицях 3.2-3.5.

Таблиця 3.2 – Фінансова оцінка ССК Meibes

№ року	К, грн	Е, грн	ПН, грн	К <sub>д</sub>	ППН, грн
0	2439625	0	-2439625	1	-2439625,0
1	0	66060,60	66060,60	0,833	55050,5
2	0	66060,60	66060,60	0,694	45875,4
3	0	66060,60	66060,60	0,579	38229,5
4	0	66060,60	66060,60	0,482	31857,9
5	0	66060,60	66060,60	0,402	26548,3
6	0	66060,60	66060,60	0,335	22123,6
7	0	66060,60	66060,60	0,279	18436,3
8	0	66060,60	66060,60	0,233	15363,6
9	0	66060,60	66060,60	0,194	12803,0
10	0	66060,60	66060,60	0,162	10669,2
11	0	66060,60	66060,60	0,135	8891,0
12	0	66060,60	66060,60	0,112	7409,1
13	0	66060,60	66060,60	0,093	6174,3
14	0	66060,60	66060,60	0,078	5145,2
15	0	66060,60	66060,60	0,065	4287,7
				<b>ЧДВ=</b>	<b>-2130760,47</b>

Таблиця 3.3 – Фінансова оцінка ССК Meibes з ТН

№ року	К, грн	Е, грн	ПН, грн	К <sub>д</sub>	ППН, грн
0	2486680	0	-2486680	1	-2486680,0
1	0	51415,67	51415,67	0,833	42846,4
2	0	51415,67	51415,67	0,694	35705,3
3	0	51415,67	51415,67	0,579	29754,4
4	0	51415,67	51415,67	0,482	24795,4
5	0	51415,67	51415,67	0,402	20662,8
6	0	51415,67	51415,67	0,335	17219,0
7	0	51415,67	51415,67	0,279	14349,2
8	0	51415,67	51415,67	0,233	11957,6
9	0	51415,67	51415,67	0,194	9964,7
10	0	51415,67	51415,67	0,162	8303,9
11	0	51415,67	51415,67	0,135	6919,9
12	0	51415,67	51415,67	0,112	5766,6
13	0	51415,67	51415,67	0,093	4805,5
14	0	51415,67	51415,67	0,078	4004,6
15	0	51415,67	51415,67	0,065	3337,2
				<b>ЧДВ=</b>	<b>-2246287,44</b>



Таблиця 3.4 – Фінансова оцінка ССК Sint Solar

№ року	К, грн	Е, грн	ПН, грн	К <sub>д</sub>	ППН, грн
0	273422,9	0	-273422,9	1	-273422,9
1	0	66060,60	66060,60	0,833	55050,5
2	0	66060,60	66060,60	0,694	45875,4
3	0	66060,60	66060,60	0,579	38229,5
4	0	66060,60	66060,60	0,482	31857,9
5	0	66060,60	66060,60	0,402	26548,3
6	0	66060,60	66060,60	0,335	22123,6
7	0	66060,60	66060,60	0,279	18436,3
8	0	66060,60	66060,60	0,233	15363,6
9	0	66060,60	66060,60	0,194	12803,0
10	0	66060,60	66060,60	0,162	10669,2
11	0	66060,60	66060,60	0,135	8891,0
12	0	66060,60	66060,60	0,112	7409,1
13	0	66060,60	66060,60	0,093	6174,3
14	0	66060,60	66060,60	0,078	5145,2
15	0	66060,60	66060,60	0,065	4287,7
				<b>ЧДВ=</b>	<b>35441,63</b>

Таблиця 3.5 – Фінансова оцінка ССК Sint Solar з ТН

№ року	К, грн	Е, грн	ПН, грн	К <sub>д</sub>	ППН, грн
0	1323162	0	-1323162	1	-1323162,0
1	0	52321,00	52321,00	0,833	43600,8
2	0	52321,00	52321,00	0,694	36334,0
3	0	52321,00	52321,00	0,579	30278,4
4	0	52321,00	52321,00	0,482	25232,0
5	0	52321,00	52321,00	0,402	21026,6
6	0	52321,00	52321,00	0,335	17522,2
7	0	52321,00	52321,00	0,279	14601,8
8	0	52321,00	52321,00	0,233	12168,2
9	0	52321,00	52321,00	0,194	10140,2
10	0	52321,00	52321,00	0,162	8450,1
11	0	52321,00	52321,00	0,135	7041,8
12	0	52321,00	52321,00	0,112	5868,1
13	0	52321,00	52321,00	0,093	4890,1
14	0	52321,00	52321,00	0,078	4075,1
15	0	52321,00	52321,00	0,065	3395,9
					-
					<b>ЧДВ= 1078536,60</b>

## 4 АВТОМАТИЗАЦІЯ

### 4.1 Історія розвитку автоматизації, як науки

Під автоматикою розуміють галузь науки і техніки, що охоплює теорію і принципи побудови систем управління, що діють без безпосередньої участі людини. У вузькому розумінні, автоматика - сукупність методів і технічних засобів, що виключають участь людини при виконанні операцій конкретного процесу [1].

Як самостійна область техніки автоматика отримала визнання на II Світовій енергетичній конференції (Берлін, 1930), де була створена секція з питань автоматичного і телемеханічного управління. У СРСР термін «автоматика» набув поширення на початку 30-х рр.. XX століття. Автоматика як наука виникла на базі теорії автоматичного регулювання, основи якої були закладені в роботах Дж. К. Максвелла (1868), І. А. Вишнеградського (1872-1878), А. Стодоля (1899) та ін. У самостійну науково-технічну дисципліну остаточно оформилася у 1940 р.

Історія автоматики як галузі техніки тісно пов'язана з розвитком автоматів, автоматичних пристроїв і автоматизованих комплексів. В стадії становлення автоматика спиралася на теоретичну механіку і теорію електричних ланцюгів та систем, вирішувала завдання, пов'язані з регулюванням тиску в парових котлах і частоти обертання електричних машин, управління роботою верстатів-автоматів, АТС, пристроями релейного захисту. Відповідно і технічні засоби автоматики в цей період розроблялися і використовувалися стосовно до систем автоматичного регулювання. Інтенсивний розвиток всіх галузей науки і техніки в кінці I половини XX ст. викликало також швидке зростання техніки автоматичного управління, застосування якої стає загальним.

Автоматизація виробництва являє собою основу будь-якого технічного прогресу, що особливо актуально в рамках сучасної промисловості. Так, якщо звернемося до історії, то побачимо, що при переході з одного типу виробництва

на інший відбувалося ускладнення техніки виробництва, людський труд замінювався машинним. Хоча треба зазначити, що аж до вісімнадцятого століття так звані самодіючі пристрої, тобто машини, не отримали розвитку. До вісімнадцятого століття дані пристрої лише свідчили про високу майстерність древніх майстрів і не більше. Але у вісімнадцятому столітті відбувається так званий «технічний бум», в результаті якого широко стали застосовуватися автоматизовані системи. Сьогодні ж метою автоматизації виробництва є підвищення продуктивності праці, підвищення якості продукції, створюються умови для максимально повного та оптимального використання ресурсів.

#### 4.2 Види автоматизації виробництва

На сьогоднішній день прийнято виділяти три види автоматизацій виробництва, серед яких можна виділити: часткову, повну і комплексну. Часткова автоматизація виробництва являє собою заміну людини комп'ютером, який виконує окремі виробничі операції. Це обумовлено тим, що управління цими процесами в силу їхньої складності або швидкоплинності не підвладне людині, а використання простого автоматичного пристрою дозволяє впоратися з поставленим завданням. До даного виду автоматизації, як приклад, можна віднести автоматизацію управлінських робіт.

Комплексна автоматизація передбачає, що цех, підприємство, завод функціонує як єдиний автоматизований комплекс. Даний вид автоматизації охоплює повне коло виробничих функцій підприємства. Доступний даний вид автоматизації лише при високорозвиненому промисловому рівні виробництва. Обладнання даного промислового комплексу діє за певним запрограмованим алгоритмом або за саморегулюючою програмою. Роль людини при такій автоматизації зводиться лише до контролю за тим, щоб апаратура виконувала свою роботу належним чином, без будь-яких збоїв.

Повна автоматизація виробництва полягає в тому, що всі функції управління і контролю за виконанням поставлених завдань віддаються

автоматиці. Застосування її можливо тільки в тому випадку, якщо виробництво виправдовує вкладені кошти, або умови праці не можуть дозволити використовувати людську працю в результаті його негативного впливу на життя і здоров'я працівника.

#### 4.3 Вплив автоматизації на життя людини

Говорячи про автоматизацію промислових комплексів, не можна не торкнутися питання про її доцільність. При автоматизації повинна досягатися економічність виробництва, якість продукції. Так, при впровадженні високих технологій в область промисловості збільшився товарообіг, більша кількість людей отримала можливість придбати необхідні речі. В рамках самого виробництва були змінені або скасовані старі професії, які ґрунтувалися на важкій фізичній праці. При цьому постійно зростає попит на висококваліфікованих науково-технічних працівників, роль яких полягає у розробці та забезпеченні нормального функціонування автоматизованих систем.

На жаль, не завжди автоматизація промисловості приносить користь. Так, впровадження засобів автоматизації допомогло забезпечити великою кількістю товарів населення, але часом ця якість лише залишає бажати кращого. Звідси виникає зворотна тенденція - попит на товари, вироблені ручною працею, які коштують у десятки разів дорожче аналогічного товару промислового виробництва.

Таким чином, можна сказати, що автоматизація промислових комплексів є новим кроком у розвитку виробництва, але при цьому необхідно пам'ятати, що не можна зупинятися на досягнутому і необхідно удосконалювати як техніку, так і технологію для того, щоб якість продукції була на високому рівні.

#### 4.4 Автоматизація сонячного колектору та бака-акумулятора

У цьому розділі проекту проведена автоматизація плоского сонячного колектору СВ-V3R , бака-акумулятора (NTR) і сонячного обладнання, з установкою датчика температури, що слугує для вимірювання та регулювання температури теплоносія, який попередньо нагрівається у сонячному колекторі та прямує до бака-акумулятора.

Проект містить основні рішення з оснащення засобами контролю, управління та автоматизації технологічного обладнання сонячної установки в обсязі, достатньому для надійної, економічної та безаварійної її експлуатації.

При проектуванні установок сонячного гарячого водопостачання слід виконувати вимоги, передбачені СНіПом 2.04.01-85, а так само з урахуванням тимчасових вказівок по проектуванню систем автоматизації технологічних параметрів.

При установці циркуляційних насосів в житлових будинках слід застосовувати малошумні насоси або вживати заходи щодо зниження шуму і вібрацій до норм, допустимих СНіПом II-12-77.

На схемі знаходиться сонячний колектор, у якому розташований первинний температурний вимірювальний прилад – датчик геліоколектора VITOSOLIC 100 (MGB). Він слугує для вимірювання температури теплоносія у колекторі та його регулювання. Також він управляє витратою циркуляційного насосу залежно від різниці температур між сонячним колектором і баком-акумулятором геліосистеми.

У баці-акумуляторі вмонтовані первинний вимірювач рівня води ZET 7020 Termo TC – 485 (датчик верхньої частини ємності) та вторинний вимірювач рівня води ZET 7020 TermoTC - 485 (датчик нижньої частини ємності). Вони регулюють об'ємну витрату води для користувачів та слідкують за температурою води в ємності. У нижній частині бака-акумулятора знаходиться холодна вода, у верхній – гаряча, яка направляється до споживача.

#### 4.5 Автоматизація водостачання

Прилад 1ж, встановлений у системі перед циркуляційним насосом після прогріву води вище 55 градусів автоматично включає його в роботу. Також до роботи долучається циркуляційно-підживлювальний насос ГВП, який в цей період працює по замкненому циклу: насос, теплообмінник, бак-акумулятор.

При недогріві води до 55 градусів, витрата води, що проходить через геліонагрівачі, може зменшуватись за допомогою обвідної лінії на насосах шляхом відкриття електричних засувки.

При колекторній системі розведення рециркуляція ГВП здійснюється послідовно через всі колектори, а потім повертається до водонагрівача. Зворотній лінія має під'єднання у спускного вентиля водонагрівача до лінії подачі холодної води в бак. Завдяки цьому гаряча вода постійно перекачується і надходить до споживача відразу ж після відкриття крана. Рециркуляційний насос встановлюється у зворотню лінію з додатковим, вбудованим в нього пристроєм, який повторює потік. Регулювання такого пристрою здійснюється завдяки таймеру або температурному датчику. Таймер на насосі включається в заздалегідь заданий час, який, як правило, випадає на пікове використання гарячої води.

Для систем водопостачання використовуються відцентрові насоси, які доповнені датчиком температури, таймером або тижневим програматором.

Якщо система ГВП має значний перегрів циркулюючої води, то відкриваються автоматичні засувки, які знаходяться між контуром сонячних колекторів та ГВП. Холодна водопровідна вода, змішується з гарячою і досягається потрібна температура теплоносія.

#### 4.6 Призначення та функції контролера Sint Solar K

Контролер - обов'язковий елемент геліосистем з примусовою циркуляцією теплоносія. Він призначений для управління процесом нагріву від

сонця та контролю стану геліосистеми, а також, залежно від контролера, може керувати і іншими теплотехнічними процесами в загальній системі. Контролер отримує інформацію від датчиків температури (один з яких обов'язково знаходиться в сонячному колекторі) і вибирає необхідний режим роботи.

Ефективність та безпека геліосистеми в значній мірі залежать від контролера: правильності закладених алгоритмів роботи геліосистеми, надійності елементів.

ПКК «СІНТЕК» виробляє кілька моделей цифрових контролерів SintSolar K для систем різної конфігурації.

1. Можливість автоматичного регулювання швидкості потоку теплоносія в залежності від різниці температур (реалізована у всіх моделях контролерів). В результаті система працює більш стабільно, швидше досягаються необхідні температури, забезпечується додаткове вироблення теплової енергії за рахунок збільшення часу роботи системи в ранкові, вечірні години та у похмуру погоду, а також досягається економія електроенергії за рахунок зниження споживаної потужності циркуляційним насосом.

2. Універсальність. Всі моделі контролерів можна використовувати в геліосистемах різного призначення, наприклад: ГВП, нагрівання води в басейні, опалення.

3. Висока надійність. Досягається завдяки оптимально підібраним комплектуючим, укладеними в герметичний полікарбонатний корпус, який забезпечує захист від прямого попадання струменів води (клас захисту IP 65). Кожен контролер піддається жорстким випробуванням, для виявлення можливих несправностей ще на етапі виробництва.

4. Простота контролю режимів системи. За допомогою індикації на передній панелі легко контролювати стан системи, контролер не потребує постійного налаштування, всі необхідні установки монтажна організація здійснює в процесі монтажу.



5. Дистанційний контроль і коректування роботи системи сонячного теплопостачання. За бажанням замовника в контролер вбудовується модем з SIM-картою. Один раз на добу на сервер компанії (продавця, монтажної організації або виробника) контролер відправляє SMS-повідомлення, в якому міститься вся інформація про роботу системи. Фахівці її аналізують і при виявленні будь-яких несправностей або неточностей в роботі коректують роботу системи дистанційно або, при необхідності, виїжджають на об'єкт.

Таким чином, використання модему дозволяє монтажній організації здійснювати постійний кваліфікований контроль працездатності системи при незначних тимчасових і фінансових витратах, а власникові системи - дозволяє знизити експлуатаційні витрати, а також забезпечує впевненість у правильності роботи системи сонячного теплопостачання.

## ВИСНОВОК

Від ефективності сонячного колектора значною мірою залежить ефективність роботи всієї геліосистеми. Адже, чим більше сонячної енергії поглине геліоколектор і чим менше він її витратить, тим ефективніше буде працювати вся геліосистема. Таким чином, усі принципи конструювання сонячних колекторів зводяться до забезпечення максимального поглинання падаючої сонячної енергії і максимального зниження теплових втрат. Незважаючи на велике розмаїття колекторів, найбільшого поширення набули плоскі колектори через свою універсальність, надійність в експлуатації та невибагливість. Ці геліоколектори мають досить високу ефективність. На практиці сучасний ефективний плоский геліоколектор працює із середнім ККД у 50 %, а більш застарілі моделі колекторів – із ККД, який дорівнює 20...40 %. Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора є нестабільним і його можна визначити тільки для конкретних умов експлуатації в певний момент часу. Крім того, чим нижча температура, до якої потрібно нагріти агент сушіння (повітря), тим вищим буде ККД геліоколектора. Зокрема, тільки завдяки застосуванню більш ефективного поглинального покриття (високо-селективного, наприклад) у хмарну погоду різниця в ефективності сонячного колектора може досягти 45 % і вище.

Ефективність СК залежить від метеоумов місцевості, прозорості скла, кута нахилу колектора, способу установки, часу використання (протягом усього року або сезонно), обслуговування та ін.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії [Текст]: навчальний посібник / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен та інші; під заг. ред. О. І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
2. Озарків, І. М. Використання сонячного випромінювання як нетрадиційного джерела енергії в камерному сушінні деревини [Текст]: доповіді 2-ї міжнар. наук-практ. конф. – Львів: 1997. – с. 140–141.
3. Мак-Вейч, Д. Применение солнечной энергии [Текст] / Д. Мак-Вейч. – М.: Энергоиздат, 1981 – 216 с.
4. Зуев, В. Е. Распространение видимых и инфракрасных волн в атмосфере [Текст]: / В. Е. Зуев. – М.: Сов. радио, 1970. – 496 с.
- 5 Атлас енергетичного потенціалу поновлюваних джерел енергії України [Текст]. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2000. – 211 с.
- 6 Соболев, В. В. Курс теоретичної астрофізики [Текст] / В. В. Соболев; 3-є видання, перероб. — М.: Наука, 1985. – 503 с.
- 7 Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике [Текст]/ Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 950 с.
- 8 Дьяков, В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию [Текст] / В. И. Дьяков. — М.: Высшая школа, 1990. — 160 с.
- 9 Зверева, С. В. В мире солнечного света [Текст] / С. В. Зверева. — Л. : Гидрометеиздат, 1988. — 160 с.
- 10 Білецький, В. С. Мала гірнича енциклопедія [Текст] / В. С. Білецький. – Донецьк: Донбас, 2004. – Т. 3. – 358 с
11. Бурячок Т. А. Энергетика: история, настоящее и будущее [Текст]. Т.4. Возобновляемая энергетика. Функционирование и развитие энергетики в современном мире / Т.А. Бурячок, З.Ю. Буцьо, Г.Б. Варламов и др. – Киев: б.и., 2010. – 612 с. – ISBN 978-966-8163-18-0
- 12 Капралов, А. И. Рекомендации по применению жидкостных солнечных коллекторов [Текст] / А. И. Капралов. – М.:ВИНИТИ, 1988 – 56 с.

13. Типи геліоколекторів [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.sintsolar.com.ua/info/types-of-helium-reservoir-ua.html>– Загл. с экрана.

14. Типи сонячних колекторів [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <https://altenergy.in.ua/sonyachnij-kolektor/>– Загл. с экрана.

15. Типи сонячних колекторів та їх види [Электронный ресурс] / Львів. Ukrainian energineeringsolution's. – Режим доступа : \www/ URL: <http://ukrengsol.com/news/solar-kolektor/>– Загл. с экрана.

16. Програма Львів. Енергія сонця [Электронный ресурс] / Львів. ТЗОВ «НОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ».– Режим доступа : \www/ URL: <http://www.nt-solutions.com.ua/programa/>– Загл. с экрана.

17. Теплоносій для геліосистем [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://ukrenerho.com/teplonosij-dlya-geliosistem/>– Загл. с экрана.

18. Расход теплоносителя в солнечном коллекторе [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://solarsoul.net/rasxod-teplonositelya-v-solnechnom-kollektore>– Загл. с экрана.

19. Ориентация и угол наклона солнечных коллекторов [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://solarsoul.net/orientaciya-i-ugol-naklona-solnechnyx-kollektorov>– Загл. с экрана.

20. Сонячні колектори [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://ukrenerho.com/sonyachni-kolektori/>– Загл. с экрана.

21. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Дж. Твайделл, А. Уейр. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

22. Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения [Текст] / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. – М: Энергоиздат, 1982. – 80 с.

23. Валов, М. И. Системы солнечного теплоснабжения [Текст]: монография / М. И. Валов, Б. И. Казанджан. – М: МЭИ, 1991. – 140 с.

24. Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст] / Н. В. Харченко. – М: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

25. Даффи, Дж. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. Даффи, У. Бекман. – М.: Наука, 1977. – 413 с.
26. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения [Текст] / Р. Р. Авезов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
27. Луканин, В. Н. Теплотехника [Текст] / В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2003. – 715 с.
28. Височин, В. В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Екологічно чисті джерела енергії» для студентів фаху 6.0905 [Текст]: навч., посібник / В. В. Височин, В. Р. Нікульшин. – Одеса: Наука і техніка, 2004. 16 с.
29. Васильев, В. А. Расчетные технико-экономические характеристики солнечных комбинированных фототермодинамических энергоустановок [Текст] / В. А. Васильев, Б. В. Тарнижевский – М.: Известия РАН, Энергетика, 2005. – №3. – С. 28–34.
30. Казанджан, Б. И. Современные системы солнечного теплоснабжения [Текст] / Б. И. Казанджан. – М. : Энергия, 2005. – №12. – С. 39–43.
31. Дударев, Н. В. Солнечные системы теплоснабжения [Текст] / Н. В. Дударев, В.А. Шершнев. – М. : Строительная инженерия, 2006. – №1. – С. 47–52.
32. Бутузов, В. А. Анализ энергетических и экономических показателей гелиоустановок горячего водоснабжения [Текст] / В. А. Бутузов. – М. : Промышленная энергетика, 2001. – №10. – С. 18–22.
33. Сравнительный анализ показателей конструкций солнечных коллекторов зарубежного и отечественного производства. Новые технические решения [Текст] / О. С. Попель, С. Е. Фрид, В. Н. Щеглов и др. – М.: Теплоэнергетика., 2006. – №3. – С. 11–15.

34. Climatology Resourse for Agroclimatology Daily Averaged Data (EvaluationVersion) [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: [http://power.larc.nasa.gov./](http://power.larc.nasa.gov/)– Загл. с экрана.

35. Махотіло, К. В. Експериментальна оцінка ефективності сонячних колекторів [Текст] / К. В. Мамохіло, Д. М. Косатий. – Харьков: Энергозбереження. Енергетика. Енергоаудит, 2012 – № 12 – с. 43-48.

36. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики [Текст] / А. В. Лыков. – Минск: Изд-во Академии наук БССР, 1969. – 520 с.

37. Даффи, Дж. А, Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. А. Даффи, У.А. Бекман – М.: Мир, 1977. – 470 с.

38. Зоколей, С. Солнечная энергия и строительство [Текст] / С. Зоколей. – М.: Стройиздат, 1979. – 339 с.

38. Куртнер, Д. А. Расчет и регулирование теплового режима в открытом и защищенном грунте [Текст] / Д. А. Куртнер, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 230 с.

39. Лыков, А.В. Тепломассообмен [Текст]: справочник / А.В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Энергия, 1978. – 480 с.

40. Компания «Кровля и теплоизоляция» (КИТ) [Электронный ресурс] – Режим доступа : \www/ URL: <http://krovinfo.ru/content/catalog/polikarbonat/> – Загл. с экрана.

41. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания [Текст]: справочное пособие / Е. Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 265 с.

42. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] / – Утв. Госстрой России. Введ. 01.06.2004 – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

43. НПАОП 63.22–1.01–85. Правила безпеки праці на промислових підприємствах. – Введ. 1976–03–03. – Київ, 1986.

44. ДСН 3.3.6.012–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Введ. 1999-12-01. – Київ, 1999.