



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»  
(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач**

**кафедри ЕПЕМ**

/Сергій БАЛЮТА/

“20” листопада 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гончарука Тараса Едуардовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Умови розвитку сонячної енергії в Україні в період штучної енергетичної кризи».

керівник роботи доцент Бориченко О.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” жовтня 2024 року № 859 –кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи:

Аналіз розвитку альтернативних джерел енергії на сучасному етапі;

Види перетворювачів сонячної енергії та їх можливості

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1. Відновлювана енергетика в країнах світу;

2. Розгляд існуючих технологій перетворення сонячної енергії ;

3. Конструкція та складові сонячних систем перетворювання.;

4. Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання.

5. Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами. .

6. Розрахунок сонячної системи для підтримки системи опалення.

5. Перелік графічного матеріалу : Презентація доповіді – 15 слайдів ;

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 02 жовтня 2024 р. \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдання на магістерську роботу	02.10.2024 р.	
2.	Вступ	05.10.2024 р.	
3.	Відновлювана енергетика в країнах світу	11.10.2024	
4.	Конструкція та складові сонячних систем.	13.10.2024	
5.	Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами	19.10.2024	
6.	Розрахунок сонячної системи.	21.10.2024	
7.	Сонячні системи з тепловими насосами.	29.10.2024	
8.	Функції регулятора сонячної системи.	03.11.2024	
9.	Експлуатація сонячної системи.	08.11.2024	
10.	Висновки	14.11.2024	
11.	Оформлення пояснювальної записки	21.11.2024	
12.	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	01.12. 2024 р.	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Гончарук Т. Е.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Бориченко О.В.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Гончарук Тарас Едуардович. Магістерська робота на тему:  
«Умови розвитку сонячної енергії в Україні в період кризи»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ-2024  
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Робота представлена пояснювальною запискою на 72 аркушах формату А4. Вона вміщує 5 рисунків, 6 найменувань використаної літератури.

Сучасна енергетика, яка є найважливішим фактором розвитку суспільства, одночасно виступає одним із основних забруднювачів навколишнього середовища. Це в першу чергу теплова енергетика, що справляє глобальний негативний вплив на екологію, на зміну клімату. Швидке зростання потреби в електричній енергії й кризовий стан навколишнього середовища обумовлюють необхідність широкого використання відновлювальних традиційних й нетрадиційних джерел енергії.

Сьогодні сонячна енергетика стає актуальною як ніколи. Глобальні проблеми з енергоносіями, залежність нашої держави від імпорту вуглеводнів, все це змушує нас шукати нові джерела енергії.

В даний час у суспільній свідомості міцніє переконаність у тому, що енергетика майбутнього повинна базуватися на великомасштабному використанні сонячної енергії, причому в самих різних її проявах.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є визначення умов розвитку функціонування сонячної енергетики в Україні.

Методика дослідження - системний аналіз наявної інформації щодо розвитку функціонування і розвитку сонячної енергетики в Україні.

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, сонячна енергетика, потенціал сонячної енергії.

## SUMMARY

Goncharuk Taras Eduardovich. Master's thesis on the topic:

"Conditions for the development of solar energy in Ukraine during the crisis"

National University of Food Technologies, Kyiv-2024

141. "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics"

The robot is represented by an explanatory note on 72 arches in A4 format.

There are 5 drawings, 6 hired images of literature.

Modern energy, which is the most important factor in the development of society, is at the same time one of the main polluters of the environment. This is, first of all, thermal energy, which has a global negative impact on the environment, on climate change. The rapid growth in the demand for electricity and the crisis state of the environment necessitate the widespread use of renewable traditional and non-traditional energy sources.

Today, solar energy is becoming more relevant than ever. Global problems with energy carriers, the dependence of our country on imported hydrocarbons, all this forces us to look for new sources of energy. At present, there is a growing conviction in the public consciousness that the energy of the future should be based on the large-scale use of solar energy, and in its most diverse manifestations.

The purpose of the master's thesis is to determine the conditions for the development of solar energy in Ukraine. The research methodology is a systematic analysis of the available information on the development, functioning and development of solar energy in Ukraine.

**Key words:** renewable energy sources, solar energy, potential of solar energy.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
1.СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ.....	7
1.1 Відновлювана енергетика в країнах світу. ....	7
1.2 Сонячна енергетика у світі.....	19
1.3 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики .....	28
2. Конструкція та складові сонячних систем.	
Трубопроводи і арматура для підключення колекторних панелей. ....	10
Підключення колекторних панелей з різною орієнтацією. ....	11
Розрахунок сонячних систем. ....	12
Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання	
Визначення споживання гарячої води .....	12
Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами. ....	14
Сонячні системи гарячого водопостачання для багатоквартирних будинків. ....	18.
Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами. ....	20
Сонячні системи з буферними посудинами. ....	22
Регулювання догріву. ....	24.
Приєднання циркуляційного трубопроводу. ....	24
Обмеження максимальної температури. ....	25
Розрахунок сонячної системи для підтримки системи опалення. ....	25
Сонячні системи і конденсаційні котли. ....	32

Особливості використання сонячних систем у виробничому секторі. ....	34
Підігрів води в плавальних басейнах. ....	36
Розрахунок сонячної системи. ....	40
Сонячна система для відкритого басейну. ....	40
Охолодження з використанням сонячної енергії. ....	41
Сонячні системи з тепловими насосами. ....	46
Теплові насоси в комбінації з сонячними системами для гарячого водопостачання. ....	46
Функції регулятора сонячної системи. ....	50
Придушення догріву водонагрівача котлом. ....	54
Нагрівання для дотримання гігієнічних вимог до гарячої води. ....	54
Оцінка багаторічних вимірювань. ....	61
Автоматична оцінка продуктивності. ....	63
Експлуатація сонячної системи. ....	74
Мінімальні вимоги до протоколу введення в експлуатацію. ....	76
Висновки. ....	87
Список літературних джерел. ....	88

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АЕС - атомна електростанція;
- ВВП - валовий внутрішній продукт;
- ВДЕ - відновлювальні джерела енергетики;
- ВЕС - вітрова електростанція;
- ВЕУ - вітрова електроустановка;
- ГеоТЕС - геотермальна електростанція;
- ГЕС - гідроелектростанція;
- ДАБІ - державна архітектурно-будівельна інспекція;
- ЕСУ - енергетична стратегія України;
- ККД - коефіцієнт корисної дії;
- КНР - Китайська Народна Республіка;
- НВДЕ - нетрадиційні відновлювальні джерела енергії;
- НДДКР - науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи;
- ОРЕ - оптовий ринок електроенергії;
- ПЕС - припливна електростанція;
- САЕС - сонячна аеростатна електростанція;
- СЕС - сонячна електростанція;
- СОТ - світова організація торгівлі;
- ТНУ - теплонасосна установа;
- УВЕА - Українська вітроенергетична асоціація.

## ВСТУП

Сьогодні сонячна енергетика стає актуальною як ніколи. Глобальні проблеми з енергоносіями, залежність нашої держави від імпортованих вуглеводнів, все це змушує нас шукати нові джерела енергії, а державу - вкладати гроші у сонячні електростанції та зелений тариф.

В даний час у суспільній свідомості міцніє переконаність у тому, що енергетика майбутнього повинна базуватися на великомасштабному використанні сонячної енергії, причому в самих різних її проявах.

Привабливість та актуальність застосування відновлювальних джерел енергії зумовлюється, крім великих запасів відновлюваних джерел енергії, ще і цілим рядом інших причин (невичерпність запасів через постійну відновлюваність, відносна простота перетворення та екологічна чистота). Особливу гостроту цей напрямок набуває в Україні, яка характеризується обмеженими запасами енергоносіїв.

В таких умовах особливого значення набуває використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (енергії сонця, біомаси, тепла землі, вітру та інших видів). Вони дозволять суттєво поповнити енергобаланс, як окремих регіонів, так і держави в цілому. Таким чином потрібно створювати принципово нову систему енергопостачання, яка дає змогу народногосподарським об'єктам отримати значну енергетичну незалежність свого розвитку [2].

Сонце - це величезний, невичерпний, абсолютно безпечне джерело енергії, в рівній мірі всім належить і всім доступний. Ставка на сонячну енергетику повинна розглядатися не тільки як безпрограшний, але в довготривалій перспективі і як безальтернативний вибір для людства. Ми

розглянемо в ретроспективному і перспективному плані можливості перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою напівпровідникових фотоелементів. Ці пристрої представляються сьогодні цілком дозрілими в науковому та технологічному відношенні для того, щоб розглядатися в якості технічної бази для великомасштабної сонячної електроенергетики майбутнього.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є визначення умов розвитку функціонування сонячної енергетики в Україні.

# 1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ

## 1.1 Відновлювана енергетика в країнах світу

З кожним роком в багатьох країнах світу все гостріше постає проблема забезпечення різними видами енергії. Основними причинами такого становища є нестача та вичерпність традиційних енергоносіїв (вугілля, нафти та природного газу). Вирішити енергетичну проблему можна або раціонально використовуючи наявні природні енергоносії, тобто проводити енерго- та ресурсозберігаючу політику, або застосовувати нові нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [1].

Привабливість та актуальність застосування відновлювальних джерел енергії зумовлюється, крім великих запасів відновлюваних джерел енергії, ще і цілим рядом інших причин (невичерпність запасів через постійну відновлюваність, відносна простота перетворення та екологічна чистота). Особливу гостроту цей напрямок набуває в Україні, яка характеризується обмеженими запасами енергоносіїв.

В таких умовах особливого значення набуває використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (енергії сонця, біомаси, тепла землі, вітру та інших видів). Вони дозволять суттєво поповнити енергобаланс, як окремих регіонів, так і держави в цілому. Таким чином потрібно створювати принципово нову систему енергопостачання, яка дає змогу народногосподарським об'єктам отримати значну енергетичну незалежність свого розвитку [2].

У цілому використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) в світі набуло відчутних масштабів і стійку тенденцію до зростання. У деяких країнах частка нетрадиційних джерел в енергобалансі становить

0 одиниці відсотків. За різними прогностичними оцінками ця частка до 2010-2015 рр. у багатьох державах досягне або перевершить 10%. Дискусійним залишається тільки темп зростання даного показника, але сам факт зростання не піддається сумніву [3].

Колекторні панелі можуть об'єднуватися в багатоконтурні геліополя.

У разі, коли всі колекторні панелі мають однаковий розмір, однакове підключення і однакові втрати тиску, то немає необхідності застосовувати балансування клапан. Колекторні панелі підключаються паралельно, з'єднувальний трубопровід прокладається по схемі Тіхельманна. При проектуванні геліополя необхідно завжди враховувати максимально допустиму кількість колекторів.



Рис 1 Альтернативна енергетика в комунальному господарстві

## **Примітка**

Розміщення балансувальних клапанів за течією один за іншим не виправдало себе. Якщо, наприклад, при визначенні розмірів геліополя вийшло 17 колекторів, то їх кількість скорочують до 16, щоб отримати дві колекторних панелі однакового розміру по 8 колекторів.

Якщо колекторні панелі геліополя необхідно розділити через недостатні площі для розміщення, використовують два геліополя з паралельно включених колекторних панелей. Втрати тиску повинні складати близько 100 мбар. Якщо колекторні панелі однакового розміру мають втрати тиску такого порядку, то при з'єднанні за схемою Тіхельманна застосування балансувальних клапанів не вимагається.

Багатоконтурні геліополя з різними колекторними панелями (мається на увазі різного розміру, різного підключення і з різною втратою тиску) необхідно пов'язувати між собою. Клапани встановлюються поруч один з одним, по можливості, безпосередньо після відгалуження. Це полегшує ув'язку, оскільки дозволяє здійснювати ув'язку одночасно.

Для ув'язки контурів геліополя різного розміру і забезпечення надійної циркуляції застосовуються балансувальні клапани.

Якщо в Багатоконтурне Геліополе з різними контурами, наприклад, верхня колекторна панель має такий же розмір, як сума двох нижніх, але втрати тиску будуть різними, то і працювати ці контури будуть по-різному, тому потрібно їх гідравлічна ув'язка.

Необхідно перевірити всі варіанти підключення колекторних панелей. Серед них слід вибрати той, який дозволить відмовитися від ув'язування контурів геліополя. Для багатоконтурного геліополя з різними колекторними панелями існує альтернативний варіант, який би підключення без застосування балансування клапана: обидві нижні колекторні панелі послідовно з'єднуються між собою і паралельно підключаються до верхньої колекторної панелі.

## **Монтаж геліополя**

Поряд з проектуванням, вирішальне значення має професійний монтаж сонячної системи. Гідравлічні режими роботи великих геліополя дуже складні. Необдумане застосування трійників, відводів або поворотів трубопроводів може порушити гідравлічний режим роботи контурів, підключених за схемою Тіхельманна.

Навіть невеликі відмінності у втратах тиску можуть призвести до нерівномірного розподілу теплоносія в колекторних панелях або контурах геліополя.

Для забезпечення необхідної швидкості теплоносія розрахунок діаметра з'єднувальних трубопроводів виконується по значенням розрахункової витрати теплоносія в кожному контурі геліополя.

### **Примітка**

Показання датчика температури геліополя не дозволяють робити висновки про правильність функціонування всіх колекторно панелей, оскільки датчик вимірює температуру суміші теплоносіїв з різних контурів і неможливо визначити вплив кожного контуру на температуру суміші.

### **Трубопроводи і арматура для підключення колекторних панелей**

Для забезпечення надійного видалення повітря діаметри трубопроводів для підключення колекторних панелей розраховуються на швидкість потоку від 0,4 до 0,7 м / с.

У багатоконтурних геліополя для заповнення кожного контуру необхідно передбачити можливість видалення повітря. Для цього не потрібен автоматичний (швидкодіючий) воздухоотводчик, досить ручного. При виборі типу повітрявідводчика необхідно пам'ятати про високі температури в первинному контурі сонячної системи.

Для введення в експлуатацію та проведення технічного обслуговування різні контури геліополя повинні відключатися. Якщо колекторна панель або її частина повністю відключається за допомогою запірної арматури, то в результаті вона відділяється від запобіжних пристроїв

(запобіжного клапана і мембранного розширювального бака), тому необхідно забезпечити захист від випадкового відключення (знімна або опломбувати запірну арматуру).

Для відключення окремих контурів необхідно передбачити можливість зливу теплоносія з них.

Введення в експлуатацію і технічне обслуговування колекторних панелей будуть полегшені, якщо у вхідний трубопровід кожного контуру буде встановлено датчик температури. Для колекторів Viessmann він входить до складу приладдя для монтажу колекторів.

За допомогою поглибленого датчика температури можна виміряти температуру теплоносія в трубопроводі, що подає кожного контуру під час роботи сонячної системи. Оскільки температура в зворотному трубопроводі кожного контуру однакова для всіх контурів, можна за відхиленням температури в прямому трубопроводі зробити висновок про витрату теплоносія в кожному контурі геліополя. VDI 6002, частина 1, допускає відхилення витрати між колекторними панелями не більше ніж на 10 відсотків. Результати вимірювань і технічного обслуговування повинні протоколюватися.

Для постійного контролю можливе оснащення окремих контурів геліополя стаціонарно встановленими датчиками температур.

Вплив різної орієнтації колекторних панелей настільки мало, що в невеликих сонячних системах є допустимим

### **Підключення колекторних панелей з різною орієнтацією**

Будівля може диктувати, де і з якою орієнтацією встановлювати різні колекторні панелі. При розташуванні колекторних панелей на різних схилах даху необхідно вирішити, чи буде Геліополе працювати як єдине ціле або колекторні панелі будуть використовуватися окремо (з власним насосом або як повністю незалежна сонячна система). Для оцінки впливу орієнтації

необхідно розрахувати інсоляцію на поверхню колектора з різною орієнтацією.

Для невеликих сонячних систем, для підвищення експлуатаційної надійності і зниження витрат на монтаж, рекомендується не розділяти геліополя, якщо вони не зміщені відносно один одного більше, ніж на  $90^\circ$ . Невелику втрату потужності, що виникає внаслідок циркуляції теплоносія в колекторній панелі, яка не освітлюється сонцем, можна вважати прийнятною в порівнянні з іншими перевагами. При використанні вакуумованих трубчастих колекторів втрати потужності ще більш незначні, тому допускається відхилення колекторних панелей до  $180^\circ$ . В цьому випадку датчик випромінювання слід розміщувати посередині між колекторними панелями.



Рис.2 Сонячні батареї на будинку

Те ж стосується і колекторних панелей з різними кутами нахилу. Якщо, наприклад, одна колекторна панель встановлена на фасаді, а одна на даху, їх також можна використовувати спільно.

Для колекторних панелей з різною орієнтацією і різними кутами нахилу крива продуктивності обох контурів розраховується за допомогою програми. Тільки на підставі розрахунку можна визначити продуктивність і інші показники роботи сонячної системи надасть всебічну підтримку при розрахунку і проектуванні.

## **Розрахунок сонячних систем**

Якщо основні функції компонентів сонячної системи теплопостачання відомі, то їх можна підібрати. У наступних розділах ми розглянемо діючі при цьому правила і практичний досвід.

Приклади принципів схем для різних типів сонячних систем можна знайти в проектній документації Віссманн.

Як і при підборі будь-якого іншого обладнання для системи теплопостачання, при проектуванні сонячної системи, перш за все, визначають мету розрахунку. Оскільки сонячна система майже завжди є частиною бівалентної установки, метою, по суті, є визначення частки навантаження системи теплопостачання, що покривається за рахунок сонячної енергії (частка заміщення теплового навантаження), тобто бажане з точки зору енергетичної потреби співвідношення між сонячною енергією і традиційною.

Вихідними параметрами для розрахунку частки сонячної енергії є кількість теплоти, що виробляється відповідними джерелами теплоти за певний період часу, як правило, за рік (зверніть увагу: кількість теплоти, а не потужність джерел).

Наведені далі вказівки з проектування стосується лише частини системи теплопостачання, що працює на сонячній енергії. У наших кліматичних умовах (як Німеччини, так і в Україні) сонячна система без додаткового джерела теплоти не може забезпечити надійне теплопостачання. Частина системи теплопостачання, підключена до традиційного джерела енергії, розраховується незалежно від сонячної системи.

Проте, взаємодія між різними джерелами теплоти має найважливіше значення для досягнення максимальної ефективності системи в цілому і, отже, для ефективного енергозбереження.

## Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання Визначення споживання гарячої води

Для визначення споживання гарячої води слід розрізняти максимальне споживання на одного споживача і розрахункове споживання:

- максимальне споживання на одного споживача є основним показником для забезпечення надійності гарячого водопостачання, відповідно до нього вибирають обсяг ємнісного водонагрівача і визначають потужність котла (по DIN 4708);
- розрахункове споживання є основою для вибору оптимальної навантаження сонячної системи. Таким чином, середній очікуваний витрата води на гаряче водопостачання в літні місяці і є основною величиною для розрахунку сонячної системи гарячого водопостачання.

Визначається за DIN 4708 максимальне споживання, як правило, в 2 рази вище фактичного. Для проектування системи гарячого водопостачання необхідно, по можливості, вимірювати витрату води на ГВС протягом тривалого часу. Однак це не завжди можливо. Якщо неможливо визначити точні дані для одного споживача, то витрата оцінюється наступним чином.

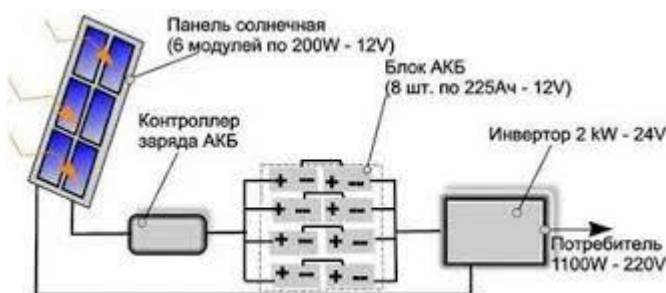


Рис.3 Розрахунок сонячних батарей

В котеджі середньодобова витрата води на гаряче водопостачання на людину вище, ніж в багатоквартирному будинку. Для розрахунку можна

приймати значення витрати 30 л на людину при температурі 60 ° С. У багатоквартирному будинку, згідно VDI 6002 частина 1, рекомендоване значення складає 22 л на людину при температурі 60 ° С.

### **Сонячні системи гарячого водопостачання з високою часткою заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії (одно- і двоквартирні будинки)**

Метою розрахунку сонячної системи гарячого водопостачання в одно- і двоквартирних будинках є покриття річного навантаження на гаряче водопостачання за рахунок сонячної енергії на 60 відсотків. Влітку досягається практично повне розрахункове покриття навантаження на ГВП за рахунок сонячної енергії. Невикористані лишки теплоти знаходяться в допустимих межах, споживач використовує сонячне тепло і протягом тривалого часу обходиться без підігріву води за допомогою опалювального котла. З технічної та економічної точки зору більш висока частка покриття навантаження на гаряче водопостачання за рахунок сонячної енергії в одноквартирному будинку недоцільна.

Для досягнення високої частки покриття навантаження на гаряче водопостачання за рахунок сонячної енергії (до 60 відсотків) ємнісний водонагрівач сонячної системи повинен містити кількість води, що дорівнює подвоєному очікуваному денному споживанню на гаряче водопостачання. Розміри колектора сонячної енергії визначаються з розрахунку, щоб весь обсяг ємнісного водонагрівача за сонячний день (близько 5 повних сонячних годин) нагрівався до 60 ° С.

Це дозволить забезпечити навантаження на гаряче водопостачання в наступний день зі слабшою інсоляцією. З цієї точки зору визначають співвідношення між обсягом водонагрівача і площею колектора.

## **Примітка**

Якщо сонячна енергія акумулюється в питній воді, то водонагрівач тривалий час не підігрівається котельні установкою. При цьому необхідно проводити термічну дезінфекцію води у водонагрівачі. Це обов'язково слід враховувати при проектуванні сонячної системи.

При модернізації системи ГВП ємнісний водонагрівач сонячної системи може також працювати як моновалентний водонагрівач для попереднього нагріву води.

## **Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами**

Сонячні системи можуть оснащуватися бівалентним ємнісним водонагрівачем (рекомендується при новому будівництві або повної реконструкції) або моновалентний водонагрівачем для попереднього нагріву в реконструйованих системах гарячого водопостачання.

Матеріал, з якого виготовлений водонагрівач, не впливає на його розрахунок.

У Центральній Європі в безхмарний сонячний день інсоляція становить близько 5 кВт-год на м<sup>2</sup> поверхні колектора. Щоб акумулювати це кількість енергії, потрібно передбачити для плоских колекторів водонагрівач об'ємом не менше 50 л на м<sup>2</sup> площі колектора, а для вакуумованих трубчастих колекторів не менше 70 л, якщо сонячна система використовується виключно для гарячого водопостачання.

Ці дані стосуються водонагрівачів, що працюють на сонячній енергії, або частини бівалентного водонагрівача, для якої не використовується догрів за допомогою додаткового джерела теплоти. Та частина бівалентного ємнісного водонагрівача, яка підключена до додаткового джерела (котла), використовується для акумулювання сонячного тепла тільки тоді, коли температура в водонагрівачі перевищує необхідну температуру для включення котла.

В якості основного співвідношення для вибору бівалентних водонагрівачів в одно- і двоквартирних будинку (з високою часткою

покриття навантаження на ГВП за рахунок сонячної енергії) можна приймати - на 100 л об'єму водонагрівача - 1,5 м<sup>2</sup> плоского або 1,0 м<sup>2</sup> вакуумованого трубчастого колектора. Умова: призначена для монтажу геліополя поверхню даху може мати відхилення від південного напрямку не більше 45 °, а кут нахилу даху повинен знаходитися в межах від 25 до 55 °. Втрати продуктивності сонячної системи внаслідок несприятливої орієнтації або нахилу даху компенсуються невеликим збільшенням площі колектора.



Рис.4 Кількість сонячних батарей

Дані засновані на споживанні гарячої води - 30 л на одну людину на добу при температурі 60 ° С. Якщо водоспоживання на одну людину більше, вибір компонентів проводиться за кількістю літрів гарячої води на добу. додаткові споживачі

Якщо до системи ГВС підключена посудомийна машина, в сучасних машинах це означає збільшення витрати води приблизно на 10 л (60 ° С) за один посудомийні цикл. Якщо пральна машина підключена до системи ГВС, то витрата збільшується в середньому на 20 л (60 ° С) на одне прання.

#### **Фактори, що впливають на частку заміщення навантаження ГВП за рахунок сонячної енергії**

Після визначення добової витрати гарячої води визначаємо обсяг ємнісного водонагрівача і площа колектора. З огляду на, що компоненти сонячної системи мають певні розміри, частка заміщення навантаження ГВП

за рахунок сонячної енергії може бути тільки орієнтовними значенням. Частка сонячної енергії залежить від фактичного водоспоживання і, звичайно, як від кількості, так і від характеру теплоспоживання. Якщо пік водоспоживання на ГВС доводиться, наприклад, на другу половину дня, то сонячна система має велику частку заміщення теплового навантаження, ніж в разі піку водоспоживання в ранкові години. Відповідно до характером водоспоживання проводиться регулювання підігріву води котлом за часом.

Додаткові фактори, такі як місце розташування, кут нахилу і орієнтація геліополя, впливають на фактичну частку заміщення теплового навантаження в невеликих сонячних системах, але не впливають на вибір компонентів сонячної системи.

#### **приклад**

Базова сонячна система: місце розташування - м Вюрцбург (Німеччина), кут нахилу даху 45 °, орієнтація - південь, частка заміщення навантаження ГВП за рахунок сонячної енергії 61%.

Частка заміщення теплового навантаження 60 відсотків є орієнтовним, але не кінцевим значенням.

В одно- і двоквартирних будинках комбіновані водонагрівачі та буферні ємності використовують для підключення системи опалення до Сонячної системи. Хоча комбіновані водонагрівачі та буферні ємності призначені для підключення систем опалення, але можливо використовувати такі водонагрівачі тільки для підігріву води на ГВС за допомогою сонячної енергії.

Комбіновані водонагрівачі та буферні ємності для систем опалення мають певні розміри, тому вони не підходять для невеликих сонячних систем гарячого водопостачання.

В принципі, для буферних ємностей і комбінованих водонагрівачів діють ті ж правила проектування, що і для ємнісних водонагрівачів ГВС. Однак застосування буферних ємностей і комбінованих водонагрівачів обмежена, оскільки їх обсяг великий, а потужність підігріву набагато нижче,

ніж у ємнісних водонагрівачів ГВС. Крім того, при підборі необхідно враховувати втрати тиску в теплообмінниках ємнісних водонагрівачів. З цієї причини не можна засновувати розрахунок сонячної системи тільки на кількості споживачів гарячої води. Обов'язково необхідно розрахувати різні можливі варіанти використання сонячної енергії. Додаткову інформацію можна знайти в технічній документації на комбіновані водонагрівачі та модулі для приготування гарячої води.

### **Сонячна система з буферною ємністю для підключення системи опалення та модулем приготування гарячої води (одноквартирний будинок)**

Сонячна система з буферною ємністю для системи опалення і модулем приготування гарячої води

При акумулюванні сонячної енергії в теплоносії для системи опалення вода для гарячого водопостачання може нагріватися, наприклад, в модулі приготування гарячої води.

Сонячна система з комбінованим водонагрівачем

При акумулюванні сонячної енергії для системи опалення у водонагрівачі вода для гарячого водопостачання може нагріватися, наприклад, у вбудованому теплообміннику комбінованого водонагрівача.

### **Сонячні системи гарячого водопостачання для багатоквартирних будинків**

У багатоповерхових будинках сонячні системи розраховують на максимальну продуктивність - максимальна кількість теплоти з одного квадратного метра колектора. Площа геліополя повинна бути розрахована таким чином, щоб не було стагнації, іншими словами, щоб не вироблявся надлишок теплоти, який не може бути використаний.

Сонячна система розраховується на мінімальне споживання тепла на ГВП в літній період (місяць з мінімальної розрахункової тепловим навантаженням). Тому кількість теплоти, що виробляється за рахунок сонячної енергії, повністю споживається в системі ГВП в будь-який час року.

Для подальших розрахунків визначальною величиною є добова витрата гарячої води з температурою  $60^{\circ}\text{C}$ , в л / м<sup>2</sup> площі колектора.

Для сонячної системи гарячого водопостачання багатоквартирних будинків це значення має прийматися не нижче 60 л гарячої води на квадратний метр площі колектора. На підставі цієї величини визначається площа колектора.



Рис.5 Гаряче водопостачання

Якщо сонячна система оптимізована по даній величині, частка заміщення навантаження на ГВП за рахунок сонячної енергії обмежується значенням близько 35 відсотків. Приймається значення витрати 22 л на людину на добу при температурі  $60^{\circ}\text{C}$ .

В результаті розрахунку визначають кількість теплоти, необхідне для нагрівання води від 10 до 60 ° С, а також площа колектора, необхідну для виробництва такої кількості теплоти.

### **приклад**

Сонячна система з плоскими колекторами, 240 осіб, вимірний витрата 25 л на людину при температурі 60 ° С, тобто 6 000 л на добу.

Для середнього, що не похмурого літнього дня можна на підставі коефіцієнта корисної дії колектора визначити максимальну кількість теплоти з одного квадратного метра площі колектора.

Воно становить:

- для плоских колекторів - близько 3,4 кВтг / (м<sup>2</sup> • день)
- для вакуумованих трубчастих колекторів - близько 4,3 кВтг / (м<sup>2</sup> • день)

За допомогою цієї кількості теплоти з одного квадратного метра плоского колектора, при куті нахилу 45 ° і орієнтації на південь, можна нагріти 60 - 70 літрів води до температури 60 ° С (для вакуумованих трубчастих колекторів ця кількість буде приблизно на 25 відсотків більше) . Звідси отримуємо, що для нагріву 6 000 л води необхідна площа колектора 100 м<sup>2</sup>.

При визначенні площі геліополя необхідно враховувати форму і розміри монтажної площі. Потрібно також враховувати обмеження, що вносяться відстанями від краю даху і між рядами колекторів.

Оптимальну розрахункову площу колектора необхідно узгодити з розмірами і конфігурацією даху. При розташуванні колекторів на даху слід по можливості використовувати колекторні панелі однакового розміру.

Щоб реалізувати оптимальну розрахункову площу геліополя 100 м<sup>2</sup>, теоретично необхідно було б використовувати 42,9 колекторів. Тому доцільно провести коригування площі геліополя відповідно до площі одного колектора і можливістю їх розміщення з урахуванням компоновки геліополя з однакових колекторних панелей. І тільки така скоригована площа

геліополя використовується в розрахунку інших компонентів сонячних систем.

### **акумулявання теплоти**

Чим нижча частка заміщення теплового навантаження, тим менше часу зберігається отримана сонячна енергія в баку-акумуляторі і тим нижче теплові втрати. Графік водоспоживання на гаряче водопостачання в багатоквартирному будинку має один пік водорозбору вранці і один увечері. При невеликій частці заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії, отримана в обідній час (максимум вироблення) теплота повинна зберігатися лише кілька годин, поскільки вже ввечері або, найпізніше, на наступний ранок вона буде витрачена. Таке короткочасне зберігання збільшує як ефективність роботи колекторів, так і ефективність роботи всієї сонячної системи.

### **Сонячні системи з ємнісними водонагрівачами**

Бівалентні ємнісні водонагрівачі таких великих розмірів, які потрібні в даному випадку (багатоквартирний будинок), не існує і взагалі недоцільні. Як правило, в системі є ємнісний водонагрівач для підігріву води на ГВС за допомогою додаткового джерела енергії (розвантажувальний контур). Перед ним підключений ємнісний водонагрівач для попереднього нагріву за рахунок сонячної енергії (завантажувальний контур) - за конструкцією аналогічний водонагрівачів в невеликих сонячних системах. У великих сонячних системах можна також підключати водонагрівач для попереднього нагріву (попередній ємнісний водонагрівач) через зовнішній теплообмінник.

Обсяг попереднього ємнісного водонагрівача на один квадратний метр площі абсорбера слід приймати: для плоских колекторів - 50 л, для вакуумованих трубчастих колекторів - 70 л.

Оскільки вміст попереднього ємнісного водонагрівача повинно нагріватися до 60 ° С один раз в день, в ньому знаходиться тільки вода, яка використовується під час ранкового або вечірнього піку водоспоживання. Вранці він повинен бути знову повністю охолоджений і готовий для прийому

сонячної теплоти. Термічну дезінфекцію краще проводити ближче до вечора. Перед включенням додаткового джерела для підігріву води до температури  $60^{\circ}\text{C}$  регулятор перевіряє, чи досяг вже попередній ємнісний водонагрівач протягом дня необхідної температури  $60^{\circ}\text{C}$  за рахунок нагріву сонячною енергією.

У цьому випадку режим підігріву накопичувача гарячої води котлом пригнічується регулятором. На практиці ємнісні водонагрівачі ГВС, які використовуються для попереднього нагріву, при площі геліополя до  $30\text{ м}^2$  мають невелику перевагу за ціною в порівнянні з описуваної нижче сонячною системою з буферною ємністю.

Розрахунок пластинчастого теплообмінника в завантажувальному контурі

Якщо потужності вбудованих теплообмінників недостатньо для передачі сонячної теплової енергії воді у водонагрівачі, то для заповнення буферних ємностей для гарячого водопостачання або системи опалення використовуються пластинчасті тепло обмінники.

Пластинчастий теплообмінник розраховується таким чином, щоб зворотний трубопровід первинного контуру подавав в колектор максимально охолоджений теплоносій. Ця температура повинна бути на  $5$  До вище температури холодної води, яка подається в акумулятор.

Для визначення параметрів теплообмінника за допомогою програми розрахунку слід задати наступні значення: температура буферної ємності для підключення системи опалення  $20^{\circ}\text{C}$  (зворотна магістраль вторинного контура) і температура перед колектором  $25^{\circ}\text{C}$  (зворотна магістраль первинного контуру). Для первинного контуру необхідно ввести відповідні дані про теплоносій, у вторинному контурі використовується чиста вода. Якщо потрібно ввести максимальну втрату тиску,

Сонячна енергія передається від колекторів в буферну ємність через пластинчастий теплообмінник. Через другий пластинчастий теплообмінник вода для системи ГВП нагрівається в попередньому водонагрівачі, а в

місткості водонагрівачі системи ГВП доводиться до заданої температури за допомогою опалювального котла, рекомендується в першому наближенні використовувати значення 100 мбар. Значення, виходять розрахунковим шляхом. Для контролю проводять повторний розрахунок з більш високою втратою тиску - в деяких випадках таким чином можна зменшити розміри теплообмінника. Рекомендується приймати втрати тиску до 200 мбар. Розрахункова потужність геліополя приймається рівною 600 Вт / м<sup>2</sup> площі апертури колектора.

### **Сонячні системи з буферними посудинами**

При площі колектора більше 30 м<sup>2</sup> (великі сонячні системи) для акумулювання сонячної енергії використовуються буферні ємності. Для великих сонячних систем установка буферних ємностей вигідніша за ціною в порівнянні з установкою ємнісних водонагрівачів. Правда, при цьому застосовуються більш дорогі компоненти системи (зовнішні теплообмінники, 2 додаткових насоса), але все одно використання буферних ємностей завдяки більш низькому розрахунковому тиску і відсутності необхідності в антикорозійного захисту дає відчутну різницю в ціні.

У великих сонячних системах є одна особливість: якщо трубопроводи первинного контуру на даху довше, ніж в приміщенні, доцільно забезпечити захист від замерзання для зовнішнього теплообмінника. Навіть при низьких зовнішніх температурах колектор може внаслідок інсоляції мати більш високу температуру, ніж у водонагрівачі, але температура теплоносія в трубопроводах може бути ще дуже низькою. Включення насоса в такому стані може привести до пошкодження теплообмінника. Щоб уникнути таких ситуацій в первинному контурі встановлюється термостат і клапан з електроприводом, який відкривається тільки при температурі теплоносія > 5 °С.

Для захисту пластинчастого теплообмінника у вторинному контурі від пошкодження холодним теплоносієм (в первинному контурі) клапан з електроприводом відкривається тільки при температурі > 5 °С.

Сонячна теплота з буферної ємності передається через пластинчастий теплообмінник в попередній водонагрівач.

### Буферна ємність

Для зменшення теплових втрат буферна ємність повинна складатися з однієї ємності. Якщо це неможливо, то для забезпечення завантаження і розвантаження слід підключити послідовно кілька буферних ємностей.

Водонагрівач попереднього нагрівання в комбінації з пластинчастим теплообмінником в розвантажувальному контурі передає сонячну теплоту, акумульовану в буферній ємності, воді для гарячого водопостачання. Водонагрівач попереднього нагрівання не повинен мати занадто великий обсяг, так як він проходить щоденну термічну дезінфекцію. На практиці його обсяг повинен становити від 10 до 20 відсотків розрахункового водоспоживання.

Для контролю достовірності: розрахункова потужність приблизно на 50 відсотків вище потужності теплообмінника, якщо площа колектора була розрахована відповідно до описаних вище правил (60 л на м<sup>2</sup> площі абсорбера).

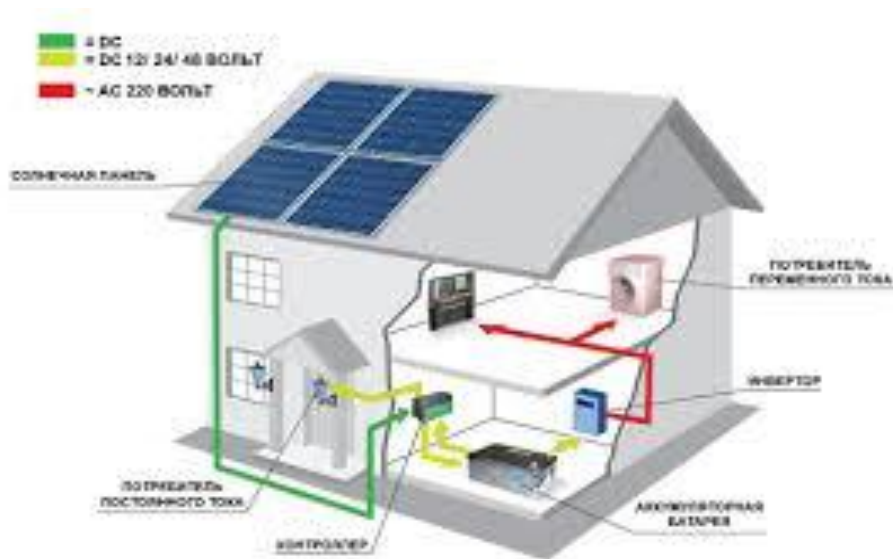


Рис 6. Сонячні батареї, електростанція

Розрахункові значення об'ємних витрат використовуються при підборі насосів в розвантажувальному контурі.

Пластинчастий теплообмінник для передачі теплоти з буферної ємності в водонагрівач попереднього нагрівання повинен розраховуватися таким чином, щоб зворотний трубопровід транспортував в буферну ємність максимально охолоджену воду - її температура повинна бути на 50 вище

При розрахунку пластинчастого теплообмінника для нагріву гарячої води температура води в зворотному трубопроводі буферної ємності повинна перевищувати температуру холодної води з попереднього водонагрівача всього на 50.

### **Термічна дезінфекція**

Для наведених вище сонячних систем гарячого водопостачання з ємнісними водонагрівачами необхідно проводити термічну дезінфекцію. Ці заходи призначені для профілактики утворення бактерій у питній воді. Особлива увага приділяється попередніми водонагрівачів в великих сонячних системах.

Згідно з робочим бюлетеню Німецького союзу фахівців газо- та водопостачання W 551 великими вважаються системи гарячого водопостачання (не для одно- і двоквартирних будинків), з об'ємом трубопроводу (без циркуляційного трубопроводу) більше 3 л і об'ємом ємнісного водонагрівача понад 400 л. При цьому мається на увазі не обсяг попереднього водонагрівача, а обсяг всього ємнісного водонагрівача ГВС!

У даних установках температура на виході з бойлера ГВС, догріває котлом, повинна становити 60 ° С. Попередні водоподогреватели повинні раз в день доводитися до цієї температури, термічну дезінфекцію повинні проходити всі вбудовані в систему ємнісні водонагрівачі.

### **Регулювання догріву**

У великих сонячних системах температура на виході з бойлера ГВС, догріває котлом, повинна становити 60 ° С, знижувати цю температуру можна.

У невеликих сонячних системах, особливо з бівалентності ємнісними водонагрівачами ГВС в одноквартирному будинку - регулювання підігріву в залежності від потреби може істотно підвищити продуктивність сонячної системи. Догрів регулюється таким чином: котел знову не догріває водонагрівач протягом всього дня, якщо його температура може бути досягнута за рахунок сонячної системи. Крім того, можна використовувати придушення догрева водонагрівача за рахунок котла. Для цього регулятор сонячної системи слід з'єднати з регулятором котла.

Фірма, яка виконує монтаж установки, повинна в обов'язковому порядку надати сервісним організаціям інформацію про проведення термічної дезінфекції.

### **Приєднання циркуляційного трубопроводу**

Для економічної роботи сонячної системи особливо важливо, щоб нижня частина ємнісного водонагрівача з холодною водою була готова приймати сонячну теплоту. Циркуляційний трубопровід системи ГВП ні в якому разі не можна підключати до цієї частини водонагрівача. Було б помилкою в бівалентних водонагрівачах приєднувати циркуляційний трубопровід системи ГВП до подає трубопроводу холодної води. Для підключення циркуляційної лінії необхідно використовувати патрубок для приєднання водонагрівача до циркуляційного трубопроводу. В іншому випадку температура води в нижній частині водонагрівача збільшиться до температури циркуляційного трубопроводу. Це також відноситься до регулювання роботи циркуляційного насоса за допомогою термостатичного клапана.

### **Змішувач для системи ГВП**

У літню пору температури в сонячних системах, особливо з високою часткою заміщення теплового навантаження, можуть перевищувати 60 ° C. У зв'язку з цим рекомендується встановлювати змішувальний клапан для підмішування холодної води. Цей клапан встановлюється між трубопроводом гарячої води і трубопроводом холодної води. Щоб уникнути

небажаної циркуляції на трубопроводі холодної води необхідно встановити зворотний клапан.

### **Обмеження максимальної температури**

Регулятор обмежує максимальну температуру ємнісного водонагрівача і припиняє циркуляцію теплоносія через колектор при досягненні цієї температури. Несправність регулювання може призвести до того, що циркуляційний насос буде продовжувати працювати при високій інсоляції, в результаті чого відбудеться підвищення максимально допустимої температури водонагрівача. Це відбувається в разі, якщо кількість теплоти, що надходить від колектора, більше кількості теплоти, що відводиться в систему ГВП та теплових втрат водонагрівача і первинного контуру. Така небезпека існує, якщо обсяг водонагрівача набагато менше 50 л на квадратний метр площі абсорбера.

Щоб уникнути пароутворення в системі гарячого водопостачання, у верхній частині водонагрівача встановлюють обмежувач максимальної температури, який при перевищенні значення 95 ° C припиняє подачу електроживлення на циркуляційний насос первинного контуру.

### **Розрахунок сонячної системи для підтримки системи опалення**

У Німеччині більше половини сонячних систем, поряд з гарячим водопостачанням, частково покривають навантаження системи опалення приміщень.

Сучасні будівлі проектуються таким чином, що сонячна система - з сезонним або частково сезонним акумулюванням теплоти - покриває велику частину навантаження на опалення. Це можливо, якщо будинок має дуже мале тепло- споживання, досить місця для установки бака-акумулятора обсягом понад 10 000 л і дах, орієнтовану на південь.

Бажана економія теплоти досягається шляхом узгодженості технічного рішення системи теплопостачання та архітектури будівлі - такі об'єкти завжди розглядаються і проектуються комплексно. Тому для таких сонячних

сі-стем не існує готових рішень. При створенні таких проектів Viessmann готовий підтримати проектні та комерційні організації.

У наступних розділах розглядається використання сонячних систем для підтримки систем опалення як в будинках, що експлуатуються, так і при новому будівництві, з добовим акумулюванням теплоти в ємнісних водонагрівачах об'ємом до 2 000 л.

### **Основи розрахунку**

Використання сонячної енергії для гарячого водопостачання носить сезонний характер і по можливості регулюється відповідно до потреби протягом року.

При використанні сонячної енергії для підтримки системи опалення теплоспоживання не відповідає пропозиції.

Досвід показує, що зацікавлені особи не завжди правильно оцінюють можливості сонячних систем, що підтримують системи опалення, в існуючих будинках. Тому під час проведення консультацій необхідно якомога раніше відкоригувати такі помилкові оцінки і прояснити реальні

Очевидно, що:

- сонячна система не замінює традиційний генератор теплоти і не зменшує його потужність;
- сонячна система повинна розглядатися як складова частина системи тепlopостачання, в якій велике значення має ефективність традиційного генератора теплоти. Інтеграція регенеративних видів енергії підвищує ефективність всієї системи тепlopостачання, але не може замінити її;
- без сезонного акумулювання можливості використання сонячних сі-стем для підтримки систем опалення обмежені. Якщо доповнити малюнок кривими продуктивності сонячної системи при площі абсорбера 30 або 50 м<sup>2</sup>, стане ясно, що додатково отримана енергія здебільшого піде в літні надлишки вироблення теплоти сонячною системою;



Рис.7. Види сонячних батарей

- кожна сонячна система для підтримки системи опалення влітку простоює протягом довгого часу, якщо до системи не під'єднані виключно літні споживачі теплоти. Пов'язане з цим пароутворення вимагає дуже ретельного проектування і монтажу сонячних систем.

### Примітка.

Щоб уникнути утворення конденсату в холодних приміщеннях в спекотні дні (наприклад, в підвалах) досить, як правило, невеликого підвищення температури в цих приміщеннях. В середньому одноквартирному будинку при звичайній висоті підвалу досить близько 0,05 м<sup>2</sup> площі колектора на квадратний метр площі підвалу. Беремо до уваги, що сонячна система в цей час виробляє більше енергії, ніж необхідно для системи гарячого водопостачання.

Визначення параметрів сонячних систем для підтримки системи опалення

На практиці існує три підходи до визначення параметрів сонячних систем для підтримки системи опалення.

### 1. Орієнтація на частку заміщення теплового навантаження

Базова величина частки заміщення теплового навантаження часто впливає з бажання споживача або його очікувань, що багато в чому пов'язано з рекламою. За підтримки системи опалення розрахунок робиться на певну частку заміщення теплової навантаження за рахунок сонячної енергії без серйозного розгляду реальних можливостей заміщення опалювальної навантаження опалювального будівлі. Частку заміщення теплового навантаження отримують відповідно до проектної тепловим навантаженням будівлі, і вона мало придатна для використання в якості цільової величини.

### 2. Орієнтація на опалювальну житлову площу будівлі

Другим підходом є розрахунок на підставі опалювальної житлової площі будівлі. Однак, якщо врахувати значні зміни теплового навантаження на опалення протягом року, стає ясно, що загальні рекомендації щодо розрахунку повинні охоплювати дуже широкий діапазон теплових навантажень: інтервал рекомендованої площі колектора від  $0,1 \text{ м}^2$  до  $0,2 \text{ м}^2$  на квадратний метр опалювальної площі означає зміна розмірів геліополя в 2 рази, що ускладнює можливість чіткого і зрозумілого визначення розмірів геліополя. Крім того, вплив потреби в гарячій воді в літній період не враховується відповідним чином при проектуванні - не існує чіткого співвідношення між опалювальною житловою площею та витратою води на гаряче водопостачання. Сонячна система, розрахована тільки по опалювальної площі, в будівлі з площею  $250 \text{ м}^2$ , де живуть двоє людей, має інші характеристики, ніж сонячна система в будинку, де живе сім'я з 5 чоловік.

### 3. Орієнтація на річний коефіцієнт заміщення

Viessmann вибирає в якості оціночного параметра річний коефіцієнт заміщення всієї опалювальної навантаження, включений в інформаційні бюлетені Федерального союзу німецьких промисловців у області домобудівною, енергетичної та екологічної технології (ВЕН).

Основою для визначення параметрів сонячної системи для підтримки системи опалення є теплове навантаження в літній час. Вона складається з теплового навантаження на гаряче водопостачання і теплових навантажень інших споживачів (в залежності від об'єкта), які також можуть покриватися сонячною системою, наприклад, для запобігання конденсації в підвальних приміщеннях.

Для такого річного теплоспоживання розраховується відповідна площа колектора. Ця площа колектора множиться на коефіцієнт 2 і коефіцієнт 2,5 - результати множення утворюють діапазон, в якому повинна знаходитися площа колектора для підтримки системи опалення. Точне визначення площать геліополя проводиться з урахуванням будівельних розмірів і проектування надійного в експлуатації геліополя. Якщо в результаті розрахунку виходить, наприклад, сім або вісім колекторів, а на південному схилі даху площі досить тільки для семи, то недоцільно встановлювати восьмий колектор на даху гаража.

#### **Приклад.**

Для одноквартирного житлового будинку розрахована площа колектора для гарячого водопостачання  $7 \text{ м}^2$  (газова плита), додаткове літнє теплоспоживання відсутня.

Таким чином, площа колектора для підтримки системи опалення повинна становити від 14 до  $17,5 \text{ м}^2$ . Слід вибрати сім плоских колекторів з площею абсорбера по  $2,33 \text{ м}^2$ , тобто загальна площа геліополя складе  $16,3 \text{ м}^2$ . Якщо в будинку з сонячною системою, яка підтримує систему опалення, є не обігрівається плавальний басейн, то температура в ньому може

підтримуватися за рахунок надлишків теплоти в літній період, і це ніяк не вплине на розміри сонячної системи.

Для сонячних систем, які крім підтримки системи опалення призначені для нагріву води в критих або відкритих басейнах.

Якщо для сонячної системи з підтримкою системи опалення є можливість вибору кута нахилу колектора (на плоскому даху або на ґрунті), слід встановити колектор під кутом  $60^\circ$ . Такий дещо більший кут нахилу, в порівнянні з сонячними системами гарячого водопостачання, дає - поряд з більш високою продуктивністю в перехідний період - менші надлишки теплоти в літній час.

Якщо Гелиополе може бути змонтовано тільки на горизонтальній даху, з кутом нахилу  $<30^\circ$ , то підтримка системи опалення плоскими колекторами недоцільна. У цьому випадку доцільно використовувати вакуумовані трубчасті колектори (горизонтальний монтаж), трубки яких можуть бути індивідуально орієнтовані.

Для визначення розмірів ємнісного водонагрівача в принципі байдуже, оснащена чи система комбінованим ємнісним водонагрівачем або буферної ємністю для підключення системи опалення. Для того щоб сонячна система в літню пору могла покрити навантаження системи ГВП протягом декількох днів поганої погоди, нижня межа обсягу водонагрівача на квадратний метр площі абсорбера повинна складати 50 л, а оптимальний діапазон - від 50 до 70 л для сонячної системи з плоскими колекторами. А для сонячної системи з вакуумованих трубчастими колекторами цей діапазон становить від 70 до 90 л на квадратний метр площі абсорбера.

В системі з нагріванням зворотного трубопроводу опалювальний контур нагрівається в казані. Сонячна енергія підводиться в опалювальний контур, якщо температура в зворотному трубопроводі системи опалення нижче, ніж температура в водонагрівачі.

В установках з нагріванням зворотного трубопроводу вода, підігріта за рахунок сонячної енергії, відбирається тоді, коли температура в

водонагрівачі вище температури зворотного трубопроводу системи опалення. Якщо температура води в трубопроводі, що подає недостатня, підключається котел.

Вважається, що в застарілих, що працюють з великими тепловтратами котельних установках слід якомога швидше нагрівати буферну ємність системи опалення для запобігання частих включень пальника котла - це нібито знижує теплові втрати (за рахунок зниження тепловтрат при охолодженні в стані простою).

Слід зауважити, що такі котельні установки не слід комбінувати з сонячними системами, а слід замінювати сучасними.

У сучасних генераторах теплоти цей аргумент не діє. Вони виробляють таку кількість енергії, яке необхідне для досягнення розрахункової температури в прямому трубопроводі системи опалення. Нагрівання ємнісного водонагрівача за рахунок котла підвищує втрати теплоти, виробленої традиційним способом, і це незалежно від якості теплової ізоляції бака. Крім того, підвищується температура на вході в сонячну систему, що автоматично зменшує ефективність її роботи. З цієї причини Viessmann рекомендує використання схеми з нагріванням зворотного трубопроводу - якщо не потрібно інше схемне рішення (наприклад, системи з котлом, що працює на твердому паливі).

Використання тільки одного водонагрівача має свої позитивні сторони - мала площа і простота підключення трубопроводів (сонячна система з'єднується тільки з одним водонагрівачем). При цьому слід враховувати максимальні значення витрати теплоносія, зазначені в технічному паспорті комбінованого ємнісного водонагрівача.

Сонячна система з нагріванням зворотного трубопроводу системи опалення може мати два водонагрівача. Це рішення пропонується при великій витраті води на ГВС або в тих випадках, коли потрібно інтегрувати додатковий водонагрівач. При великій витраті води на ГВС або коли система ГВП підключена через моновалентний водонагрівач, можна також

підключити комбінований ємнісний водонагрівач перед моновалентний водонагрівачем, який нагрівається котельні установкою.

Замість комбінованого водонагрівача можна використовувати буферну ємність для підключення системи опалення з модулем для приготування гарячої води на

ГВП. Такі схеми використовують для великих сонячних систем, при цьому необхідно враховувати максимальну продуктивність модуля приготування гарячої води.

У системах з двома водонагрівачами сонячна система нагріває кілька водонагрівачів по черзі, розміри такої системи можна збільшити. У великих сонячних системах бівалентний водонагрівач можна замінити двома моновалентною.

В системі з роздільними водонагрівачами можна замінити бівалентний ємнісний водонагрівач з одним моновалентний водонагрівачем для попереднього нагріву і одним моновалентний ємнісним водонагрівачем ГВС.

### **Вимоги до опалювального контуру**

Частим помилкою є припущення, що використання сонячної енергії для підтримки системи опалення можливо тільки для систем підлогового опалення (теплих підлог). Таке припущення помилково. Продуктивність сонячної системи при радіаторному опаленні в середньому за рік всього лише трохи менше. Причина цього - більш висока температура на вході в сонячну систему, яка завжди визначається температурою в зворотному трубопроводі системи опалення.

При порівнянні різних опалювальних приладів необхідно мати на увазі, що в перехідний період теплове навантаження системи опалення повинна покривати в основному сонячна система. Однак в цей час опалювальні прилади працюють не в діапазоні розрахункових температур, а зворотний трубопровід може мати нижчу температуру.

Дуже важливо забезпечити правильне гідравлічне зрівнювання опалювальних контурів радіаторів!

### Сонячні системи і конденсаційні котли

Іншою поширеною помилкою є твердження, що сонячні системи не комбінуються з конденсаційними котлами. Це також невірно. Правильно те, що сонячна система завжди як перший ступінь нагріває холодну воду (для гарячого водопостачання або опалювального контуру). Якщо «догрів» води повинна здійснювати котельня установка, котел в дійсності - при підвищенні температури гарячої води, наприклад, з  $50^{\circ}\text{C}$  (попереднє нагрівання сонячною енергією) до  $60^{\circ}\text{C}$  (температура на вході в котел) - вже не працює в режимі конденсації. Хоча без сонячної системи конденсаційний котел зміг би працювати в конденсаційному режимі.



Рис.8. Сонячна електростанція под ключ

За підтримки системи опалення сонячною системою спільна робота з конденсаційним котлом принципово не впливає на ефективність і експлуатаційну надійність котла. Правдою було те, що річний коефіцієнт корисної дії котла трохи падає, зате ККД всієї системи - значно зростає. Вирішальним фактором є абсолютна економія енергії.

### **Нагрівання декількох водонагрівачів**

Якщо сонячною енергією нагрівається не один ємнісний водонагрівач, є декілька варіантів гідравлічних схем підключення первинного контуру сонячної системи.

### **Схема сонячної системи з двома насосами**

В даній схемі кожен водонагрівач має власний насос на зворотному трубопроводі первинного контуру сонячної системи. Насоси включаються по черзі. Режим, при якому обидва насоса можуть також працювати паралельно, теоретично можливий, але на практиці доцільний тільки в рідкісних виняткових випадках. Потрібно пам'ятати, що такий режим роботи призводить до різних витрат теплоносія в первинному контурі.

### **Схема сонячної системи з 3-ходовим клапаном**

При такому рішенні насос первинного контуру здійснює нагрів обох водонагрівачів, а теплоносій, в залежності від необхідності, за допомогою трехходового клапана направляється в різні водонагрівачі. Триходовий клапан встановлюється на зворотному трубопроводі, оскільки там він краще захищений від дії високих температур.

### **Критерії вибору**

З точки зору експлуатаційної надійності сонячної системи і її економічності обидві схеми аналогічні. При деяких обставинах схема з триходовим клапаном економічніша, а схема з двома насосами споживає менше електроенергії (малі втрати тиску, відсутня споживання енергії клапаном). Якщо проводиться нагрів більш ніж двох водонагрівачів, то схема з декількома насосами, як правило, дозволяє запропонувати більш «зрозумілу» схему сонячної системи, ніж схема з декількома включеними

послідовно триходовими клапанами.

### **Примітка**

У багатьох регуляторах сонячних систем закладені схеми установок, заздалегідь засновані на одній з двох схем. В регуляторах Viessmann закладена схема з двома насосами. Якщо потрібна інша гідравлічна схема, потрібно відповідно змінити налаштування регулятора.

Для промислового застосування не існує стандартних схем сонячних систем, тому вони завжди вимагають ретельного проектування в залежності від об'єкта.

### **Особливості використання сонячних систем у виробничому секторі**

Розраховані вище приклади відносяться до покриття навантаження системи гарячого водопостачання та підтримки системи опалення в житлових будинках. Графіки теплоспоживання та режими роботи системи опалення в виробничому секторі сильно відрізняються від житлового сектора, що необхідно враховувати при розрахунку сонячної системи і визначенні параметрів її окремих компонентів.

У одноквартирному житловому будинку витрата води в системі ГВП в будні постійний, а у вихідні трохи зменшується. Графіки залежності для колектора з площею абсорбера 4,6 м<sup>2</sup> і водонагрівачами з різними обсягами показують, що частка заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії і коефіцієнт використання сонячної системи, починаючи з обсягу водонагрівача 300 л, відчутно зростає, і економія теплоти досягла максимуму. Тобто, сонячна система з водонагрівачем об'ємом 300 л розрахована правильно.

У приватній клініці зростання частки заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії, коефіцієнта використання та економії енергії при переході від обсягу водонагрівача 300 л до об'єму 400 л

вже помітний, хоча площа абсорбера і графік добового водоспоживання відповідають, наприклад, з одноквартирних житловим будинком.

### **Енергія (кВт-ч)**

Завдяки збільшенню обсягу водонагрівача гаряча вода, вироблена в вихідні дні сонячною системою, буде акумульована і використана на початку тижня.

Тому при розрахунку сонячної системи важливо враховувати не тільки середньодобове спожите кількість гарячої води, але і графік водоспоживання.

Аналогічні приклади можна розрахувати для підтримки системи опалення - сонячна система, яка використовується у виробничому приміщенні, поводиться інакше, ніж в житловому будинку, оскільки в більшості випадків температура в системі опалення в неробочий час знижується.

### **Низькотемпературні технологічні теплові навантаження**

При використанні сонячних систем для покриття низькотемпературних технологічних навантажень слід визначити температурний рівень (близько 90 ° C), якого можна досягти за допомогою плоских або вакуумованих трубчастих колекторів з прийнятним коефіцієнтом корисної дії.

Багато технологічних процесів в промисловій сфері, такі, наприклад, як промивка або знежирення, виконуються при відносно низькому рівні температур. Ці процеси можуть забезпечуватися сонячними системами теплопостачання, особливо тоді, коли графік теплоспоживання щодо рівно-мерен. У деяких випадках достатньо дуже невеликих обсягів водонагрівача - таким чином, використання сонячної системи дозволяє отримати досить прийнятну вартість теплоти.

Уже сьогодні пивоварні заводи та інші підприємства харчової промисловості використовують сонячні системи для теплопостачання технологічних процесів.

## **Підігрів води в плавальних басейнах**

Для підігріву води в відкритих басейнах в літній час можна використовувати незаскленому колектори, тобто прості полімерні плівкові колектори або шланги. З технічної точки зору, тут не йдеться про сонячні колектори: для полімерних СК і шлангів застосовуються інші методики випробувань. Тому результати випробувань незаскленому абсорберов з полімерів не можна порівнювати з результатами випробувань засклених металевих абсорберов.

Такі полімерні абсорбери мають високий оптичний коефіцієнт корисної дії, оскільки в них відсутні втрати в склінні. Однак через відсутність теплової ізоляції вони практично не захищені від теплових втрат, і тепловтрати в них, відповідно, високі. З цієї причини вони застосовуються тільки для систем теплопостачання, які працюють з дуже низькою різницею температур по відношенню до навколишнього середовища, тобто з дуже невеликою АТ.

Основна область застосування незаскленому колекторів - відкриті басейни без інших підключених споживачів теплоти - для цього типу навантаження в літній час збігаються прихід інсоляції і потреба в підігріві води для басейну.

В абсорбера для плавальних басейнів безпосередньо циркулює вода з басейну. Абсорбери в більшості випадків укладаються горизонтально, тобто на рівні ґрунту або на плоских дахах, і кріпляться ремнями. Їх можна також встановлювати на схилах даху з невеликим кутом нахилу. На зиму воду з абсорберов повністю зливають.

Для сонячних систем з комбінованої теплової навантаженням - підігрів води в басейні, гаряче водопостачання або підтримка системи опалення - прості полімерні колектори не придатні і в подальшому не розглядаються.

У наступному розділі роз'яснено, яким чином теплоспоживання плавального басейну враховується в розрахунку сонячних систем з комбінованої тепловим навантаженням (з заксленими колекторами).

За теплоспоживання плавальні басейни діляться на три категорії, з яких потім можна вивести різні правила їх інтеграції в загальну систему теплопостачання:



Рис 9. Нагрів сонячними батареями басейна

- відкриті басейни без підігріву традиційними джерелами теплоти (плавальні басейни в одноквартирних будинках);
- відкриті басейни, в яких підтримується певна температура (громадські відкриті басейни, частково плавальні басейни в одноквартирних будинках);
- криті плавальні басейни (басейни, в яких для цілорічного використання підтримується постійна необхідна температура, почасти плавальні басейни в одноквартирних будинках).

Заданою температурою називається мінімальна температура, яку завжди повинна мати вода в басейні. Вона забезпечується котельні установкою. У відкритих басейнах при сильній інсоляції задана температура може збільшуватися.

Відкриті басейни без підігріву традиційними джерелами теплоти

У Центральній Європі відкриті басейни експлуатуються зазвичай з травня по вересень. Їх потреба в енергії залежить від двох видів втрат:

- втрати води через витік, випаровування і винесення (мається на увазі кількість води, яке плавець «забирає» з собою при виході з басейну) - ці втрати повинні поповнюватися у вигляді холодної води;

- теплові втрати з поверхні, стінок басейну і за рахунок охолодження при випаровуванні води.

Втрати внаслідок випаровування можна істотно зменшити, просто накривши басейн, коли їм не користуються - це знижує і теплоспоживання. Максимальна тепло- надходження відбувається безпосередньо від сонячного випромінювання, що падає на поверхню басейну. Таким чином, вода в басейні набуває свою «природну» базову температуру - вона може вважатися середньою температурою басейну протягом усього часу експлуатації.

Використання сонячної системи дозволить збільшити базову температуру води в басейні.

Збільшення базової температури залежить від співвідношення площі поверхні басейну і площі абсорбера сонячного колектора.

### **Температура води у відкритому басейні**

Травень Червень Липень Серпень

Місце розташування: м.Вюрцбург, площа поверхні басейну: 40 м<sup>2</sup>, глибина: 1,5 м, закривається на ніч.

### **розрахунок**

В якості базового значення «природною» середньої температури води в басейні в розпал літа приймається температура 20 ° С. З досвіду відомо, що підвищення температури на 3 – 4. До досить для досягнення більш

комфортної температури води в басейні. Цього можна досягти за допомогою сонячної системи з площею колектора, яка дорівнює половині площі поверхні басейну.

Відкриті басейни з певною температурою води, яка підтримується за допомогою котла.

Якщо вода в басейні доводиться до певної температури і підтримується на цьому рівні за допомогою звичайної опалювальної установки, режим роботи сонячної системи і її вплив на температуру води в басейні майже не змінюється. Сонячна система підвищує температуру води точно так же, як і в недогрівають басейнах.

Система теплопостачання басейну розрахована таким чином, що вода нагрівається до досягнення певної температури за допомогою котла. Якщо необхідна температура досягнута, то сонячна система забезпечує її підтримку,

У таких басейнах можна визначити необхідну площу колектора, відключивши котельню установку в сонячну погоду на 48 годин і точно вимірявши падіння температури. Для надійності вимірювання проводиться два рази. Метод визначення площі колектора аналогічний методу для критих басейнів, який буде описаний в наступному розділі.

### **Криті басейни**

Криті басейни зазвичай мають більш високу температуру води, ніж відкриті, і експлуатуються цілий рік. Якщо протягом усього року температура води в басейні повинна бути постійною, криті басейни повинні нагріватися бівалентності системами теплопостачання. Щоб уникнути неправильного вибору теплової потужності необхідно виміряти потреба басейну в теплоті.

Для цього догрів басейну припиняють на 48 годин і вимірюють температуру на початку і в кінці періоду вимірювання.

У відкритих басейнах з захисним покриттям величина розрахункової площі абсорбера досягає 50 відсотків площі поверхні басейну.

У відкритих басейнах з певною температурою, підтримуваної котлом, температура води може підвищуватися за рахунок нагріву сонячної системою.

### **приклад**

У безхмарний сонячний день сонячна система в Центральній Європі в середньому виробляє для підігріву води в басейні 4,5 кВтг на м<sup>2</sup> площі абсорбера.

Площа поверхні басейну: 36 м<sup>2</sup>.

Середня глибина басейну: 1,5 м.

Обсяг басейну: 54 м<sup>3</sup>.

Зниження температури за 48 годин: 2 К.

Добова потреба в теплоті:  $54 \text{ м}^3 \cdot 1 \text{ К} \cdot 1,16 \text{ (кВтг / К-м}^3\text{)} = 62,6 \text{ кВтг}$ .

Площа колектора:  $62,6 \text{ кВтг} : 4,5 \text{ кВтг / м}^2 = 13,9 \text{ м}^2$ .

У першому наближенні (для оцінки витрат) можна в загальному прийняти середні зниження температури 1 К в добу. При середній глибині басейну 1,5 м це означає, що потреба в теплоті для підтримки необхідної температури становить близько 1,74 кВт-год / день на м<sup>2</sup> площі поверхні басейну. Відповідно, на 1 м<sup>2</sup> площі поверхні басейну отримуємо площа колектора близько 0,4 м<sup>2</sup>.

### **Розрахунок сонячної системи**

#### **Сонячна система для відкритого басейну**

Оскільки басейн обігривається тільки в літній час, в холодну пору року сонячна система використовується для підтримки системи опалення. Тому в даному випадку доцільно використовувати сонячну систему для підігріву води в плавальному басейні, для системи гарячого водопостачання і для підтримки системи опалення.

Для розрахунку такої сонячної системи до площі колектора для обігріву плавального басейну додають площа колектора для системи гарячого водопостачання. Обсяг накопичувача гарячої води визначається за

сумарною площею колектора. Збільшення площі геліополя для підтримки системи опалення не потрібно.

### **Сонячна система для критого басейну**

Площа геліополя розраховується так само, як і для відкритих басейнів (площа колектора для підігріву води в басейні плюс площа колектора для гарячого водопостачання).

Басейн отримує теплоту, вироблену сонячною системою, протягом всього року. Тому додаткове збільшення площі геліополя для підтримки системи опалення можливо тільки в тому випадку, якщо тут застосовується той же підхід, що й у загальному випадку для підтримки системи опалення за рахунок сонячної системи. Таким чином, площа геліополя, розрахована на літній теплоспоживання, збільшується не менш ніж в два рази. Якщо не враховувати цей коефіцієнт, то сонячна система в перехідний період і в зимовий час буде нагрівати тільки воду в плавальному басейні.

### **Вимоги до теплообмінників для плавальних басейнів**

Теплообмінник, що передає сонячну теплоту воді в басейні, повинен бути стійкий до впливу води в басейні і мати невеликі втрати тиску навіть при великих витратах теплоносія. Зазвичай використовуються кожухотрубні теплообмінники, а в деяких випадках можуть також використовуватися пластинчасті теплообмінники.

Через невисоку температури води в басейні різниця температур між подає трубопроводом води з басейну і зворотним трубопроводом теплоносія від сонячного колектора не має такого вирішального значення, як при нагріванні води для системи ГВП або підтримки системи опалення. Однак вона не повинна перевищувати 10 - 150. Залежно від встановленої площі геліополя, в програмі поставок є різні кожухотрубні теплообмінники, розраховані на різницю температур 10 0.

Сонячна система для підігріву води у відкритому басейні в літній час може в перехідний період і в зимовий час використовуватися для підтримки системи опалення.

### **Охолодження з використанням сонячної енергії**

У наших широтах в літню пору для кондиціонування повітря в будівлях (в квартирах, офісах) потрібно холод. Необхідність в цьому виникає в період року з високою інсоляцією. Необхідна витрата енергії для охолодження (комп'ютер, зберігання харчових продуктів тощо). Поряд з широко поширеними електричними компресійними холодильними машинами реалізуються також установки з холодильними процесами, що використовують теплову енергію. Для рідких холодоносіїв застосовуються абсорбційні і адсорбційні машини, для використання повітря як холодоносителя застосовуються сорбційні установки. У холодильних машинах, що працюють на тепловій енергії, доцільно використовувати сонячну енергію для охолодження або кондиціонування, оскільки потреба в енергії пропорційна інсоляції.

За минулі роки був реалізований цілий ряд холодильних установок на сонячній енергії, в яких знайшли відображення результати останніх експериментальних та наукових досліджень. Використання сонячної енергії для кондиціонування повітря пройшло пілотну фазу і знайшло застосування в забезпеченні комфортних умов в будівлях.

Розрахунок холодильних установок з використанням сонячної енергії не відрізняється від розрахунку звичайних систем. Перш за все, потрібно визначити холодильну потужність і характер зміни навантаження будівлі, а потім визначити потужність і тип холодильної машини.

Найчастіше для підтримки систем кондиціонування використовують одноступінчасті абсорбційні холодильні машини. На ринку широко представлені машини порівняно невеликих потужностей. Холодоносителя є

вода, поглиначем - як правило, бромід літію. Двоступеневі машини, мають набагато більш високий коефіцієнт перетворення, не підходять для роботи зі стандартними колекторами через необхідних високих температур.

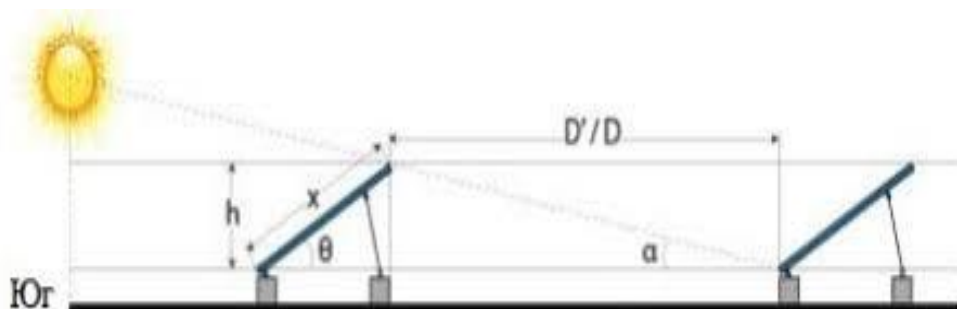


Рис. 10. Розрахунок комплексу

Необхідні температури, в залежності від виробника і області застосування абсорбційної холодильної машини, складають близько  $90^{\circ}\text{C}$ , тобто трохи вище, ніж температура теплоносія в сонячному колекторі. Тому тільки вакуумовані трубчасті колектори придатні для використання - з плоскими колекторами необхідних температур можна досягти тільки з дуже низьким коефіцієнтом корисної дії.

Через високі температур при проектуванні необхідно дуже ретельно узгоджувати потужність і діапазон температур холодильної машини. Установка повинна проектуватися для експлуатації без простою, тобто абсорбційна холодильна машина повинна бути в змозі безперервно приймати сонячне тепло. Акумуляування теплоти на «гарячій стороні» ускладнене через високі температур.

Для первісної оцінки витрат можна при коефіцієнті перетворення (COP) абсорбційної холодильної машини близько 0,7 прийняти приблизну площу колектора  $3\text{ м}^2$  на 1 кВт потужності охолодження. Розрахункова потужність вакуумованих трубчастих колекторів при таких робочих температурах приймається всього  $500\text{ Вт} / \text{м}^2$ . Якщо машина дозволяє,

потрібно відмовитися від теплообмінника в первинному контурі і направляти теплоносій прямо на абсорбер машини.

Частка сонячної енергії повинна становити більше 50 відсотків. Якщо процес охолодження розрахований на дуже низькі температури внаслідок використання геліоустановки, то холодильна машина працює з відносно низьким коефіцієнтом перетворення. Це необхідно враховувати, якщо теплоносій повинен догріватися: якщо установка розрахована на малу частку сонячної енергії, то, відповідно, велика кількість теплоти, отримане традиційним способом, перетворюється в холод з малою ефективністю. Підтримку кондиціонування за рахунок сонячної енергії доцільно використовувати в проектах, де можливе застосування моновалентного режиму роботи за рахунок сонячної системи.

Високотемпературної технологічної теплотою називають рівень температури, якого неможливо досягти за допомогою плоских або вакуумованих трубчастих колекторів.

Температури понад  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  доцільно отримувати за допомогою сонячних систем з концентрацією сонячного випромінювання, що підвищує щільність потоку випромінювання на абсорбері.

Найбільш простий концентрує установкою є так звана сонячна піч з відбивають дзеркалами. Тут сонячні промені збираються в фокусі параболічного дзеркального концентратора, де вони нагрівають чорний матовий резервуар і його вміст. Крім приготування їжі, сонячна піч використовується також для дезінфекції питної води.

У концентрують колекторах використовується тільки пряме сонячне випромінювання, розсіяне світло не може відобразитися на абсорбер. З цієї причини така техніка застосовується тільки в регіонах з високою часткою прямого випромінювання. Економічно цікаво використання концентрують систем у великих сонячних системах для виробництва електроенергії. Найбільш поширеними є електростанції з параболічними концентраторами.

В електростанціях такого типу параболічні концентратори встановлюються паралельно один одному і повертаються слідом за сонцем. У фокусі концентрату розташовується вакуумована труба, в якій знаходиться абсорбер з селективним покриттям, на якому здійснюється 80-кратна концентрація сонячного випромінювання. За трубці абсорбера протікає термомасляні теплоносії, який нагрівається до температури близько 400 ° С. Через теплообмінник теплова енергія передається на парові турбіни, в яких потім виробляється електрична енергія.

В стадії випробувань перебувають інші технології - колектори з лінзами Френеля та сонячні баштові електростанції.

У регіонах з високою часткою прямого сонячного випромінювання все більше застосування для виробництва електроенергії знаходять сонячні теплові електростанції.

Потреба в системах теплопостачання, що дозволяють відмовитися від нафти і газу, постійно зростає, причиною чого є зростання цін на паливо. В якості додаткового джерела теплоти для сонячних систем можуть бути використані теплові насоси та котли на біомасі.

Для забезпечення надійності теплопостачання сонячні системи, як правило, комбінуються з додатковими джерелами теплоти. Основні функції сонячної системи в різних комбінаціях не змінюються, однак значний потенціал існує для оптимізації всієї системи теплопостачання в цілому.

Сучасні газові котли і котли на рідкому паливі забезпечують ефективне спалювання палива і високий коефіцієнт корисної дії. Високу ефективність також мають котли на біомасі та теплові насоси.

Котли для спалювання деревини або іншого твердого біопалива мають досить велику вагу, вони виготовляються з металу і мають велике водонаповнення. У режимі опалення це не є недоліком, а при нагріванні гарячої води для ГВП в літній період коефіцієнт використання в порівнянні, наприклад, з газовим конденсаційним котлом, набагато нижче: котел повинен

нагрівати дуже багато стали і води, щоб підігріти немого води для системи ГВП.

Системи теплопостачання з котлами на біомасі часто комбінують з сонячними системами, під час опалювального періоду працює і котел, і сонячна система, а в літній час сонячна система працює практично без додаткового джерела теплоти. У перехідний період при малій потребі в теплоті котел працює аналогічно літнього періоду, тобто забезпечення теплом в основному бере на себе сонячна система.

Доцільно підключення сонячної системи до бівалентності водонагрівача в одноквартирному будинку, який опалюється котлом на гранульованому паливі (пелети) з автоматичною подачею палива.

Системи теплопостачання з твердопаливними котлами з ручним завантаженням вимагають повного згоряння і оснащуються буферної ємністю для підключення системи опалення, обсяг якої розрахований на безаварійну роботу котла. При цьому визначення обсягу буферної ємності завжди виконується з урахуванням різниці температур між температурою у зворотньому трубопроводі (температура в буферній ємності не може бути нижчою за її) і максимальною температурою в буферній ємності (температура в буферній ємності не може бути вище її).

Буферна ємність розраховується таким чином, щоб при повному згорянні палива загальна кількість енергії могло акумулюватися в буферній ємності.

Якщо буферна ємність попередньо нагрівається сонячною енергією, її обсяг необхідно відповідно збільшити, оскільки початкова температура підвищується внаслідок попереднього нагріву (при незмінній максимальній температурі). Таким чином, при використанні сонячної системи розрахункова різниця температур зменшується, і обсягу буферної ємності недостатньо для акумулювання кількості теплоти, що виробляється при повному згорянні палива в твердопаливних котлі.

Таким чином, якщо система теплопостачання з твердопаливним котлом з ручним завантаженням комбінується з сонячною системою, обсяг буферної ємності необхідно відповідно збільшити.

### **Примітка**

Детальну інформацію про комбінації з сонячними системами дивіться в технічній документації на теплові насоси Viessmann.

Ємнісний водонагрівач ГВС з підключенням теплообмінника для використання сонячної енергії.

### **Сонячні системи з тепловими насосами**

#### **Теплові насоси в комбінації з сонячними системами для гарячого водопостачання**

Чим менше різниця температур між температурою джерела теплоти і температурою в системі теплопостачання, тим вище ефективність роботи теплового насоса. Тому для нагріву води в системі ГВП температура в прямому трубопроводі повинна підтримуватися на мінімально можливому рівні за рахунок збільшення площі поверхні теплообмінника. Для підключення сонячної системи разом з тепловим насосом Віссманн пропонує спеціальний бівалентний водонагрівач для теплового насоса.



Рис.11. Розрахунок охолодження

Тепловий насос підключається до вбудованому теплообміннику з великою поверхнею теплообміну, а сонячна система підключається через зовнішній теплообмінник.

### **Теплові насоси в комбінації з сонячними системами для підтримки системи опалення**

Для теплових насосів в Німеччині існує часовий графік користування електроенергією зі спеціальним тарифом, тому вони повинні комбінуватися з буферними посудинами для підключення системи опалення, які призначені і для нагріву сонячної системою. Згідно з графіком користування електроенергією, як правило в денний час, існують певні години, коли тепловий насос відключається. Протягом цього часу теплове навантаження системи опалення покривається за рахунок акумульованої теплоти з буферної ємності. Обсяг буферної ємності визначається мінімальної енергоємністю, необхідної для перекриття періодів відключення користування електроенергією. До буферної ємності для підключення системи опалення можна підключити сонячний колектор відповідної площі. Якщо необхідно забезпечити високу частку заміщення теплового навантаження на опалення, обсяг буферної ємності для опалення можна збільшити. У цьому випадку необхідно, щоб частина буферної ємності, призначена для перекривання графіка, була відділена від теплового насоса гідравлічно і за допомогою регулювання.

Якщо буферна ємність для підключення системи опалення не використовується для нагріву за допомогою теплового насоса, то вона розраховується аналогічно комбінації сонячної системи з котельнями установками.

Розрахунок сонячної системи є комп'ютерне моделювання - результат моделювання дозволяє зрозуміти і оцінити роботу реальної сонячної системи.

Комп'ютерне моделювання виконують тоді, коли звичайні інженерні методи розрахунку вручну занадто трудомісткі або дають незадовільний

результат. Комп'ютерне моделювання використовують, якщо система працює в нестаціонарних умовах.

Програма для розрахунку сонячних систем теплопостачання дає можливість моделювати і аналізувати роботу системи на комп'ютері. Для цього в програму моделювання закладені певні параметри (характеристики), що впливають на роботу заданої системи.

Моделювання нестаціонарних режимів необхідно, так як зміни в роботі сонячної системи відбуваються як протягом дня, так і протягом року.

### **Основна структура програми**

Моделювання, з одного боку, вимагає вихідних даних, наприклад, метеорологічних даних і профілів теплового навантаження, а з іншого боку, окремі компоненти системи, наприклад, геліоколектор, акумулятор теплоти, теплообмінник, повинні вибиратися на підставі заданих характеристик. Як результатів розрахунку програма моделювання визначає такі параметри, як частка заміщення теплового навантаження і річна продуктивність сонячної системи.

### **Вихідні дані**

Основними вихідними даними для моделювання за допомогою програми є метеорологічні дані передбачуваного місця розміщення сонячної системи.

Так званий «базовий рік» використовується для розрахунку сонячних систем. Метеорологічна служба Німеччини розділила країну на 15 кліматичних зон і для кожної з цих зон склала типові метеорологічні дані, такі як інтенсивність сонячного випромінювання, температура повітря, відносна вологість повітря і швидкість вітру.

У зв'язку з тим, що необхідні актинометричні спостереження по всіх областях України не ведуться, Україна аналогічно розділена на 4 кліматичні зони за річним приходом сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню.

Крім того, що моделює програма дає можливість вводити, а потім обробляти в ході моделювання цілі масиви даних, наприклад, дані зміни споживання гарячої води або опалювальної навантаження.

У програму Viessmann ЕБОР інтегровані метеорологічні дані. Програма ЕБОР за допомогою цифрових методів обчислень проводить розрахунок нестационарних теплових і енергетичних характеристик як окремих компонентів, так і системи в цілому.

### **Введення параметрів моделювання**

Для початку моделювання слід ввести технічні характеристики компонентів для необхідної схеми сонячної системи, наприклад, ефективність, тепловтрати, а також об'єднати компоненти в єдину систему. У ЕБОР закладені різні схеми поширених сонячних систем гарячого водопостачання, підтримки системи опалення та підігріву води в плавальному басейні.

Для введення теплового навантаження в програму закладені різні профілі теплових навантажень. Ці профілі дозволяють враховувати, наприклад, зміна теплового навантаження протягом дня або тижня, а також сезонні коливання або відхилення у відпускний період. результати розрахунку

Програма ЕБОР визначає всі основні характеристики, необхідні для оцінки зміни сонячної системи наприклад, частку заміщення теплового навантаження, продуктивність колектора і економію енергії.

Область застосування тепlopостачання. Крім цього, дана програма підходить і для підтримки продажів в якості демонстрації пропонованої сонячної системи, що називається, «прямо на місці».

## **Перевірка розрахунку**

Для проведення розрахунків з моделювання необхідний певний досвід, помилка при введенні параметрів може часом значно спотворити результати - тому рекомендується завжди проводити перевірку достовірності розрахунків.

В принципі, питома продуктивність колектора цілком підходить для контролю достовірності.

Для установок гарячого водопостачання з плоскими колекторами це значення повинно знаходитися в діапазоні від 300 кВт-год / (м<sup>2</sup>-год) до 500 кВт-год / (м<sup>2</sup>-год).

З досвіду проектування існуючих систем можна перевірити при моделюванні та інші параметри.

Крім того, необхідно враховувати, що моделювання завжди дає відносні показники сонячної системи на підставі синтетичних метеорологічних даних за базовий рік.

У реальному сонячній системі на підставі фактичних метеорологічних умов і реальної картини експлуатації відбуватимуться значні відхилення від розрахункових даних. Окремі місяці, тижні або дні можуть значно відрізнятися від модельованих, однак, що стосується річної продуктивності, тут немає скільки-небудь істотних відмінностей між розрахунковою і реальною сонячною системою.

## **Примітка**

Моделювання дозволяє проводити тільки енергетичну оцінку системи. Результати моделювання та графічні залежності не замінюють проектною документації.

## **Функції регулятора сонячної системи**

Сонячні системи теплопостачання управляються регуляторами. Вимоги, які повинен виконувати регулятор, можуть бути самими різними - це залежить від типу сонячної системи і виконуваних функцій.

Нижче описані основні і додаткові функції регуляторів сонячних систем. Регулятори Vitosolic виконують всі необхідні функції.

Щодо встановлення регулятора для конкретної сонячної системи можна знайти у відповідній технічній документації.

## **Основні функції**

### **Регулювання по різниці температур**

При регулюванні по різниці температур проводиться вимірювання двох температур, а потім визначається різниця між ними.

У більшості сонячних систем регулятор порівнює температуру колектора та ємнісного водонагрівача між собою, для цього він використовує дані вимірювань датчиків температури, встановлених на колекторі і водонагрівачі. Насос геліоконтур включиться, коли різниця температур між колектором і водонагрівачем перевищує задане значення (різниця температур включення). Теплоносій переносить теплоту з колектора в ємнісний водонагрівач. Якщо друге значення, менша різниця температур буде нижче встановленого значення, насос геліоконтур вимикається (різниця температур вимкнення). Інтервал між різницею температур включення і виключення називається гістерезисом.

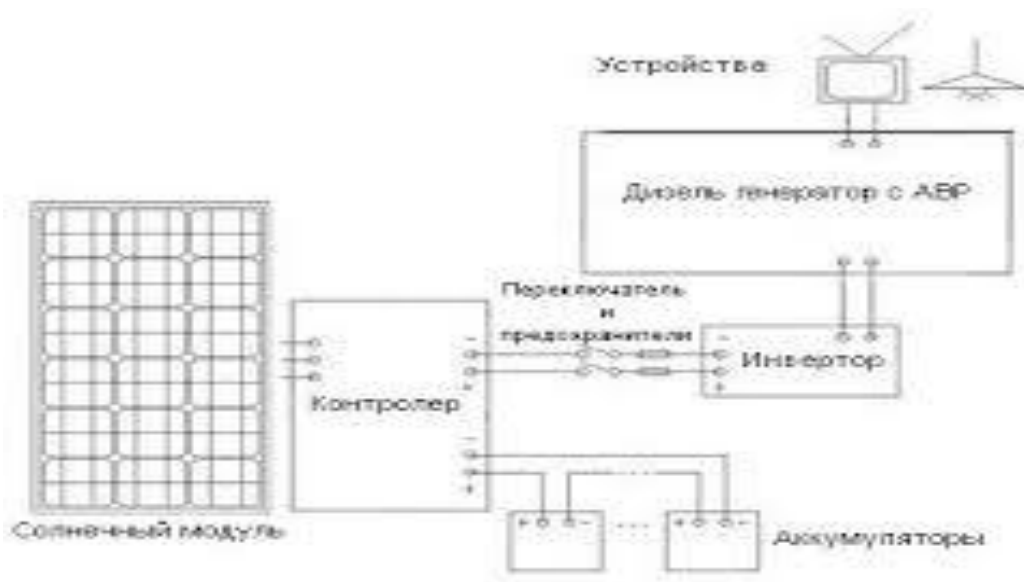


Рис. 12. розрахунок температур

Різниця температур включення насоса геліоконтура повинна вибиратися таким чином, щоб транспортування теплоти від колектора до водонагрівача виправдовувало себе, тобто, щоб різниця температур між теплоносієм і водою у водонагрівачі була досить великою. Крім того, при перенесенні теплоти від колектора насос не повинен негайно вимкнутися, як тільки холодний теплоносій з водонагрівача досягне датчика температури колектора.

У звичайних сонячних системах з вбудованими теплообмінниками у водонагрівачі різниця включення між температурою колектора і температурою водонагрівача становить 8 К, а вимикання - 4 К, якщо температура теплоносія виміряна точно. Певна неточність вимірювань є допустимою. У дуже довгих трубопроводах (більш 30 м) обидва значення збільшуються на 1 К на кожні 10 м.

У сонячних системах з зовнішніми теплообмінниками різниця температур включення і виключення для первинного і вторинного контуру розраховується на підставі довжини трубопроводу і вибраної різниці

температур в теплообміннику. Включення і вимикання вторинного контуру здійснюється при дещо менших різницях температур.

Регулятор забезпечує ефективну транспортування теплоти. Теплота переміщається від колектора до водонагрівача тоді, коли це доцільно.

Розміщення датчиків температури в заглибних гільзах забезпечує отримання оптимальних даних вимірювань для регулятора сонячної системи.

Процес сонячного нагріву повинен бути обмежений установкою максимально допустимої температури. Це не замінює обмеження безпечної температури щоб уникнути пароутворення в місткості водонагрівачі.

### **Датчик температури**

Оскільки температура в сонячній системі може бути набагато вище, ніж у звичайній системі опалення, датчик температури в колекторі повинен бути стійкий до впливу високих температур. Крім того, датчик повинен мати кабель, стійкий до впливу високих температур і погодних умов.

Інші вимоги до датчиків температури не відрізняються від вимог до характеристик стандартних високоякісних датчиків систем опалення.

### **Розміщення датчиків**

Найточніше вимір виконується тоді, коли температура вимірюється безпосередньо в середовищі теплоносія, тобто з використанням заглибних гільз. Для всіх водонагрівачів і колекторів використовуються стандартні заглибні гільзи.

У плоских колекторах Vitosol з меандровими абсорберами занурювальні гільзи розташовані на тій стороні колектора, де трубка абсорбера припаяна до головного трубопроводу (в колекторах Viessmann на цій стороні встановлена фірмова табличка). Завдяки цьому датчик температури колектора здатний швидко визначити збільшення температури абсорбера.

## **Додаткові функції**

Багаторазове вимірювання різниці температур і визначення пріоритету водонагрівачів

В сонячних системах з декількома водонагрівачами або споживачами необхідно співвідносити різні вимірювання різниці температур між собою. При цьому можна вибирати різні стратегії регулювання в залежності від вимог.

### **Регулювання по пріоритету**

При регулюванні по пріоритету включення одного з водонагрівачів має пріоритет по завантаженню від геліоконтура. Якщо до сонячній системі підключено два споживача, наприклад, один ємнісний водонагрівач ГВП та плавальний басейн без підігріву котлом, то в такій сонячній системі пріоритет по нагріванню від геліоконтура має система гарячого водопостачання. Тільки після того, як вода у водонагрівачі досягне необхідної температури, сонячна система починає нагрівати воду в плавальному басейні.

Регулятор налаштовується таким чином, щоб сонячна система нагрівала спочатку воду у водонагрівачі ГВП. При цьому потрібно вважатися з тим, що сонячна система буде працювати з меншим коефіцієнтом корисної дії, оскільки вона в першу чергу не нагріває холодну воду в басейні.

### **Регулювання ефективності**

Якщо сонячна система повинна працювати максимально ефективно, її коефіцієнт корисної дії повинен постійно перебувати в діапазоні максимальних значень. Для установки з двома водонагрівачами, які підлягають догреву протягом усього року, регулювання завжди повинно забезпечувати нагрівання водонагрівача, що має більш низьку температуру.

Така концепція регулювання застосовується, наприклад, тоді, коли до сонячній системі підключено два споживача (дві квартири).

### **Регулювання з допомогою насоса контуру байпасного**

Насос байпасного контуру може поліпшити пускові характеристики сонячної системи, наприклад, при дуже довгих підвідних трубопроводах або горизонтальної установки вакуумованих трубчастих колекторів на плоских дахах.

Регулятор реєструє температуру колектора за допомогою датчика колектора. При перевищенні встановленої різниці температур по відношенню до температури датчика водонагрівача включається насос байпасного контуру.

При цьому нагрітій сонячною енергією нагріває теплоносій спочатку тільки трубопроводи. Далі при перевищенні заданої різниці температур між датчиком байпасного контуру і датчиком температури водонагрівача включається насос геліоконтура, а насос байпасного контуру вимикається. Таким чином можна уникнути охолодження водонагрівача (з вбудованим теплообмінником) у початковій стадії зарядки ємнісного водонагрівача.

Регулювання за допомогою датчика із-лученія

З точки зору гідравліки ця концепція схожа на регулювання за допомогою насоса байпасного контуру, тільки байпасний насос запускається не по різниці температур, а за допомогою датчика, що вимірює випромінювання.

Регулятор отримує інформацію від датчика сонячного випромінювання. При перевищенні заданого порогового значення випромінювання включається насос байпасного контуру. У звичайних випадках це значення становить  $200 \text{ Вт} / \text{м}^2$ .

Такий вид байпасного включення особливо підходить тоді, коли безперервне точне вимірювання температури в колекторі неможливо, наприклад, через короткочасних часткових затемнень (димарем або ін.).

## **Придушення догріву водонагрівача котлом**

Для підвищення ефективності сонячної системи звичайний догрів бівалентного ємнісного водонагрівача системи ГВС можна затримати до тих пір, поки не припиниться нагрів за рахунок сонячного випромінювання (вимкнеться насос геліоконтур). Це може бути корисним в комбінації з регулятором котла. Віссманн поставляє відповідне програмне забезпечення, старі регулятори можна модернізувати.

На регуляторі звичайним способом виставляється температура підігріву для системи ГВП. Крім цього, встановлюється мінімальна температура. При активації функції придушення догрева і нагріванні водонагрівача від геліоконтур регулятор котла допускає зниження температури гарячої води до встановленого мінімального значення. Ємнісний водонагрівач обігрівается котлом (під час роботи насоса геліоконтур) тільки тоді, коли температура в ньому нижче цього мінімального значення.

## **Нагрівання для дотримання гігієнічних вимог до гарячої води**

Для забезпечення гігієнічних вимог до гарячої води весь обсяг гарячої води раз в день нагрівається до температури 60 ° C. Це стосується нижньої частини бівалентного ємнісного водонагрівача системи ГВС або ємнісного водонагрівача для попереднього нагріву.

При такій термічній дезінфекції необхідна для неї теплота повинна подаватися через теплообмінник котла для нагрівання всього обсягу водонагрівача. Датчики температури повинні бути розташовані таким чином, щоб дійсно весь обсяг водонагрівача ГВС досяг необхідної температури.

## **Оптимізація термічної дезінфекції**

Функція оптимізації термічної дезінфекції відключає останню, якщо гаряча вода в попередньому водонагрівачі або в нижній частині бівалентного водонагрівача протягом попередніх 24 годин вже була нагріта сонячною системою до 60 ° C.

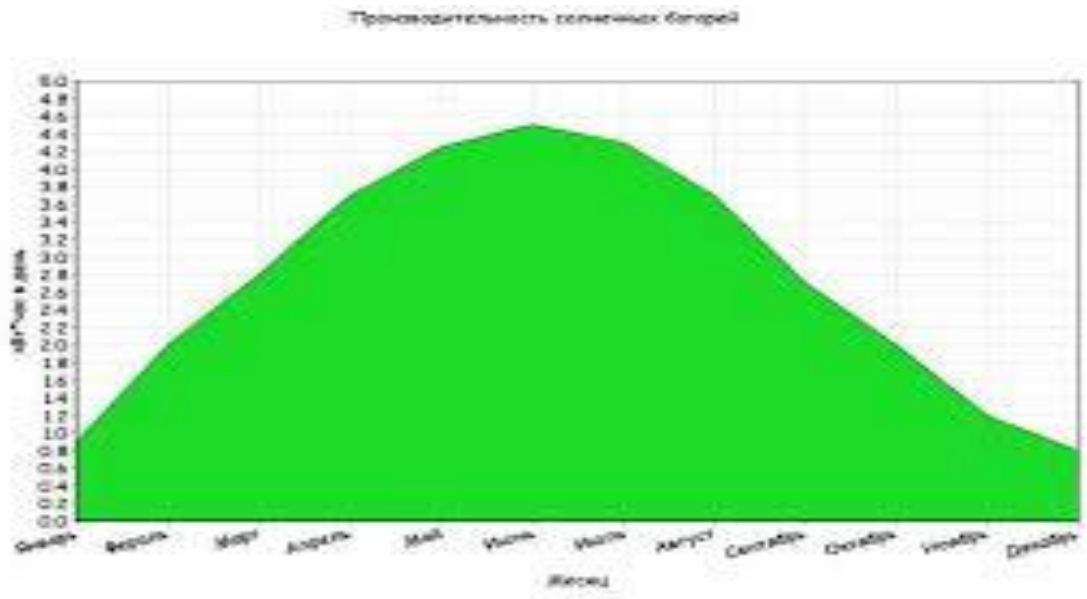


Рис.13 Сонячні батареї для опалення

Ця функція забезпечується, якщо регулятор котла пов'язаний з регулятором.

При термічній дезінфекції хороший результат дає комбінація регулятора сонячної системи з регулятором котла. Якщо температура датчика водонагрівача за минулі 24 години перевищувала значення 60 ° С, догрів блокується

#### **Примітка**

Функції охолодження регулятора доповнюють заходи щодо запобігання стагнації, але не замінюють їх. Детальну інформацію по стагнації.

#### **Функції, що дозволяють уникнути стагнації**

Для недопущення стагнації або зменшення навантажень при стагнації можна активувати додаткові функції. Це доцільно тільки для сонячних систем з дуже високою часткою заміщення теплового навантаження або підтримкою системи опалення, в яких необхідно зважати на можливість стагнації.

Функція охолодження колектора Насос геліоконтур вимикається при досягненні максимальної температури ГВП в місткості водонагрівачі. Якщо активована функція охолодження і температура колектора зростає до встановленого максимального значення для колектора, насос включається до тих пір, поки температура колектора не знизиться на 50. При цьому температура ємнісного водонагрівача може продовжувати зростати, але тільки до 95 ° С. Величина цього значення визначається максимально допустимою температурою накопичувача гарячої води.

### **Функція зворотного охолодження**

Ця функція доцільна лише тоді, коли вона активована охолодження колектора. При досягненні встановленої максимально допустимої температури водонагрівача насос геліоконтур вимикається, щоб уникнути перегріву. Увечері насос продовжує працювати до тих пір, поки водонагрівач охолонути через колектор і трубопроводи до встановленої максимальної температури системи ГВП. Ця функція набагато ефективніша для плоских колекторів, ніж для вакуумованих трубчастих.

### **Функція періодичного включення**

Функція періодичного включення використовується в сонячних системах, в яких температуру абсорбера не можна визначити точно. Це відбувається, наприклад, при горизонтально встановлених вакуумованих трубчастих колекторах, в яких недостатня природна циркуляція теплоносія не дозволяє датчику температури колектора негайно реєструвати збільшення температури. Через певні проміжки часу насос геліоконтур включається на 30 секунд, щоб забезпечити циркуляцію теплоносія від колектора до датчика температури. Функція періодичного включення не активна з 22:00 до 6:00.

### **термостатичні функції**

Регулятор додатково пропонує різні термостатичні функції. Для цього додаткові датчики реєструють відповідні температури і при їх перевищенні чи зниженні включають циркуляційний насос. Так можна, наприклад, при

певній температурі водонагрівача включати насос для нагріву плавального басейну.

### **Контроль функціонування і продуктивності сонячної системи**

Регулятор сонячної системи не тільки забезпечує ефективне використання сонячної енергії, а й виконує важливі функції контролю.

Як і в будь-якому іншому обладнанні, в сонячних системах теплопостачання не можна повністю виключити несправності. В інших системах теплопостачання несправність зазвичай швидко стає очевидною, а в сонячних системах - немає, оскільки в таких випадках традиційне джерело теплоти бере обігрів на себе і тому несправність не завжди очевидна. З цієї причини в проект сонячної системи необхідно включити питання контролю її роботи.

Контроль за роботою сонячної системи можна здійснювати двома різними способами: шляхом контролю функціонування і шляхом контролю продуктивності.

За допомогою контролю функціонування можна перевірити правильність роботи всієї сонячної системи або окремих компонентів. Такий контроль можна вести вручну або автоматично.

При контролі продуктивності виміряні значення кількості теплоти за одиницю часу порівнюються з задані ми або розрахунковими значеннями.

#### **контроль функціонування**

Сучасні регулятори сонячних систем не тільки забезпечують належну роботу системи, але і здійснюють контроль її основних функцій.

### **самодіагностика регулятора**

Регулятор складається з різних модулів, справність і узгодженість яких контролюється самим регулятором. Якщо один з модулів виходить з ладу, генерується повідомлення про несправності або спрацьовує сигналізація.

## **Контроль сполучних проводів датчиків**

Правильно працюючий регулятор негайно виявляє дефект сполучних проводів датчика. Якщо, наприклад, незахищений від проводу датчика колектора буде пошкоджений гризунами або птахами, це може привести до ураження електричним струмом або до обриву.

Регулятор сприймає це або як електричний опір 0, або нескінченність, або - в «логіці» вимірювання температури - як температуру «бескінечно» високу або низьку.

У регуляторі закладені граничні значення температур, які зазвичай охоплюють очікуваний робочий температурний діапазон сонячної системи. Якщо температура виходить за межі цього діапазону, регулятор повідомляє про несправності.

### **контроль температур**

На регуляторі можна задати максимальні температури для водонагрівача і колектора, починаючи з яких регулятор буде видавати повідомлення про несправності. Перед завданням цих температур необхідно точно перевірити їх значення для даної конкретної установки, щоб виключити появу помилкових повідомлень про несправності. На жаль, така ситуація зустрічається на практиці дуже часто: явні сліди зубів і дзьобів на незахищених сполучних проводах датчиків



Рис 14. установка датчиків

Ще однією можливістю контролю функціонування є перевірка різниці температур, як правило, між колектором і водонагрівачем. Цей вид контролю ґрунтується на припущенні, що колектор в робочому режимі, тобто поки водонагрівач ще не досяг своєї максимальної температури, не повинен бути гаряче водонагрівача, наприклад, більш ніж на 300 (дане значення можна змінювати). За допомогою автоматичної функції контролю визначаються типові несправності, які призводять до того, що відведення теплоти від колектора до водонагрівача припиняється, хоча останній ще може її приймати:

- несправність насоса первинного контура;
- припинення подачі електроживлення на насос;
- проблеми з гідравлікою в первинному контурі (наприклад, наявність повітря, витоків, відкладень);
- неправильне розташування вентилів;
- дефектний або дуже сильно забруднене теплообмінник.

Крім того, можна, навіть при непрацюючому насосі геліоконтура реєструвати підвищення температури на колекторі або позитивну різницю температур між холоднішим водонагрівачем і більш теплим колектором (наприклад, вночі). Так можна виявити несправність компонентів установки, яка може привести до природної циркуляції, тобто до того, що водонагрівач буде за рахунок природної циркуляції нагрівати колектор.

Потрібно, звичайно, враховувати, що, наприклад, більш інтенсивний нічний водоразбор в середині літа може привести до фактичної різниці температур між холодним водонагрівачем і теплим колектором (температурою навколишнього середовища). Сильні коливання зовнішньої температури також можуть призвести до помилкових повідомлень про несправності. Тому при активації функції контролю рекомендується поінформувати про них користувача, щоб уникнути непотрібних звернень в сервісну службу.

Всі повідомлення про несправності можна зчитувати прямо на регуляторі. Є також можливість передати повідомлення про несправності далі, наприклад, системи управління будівлею або через Інтернет,

За допомогою функції автоматичного контролю можна дуже надійно контролювати режими роботи і виявляти різні несправності. Однак автоматичний контроль має свої межі: області, в яких небезпека появи помилкових повідомлень про несправності дуже висока, і режими роботи сонячної системи, які не мають типових ознак несправностей.

### **приклад**

Якщо при дуже забрудненому або розбитому склі колектора температура на ньому не підвищується, регулятор не «знає», чи є це наслідком дефекту або це відбувається просто через погану погоду. У подібному випадку діагноз може поставити вимір і оцінка продуктивності сонячної системи.

### **контроль продуктивності**

Простим і ефективним методом контролю є порівняння реального часу роботи насоса з очікуваними значеннями. Для середньої сонячної системи цей показник становить 1500 - 1800 годин на рік. Моделювання роботи системи дає більш точні значення часу роботи насоса. Правда, таке порівняння ніяк не ґрунтується на вимірі продуктивності сонячної системи.

### **Вимірювання продуктивності**

Перед тим як вимірювати продуктивність сонячної системи, необхідно спочатку провести критичну оцінку методу вимірювань, щоб уникнути неправильних висновків про продуктивність сонячної системи. При цьому треба враховувати, що визначення продуктивності за допомогою регулятора сонячної системи є скоріше оцінкою, ніж виміром. Так, наприклад, можна вимірювати час, протягом якого на насос подається напруга. Якщо ж в оціночні дані входять передбачувані, а не виміряні значення кількості протікає рідини і температур водонагрівача і колектора, то мова йде не про вимірювання, а про оцінку продуктивності.

Для вимірювання продуктивності потрібно правильне визначення об'ємної витрати і вимір двох температур. При проведенні вимірювань в первинному контурі потрібно враховувати, що в'язкість і теплоємність води і водно-гліколевих сумішей відрізняються один від одного. Якщо в гліколевій контурі встановлений стандартний лічильник кількості теплоти, без урахування коригуючих коефіцієнтів, то вироблене кількість теплоти неможливо визначити точно, його теж можна тільки оцінити.

У сонячних системах з зовнішніми теплообмінниками завжди доцільно проводити вимірювання у вторинному контурі.

Так можна досить точно визначити кількість теплоти, що віддається сонячною системою водонагрівача. При вимірах після буферної ємності потрібно враховувати тепловтрати водонагрівача, тобто вважати тільки кількість корисної теплоти, відданої системі.

Однак слід зауважити, що для практичного застосування жоден з методів вимірювання кількості теплоти - незалежно від того, в якому місці воно виконується, - не відповідає нормативним вимогам до визначення кількості теплоти, виробленого сонячною системою. Такі нормативні вимоги та опис відповідних методів розрахунку в даний час знаходяться в стадії розробки.

### **Метод оцінки продуктивності вручну**

Вимірювання продуктивності тільки тоді дає достатнє уявлення про правильність роботи сонячної системи, коли її порівнюють з проектним значенням, тобто із заданою продуктивністю. Це проектне значення можна отримати за допомогою моделювання або розрахувати за даними вимірів в кліматичній зоні, де розміщується установка. В обох способах неможливо уникнути похибок. З цієї причини в вимірювання і відмінності між змодельованими і фактичними кліматичними даними необхідно внести певні допуски.



Рис.15 установка конвертора

Оцінку продуктивності сонячної системи слід проводити відповідно до розрахункових кліматичними даними за весь рік. Оцінка невеликого періоду можлива тільки за допомогою точних кліматичних даних, які вводяться в розрахунок.

#### **приклад**

В результаті розрахунку звичайної сонячної системи гарячого водопостачання було отримано значення продуктивності 1 500 кВт-год на рік.

Кліматичні дані для базового року, закладені в програму розрахунку, можуть відрізнятися від фактичних погодних умов в оціненого році не більше ніж на 30 відсотків.

Оскільки в цій установці можна виміряти продуктивність тільки в первинному гліколевій контурі, в силу похибки вимірювань - навіть при використанні відповідних лічильників теплової енергії, виникають додаткові похибки порівнянного порядку.

Крім того, при вимірюванні теплової продуктивності в гліколевій контурі тепловтрати у водонагрівачі не враховуються, але вони були враховані в отриманому результаті розрахунку - 1 500 кВт-год на рік.

Таким чином, виміряна річна продуктивність, наприклад, 1 400 кВт-год, в принципі не дає підстави сумніватися в правильності функціонування сонячної системи.

### **Оцінка багаторічних вимірювань**

Оцінка вимірювань протягом декількох років дає можливість щорічно порівнювати результати протягом тривалого періоду. Можна знехтувати результатами вимірювань в неоптимальних точках, якщо мова йде тільки про контроль за роботою сонячної системи. Якщо результати вимірювань потрапляють в діапазон відхилень не більше 20 відсотків, можна вважати роботу установки задовільною.

Описувана тут оцінка продуктивності вручну не може замінити автоматичний контроль за роботою установки, оскільки за отриманими даними вимірів несправність можна виявити тільки після певного періоду часу, протягом якого буде відбуватися зниження продуктивності. Якщо фактична продуктивність постійно зменшується, неполадки в роботі установки можна визначити лише на підставі ретельного аналізу та практичного досвіду.

Використання даних, отриманих користувачами. Часто проектувальники і монтажники зіставляють дані, отримані користувачами. За цим стоїть бажання «проаналізувати» ці дані. Однак ці дані мало придатні для аналізу, так як вони не перевірені і зафіксовані в певний момент часу. До того ж, ці, в більшості випадків, абсолютні значення рідко відповідають дійсності.

Проте, за даними, зафіксованими користувачами, таким як кількість годин роботи, показання лічильників теплової або електричної енергії можна зробити висновок про режими експлуатації установки, якщо порівняти ці дані між собою. Якщо ці скрупульозно зібрані дані не будуть «марною

працею», а будуть належним чином інтерпретовані з урахуванням необхідних обмежень по точності, користувач залишиться задоволений зробленим аналізом роботи сонячної системи.

### **приклад**

Порівняння розрахункових і вимірних даних про години роботи насоса геліоконтур

На графіку зображено час роботи насоса геліоконтур, нижня крива - це абсолютні значення за місяць, верхня крива побудована за сумарними даними.

Верхню криву можна доповнити даними про години роботи насоса, отриманими в будь-який час:

### **Дані, виміряні користувачем**

Виміряні значення в основному відповідають розрахунковим даними, тому можна зробити висновок про правильність роботи сонячної системи.

Точно так само можна чинити і з даними оцінки або вимірювання кількості теплоти. При цьому важливо пояснити користувачеві, що в розрахунок приймаються чи не абсолютні значення, а усереднені з урахуванням похибки.

### **Автоматична оцінка продуктивності**

Якщо режими експлуатації сонячної системи і кліматичні дані реєструються автоматично, можна скласти прогнозовану продуктивність на добу і порівнювати її з фактичною кількістю теплоти, отриманим від сонячної системи. Прогнозоване значення продуктивності визначається не з результатів моделювання за допомогою базового року, а за допомогою більш достовірних, фактично вимірних значень. Завдяки цьому можна використовувати набагато більш короткі періоди оцінки.

Viessmann бере участь в розробці та оптимізації так званих регуляторів входу-виходу. За цією технологією потенційна продуктивність установки постійно порівнюється з фактичною. Це базується на характерних параметрах компонентів сонячної системи, даних вимірювань

продуктивності і метеорологічних даних. При появі неприйнятних відхилень дійсного значення від заданого видається повідомлення про несправності.

### **Витрати на контроль функціонування і оцінку продуктивності**

З досвіду відомо, що чим точніше вимір продуктивності сонячної системи і її оцінка, тим вище витрати. Це стосується і контролю функціонування установки, здійснюваного не тільки за допомогою простих контрольних функцій регулятора сонячної системи. При прийнятті рішення про прийнятність витрат на контроль і оцінку можна орієнтуватися на нормативні показники: витрати повинні складати максимум 5 відсотків від витрат на сонячну систему - це орієнтовний значення забезпечує, як правило, збалансоване співвідношення між витратами на контроль і «гарантованою» продуктивністю сонячної системи.

### **Експлуатація сонячної системи**

Для довгострокової безвідмовної і ефективної роботи сонячних систем теплопостачання необхідні не тільки високоякісні компоненти і обгрунтовані рішення. Потрібно також особлива ретельність при введенні в експлуатацію.

Термін служби сонячної системи для теплопостачання залежить не тільки від ретельності введення в експлуатацію. Не менш важливим є інструктаж користувача, а також сервісне та технічне обслуговування.

У цьому розділі описується підготовка і здійснення введення в експлуатацію, а також наводяться важливі практичні деталі, на які слід звернути увагу при перевірці та технічному обслуговуванні сонячної системи. Крім того, пояснюється іноді зустрічається в плоских колекторах явище утворення конденсату.

### **Введення в експлуатацію і технічне обслуговування**

Колектор генерує теплоту при достатній інтенсивності сонячного випромінювання, що надходить на абсорбер, незалежно від того, чи готова до роботи вся сонячна система.

Якщо сонячна система заповнена теплоносітелем, а колектор НЕ накритий, то при появі сонячного випромінювання починається виробництво

теплоти в первинному контурі. Щоб уникнути термічних навантажень сонячна система заповнюється теплоносієм тільки тоді, коли забезпечене відведення теплоти. Пробний пуск сонячної системи неможливий. Вирішальний вплив на експлуатаційні характеристики сонячної системи надає співвідношення тисків в геліоконтуре. Тільки правильне співвідношення тиску заповнення, робочого тиску установки і початкового тиску в мембранному розширювальному баку дозволяє забезпечити оптимальну роботу сонячної системи. В рамках досліджень поведінки сонячної системи теплопостачання в режимі стагнації було встановлено, що співвідношення тисків в геліоконтуре робить вирішальний вплив на ефективність і довговічність її роботи.

Для визначення необхідного тиску і введення в експлуатацію потрібно враховувати деякі особливості сонячних систем теплопостачання.

У режимі простою (холодного) в найвищій точці системи потрібно підтримувати тиск 1 бар, щоб під час роботи не допустити в цьому місці розрідження. Насос геліоконтур подає теплоносій до цієї найвищої точки, звідки потім він «опускається» по подаючому трубопроводі геліоконтур в напрямку насоса. При цьому на теплоносій діє сила тяжіння, тому в найвищому місці тиск зменшується. Оскільки в більшості випадків це місце є також найгарячішою точкою установки, то внаслідок зниження тиску тут може виникати пароутворення.

Залежно від статичної висоти трубопроводу, що подає зменшується тиск на виході з колектора.

Для захисту насоса від дії високих температур в робочому режимі або режимі стагнації сонячної системи добре зарекомендувало себе розміщення насоса на зворотному трубопроводі у напрямку течії, перед мембранним розширювальним баком.

При такому розташуванні насоса робочий тиск насоса нижче тиску стагнації системи. Щоб уникнути кавітації, воно не повинно бути нижче мінімального тиску на всмоктуючому патрубку.

Це необхідна мінімальний тиск залежить від різниці тисків в насосі, температури кипіння і робочої температури теплоносія. У звичайних сонячних системах зі статичним тиском не менше 0,5 бар і тиском заповнення в найвищій точці 1 бар цією проблемою можна знехтувати, якщо використовувати насоси Віссманн для сонячних систем. В інших конструкціях при тиску в режимі стагнації на всмоктуючому патрубку насоса менше 1,5 бар рекомендується провести розрахунок з урахуванням необхідного мінімального тиску.

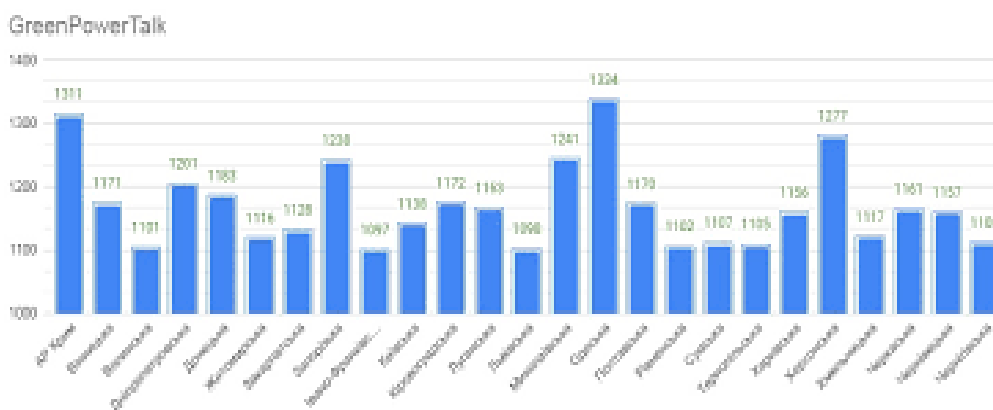


Рис. 16. Розрахунок окупності

При розрахунку статичного тиску можна знехтувати різницею в щільності стандартних теплоносіїв для сонячних систем і чистої води і прийняти значення 0,1 бар на метр.

Для кожної сонячної системи потрібно заповнити таку таблицю, щоб уникнути помилок при розрахунках і введенні в експлуатацію

За мінімального тиску в найвищій точці установки і статичному тиску можна шляхом складання обчислити робочий тиск установки.

Робочий тиск контролюється манометром, при цьому потрібно враховувати, що чим нижче знаходяться компоненти системи, тим більшому тиску вони піддаються. Це особливо важливо при визначенні початкового тиску мембранного розширювального бака. Якщо манометр, наприклад,

знаходиться «на рівні очей», а мембранний розширювальний бак на підлозі, то різниця тисків становить уже близько 0,15 бар.

Початковий тиск мембранного розширювального бака одно робочому тиску установки в місці приєднання мембранного розширювального бака мінус 0,3 бару для створення запасу теплоносія. Наявність запасу теплоносія необхідно для компенсації зменшення його обсягу внаслідок зниження температури в порівнянні з температурою заповнення.

Значення 0,3 бару гарантує, що при заповненні системи необхідну кількість теплоносія (4 відсотки від обсягу установки, але не менше 3 л) міститься в мембранному розширювальному баку.

Щоб компенсувати видалення повітря з теплоносія в перші тижні експлуатації (зниження тиску при видаленні повітря) рекомендується передбачити збільшення тиску на 0,1 бару. Таким чином, при введенні в експлуатацію тиск заповнення на 0,1 бару вище робочого тиску в системі.

#### **Мінімальні вимоги до протоколу введення в експлуатацію**

Кожен введення в експлуатацію повинен протоколюватися. Протокол введення в експлуатацію є невід'ємною частиною документації на установку і неодмінною умовою належної її передачі користувачеві. При цьому потрібно враховувати, що для отримання субсидій іноді також вимагається заповнення спеціального протоколу.

Незалежно від виду протоколу, в кожному протоколі мають бути вказані наступні дані:

- початковий тиск мембранного розширювального бака і робочий тиск установки (при температурі близько 20 °С);
- виробник і тип теплоносія, контрольні значення щільності (захист від замерзання) і рН теплоносія після заповнення та видалення повітря;
- налаштування регулятора.

Для монтажної, проектної та експлуатаційної організації протокол введення в експлуатацію без повного переліку цих даних не має практичного значення і не повинен прийматися.

Запобігання небажаного нагріву колекторів під час введення в експлуатацію

Як і при будь-якому введенні в експлуатацію технічного обладнання, тривалість цього процесу для сонячної системи неможливо визначити точно. Частою помилкою є прагнення почати введення в експлуатацію до сходу сонця, щоб всі необхідні операції завершити до потрапляння перших сонячних променів на колектор.

Якщо цей процес не може бути повністю завершений до початку нагріву колектора сонячними променями, введення в експлуатацію повинен часто перериватися, що при частково заповненої системі дуже проблематично. Тому найбільш надійним методом є екранування колекторів.

Плоскі колектори Viessmann поставляються з плівкою на склінні - цю плівку доцільно видаляти тільки після введення установки в експлуатацію. У продажу є також захисне покриття для вакуумованих трубчастих колекторів.

Щоб виключити нагрівання колекторів до або під час введення в експлуатацію, плоскі колектори Viessmann поставляються з захисною плівкою.

Якщо не перевірити попередній тиск мембранного розширювального бака з допомогою манометра, введення в експлуатацію може бути виконаний невірно.

### **Перевірка і регулювання початкового тиску мембранного розширювального бака**

Перевірка і регулювання початкового тиску мембранного розширювального бака На промислових підприємствах добре зарекомендував себе принцип, коли за робочий тиск установки, а отже, і за початковий тиск мембранного розширювального бака, відповідає той, хто вводить установку в експлуатацію, а не той, хто встановлює розширювальний бак. При введенні в експлуатацію повинен проводитися повний повторний контроль достовірності всіх даних, які мають значення для робочого тиску установки. Після цього проводиться перевірка, а при

необхідності і повторна установка початкового тиску мембранного розширювального бака. Якщо необхідно збільшити кількість газу, він заповнюється азотом, щоб запобігти дифузії кисню в теплоносій, оскільки мембрана в розширювальній посудині не повністю газонепроникна, а азот дифундує через мембрану повільніше, ніж кисень, тому початковий тиск довше залишається стабільним. Встановлене початковий тиск має бути записано в протокол уведення в експлуатацію, а в цілях безпеки і мембранному розширювальному баку. На практиці краще навіть писати словами «Початковий тиск мембранного розширювального бака». Якщо на баку вказано значення в барах, то при перевірці або технічному обслуговуванні може виникнути питання, яке ж тиск малося на увазі, навіть якщо цей запис робили особисто Ви.

### **Випробування під тиском**

Перед промиванням і видаленням повітря необхідно перевірити установку на герметичність. Природно, що це можна робити тільки при відсутності нагріву колектора сонячним випромінюванням. Для цього достатньо півгодини, оскільки температура теплоносія не змінюється. Питання випробувального тиску часто викликає дискусії. Основні компоненти перевіряються тиском, що у 1,5 рази перевищує максимальний робочий тиск. Якщо цей вид контролю перенести на всю установку, то для випробування під тиском потрібно було б усунути запобіжний клапан і блокувати його підключення. Якщо в цьому випадку не звертати особливої уваги на час дня і екранування колектора, це може привести до небезпечного зростання тиску. Тому більшість виробників вважають, що буде достатньо іспитового тиску, що становить до 90 відсотків від кінцевого тиску установки (= 80 відсотків тиску спрацювання запобіжного клапана) - але тільки з наступним обмеженням: система повинна бути двоконтурної і випробування вторинного контуру проводяться окремо у відповідності з вимогами до випробувань систем гарячого водопостачання. Для паяних мідних

трубопроводів промивка проводиться до тих пір, поки не буде видалена вся окалина. Окалина, через що міститься в ній кисню, призводить до швидкого старіння теплоносія. Viessmann рекомендує промивати установку теплоносієм через промивальну ємність.

У більшості установок не передбачено повне витікання рідини після промивання і випробування тиском - тому є небезпека, що промивна рідина залишиться в системі трубопроводів або в колекторі. Якщо установка промивається водою, то вона може розбавити теплоносій, в результаті чого він втратить свої властивості і тоді збільшиться загроза пошкодження сонячної системи при замерзанні. Тому спеціалізовані підприємства використовують каністру з «промивання теплоносієм, який можна використовувати для цих цілей кілька разів. В цьому випадку слід стежити за можливістю змішування різних теплоносіїв. Заповнення сонячної системи і видалення з неї повітря Для введення в експлуатацію необхідно провести ретельне видалення повітря з сонячної системи. Ще раз звертаємо Вашу увагу, що розташовані на даху пристосування для видалення повітря призначені тільки для заповнення установки, а не для видалення повітря під час її роботи . Це особливо слід пам'ятати при введенні системи в експлуатацію.

### **Промивка сонячної системи**

Сонячна система повинна промиватися так само ґрунтовно, як і будь-яке інше опалювальне обладнання. При цьому слід враховувати, що забруднення не повинні вимиватися в колектор. Колектори поставляються в очищеному стані. Особливо корисно промити зварні сталеві трубопроводи перед приєднанням до колекторів. В цьому випадку необхідно повторити випробування тиском після їх приєднання до колекторів. Заповнення та видалення повітря з допомогою відкритої промивної ємності і потужного насоса - це те, що називається сучасними технологіями. Цей процес здійснюється за один етап. Неприпустимо, щоб у перші дні експлуатації установка працювала з відкритим воздухоотводчиком на даху. Особливо на

першому етапі експлуатації небезпека стагнації порівняно висока, причиною цього можуть бути помилки регулювання, недостатній відбір теплоти або припинення подачі електроенергії.

Якщо установка прийнята в експлуатацію, з неї вже повинен бути повністю видалений повітря. Згідно сучасним технологіям, заповнення та видалення повітря проводиться у відкритій промивної ємності з потужним насосом. У цьому разі заповнення системи теплоносієм та видалення повітря виконуються в одному робочому процесі.

Якщо в первинному контурі сонячної системи встановлений ручний повітровідвідник, він відкривається при заповненні системи теплоносієм і знову закривається, як тільки теплоносій почне витікати. В одноконтурних установках всі подальші операції можна здійснювати з приміщення котельні. Видалення повітря через промивальну ємність триває не менше 30 хвилин.

Щоб уникнути зниження тиску на виході з колектора і подаючому трубопроводі, при промиванні і заповненні установки об'ємний витрата у подаючому до ємності трубопровод обмежується. але по консистенції впливає теплоносія (утворення піни, бульбашки повітря) зробити висновок про видалення повітря з всієї установки.

У сумнівних випадках краще проводити промивання на десять хвилин довше. При цьому слід контролювати положення клапана на подаючому до промивної ємності трубопроводі. Вентиль дозволяє уникнути зниження тиску в колекторі і підвідних трубопроводах, тобто статичний тиск на манометрі повинна бути незмінним. Якщо геліополі складається з декількох контурів, які можна відключити, то їх можна відкривати для видалення повітря окремо. При цьому особливо важливо підтримувати тиск в подаючому до промивної ємності трубопроводі, інакше теплоносія в відключених контурах геліополя в зворотних трубопроводах буде виділятися повітря внаслідок зниження тиску, і його знову потрібно буде видаляти з колектора.

Після завершення видалення повітря клапан на подаючому трубопроводі закривають, і установка залишається під тиском. При введенні в експлуатацію рекомендується заповнювати установку з дещо підвищеним тиском (приблизно на 0,1 бар), оскільки під час роботи, тобто при підвищенні температури, в установці додатково виділиться повітря і тиск, відповідно, знизиться до робочого.

Для видалення залишків повітря через повітровідвідник, особливо в складних контурах геліополя і трубопроводах, можна в перші дні запустити установку в ручному режимі управління. Це рекомендується робити особливо при введенні в експлуатацію в погану погоду: якщо теплоносій після введення в експлуатацію довгий час не циркулює і є небезпека скупчення повітря в верхніх точках установки, внаслідок чого установка не зможе бути запущена.

Після заповнення геліоконтур теплоносієм необхідно виміряти і внести в протокол важливі характеристики теплоносія (ступінь захисту від замерзання і рН).

Після заповнення та видалення повітря можна ввести в експлуатацію регулятор сонячної системи. Спочатку вибирають відповідну схему сонячної системи і налаштовують її на регуляторі. Після цього в ручному режимі перевіряють працездатність всіх підключених компонентів і достовірність показань датчиків. Далі виробляють налаштування регулятора, тобто встановлюють параметри включення і виключення відповідних регулюючих функцій. При введенні в експлуатацію всі налаштування вносяться в протокол.

### **інструктаж користувача**

Інструктаж користувача проводиться так само, як і для іншого інженерного обладнання будівель, і відповідним чином протоколюється. Правда, не існує особливих розпоряджень для сонячних систем, але користувачеві необхідно детально розповісти про те, як контролювати роботу сонячної системи. Якщо сонячна система працює в бівалентному режимі без

автоматичного контролю функціонування, користувач може виявити існуючі проблеми тільки в «ручному» режимі.

### **перша перевірка**

Перша перевірка після декількох не-дель експлуатації повинна бути обов'язковою складовою частиною обслуговування сонячної системи. Якщо спочатку сонячна система працює правильно, можна розраховувати на правильну експлуатацію і тривалий термін служби. Якщо перша перевірка виявить неполадки в роботі, слід зробити коригування та наладку сонячної системи, щоб забезпечити довгострокову надійну і ефективну роботу установки.

Щоб полегшити їх виконання для забезпечення експлуатаційної надійності установки, перша перевірка була узаконена і тепер вона є невід'ємною частиною обслуговування сонячних систем.

### **приймання установки**

Оскільки повний введення в експлуатацію може здійснюватися тільки після забезпечення добору тепла, необхідна часткова приймання, особливо при довгостроковому будівництві. Пов'язане з прийманням дозвіл на здійснення оплати не повинно стати причиною занадто раннього повного введення в експлуатацію.

Випробування сонячної системи тиском: заповнення і настройка регулятора можуть виконуватися, поки колектори закриті спеціальною плівкою. Таким чином може здійснюватися часткова приймання сонячної системи. Рекомендується погоджувати це при укладенні договору.

При введенні регулятора в експлуатацію необхідно встановити параметри включення і виключення відповідних регулюючих функцій.

## ВИСНОВКИ

1. Проблема використання альтернативних джерел енергії для побутових потреб приватних домогосподарств активно досліджується як в Україні, так і в світі. Вітрові та сонячні енергогенеруючі установки різної потужності успішно впроваджуються для забезпечення потреб в електроенергії приватного сектора.
2. Доцільність використання альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств обумовлена енергетичною незалежністю від централізованої мережі електропостачання. Враховуючи нестабільність постачання електроенергії населенню в Україні, використання сонячних та вітрових електроустановок для побутових потреб вирішує питання автономного енергозабезпечення приватних домогосподарств.
3. Можливість впровадження альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств визначається природним енергетичним потенціалом місцевості, потребами в електроенергії конкретного домогосподарства та потужністю обраної установки.
4. Сонячні електростанції, а також вітрові установки малої потужності вигідно розміщувати на території приватного об'єкту.
5. Енергогенеруючі установки, які працюють за рахунок енергії сонця та вітру, здатні задовольнити потреби домогосподарства в електроенергії та забезпечити безперебійне електропостачання для споживачів, що сприяє утворенню енергетичної незалежності окремих приватних господарств та держави в цілому.

Відповідно до результатів представлених досліджень, автор рекомендує впроваджувати автономну систему енергопостачання до приватних домогосподарств, оскільки це позбавить їх власників залежності від централізованого енергопостачання та може надати стабільний економічний прибуток.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ І ЛІТЕРАТУРИ

1. Біопалива: технології, машини, обладнання / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло та інші. К. : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
2. Біоенергія в Україні - розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив / За ред. В. О. Дубровіна, Анни Гжибек та В. М. Любарського. Kaunas : IAE LUA, 2009. 120 с.
3. V. Dubrovin, M. Melnychuk. Agricultural & environmental engineering for Bioenergy Production / Proceedings of the 33TH CIOSTA & 5TH cigr Conference. Reggio Calabria. 2009. Vol. 2. P. 1121-1123.
4. Валентас К. Д. Пищевая инженерия: справочник с приме- рами расчетов / Пер. с англ. / К. Д. Валентас, Е. Ротштейн, Р. П. Сингх. СПб : Профессия. 2004. 848 с.
5. Гелетуха Г., Кудря С.. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Україна // Зелена енергетика. 2005. № 18. С. 8-10.
6. Горбунов Д. Е. Инновационный подход к производству альтернативных видов топлива из древесных отходов [Текст] / Д. Е. Горбунов // Инновационная деятельность. 2010. № 3. С. 75-77.
7. Калетник Г. М. Біопаливна галузь і енергетична та продовольча безпека України. / Г.М. Калетник. // Вісник аграрної науки. 2009. № 8. С. 62-64