КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Магістра

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: «Теплогазопостачання та вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету

Приймак О.В.

„___”_____20___ року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Попович Олена Анатоліївна

Тема роботи: «Теплопостачання приміщень головних газорегулюючих пунктів з використанням геліосистем»
затверджена наказом ректора КНУБА № 2494/2від 28.11.2024року

1. Керівник роботи Гламаздін П.М. доцент

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту 30.12.2024р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1 Вихідні дані;
Р. 2. Системи теплопостачання з використанням сонячної енергії;
Р. 3. Геліосистеми гарячого водопостачання;
Р. 4. Теплоносії для сонячних систем теплопостачання;
Р. 5. Явище "стагнації" в геліосистемах
Р. 6. Визначення інтенсивності сонячного випромінювання;
Р.7. Економічна частина;
Р.8. Охорона праці;
Р.9. Список використаної літератури:

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Опалення приміщення ГРП;
Р. 2. Розташування обладнання в теплогенераторній;
Р. 3. Допоміжні елементи ГГРП;

Р. 4. "Стагнація" в геліосистемах;
Р. 5. Геліосистеми;
Р. 6. Конструкція сонячного колектора;
Р. 7. Потенціал сонячної енергії;
Р. 8. Теплоносії геліосистем;
Р. 9. Методи боротьби зі стагнцією;
Р. 10. План покрівлі. Схема розміщення колекторів:

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	07.08.24
Розділ 2.	15.08.24
Розділ 3.	25.08.24
Розділ 4.	18.09.24
Розділ 5.	28.09.24
Розділ 6.	19.10.24
Остаточне оформлення роботи	28.11.24
Направлення роботи для перевірки на плагіат	02.12.24
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	02.12.24
Направлення роботи на рецензування	02.12.24

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ __Кириченко М.А._
(підпис) (прізвище, ініціали)
Керівник _____ __Гламаздін П.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)
Здобувач _____ __Попович О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології
Теплотехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:
«Теплопостачання приміщень головних газорегулюючих пунктів з використанням геліосистем»

Попович Олена Анатоліївна

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

Теплотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____Кириченко М.А.
„___” _____20___ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

«Теплопостачання приміщень головних газорегулюючих пунктів з використанням геліосистем»

Виконала Попович Олена Анатоліївна
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
«Теплогазопостачання та вентиляція»
Група зТВм-23
Керівник Гламаздін П.М. доцент

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1.ВИХІДНІ ДАНІ 7
2.СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ 10
3.ГЕЛІОСИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ 21
4.ТЕПЛОНОСІЇ ДЛЯ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 35
5.ЯВИЩЕ "СТАГНАЦІЇ" В ГЕЛІОСИСТЕМАХ 48
6.ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 53
7.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 67
8.ОХОРОНА ПРАЦІ 74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 83

ВСТУП

Актуальність теми. В останній час світ активно рухається в напрямку поступового відмовлення від вуглецевої енергетики і заміщення викопного палива на відновлювані джерела енергії, серед яких велику частку займає сонячна енергія. Одним з напрямків використання сонячної енергії є галузь побутового теплопостачання, зокрема, гаряче водопостачання. При цьому цей напрямок вважається найбільш перспективним та навіть легким з реалізації через відсутність необхідності догівати воду до високої температури. Фактично всі напрацювання в цій технології розроблялися, виходячи з такої позиції. Однак при проектуванні геліосистем гарячого водопостачання виникає проблема неузгодженості споживання гарячої води з зміною потужності інсоляції протягом доби. Зазвичай вона вирішується шляхом використання акумуляторів теплоти. Однак при проектуванні геліосистем для об'єктів з великим споживанням гарячої води проблема загострюється через зростання об'ємів акумуляторів і площі геліополя до таких розмірів, що їх стає важко розмістити на об'єкті або поблизу від нього. Одним з напрямків вирішення прблеми може бути підвищення температури теплоносія в першому контурі геліосистеми. Такий підхід дає можливість суттєво зменшити об'єм акумулятор теплоти і площу геліополя. Досі такий підхід не досліджувався черех загрозу так званої "стагнації" геліосистем, яка полягає в можливості скипання теплоносія в геліоколекторі в години найбільшої інтенсивності інсоляції, які співпадають з найменшим споживанням гарячої води. Проблему можна вирішувати використанням спеціальних теплоносіїв, що мають високий рівень температури скипання при помірних і навіть низьких тисках стану насичення. Таким чином напрямок дослідження в дійсний час є актуальним.

Мета та завдання дослідження.

Аналіз можливості використання високотемпературних органічних теплоносіїв (ВОТ) в системах геліопостачання з метою повного використання потенціалу інсоляції шляхом відвищення температури теплоносія в першому контурі геліосистем. Для досягенння поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- визначити можливий температурний діапазон роботи безстагнаційних геліосистем;
- підібрати теплоносій для цих геліосистем;
- проаналізувати пеебіг теплогідравлічних процесів, що можуть мати місце в сонячних колекторах з високотемпературними теплоносіями.

Методи дослідження. Аналітичні дослідження та обчислювальні експериментальні дослідження нестаціонарного теплообміну при істотній зміні теплофізичних властивостей теплоносія зі зміною його температури.

Наукова новизна. Геліосистеми теплопостачання працюють в умовах змінної в широкому діапазоні інтенсивності інсоляції, що в свою чергу обумовлює зміну температури теплоносія також у широкому діапазоні. Теплофізичні властивості ВОТ сильно залежать від температури, що впливає на теплогідравлічні процеси в сонячних колекторах і відповідно на теплосприймальні характеристики останніх. Розрахунковий апарат для обчислення теплогідравлічних процесів в таких умовах на сьогодні відсутній. Відсутні також експериментальні дослідження теплогідравлічних процесів в сонячних колекторах з ВОТ. Використання ВОТ в якості теплоносіїв потребує вирішення цих нових теплофізичних проблем.

1.Вихідні дані.

ГГРП-6 було передано на баланс АТ»Київгаз» у 1987 році, рік побудови станції 1973.

Станція була обладнана регуляторами тиску та клапанами типу ВО-ВЗ, які потребують постійно перебуваючого персоналу, в кількості 6 штук, які працювали на потребу побуту, трьома регуляторами РДУК-200, які працювали на забезпечення потреби станції теплопостачання #1, трьома пиловловлювачами, одним конденсатозбірником і мала пропускну спроможність 125 тис м3/годину.

Таке обладнання було морально й фізично застарілим, не відповідало потребі забезпечення в заданих параметрах тиску газу в мережі, низька пропускна здатність, відсутність запасних частин для ремонтів обладнання, складність при проведенні технічного обслуговування.

Реконструкція ггрп-6 проводилась в 2 етапи.

Першим етапом (2018 рік) було змонтовано байпасну лінію з регулятором РДП-200В з пск та пзк, фільтром та запірною арматурою.

Другим етапом (2019 рік) було демонтовано повністю старе обладнання та змонтовано дев’ять нових ліній з регуляторами тиску Tartarini FL-150 (6 ліній на забезпечення потреб биту, 3 лінії на на забезпечення потреби Станції теплопостачання #1), нові фільтри, зск, ззк, запірна арматура, котел Нова Флорида для забезпечення власних потреб станції, змонтовано систему телеметрії з можливістю віддаленого контролю основних параметрів роботи станції. Проведено капітальний ремонт будівельної частини, облаштування прилеглої території, встановлено систему первинного попередження надзвичайних ситуацій, забезпечено відеонагляд та охорону території.

Пропускну спроможність збільшено до 250 тис.м3/годину (50 тис.м3/годину на СТ1 та 200 тис.м3/год на бит).

Така реконструкція дозволила збільшити пропускну спроможність станції, зменшити шумове навантаження, підвищити надійність та безпечність газопостачання до станції теплопостачання #1 та в розподільчу мережу міста Києва, також з’явилася можливість

експлуатації ГГРП без постійно перебуваючого персоналу з віддаленим контролем параметрів роботи станції.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Сучасні тенденції розвитку відновлюваної енергетики у світі

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). Вирішенням цієї проблеми є розширення обсягу використання нових нетрадиційних та відновлюваних джерел 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, простота перетворення та екологічна чистота).

Поняття відновлювальної або регенеративної енергії передбачає той вид енергії, який можна використовувати нескінченно і джерело цієї енергії ніколи не вичерпається в межах існування людства. До подібних джерел належить енергія природних ресурсів – вітру, води, сонця та тепла. Крім того, ці джерела енергії не здійснюють шкідливого впливу на навколишнє середовище, тобто при їх використанні не утворюється шкідливі відходи, які можуть забруднити атмосферу, воду, ґрунт і тим самим завдати збитків природі [2].

Важливим аспектом є також можливість створення запасів органічної сировини для неенергетичних потреб та збереження запасів енергоресурсів для майбутніх поколінь. У світі проводяться активні дії щодо зменшення забруднення навколишнього середовища, впершу чергу за рахунок мінімізації викидів парникових газів. Нова угода в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р. була підписана в Парижі 12 грудня 2015 року і має на меті спрямовувати зусилля на обмеження зростання температури на рівні 1,5 °С від доіндустріальних показників [1]. На відміну від Кіотського протоколу, Паризька кліматична угода передбачає, які зобов’язання зі скорочення шкідливих викидів

в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку. Передбачено, що такі цілі буде досягнуто шляхом дотацій країнам, що розвивають використання низьковуглецевих технологій відновлюваної енергетики та скорочення видобутку і використання викопних видів палива.

Відновлювані джерела енергії слід класифікувати за видами енергії:

■ механічна енергія (енергія вітру і потоків води);

■ теплова і промениста енергія (енергія сонячного випромінювання і тепла Землі);

■ хімічна енергія (енергія, вміщена в біомасі).

Найбільшими виробниками ‘зеленої’ електроенергії є 6 країн, сумарні потужності яких становлять 71,5% світових (258 ГВт, без урахування гідроенергії): Китай, США, Німеччина, Японія, Індія, Італія (рис. 1) [2].

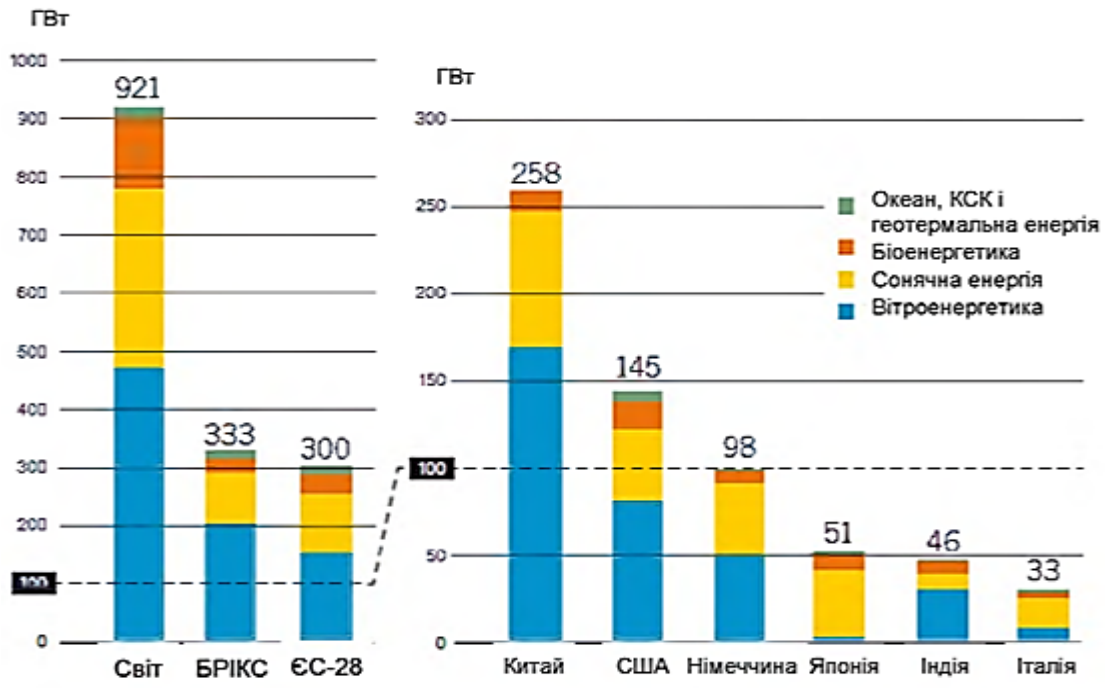


Рис. 1 Потужності альтернативних джерел енергії в країнах світу, БРІКС, ЄС-28 і шести розвинутих країнах світу в 2018 р. [2]

Станом на 2020 р. вперше відновлювані джерела енергії забезпечували майже 38% усієї електроенергії, а з викопного палива – 37% (згідно зі звітом аналітичних центрів Ember і Agora Energiewende) наведено на рис.2 [2].

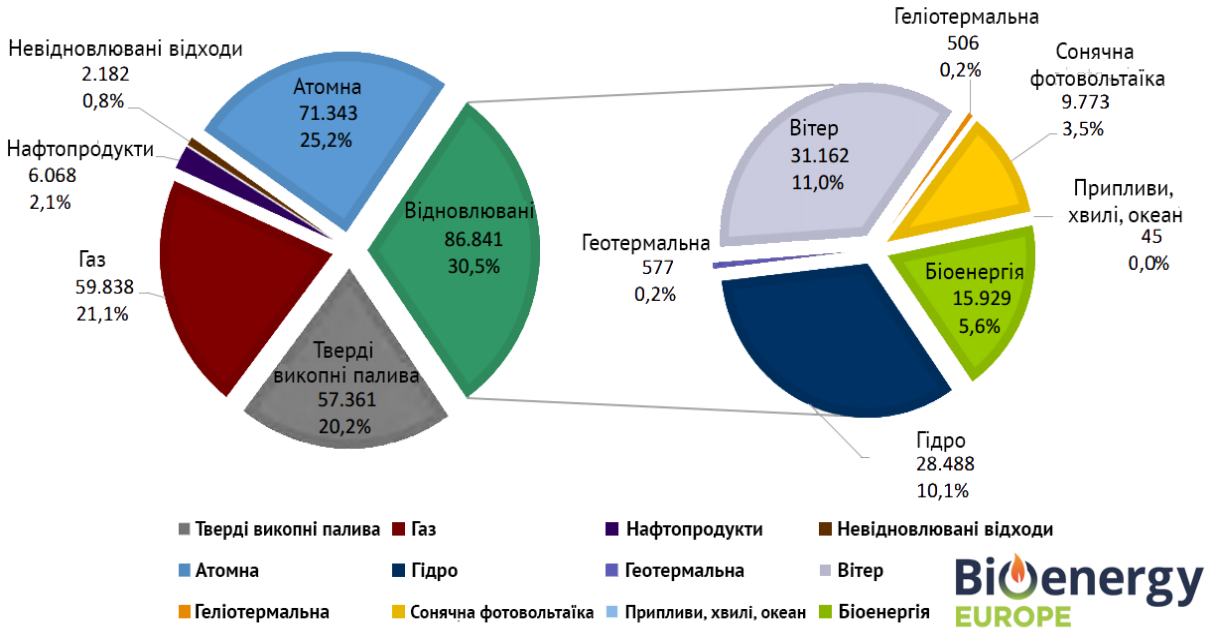


Рис. 2. Частка відновлюваної енергії у загальному виробництві електроенергії в розвинених країнах світу в 2020 р. [2]

У 2018 р. було введено в дію приблизно 180 ГВт нових потужностей відновлюваних джерел енергії. Потужності відновлюваної енергетики в країнах-лідерах і регіонах світу в 2018 р. та очікувані дані на період до 2024 р. представлено на рис. 3 [3].

Теоретично-можливий річний потенціал відновлюваних енергоресурсів планети перевищує потенційні запаси органічного і ядерного палива в 15 разів і майже у 80 разів перевищує розвідані запаси традиційних енергоресурсів. Доцільно-економічний потенціал відновлюваних енергоресурсів планети приблизно в 2 рази перевищує об’єм річного видобутку всіх видів органічного палива [4].

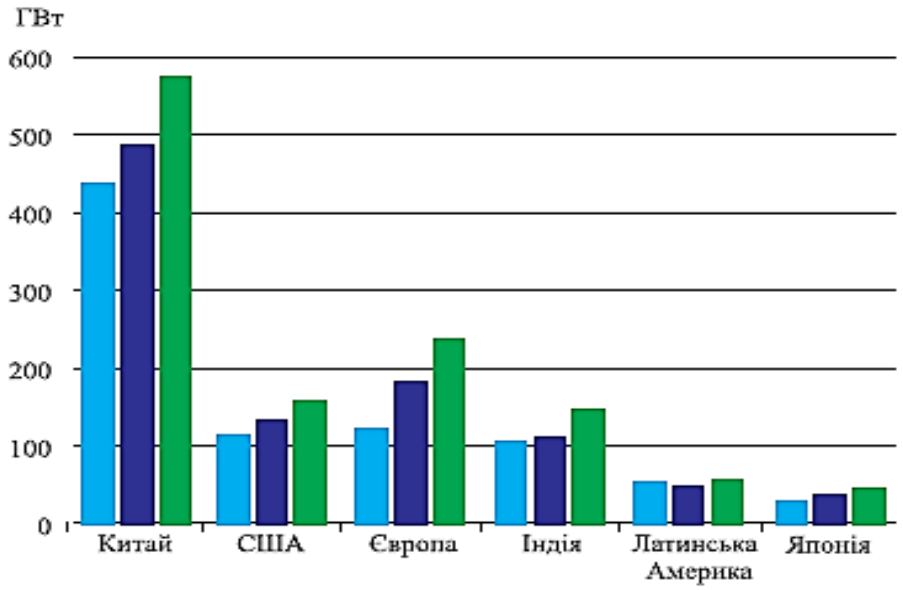


Рис. 3 Потужність відновлюваної енергетики в деяких країнах та регіонах світу [3]:

– у 2018 р. (стовбці голубого кольору);

– прогноз зростання до 2024 р. (стовбці синього кольору);

– прогноз прискореного розвитку до 2024 р. (стовбці зеленого кольору)

Використання сонячної енергії для систем теплопостачання у світі

Як показано вище останнім часом постійно підвищується актуальність тематики використання альтернативних джерел енергії. Найбільш перспективним з них представляється сонячна енергія. Переваги енергії сонячного випромінювання, як енергетичного ресурсу порівняно із органічними видами палива, полягають у практичній невичерпності джерела енергії, можливості використання енергії сонячної радіації на більшості ділянок поверхні Землі як місцевого енергетичного джерела та у можливості безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації в теплову та електричну енергію. Прихід сонячної радіації змінюється протягом дня та від місця до місця, особливо у гірських районах. Радіація змінюється в середньому від 1000 кВт·год/м² на рік для північноєвропейських країн, до 2000-2500 кВт·год/м² на рік для пустель. Погодні умови та відмінювання сонця (яке залежить від широти місцевості), також призводить до відмінностей у приході сонячної радіації (рис.4) [5].

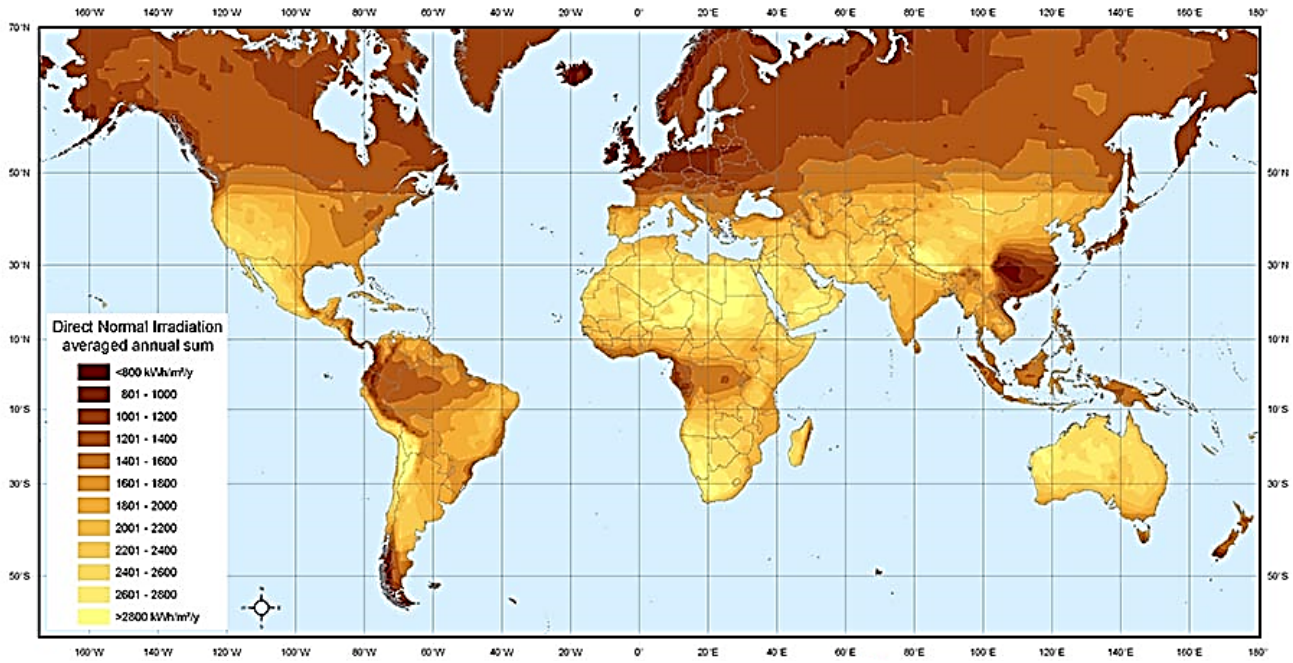


Рис. 4 Розподіл сонячного випромінювання на Землі [5]

Сонячні енергетичні системи – це енергетичні установки, що перетворюють енергію сонячної радіації в інші види енергії.

Залежно від методу перетворення сонячні енергетичні системи поділяються на на дві основні групи: активні та пасивні [6]:

- активні сонячні технології, що базуються на використанні технологій перетворення енергії сонячної радіації на електричну енергію та на отримання теплової енергії з метою перетворення сонячного випромінювання на корисний вихід енергії. В активних енергосистемах сонячна енергія сприймається, накопичується і транспортується в спеціальних пристроях;

- пасивні сонячні технології, які базуються на виборі та використанні матеріалів із ефективними тепловими характеристиками, вигідному розташуванні будівель відносно положення Сонця та інше. У пасивних системах приймачем служать самі об’єкти, що нагріваються.

Найбільш широке застосування сонячна енергетика знайшла у системах теплопостачання. Вони слугують для гарячого водопостачання, опалення та інших потреб, що дозволяє значно зменшити використання традиційних паливних ресурсів. У країнах, де має місце високий рівень розвитку сонячної енергетики, існують відповідні державні програми, які забезпечують сприятливі умови, в тому числі економічні, для її використання і розвитку. За даними МЕА до кінця 2018 р. сумарна площа встановлених колекторів в 26 країнах, найбільш

активних в цьому відношенні, склала близько 100 млн/м². За площею встановлених колекторів, що припадає на 1000 жителів, лідирують Ізраїль (608 м), Греція (298) і Австрія (220). Слідом ідуть Туреччина, Японія, Австралія, Данія і Німеччина з питомою площею встановлених колекторів 118-452/1000 жителів рис. 5 [7].

Світовий лідер за кількістю колекторів на тисячу жителів - Кіпр, де 90% будинків обладнані сонячними установками (на тисячу жителів тут припадає 615,7 м² сонячних колекторів), за ним слідують Ізраїль, Греція і Австрія. Абсолютним лідером за площею встановлених колекторів в Європі є Німеччина - 47%, далі йде Греція - 14%, Австрія -12%, Іспанія - 6%, Італія - 4%, Франція - 3% (рис. 6) [7].

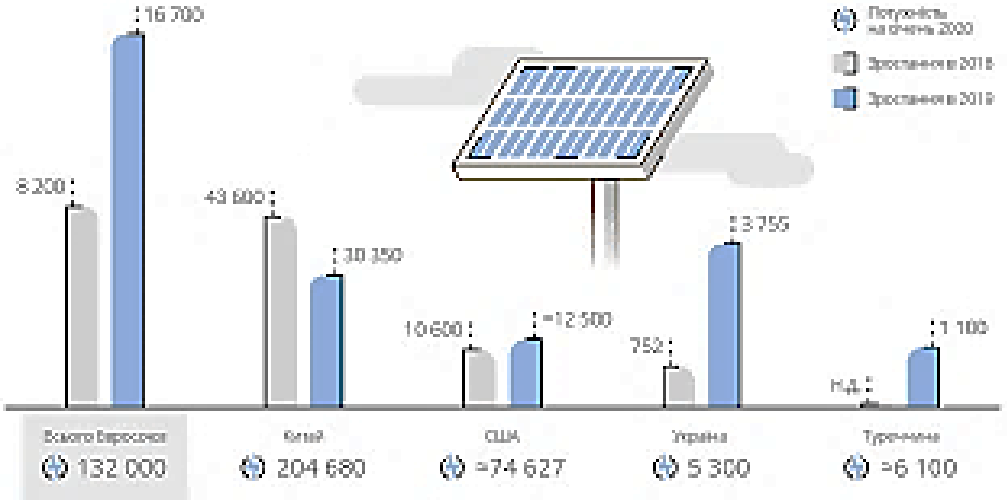


Рис.5 Встановлені потужності СЕС і їх приріст в деяких країнах Світу

Європейські країни - безперечні лідери в розробці нових технологій систем сонячного опалення та гарячого водопостачання, однак сильно поступаються Китаю в обсягах введення в експлуатацію нових сонячних установок. Із загальної площі сонячних колекторів, встановлених в світі в 2018 р, 78% встановлено в Китаї. Ринок СВУ в Китаї останнім часом зростає з темпом 28% на рік [7].

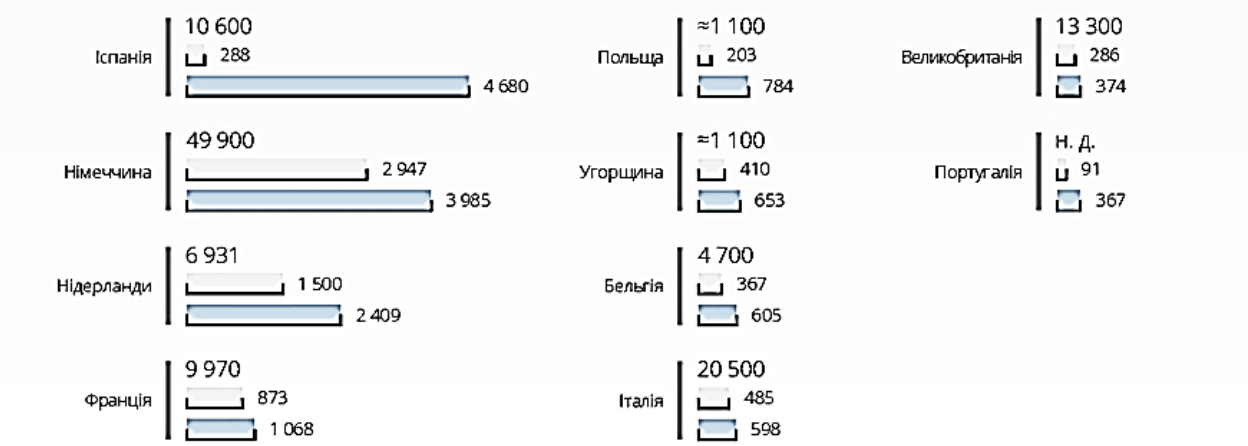


Рис. 6 Встановлені потужності СЕС і їх приріст в Євросоюзі за 2018-2019 [7]

Гаряче водопостачання - найбільш поширений, найпростіший, найдешевший вид прямого застосування сонячної енергії. Сонячна енергія, якої цілком достатньо на поверхні землі, може ефективно використовуватися для нагрівання води, необхідної для побутових потреб. Питання зниження витрат на енергоносії в багатоповерхівках і будинках клубного типу стоїть надзвичайно гостро. Вартість комунальних послуг постійно підвищується, що змушує власників шукати нові засоби зниження витрат.

Подібні системи зможуть забезпечити багатоквартирний будинок у літній період на 100%, а в решту пори року – до 80%. Також скорочуються витрати на експлуатацію локальних котелень та традиційних тепломереж. Геліотермальна енергія все частіше використовується в усьому світі для обігріву будинків. Понад 97% від загальної кількості встановлених сонячних теплових систем в Європі використовувалися для виробництва гарячої води для побутових потреб, а решта 3% підключені до великомасштабних систем централізованого опалення. Навіть в регіонах з відносно невеликою кількістю сонячної радіації, наприклад в Північній Європі, сонячна система може забезпечити 50-70% потреби в гарячій воді. У Південній Європі сонячний колектор може забезпечити 70-90% споживаної гарячої води рис.7 [8].

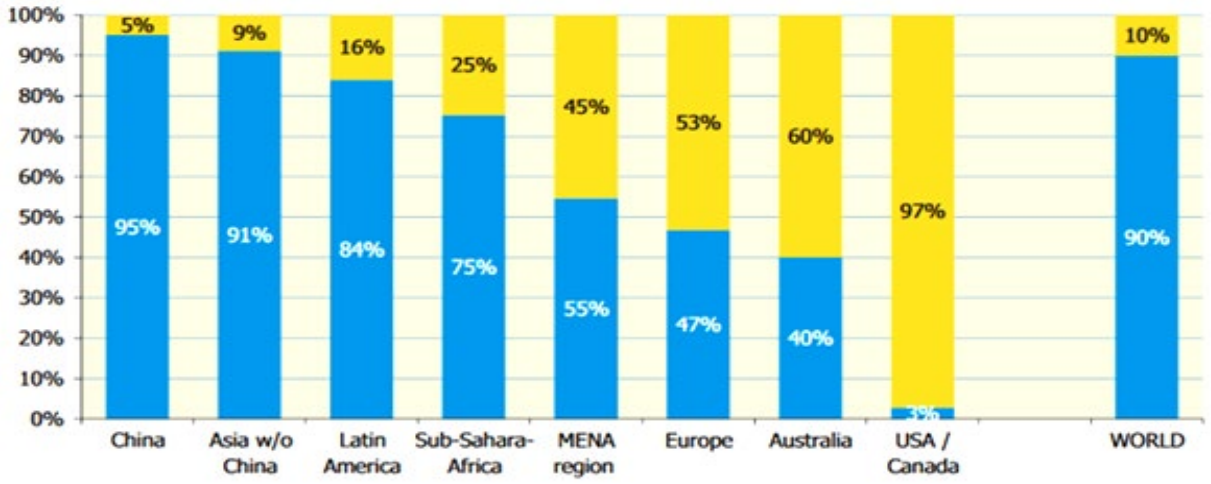


Рис. 7. Використання систем сонячного гарячого водопостачання в країнах світу

Плоскі коллектори Вакуумовані коллектори

Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Термін ефективної експлуатації геліоенергетічного обладнання в південних областях України – 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень).

Сонячна фотоенергетика використовує пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію за допомогою фотоелементів. Фотоенергетичних обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протягом всього року [9]. Встановлена фотовольтаїчна система потужністю 1 кВт, що складається зі стандартних кремнієвих модулів, інсталірована в Одеській області, виробляє на рік у середньому не менше 1150 кВт·год електроенергії, що на 15% перевищує потенціал південних регіонів Німеччини, яка, як відомо, є лідером за інсталяцією сонячних електростанцій рис.8 [10].

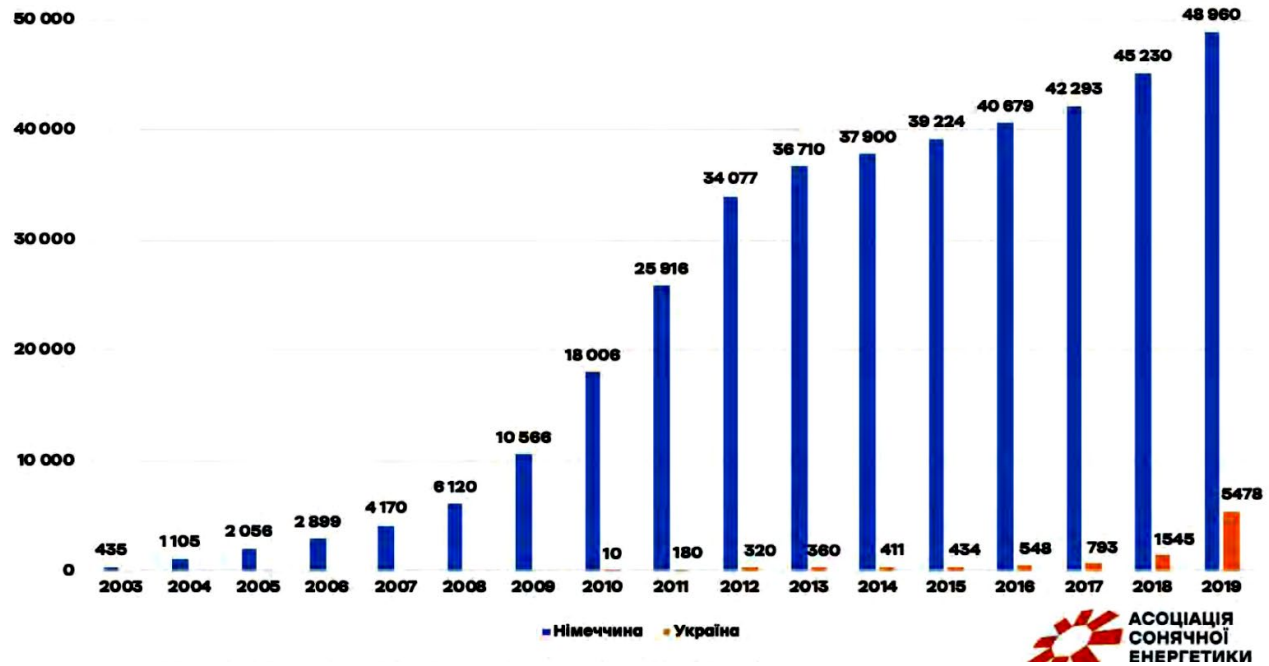
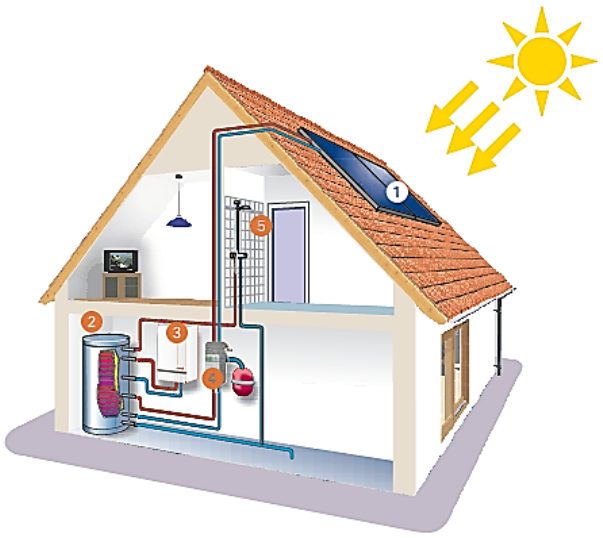


Рис.8 Порівняння потужністей СЕС Німеччини та України [10]

Розвиток сонячної енергетики в Україні відбувається досить швидкими темпами. Так, з 2010 по 2018 рік встановлена потужність вітчизняних об’єктів сонячної електроенергетики зросла з 10 до 1388 МВт й збільшився до 3000 МВт у 2022 році. Зараз в країні функціонує більше 2000 промислових і майже 10000 приватних альтернативних сонячних електростанцій. За прогнозами експертів, приєднана потужність до 2035 року має досягти 5 ГВт [11].

Іншим перспективним напрямком є використання сонячної енергії для отримання теплової енергії, з подальшим її застосуванням в системах гарячого водопостачання і опалення. Геліоустановки мають ряд переваг, одними з яких є зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище та раціональне використання природних ресурсів.

В Україні зараз стрімко розвиваються два напрямки: Перший – це використання сонячної енергії для отриманням теплоти для гарячого водопостачання (ГВП) та опалення, інший для отримання електричної енергії рис.9 [12].



1. колектор
2. теплоакумулятор
3. опалювальний котел,
4. блок управління
5. споживач гарячої води (наприклад, душ)

Рис. 9 Геліотермальна установка для нагрівання питної води в приватному будинку

За своїми кліматичними умовами Україна належить до територій із середньою інтенсивністю сонячної радіації. Однак, в країні більше сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС, що робить її придатною для перспективного розвитку систем теплопостачання з використанням сонячної енергії. Залежно від регіону, рівень сонячної радіації, в Україні складає 1000-1350 МВт рік рис.10 [13], що підтверджує доцільність впровадження використання сонячного потенціалу на її території..

Загальна площа сонячних колекторів в Україні в 2018 р. склала біля 45 тис.м² [14]. Оцінювальний потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях рис. 11 [14]. Провівши паралелі з країнами, які мають той же рівень величини сонячної радіації, можна зробити висновок, що в міжсезоння сонячні колектори можуть забезпечувати до 50%, а в літні місяці - до 90% гарячого водопостачання приватного будинку.

Рис. 10. Розподіл сумарної сонячної радіації по території України [13]

У кліматометеорологічних умовах України для сонячного теплопостачання ефективним є застосування як плоских та трубчатих сонячних колекторів, так, у подальшому, і концентруючих, які використовують пряму і розсіяну сонячну радіацію [16].

Рис.11. Потенціал річного виробітку електроенергії сонячними електростанціями України [14]

На даний час в Україні використовуються різні типи сонячних систем ГВП. Найбільш розповсюдженими є використання недорогих типів сонячних систем ГВП у сполученні з СК і БА (сонячних колекторів з баками-акумуляторами) ємністю абсорбера до 100 л, для забезпечення комунально-побутових потреб населення в гарячій воді в літній період. Перспективним також є широке впровадження сезонних сонячних систем ГВП із природньою циркуляцією води у системах різного масштабу: з ємністю бака-акумулятора від 100 до 1000 л для гарячого водопостачання невеликих об'єктів відпочинку пансіонатів, санаторіїв і ін.), розташованих на узбережжі Чорного й Азовського морів [16].

Значну економію паливно-енергетичних ресурсів, особливо у південних областях України, може забезпечити перехід існуючих котелень у режим сонячно-паливних котелень. У цьому випадку сонячна приставка до котельні забезпечує попередній підігрів сонячним випромінюванням котлової води в теплий період року.

Розділ 3. Геліосистеми гарячого водопостачання

Огляд існуючих схем систем сонячного гарячого водопостачання

Сонячна радіація може бути перетворена в корисну енергію, використовуючи так звані **активні і пасивні сонячні системи** [17,18,19].

Для пасивних систем характерно використовувати як елемент, що сприймає сонячну радіацію і перетворює її на теплоту, саму будівлю або її окремі огорожі (будівля-колектор, стіна-колектор, покрівля-колектор тощо). До активних сонячних систем відносяться використання сонячної енергії здійснюється за допомогою сонячних колекторів і сонячних систем [18]. В активних системах геліоприймач є самостійним окремим пристроєм, що не належить до будівлі.

В даний час в системах ГВП, як правило, використовуються активні рідинні геліосистеми. Геліосистема включає три основні конструктивні елементи: геліоколектор - приймач теплової сонячної енергії; акумулятор теплоти, наприклад, водяний бак-акумулятор; систему передачі теплоти споживачеві. Основі компоненти геліосистеми вказані на Рис.12.

Активні геліосистеми можна поділити:

- за призначенням: ГВП, опалення; для тепло- та холодопостачання;
- за типом теплоносія: рідинні (вода, антифриз), повітряні;
- за способом циркуляції ТН: природна чи примусова;
- за тривалістю роботи: цілорічні або сезонні;
- з технічного рішення схем: одноконтурні, двоконтурні, багатоконтурні.

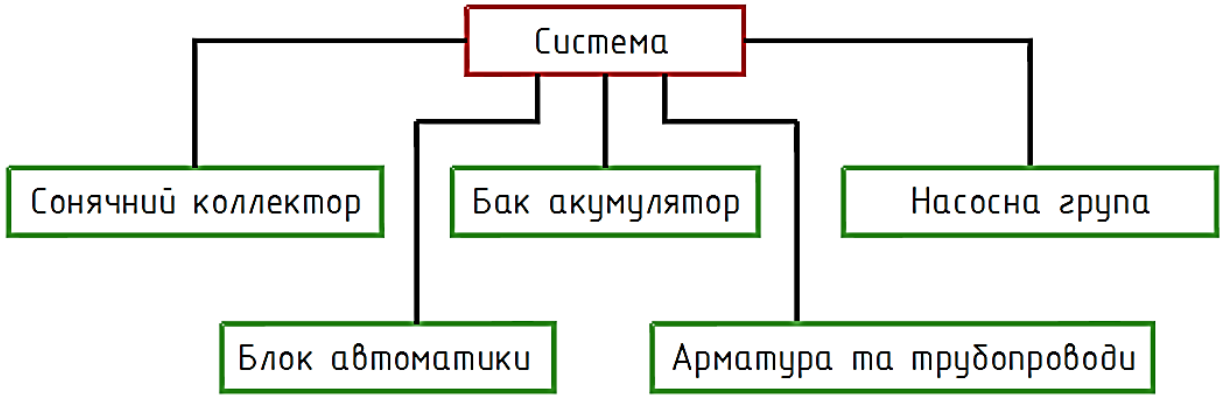


Рис.12. Принципова схема основних елементів геліосистеми

Загальна класифікація (рис.13):

1. За способом передачі теплоти від системи до води:

- прямі схеми, у яких вода підігрівається у колекторі;
- непрямі схеми, у яких відбувається відокремлення колекторного контуру (первинного) від контуру системи ГВП через теплообмінник.

2. За способом організації потоку в колекторі:

- прямоточні системи, в яких холодна вода надходить до колектора та після підігріву споживається користувачем;
- гравітаційні системи (термосифонні) з так званим пасивним контуром, у яких циркуляція води між баком та колектором виникає від різниці тиску води, внаслідок різниці густини води, яка надходить та виходить з колектора;
- насосні системи з так званим активним контуром, у яких циркуляція між колектором та баком здійснюється насосом.

3. За способом використання теплової енергії, що отримується від сонячного випромінювання:

- одноконтурні системи, що слугують виключно для однієї мети;
- багатоконтурні системи, які потребують кілька видів систем.

На рис. 14, 15, 16 показані принципові схеми сонячних водонагрівальних установок, що застосовуються в системах ГВП.

Установки з природною циркуляцією працюють в залежності від інтенсивності сонячної радіації (рис.14а) [19]. Вони не обладнуються приладами автоматичного регулювання. Ці установки можуть бути виконані по двохконтурній схемі (рис.15а). Циркуляція теплоносія в теплоприймальному контурі в теплий період року - природна.

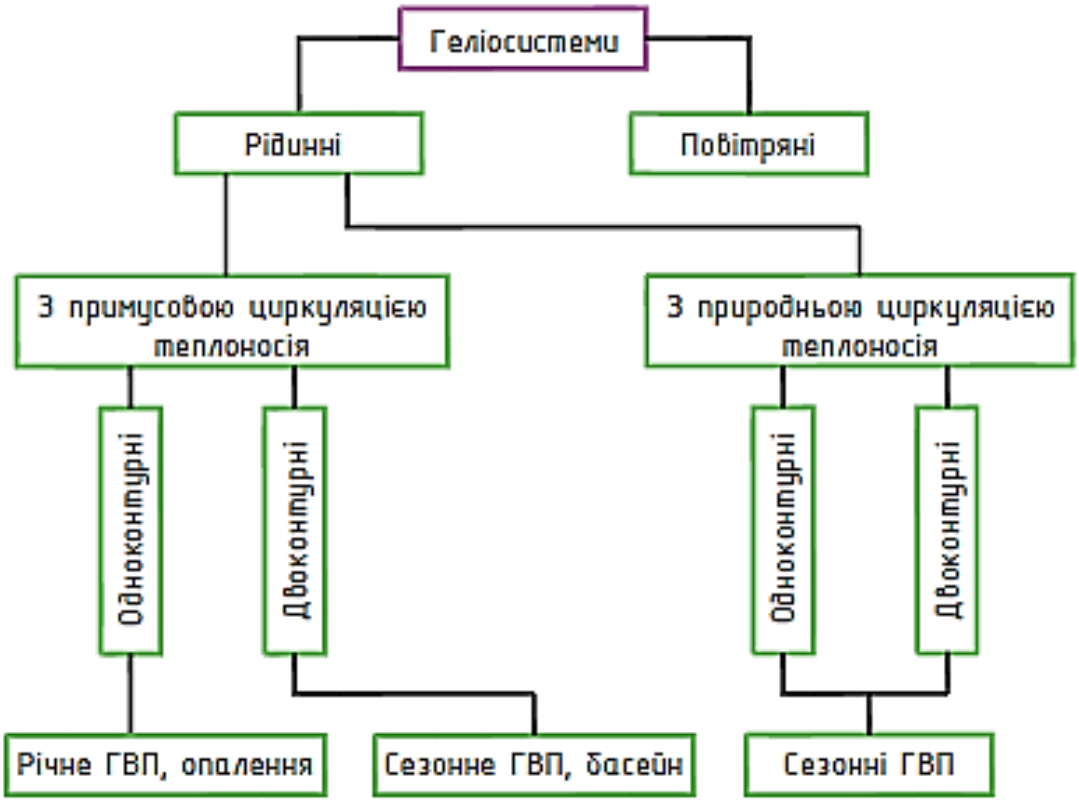


Рис.13. Класифікація схем сонячного гарячого водопостачання

Живлення теплоносія водою здійснюється, як правило, через розширювальний бак з поплавковим клапаном. Підігрів холодної води на потреби гарячого водопостачання здійснюється в ємнісному теплообміннику, який встановлюється вище рівня розміщення коллектора. Теплоносій - вода (в теплий період року). Забір води з ємнісного теплообмінника на потреби гарячого водопостачання проводиться з верхнього рівня плаваючим водозабором.

Установки сонячного гарячого водопостачання сезонної дії без дублера з примусовою циркуляцією (рис. 14б) складаються з сонячних колекторів, швидкісних теплообмінників, циркуляційних насосів теплоприймального контура, насосів контура гарячого водопостачання, розширювального бака, баків-акумуляторів, регулюючої та водорозбірної арматури. Вони можуть бути рекомендовані для спальних корпусів пансіонатів, баз відпочинку, шкіл, дитячих садків та інші.

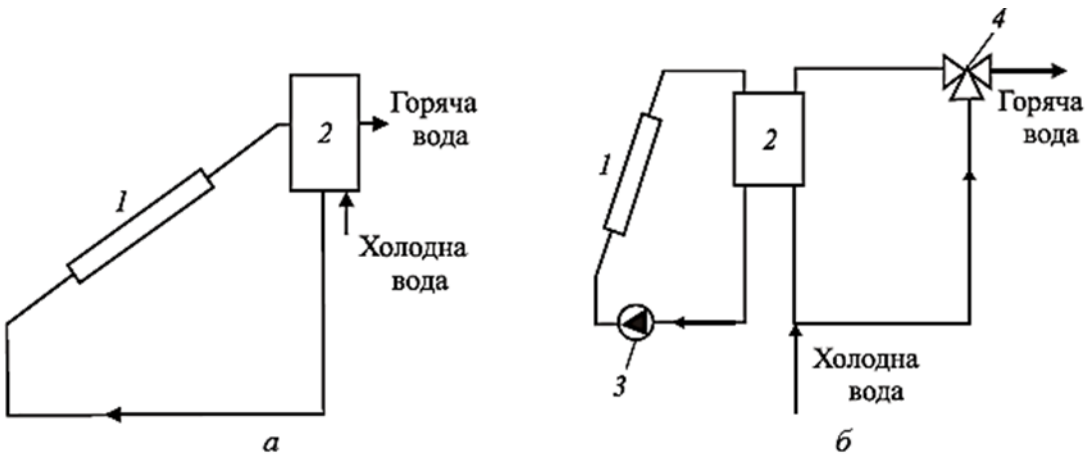


Рис. 14 Принципова схема сонячної водонагрівальної установки:

а – із природною циркуляцією теплоносія; б – примусовою циркуляцією теплоносія; 1 – колектор сонячної енергії (геліоколектор); 2 – бак-акумулятор гарячої води; 3 – насос; 4 – змішувальний вентиль.

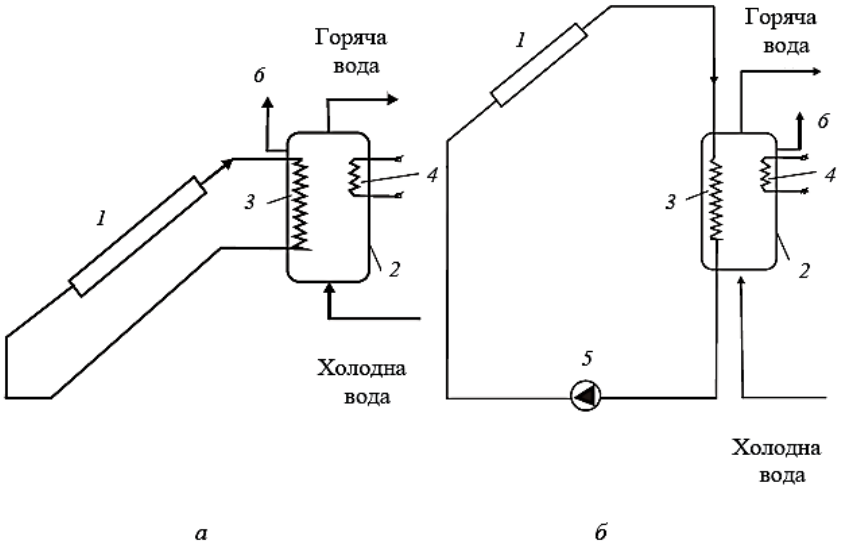


Рис. 15. Двоконтурна схема сонячної водонагрівальної установки:

а – із природною циркуляцією теплоносія; б – примусовою циркуляцією теплоносія; 1 – колектор сонячної енергії (геліоколектор); 2 – акумулятор тепла; 3 – теплообмінник; 4 – резервне (додаткове) джерело енергії; 5 – насос; 6 – запобіжний клапан

Кількість теплоносія, циркулюючого через водонагрівачі, змінюється регулятором в залежності від інтенсивності сонячної радіації для підтримання постійної температури його нагріву. Холодна вода нагрівається в швидкісному теплообміннику (витрати води регулюються регулятором) та зливається в баки-

акумулятори. З баків акумуляторів вода насосами гарячого водопостачання подається до водорозбірної арматури.

Комбіновані геліосистеми цілорічної дії для цілей (рис.15) теплохолодозабезпечення будівель багатоконтурні і включають додаткове джерело теплоти - дублера [18].

Резервне джерело теплоти повинно забезпечувати 100% теплового навантаження через нестабільності надходження сонячної енергії геліосистеми. Останні традиційно використовуються як перший ступінь для попереднього підігріву води у звичайних паливних системах гарячого водопостачання. В якості резервного джерела теплоти використовують різна джерела теплоти (рис. 16). Вибір резервного джерела теплоти залежить від температурного режиму, технічної та економічної можливості реалізації.

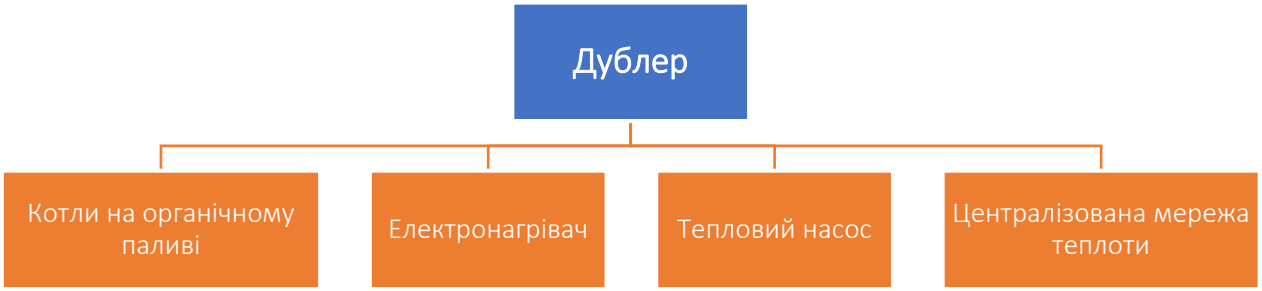


Рис. 16 Резервні джерела теплоти в двоконтурих сонячних системах гарячого водопостачання

Принципова схема системи сонячного теплопостачання приведена на рис. 17. Вона включає три контури циркуляції [18]:

– перший контур, що складається з сонячних колекторів 1, циркуляційного насоса 8 і рідинного теплообмінника 3;

– другий контур, що складається з бака-акумулятора 2, циркуляційного насоса 8 і теплообмінника 3;

– третій контур, що складається з бака-акумулятора 2, циркуляційного насоса 8, водоповітряного теплообмінника (калорифера) 5.

Функціонує система сонячного теплопостачання в такий спосіб. Теплоносій (антифриз) теплоприймального контуру, нагріваючись в сонячних колекторах 1, надходить в теплообмінник 3, де теплота антифризу передається воді, що циркулює в міжтрубному просторі теплообмінника 3 під дією насоса 8 другого контуру. Нагріта вода надходить в бак-акумулятор 2. З бака акумулятора вода забирається насосом гарячого водопостачання 8, доводиться при необхідності до необхідної температури в дублері 7 і надходить в систему гарячого водопостачання будівлі. Підживлення бака-акумулятора здійснюється з водопроводу. Для опалення вода з бака-акумулятора 2 подається насосом третього контуру 8 в калорифер 5, через який за допомогою вентилятора 9 пропускається повітря і, нагрівшись, надходить в будівлю 4. У разі відсутності сонячної радіації або нестачі теплової енергії, що виробляється сонячними колекторами, в роботу включається дублер 6. Вибір і компонування елементів системи сонячного теплопостачання в кожному конкретному випадку визначаються кліматичними факторами, призначенням об'єкта, режимом теплоспоживання, економічними показниками (рис. 17).

В круглорічних установках сонячного гарячого водопостачання в теплоприймальному контурі в якості теплоносія повинні застосовуватись антифризи – низькозамерзаючі рідини.

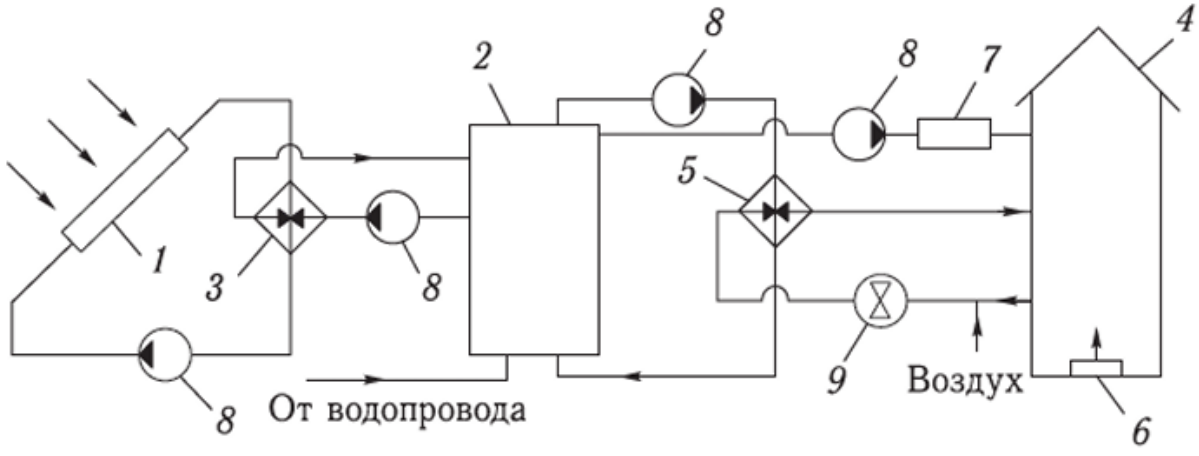


Рис. 17 – Принципова схема системи сонячного теплопостачання

1 – сонячний колектор; 2 – бак-акумулятор; 3 – теплообмінник; 4 – будівля; 5 – калорифер; 6 – дублер системи опалення; 7 – дублер системи гарячого водопостачання; 8 – циркуляційний насос; 9 – вентилятор

Загальним для систем гарячого водопостачання з сонячними установками всіх типів є проблема змінного надходження сонячної енергії.

Проте і в цьому відношенні системи сонячного нагрівання води часто мають ряд переваг перед сонячними опалювальними системами, так як до режиму приготування гарячої води висуваються вимоги з надійності менш жорсткі, ніж до системи опалення, тому, що є значна різниця в тривалий безсонячний період між відкладеним пранням або прийняттям душу та розривом труб опалення, а якщо ще й погодитися з деякими незручностями та нестійкістю роботи, то систему сонячного нагрівання води конструктивно можна значно спростити.

Аналіз існуючих конструкцій сонячних коллектрів.

Основним елементом геліосистеми є сонячний колектор в якому відбувається поглинання сонячного випромінювання і передача енергії теплоносію. Сонячний колектор - пристрій для збору теплової енергії сонця (геліоустановка), що переноситься видимим світлом і інфрачервоним випромінюванням. На відміну від сонячних батарей, що виробляють безпосередньо електрику, сонячний колектор нагріває теплоносій.

Перші колектори були розроблені 200 років тому. Для отримання теплового потоку існує декілька різних конструкцій (рис.18) і технологій, які здатні сприймати до 1200 Вт / м² в сонячні дні, а в похмурі – до 400 Вт / м².

Представлені на ринку сонячні колектори, які застосовуються для підігріву гарячої води, можна поділити за наступною класифікацією [20]:

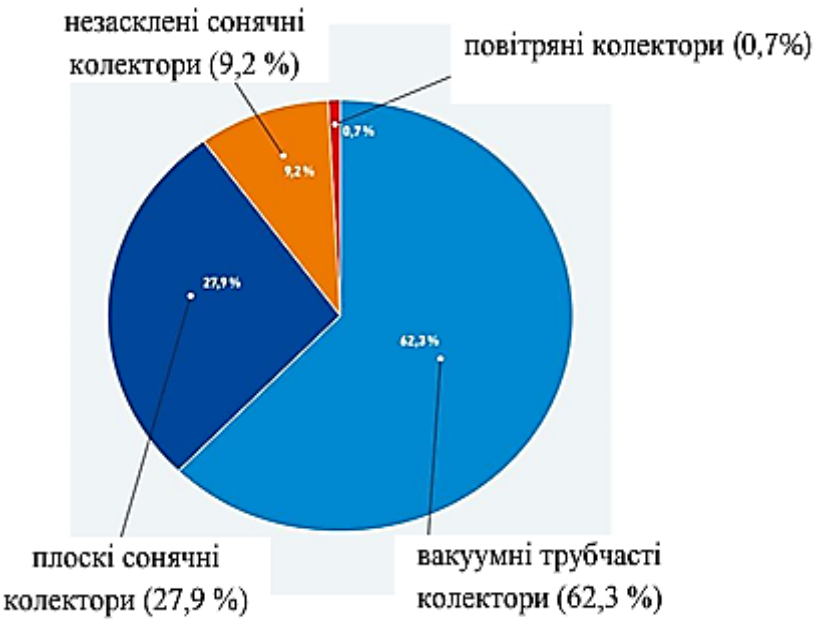


Рис. 18 Використання різних типів сонячних колекторів у світі

Залежно від діапазону температур:

- низькотемпературні (до 100°С);
- середньотемпературні (до 200°С);
- високотемпературні (понад 200°С).

Залежно від виду теплоносія:

- рідинні;
- повітряні.

Залежно від конструкції теплоприймаючої поверхні:

- плоскі;
- концентровані;
- трубчасті;
- відкриті (не засклені).

Залежно від покриття абсорбера:

- селективні:
- неселективні.

Залежно від відбіру тепла:

- проточні;
- з проміжною акумуляцією.

Основним елементом колектора є абсорбер. Саме в ньому сонячне випромінювання перетворюється на теплоту. Теплота передається з поверхні

абсорбера з селективним покриттям рідкому теплоносію через припаяні, запресовані або приварені трубки. Абсорбер у більшості випадків виготовлений з листової міді або алюмінію або зі скла. Нанесене покриття є високоселективним, тобто забезпечує максимально можливе перетворення випромінювання, що надходить, в теплову енергію (висока поглинальна здатність, альфа (α)), при цьому тільки мала частина теплоти губиться внаслідок випромінювання абсорбера (низька випромінювальна здатність, эпсилон (ε)) рис.19 [21]. Пластини абсорбера покриваються або гальванічним способом (чорний хром), або поглинаючий шар наноситься на абсорбер напиленням (так звані "Сині шари"). Висока селективність забезпечена в обох випадках, покриття відрізняються стійкістю до дії навколишнього середовища (наприклад, хлоридовмістне морське повітря), а також поглинальний та випромінювальний властивостях при різних температурах. Ті частини трубок абсорбера, на які потрапляє сонячне випромінювання, можуть бути пофарбовані чорною матовою фарбою, але в даний час це застосовується рідко. Сучасні абсорбери не повністю чорні, а, залежно від кута зору, мають синюватий або зелений відтінок [21].

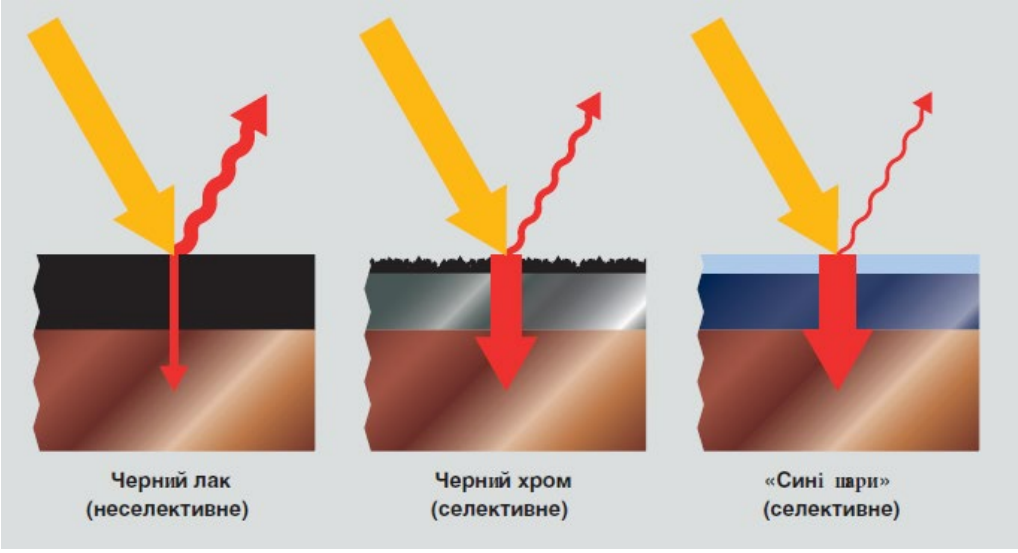


Рис.19 Селективне и неселективне покриття абсорбера

Традиційно конструкція сонячного колектора ключає в себе наступні елементи: скло, мідну трубку, абсорбер, теплоізоляція, корпус колектора (рис. 20).

Рис. 20 Основні компоненти сонячного коллектора

Розглядається дві найпоширеніші типи колекторів: плоскі та вакуумні.

Плоский сонячний колектор – найбільш поширений тип сонячних колекторів, який застосовують в геліосистемах для підігріву води і для підтримки опалення. Перевагою плоского сонячного колектора є відносна простота конструкції, що дозволяє здешевити систему при досить високих показниках продуктивності і надійності.

Конструкція плоских сонячних колекторів використовує пряме або розсіяне сонячне випромінювання і не передбачає його концентрації.

В основі конструкції плоских колекторів лежить абсорбер - мідні трубки що поєднані металевою платиною — максимальна температура близько 200º С [21]). У всіх колекторах цієї категорії застосовується принцип відбору тепла, який базується на прямому потоці.

Під впливом сонячного випромінювання на поверхні абсорбера сонячного колектора відбувається поглинання сонячної енергії, в результаті пластина абсорбера розігрівається, коефіцієнт поглинання досягає 90% [22, 24], а теплоносій, що перекачується через трубки, відбирає отримане тепло через місця з'єднання пластини абсорбера з трубками. Селективне покриття, яке наноситься на пластину абсорбера, дозволяє поглинати максимально можливу кількість теплової сонячної енергії, при цьому назад ця енергія майже не випромінюється. Прозора ізоляція (гартоване скло з низьким вмістом заліза) і теплоізоляційний шар знижують втрати теплової енергії. (рис.21) [25].

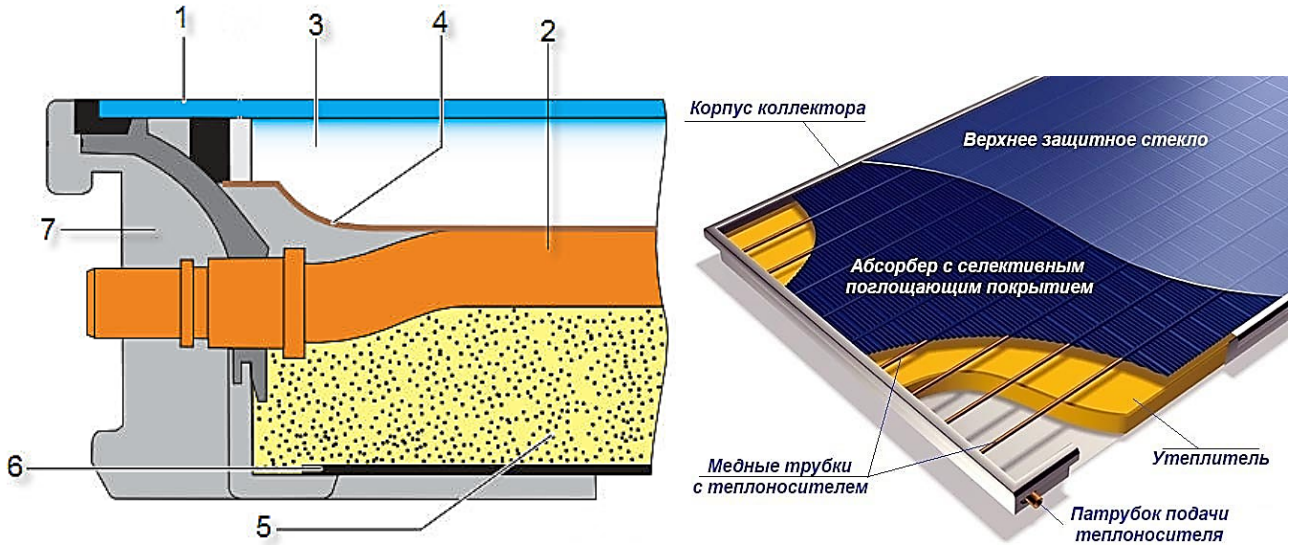


Рис.21. Конструкція плоского колектора

1 – скло, 2 – мідна трубка, 3 – повітря або інертний газ, 4 – абсорбер, 5 – теплоізоляція, 6 – листовий метал, 7 – корпус колектора

Показником якості скла для геліоколекторів є його прозорість, яка визначається коефіцієнтом пропускання τ. Для плоских сонячних колекторів використовують спеціальне скло з малим вмістом заліза та солей і високим коефіцієнтом пропускання (τ = 0,90...0,95) [26].

У плоских сонячних колекторах в залежності від моделі використовується [27]:

- мідний ліроподібний абсорбер з високоселективним чорним хромом, що дозволяє проводити паралельне підключення колекторів (рис. 22а);
- мідний меандровий абсорбер з високоселективним покриттям (рис. 22б)
- мідний подвійний ліроподібний абсорбер з високоселективним покриттям "Eta plus" (рис. 22с)

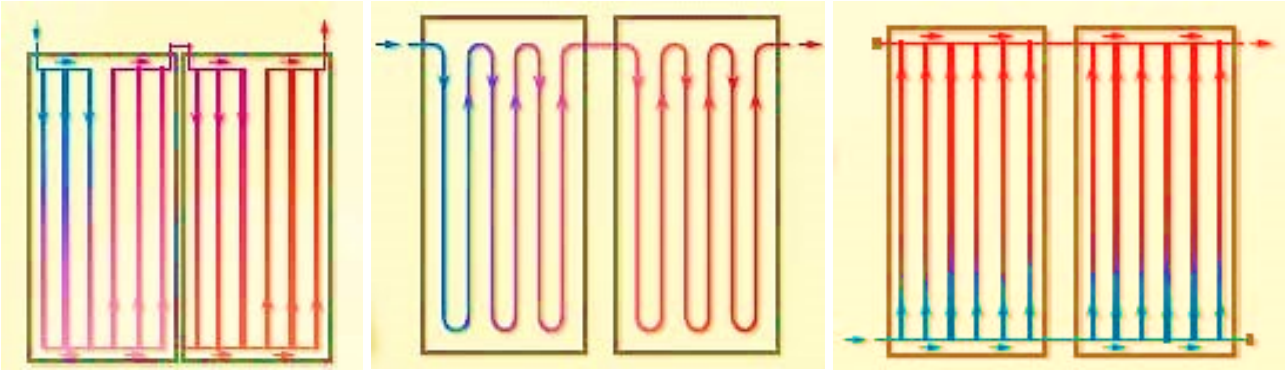


Рис.22. Конструкція трубки абсорбера в плоскому коллекторі
а. ліроподібний абсорбер, б - меандровий абсорбер, с - подвійний ліроподібний абсорбер

Спеціальний шар по обидва боки скла елімінує відображення сонячного випромінювання і сприяє максимальному проникненню випромінювання на абсорбер. Ефективність шару прозорого покриття геліоколектора підвищують нанесенням на них тонких плівок. Відбиваюча здатність однієї поверхні необробленого скла, по відношенню до сонячного випромінювання, становить 0,0434 (показник заломлення 1,526). Розроблені процеси обробки поверхні скла для зниження його відбиваючих властивостей [27]. Обробка поверхні скла шляхом хімічного травлення може вдвічі знизити відбиваючу здатність до меншого значення (~ 0,02). Збільшення пропускної можливості скла від 0,92 до 0,96 дозволяє досягнути значного підвищення теплових характеристик плоских сонячних колекторів [27].

Теплоізоляція обмежує втрату тепла на сонячних колекторах і підвищує їх ефективність. Товщина мінеральної ізоляції коливається в межах від 2 до 6 см в залежності від моделі. У ряді випадків ізоляцію можна виключати із пристроїв, призначених для невеликого підвищення температури, як наприклад при нагріванні води в плавальних басейнах.

Деякі моделі плоских сонячних колекторів можуть вбудовуватися в дах будинку, створюючи єдину конструкцію з покрівельним покриттям. Плоскі сонячні колектори можуть використовуватися для нагріву води для побутових потреб, підігріву води в басейні або підтримки низькотемпературного опалення в будинку. Загальним недоліком плоских колекторів є проблема герметичності колектора, додатково створенеою вентиляційними отворами, які скидають конденсат водяної пари, що міститься в повітрі. Плоский колектор піддається 24-годинним циклам аспірації повітря і водяної пари та їх поділу. Це пов'язано з підвищенням температури колектора протягом дня і зниженням температури вночі. Також засмічення скла і абсорбера значно знижує ефективність плоского колектора. Вся ситуація ускладнюється тим, що в плоскі сонячні колектори

попадає органіка, (наприклад, пилок, пил, компоненти диму тощо), яка надходять у внутрішній простір плоского колектора, та осідає на поглинаючу пластину та колекторну трубку. Це призводить до створення плівки, що блокує сонячну активність, яка в обмеженій кількості або в крайніх випадках взагалі не проникає в поглинач.

Прямий потік теплоносія з плоских колекторів створює ще одну проблему: запікання гліколю в надзвичайних ситуаціях (перегрів). Плоскі колектори демонструють температуру стагнації до 200 ºС, наприклад Центр сонячної енергії в Данії та Данський технологічний інститут показали, що при температурах не вище 180 ºС гліколь і добавки, що містяться в ньому, постійно запікаються у капілярних трубах (діаметр 3-10 мм) [27]. Що важливо, зазначено формування цього типу блокувань у газовій фазі (водяна пара дифузно змішується з парами гліколю та антикорозійними добавками) за участю каталізатора, такого як мідь або алюміній. Проблема зростає з часом експлуатації, а фактор, що прискорює блокування колекторної труби, - це температура (чим вона вище, тим швидше відбувається блокування) [27].

Вакуумні сонячні колектори - найбільш ефективний вид гелоустановок. Це пов'язано з тим, що їх конструкція дозволяє звести тепловтрати до мінімуму. Трубчасті сонячні колектори дозволяють ефективно видобувати тепло з сонячної радіації з високим ККД навіть при екстремальних умовах. Вони можуть працювати автономно або з автоматичним управлінням. Вакуумні сонячні колектори ефективні для використання на всій території України (рис.23).

Вакуумний колектор складається з трубок і основного корпусу. Вакуумні трубки - основний робочий елемент колектора. Їх традиційно виготовляють з боросилікатного скла. З одного боку - воно дуже міцне, його важко не те, що розбити, але і навіть подряпати. З іншого боку, воно довгий час залишається прозорим, здатним без помутніння роками пропускати сонячне світло в широкому діапазоні з мінімальним коефіцієнтом відбиття. Максимальна температура в СК близько 300ºС [21].

Сонячні вакуумні трубчасті колектори можна класифікувати за двома основними конструктивними особливостями скляних трубок та типом теплового каналу:

– за типом скляної трубки;

– за типом теплового каналу (проводиться з прямоточною тепловою трубкою та тепловою трубою "heatpipe", зокрема з двофазним термосифоном – безфітільною тепловою трубою [54].

Особливості конструкції вакуумної трубки впливають на коефіцієнт поглинання, швидкість нагріву і перетворення сонячної енергії в теплову.

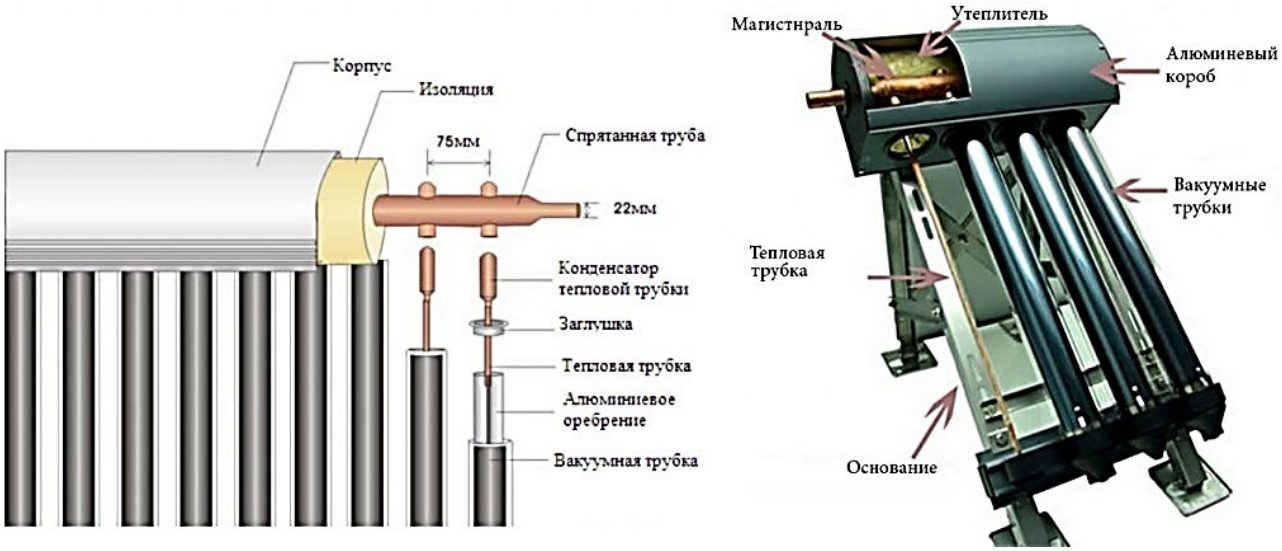


Рис.23. Конструкція вакуумного колектора

Розглянемо класифікацію за типом скляної трубки. Існує два основних типи конструкції скляної трубки:

– коаксіальна трубка;

– пір’яна трубка;

Сонячний вакуумний колектор з тепловою трубою типу, тобто теплова труба, займає більшу частину ринку сонячних колекторів. Колектор оснащений замість звичайних вакуумних трубок більш вдосконаленими термотрубками, які представляють собою трубку з тонкостінної міді заповнену легкокиплячою рідиною (рис. 24) Колектор складається з набору термотрубок, - при попаданні сонячного світла на трубки відбувається кипіння легкозакипаючої рідини до температури 250...380ºС [28], її пари піднімаючись в верхню частину трубки, яка

є конденсатором віддають тепло і охолоджується до перетворення в рідину, а потім надходить знову в нижню частину термотрубки.

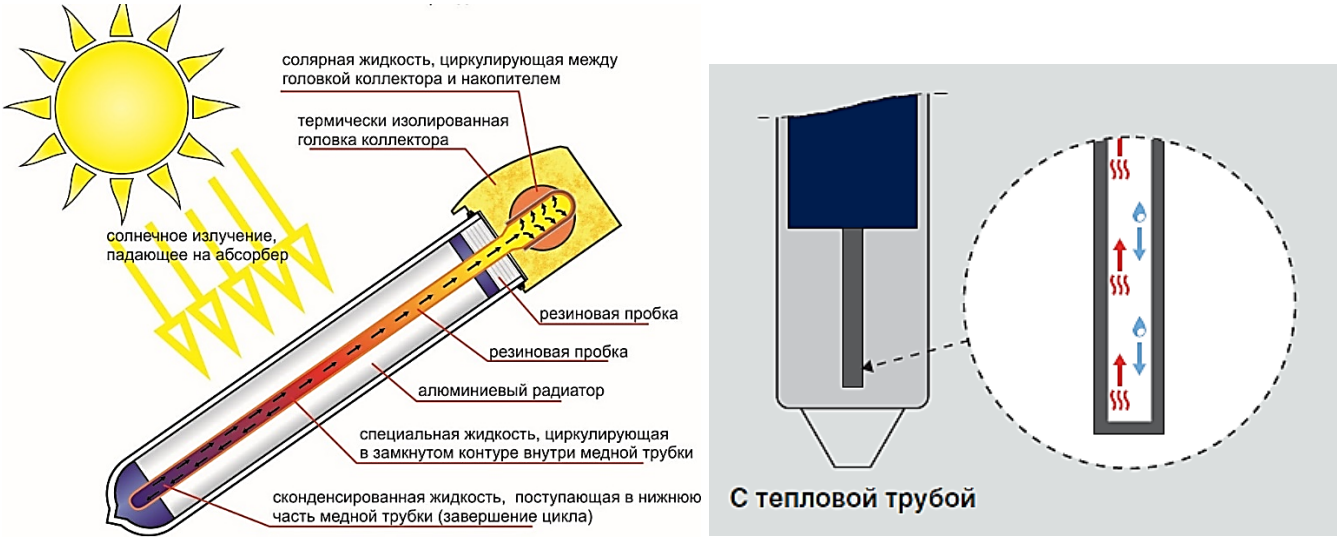


Рис.24. Конструкція вакуумного колектора з тепловою трубкою

Плюси даних типів, вакуумного колектора:

- високий ККД системи протягом усього року, і навіть взимку. у порівнянні з іншими типами колекторів, трубчастий вакуумний колектор протягом цілого року виробляє на 30…40% кількості тепла більше;
- можливість працювати при негативних температурах (не всі види);
- деякі виробники випускають трубчасті колектори з поверхнею з ударостійкого скла, що витримує удар граду або незначного падіння;
- низька парусність конструкції дозволяє більш надійно закріпити обладнання з меншими зусиллями та витратами;
- більша ремонтопридатність системи (при пошкодженні однієї трубки її відносно легко замінити, що зовсім неможливо в плоских колекторах);
- можливість нагріву води до температури 130...200ºС

Недоліками вакуумного колектора є:

- більш висока вартість, в порівнянні з плоскими;
- великі габарити і велика вага;
- в межах України продуктивність вакуумного колектора в зимовий період може знижуватися за рахунок опадів у вигляді снігу та інею;

Основна відмінність теплової труби від трубки прямого потоку (термосифонна система) (рис.25) полягає в тому, що система колекторних трубок

з'єднана з накопичувальним баком, через який надходить вода безпосередньо до вакуумних трубок, що є великою перевагою, так як мінімізуються втрати тепла. Вода в трубках нагрівається і надходить в теплообмінник за принципом природної конвекції, тому системний бак завжди розташовується вище колекторних трубок. Вода в баку, яка віддала тепло і охолола, вона природним шляхом тече вниз в трубки рідина теплоносія всередині мідної теплової. У прямоточних вакуумних колекторах температура кипіння 260ºС [28] тому гліколь і компоненти сонячного контуру необхідно захищати окремо.

Особливістю термосифонної системи є не тільки можливість акумулювати певну кількість тепла, але і зберігати в баку певну кількість гарячої води деякий час. Вакуумний колектор з прямою теплопередачею воді широко застосовується для початкового нагріву води, а потім основними системами вода підігрівається до необхідної температури.

Тому в поєднанні з круглою формою абсорбуючої поверхні ефективність сонячного колектора цього типу невисока. Показники максимального оптичного ККД η = колектора сягають 65 % [28].

Недоліки вакуумного колектора з прямою теплопередачею воді:

- нераціонально використовувати сонячні колектори такого типу в тих регіонах, де є негативні температури;
- не допускається в системі колекторів тиску більш ніж 0,2 атм, так як теплоносій має прямий контакт з трубкою. таким чином, даний колектор не може працювати в під високим тиском;
- колектор ефективно працює тільки при плюсовій температурі навколишнього середовища.

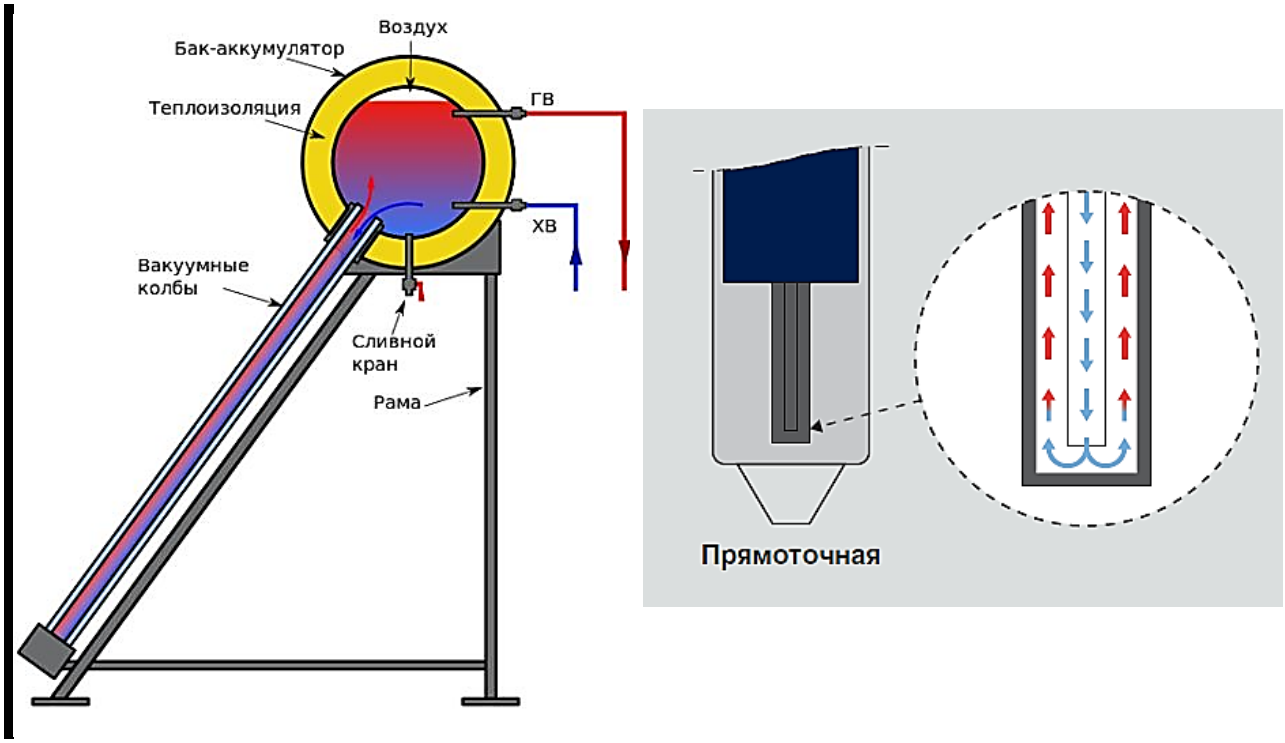


Рис.25. Конструкція вакуумного колектора з прямим потоком

Різні типи теплових каналів можуть поєднуватися з різними типами вакуумних колб. Особливості конструкції вакуумної трубки впливають на коефіцієнт поглинання, швидкість нагріву і перетворення сонячної енергії в теплову.

Коаксіальна трубка. Найпоширеніший і затребуваний вид вакуумних трубок. Усередині прозорої скляної колби укладена трубка-гільза, звичайно зроблена з міді, рідше – з алюмінію. Представляє собою подвійною скляну колбу, в просторі між трубками відкачано повітря (створений вакуум). На стінці внутрішньої трубки нанесено поглинаюче покриття, тому передача тепла відбувається від самої скляної колби (рис. 26).

Під впливом сонячних променів рідина (вода), яка знаходиться всередині колби, нагрівається і закипає, пара починає підніматися вгору. По міру просування вгору вона додатково нагрівається, стикаючись з нагрітою мідною стінкою. У верхній частині системи пара надходить в теплообмінник (для його позначення часто може використовуватися англійський термін manifold - маніфолд), в якому нагріває теплоносій. Після теплообміну охолоджений пар конденсується на стінках теплообмінника і стікає вниз, після чого процес повторюється знову. Існує два способи приєднання вакуумної трубки і

теплообмінника - через спеціальне гніздо, впаяні в трубний теплообмінник, або гільза охоплена самим трубним теплообмінником.

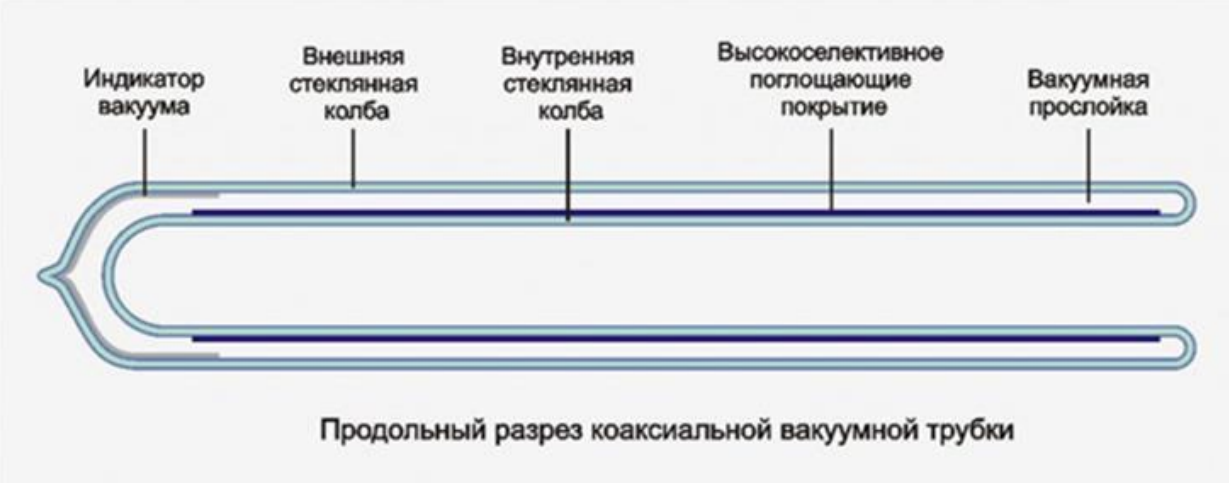


Рис.26. Поперечний розріз коаксильної вакуумної трубки

Сонячні колектори з коаксіальними трубками (система heat-pipe) мають досить високий ККД - в середньому він становить близько 65-70% [28]. До інших переваг можна віднести їх надійність, відносно простий монтаж і високу ремонтопридатність - щоб замінити одну трубку, немає необхідності демонтувати всю систему, всі роботи можна проводити безпосередньо на місці установки сонячного колектора. Вони можуть використовуватися в високонапірних геліотермальних системах.

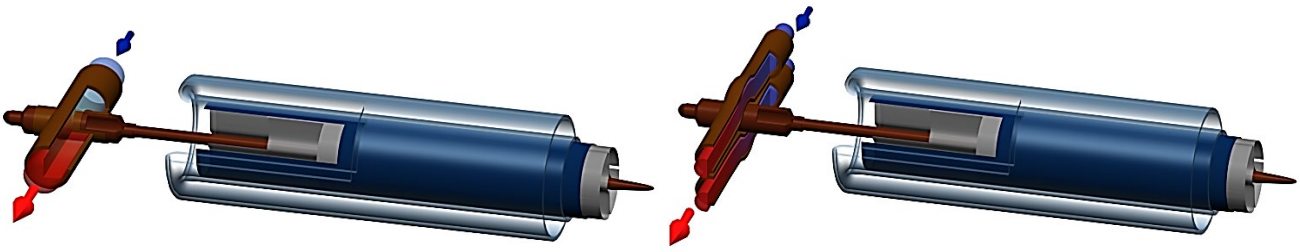


Рис. 27 Конструкція коаксильної вакуумної трубки

Коаксіальна вакуумна трубка так само може бути використана для колектора з прямоточним тепловим каналом. Даний тип сонячного вакуумного колектора отримав назву колектор з U - подібною трубкою. (рис.28)

Свою назву отримала через специфічну форму прямоточного теплообмінника, який схожий на англійську букву U. Усередині теплообмінника циркулює теплоносій. На один вхід подається рідина з магістралі з холодним теплоносієм, а другий вихід підключений до магістралі, куди подається вже

нагрітий теплоносій. Який потім подається в накопичувальний бак - таким чином в системі створюється природна циркуляція. Щоб збільшити теплопоглинальні властивості трубки, на внутрішні стінки наносять спеціальне селективне напилення.

Якщо порівнювати ефективність нагріву, то у U-подібних вакуумних трубок вище, ніж у коаксіальних, їх ККД може досягати майже 77% [28]. Але маючи хорошу тепловіддачу, трубки цього типу мають ряд істотних недоліків:

- велика гідравлічна опірність, колектори, побудовані на прямоточних U-трубках, не можуть функціонувати під високим тиском (примусова циркуляція), тому хорошу ефективність демонструють тільки під час теплого сезону
- низька ремонтопридатність - трубки і теплообмінник представляють єдине ціле, тому при виході з ладу всього однієї трубки необхідно повністю демонтувати весь колектор - не можна окремо замінити тільки одну пошкоджену трубку. При цьому доведеться повністю злити весь теплоносій, залитий в геліосистему.

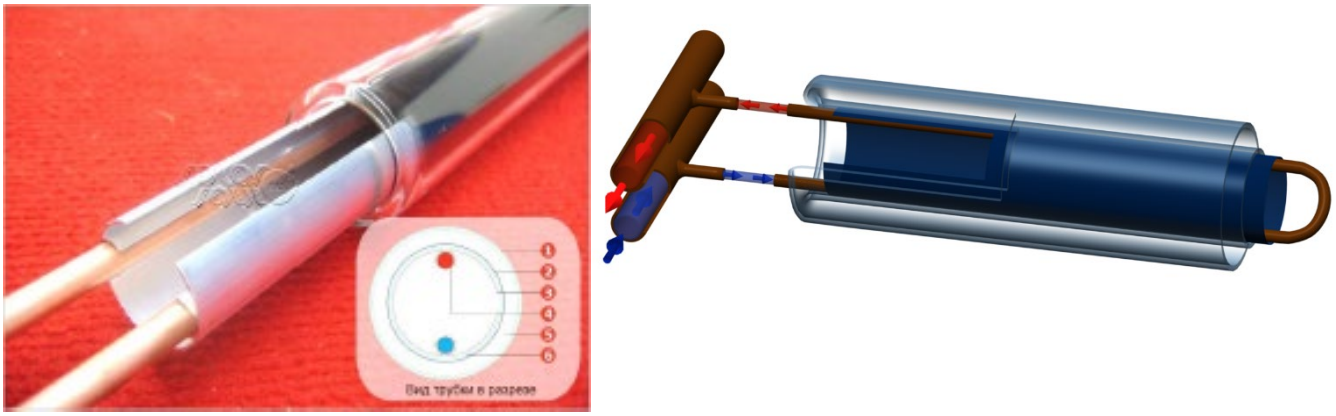


Рис.28 Конструкція коаксильної U – подібної вакуумної трубки

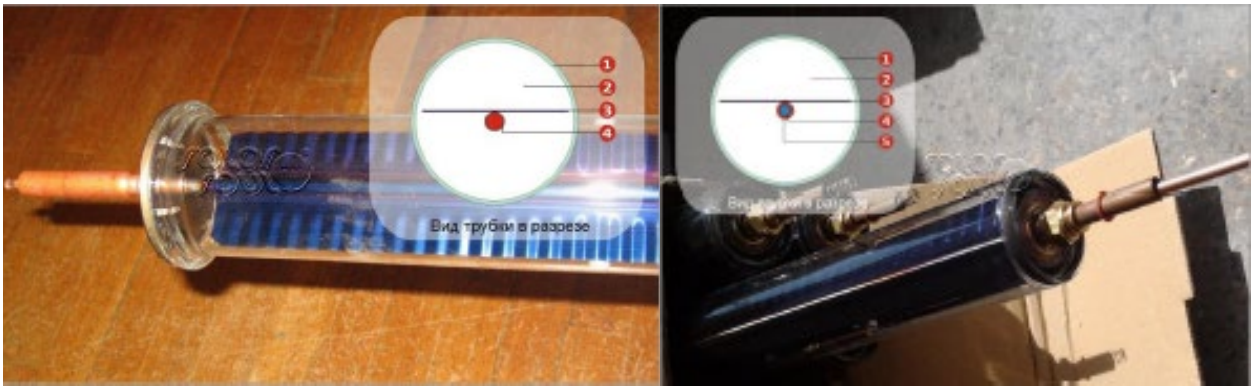
1 – зовнішня скляна оболонка; 2 – трубка з теплоносієм; 3 - світлопоглинальна підтримувальна пластина; 4 – світловідбивальне покриття

Пір'яна вакуумна трубка - це одностінна скляна колба, у якій товщина стінок більше, ніж у коаксіальної трубки. Розташований усередині абсорбційний елемент, що виготовляється з міді, додатково по всій довжині посилюється гофрованої пластиною, яка має високорівневе енергопоглинаюче напилення.

Саме через цю пластину, яка за формою нагадує перо, вакуумні трубки цього типу і отримали свою назву.

Така конструктивна особливість дозволяє вакууму розташовуватися безпосередньо в тепловому каналі, частину його інтегрується безпосередньо в колбу разом з абсорбентом. Пір’яна трубка так само може поєднуватися з тепловим каналом Heat-pipe (рис.29а). Дані вакуумні трубчасті колектори мають більш високі оптичні характеристики, ніж колектори з коаксіальної трубкою. У деяких виробників значення максимального ККД досягають 77 % [28]. Цьому сприяють деякі конструктивні особливості: плоский абсорбер з безпосередньою передачею теплоти до теплової трубки, а так само один шар скла, що значно зменшує відображення сонячного випромінювання. Так само зручним є процес заміни пошкоджених трубок, що не вимагає заміни всього колектора і зливання теплоносія всієї геліосистеми.

Найбільш ефективним поєднанням є пір’яна трубка з прямоточним тепловим каналом (рис.29б). Такий сонячний вакуумний колектор має максимальний ККД до 80 %. Але при заміні пошкоджених трубок потрібно зливати теплоносій всієї геліосистеми. Так само ці колектори мають досить високу ціну. За своїм ККД пір'яні вакуумні трубки перевершують коаксіальні аналоги. До недоліків варто віднести досить складний ремонт, якщо нагрівальний елемент вийшов з ладу або порушена цілісність колби.



а б

Рис.29 а – пір’яна трубка з тепловим каналом типу "Heat pipe": 1 - скляна колба, 2 – вакуумний прошарок, 3 – мідний абсорбер з високоселективним покриттям, 4 – тепловий канал з рідиною, яка легко випаровується

б - пір’яна трубка з прямоточним тепловим каналом 1 – скляна колба, 2 – вакуумний прошарок, 3 – мідний абсорбер з високо- селективним покриттям, 4 – внутрішній теплової канал з теплоносієм, 5 – зовнішній теплової канал з теплоносієм (що нагрівається).

В сонячні літні дні різниця в роботі хороших плоских та вакуумних сонячних колекторів практично непомітна. Однак за низької температури довкілля переваги вакуумних колекторів стають очевидними. У періоди з максимальними температурами води у обох колекторах існує проблем скипання [28]. Зазвичай системи з плоскими колекторами використовують сезонно, з весни до осені. У зимовий час впродуктивність систем з плоскими сонячними колекторами падає за рахунок теплових втрат у навколишнє середовище. Сонячний вакуумний колектор забезпечує збирання сонячного випромінювання в будьяку погоду, практично незалежно від зовнішньої температури. Коефіцієнт поглинання енергії таких колекторів становить 98% [28]. Ізоляція у вигляді вакууму дозволяє уникнути втрат теплоти.

4. Теплоносії для сонячних систем теплопостачання

Теплоносії використовуються для передачі та використання сонячного тепла, зібраного за допомогою сонячних колекторів теплової енергії. На сьогодні окрім традиційних теплоносіїв (води, водних розчинів і інші) в геліосистемах для підвищення продуктивності досліджують альтернативні теплоносії. Загальна класифікація предсталена на рис.30.

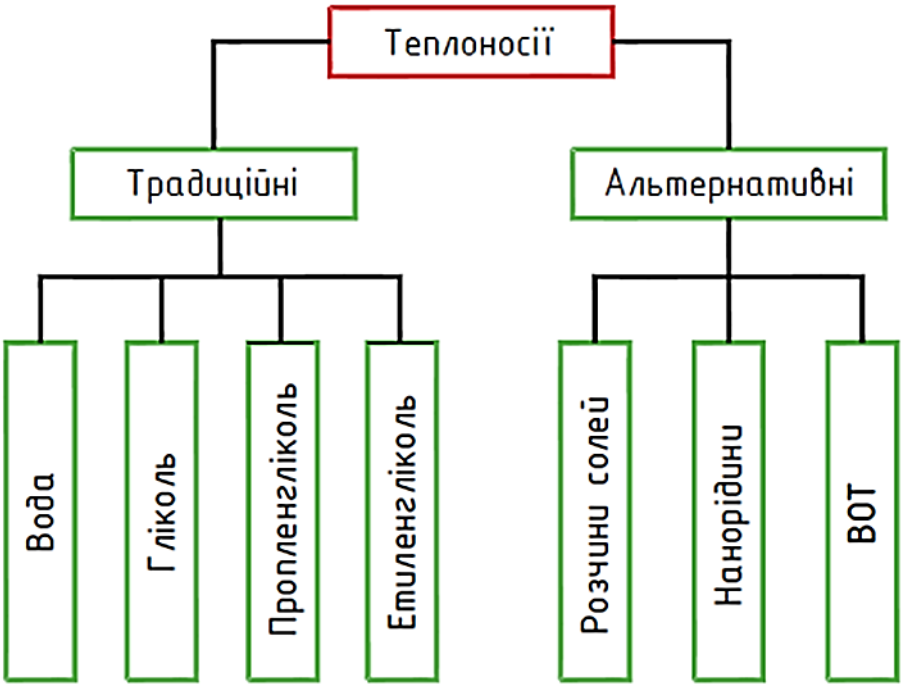


Рис.30 Можливі речовини-теплоносії для систем з сонячними коллекторами

В рідинних сонячних системах гарячого водопостачання та опалення традиційно в якості теплоностія використовують – воду. Вода як теплоносій має високі теплофізичні властивості (теплоємність, коефіцієнт теплопровідності, в'язкість, густину) [29], доступна у великій кількості, вона недорога і за своєю природою нетоксична. Однак при відємних температурах зовнішнього повітря (0ºС) вона замерзає в трубопроводах та інших елементах геліосистеми, а при високій інтенсивності сонячної радіації падаючої на коллектор є можливість скипання води в коллекторі (100ºС), що аналогічно призводить до плоблем в експлуатації системи та припиненню роботи системи. Серйозною проблемою також є корозійна активність води по відношенню до більшості конструктивних елементів геліосистеми.

Крім того, у теплій воді активно розмножуються мікроорганізми, що значно погіршує теплообмін і в той же час може спричиняти відкладення на поверхнях трубок, що зменшує його здатність теплопередачі. Відкладення викликають закупорки в системах трубопроводів, по яких вода рухається в системах збору сонячної теплової енергії [30]. Вода, яка використовується для сонячного теплопостачання, повинна бути незабрудненою та очищеною, щоб уникнути утворення накипу та утворення мінеральних відкладень. Як правило,

якість води з жорсткістю менше 200 ppm використовується безпосередньо в сонячних водонагрівачах [31,32].

Вода в якості теплоносія в основному використовується в низькотемпературних сонячних колекторах для індивідуальних побутових ситем, обігріву басейнів, сонячного опалення та охолодження тощо.

Однак вода може використовуватись і для прямого генерування пари з води з використанням лінійних колекторів Френеля, також у деяких параболічних системах желобів в уставоках що працюють за циклом Рєнкіна. [40,41]

Проблема замерзання води вирішується використанням в теплоприймальному контурі в якості теплоносія застосовуються антифризи – низькозамерзаючі рідини. Найширше розповсюдження в якості антифризів в установках сонячного гарячого водопостачання отримали водні розчини етиленгліколя, пропіленгліколя.

Гліколь, синтетична хімічна речовина походження, змішаний разом з водою, часто у співвідношенні 50:50 або 60:40, задовільняє вимогам експлуатації для сонячних систем, коли температура може опускатися нижче 0ºС [33]. Гліколь-водні суміші використовуються для сонячного нагрівання води коли під час роботи температура сонячних колектрів підвищується за межі 100ºС [34,35,3636].

Після нагріву в колекторах суміш закачується в систему і використовується для передачі його тепла воді, що зберігається в баку. Використання гліколевої суміші допомагає використовувати воду в регіонах з низькими температурами для цілодобового застосування гарячої води**.**

Пропіленгліколь є важкозаймистою, нетоксичною рідиною. Його безпека свідчить застосування пропіленгліколю в кондитерській та косметичній промисловості. Пропіленгліколь – це органічна рідина, що має звичайні властивості є безпечними, нетоксичними і зазвичай інгібуються та налаштовуються на вищі резерв лужності для повільної деградації.

Однак проблема скипання рідини в сонячному коллектроі залишається так як тільки рідина на основі гліколю досягає об’ємної температури вище 120ºС,

його деградація різко збільшується, підвищується кислотність та виникають проблеми з корозією, що часто можуть спричиняти ряд експлуатаційних проблем та зменшують термін експлуатації гліколів, що призводить до частішої потреби в їх заміні [37,38,39].

Проблема скипання сьогодні вирішується загальним прийомом, реалізованим кількома технічними засобами, саме - припиненням нагрівання води при наближенні її температури на вході в колектор до температури насичення [42]. Таке кардинальне з точки зору безпечної експлуатації системи рішення, однак, призводить до втрати великої кількості сонячної теплоти.

Проведений пошук інформації показав, що в даний час досліджуються можливості використання трьох груп речовин, призначених для заміни води та водних розчинів етиленгліколю та пропіленгліколю як теплоносій для геліосистем гарячого водопостачання.

Перша група речовин - нанорідини - це новий клас рідин, які містять частинки нанометрового розміру, зважені в базовій рідині, частіше в яких як накопичувач використовуються наночастинки CuO і Al_2O_3 [44,45], іноді з добавками поверхнево активних речовин [44]. Обсяг наночастинок всередині основи рідини вимірюється відсотком об'ємної частки або об'ємної концентрації. Нанорідини як робочі рідини покращують теплові характеристики колекторів порівняно зі звичайними робочими рідинами. Це поліпшення в основному відбувається за рахунок покращена теплопровідність нанорідин. У порівнянні зі звичайними рідинами, помічено, що нанорідини мають значні переваги щодо ефективності сонячних колекторів. Деякі з цих переваг узагальнено в роботі [47].

- гнучка структура наночастинок і легка зміна об’ємної частки роблять їх ефективними для максимального поглинання сонячної енергії.

- тверді наночастинки мають невеликі розміри частинок, тому вони мають властивості збільшувати теплоємність і площу поверхні рідини.

- нанорідини мають низькі випромінювальні властивості в інфрачервоному діапазоні та високі властивості поглинання в сонячному діапазоні випромінювання. Завдяки цим властивостям можна підвищити оптичні

параметри базової рідини за допомогою нанорідини, що є позитивною умовою для продуктивності системи.

Основні проблеми в нанорідин для сонячних пристроїв в основному пов'язані з високою вартістю нанорідин через обмеження виробництва, а також нестабільністю наночастинок, потужністю роботи і падіння тиску [48]. Тому, щоб застосувати нанорідину в сонячних колекторах, виникає потреба в перебудові конструкції більшості колекторів, щоб досягти практичного використання в системах теплопостачання.

До того ж, досвіду використання нанорідин в будь-яких геліосистемах протягом тривалого часу немає, і як вони поведуться при тривалій експлуатації поки зовсім не ясно. Але вже зараз використання поверхнево-активних речовин як добавки змушує припустити, що певні проблеми виявлені і саме для їх вирішення додають у нанорідкості поверхнево-активні речовини, що ще більше збільшує їхню вартість.

Друга група – розчини солей. Мають досить високу щільність і питому теплоємність, але низьку теплопровідність, що призводить до підвищення температури на зовнішній стороні труб ресивера, як наслідок високі тепловтрати.

Робочий температурний діапазон сольових розчинів від 220ºС до 600ºС, що добре відповідає вимогам сучасних циклів перегрітої пари.

Хоча для цих речовин є досвід використання в апаратах високотемпературних хімічних технологій, але в діапазоні температур від 400ºС до 550ºС [49], що значно вище за орієнтовні температури, що досягаються в геліосистемах, оскільки плоских колекторів максимально досяжними є температури близько 200ºС, а для трубчастих вакуумованих 300-350ºС [22].

Дослідження щодо використання сольових розчинів також знаходяться на початковій стадії [49] і щодо використання цих речовин складно зробити конкретні остаточні висновки, як і для нанорідин.

Для побутових геліосистем, до яких відносяться геліосистеми гарячого водопостачання, необхідно шукати перевірені тривалою експлуатацією та відносно дешеві речовини для використання в першому контурі геліосистеми, не схильної до "стагнації".

Як такі речовини можна рекомендувати високотемпературні органічні теплоносії, які майже сто років використовуються в апаратах різних хімічних технологій [50,51], а також у системах перевалки нафтопродуктів [52] та в системах опалення суден льодового класу [53].

У літературі, присвяченій пошуку нових теплоносіїв для геліосистем є згадки про високотемпературні органічні теплоносія для цих цілей, але вони звуться термомасло [51].

Високотемпературні органічні теплоносії – це евтектична суміш де-кількох органічних речовин, основними властивостями якої є низький тиск насчиеної пари при високій температурі насичення, достатньо висока теплоємність (до 0,8-0,9 від теплоємності води), невисока залежність вязкості від температури.

Вони не тільки не агресивні з точки зору корозії поверхонь нагріву але й захищають сталеві поверхні від корозії. Тим не менш при таких властивостях, вони не дуже поширені. На це є низка причин.

Перші евтектики були не дуже стійкими і з часом розкладалися з виділенням газової фази та твердої. Час їх експлуатації складав не більше пяти років. Крім того вони мали низькі екологічні якості та шкідливо впливали на здо-ровя людей. Типовий приклад такого ВОТ – це відома термічна олива АТМ-300 – одна з перших у світі та СРСР. До того вони мають відчутну вартість – до 50 центів на 1 літр. Однак на сьогодні більшість їх вад виправлена – час їх надійної експлуатації зріс до 10 років і більше. Вони вже не шкідливі для обслуговуючого персоналу і більшість з них мають четвертий ступінь екологічної безпеки. Їх використовують такі відомі виробники як Mobil, Shell та інші.

Цей метод має суттєві переваги. Головна перевага це можливість повного використання всієї теплоти від сонячної радіації та її акумулювання. При цьому з'являється можливість значно зменшити площу геліополя та об'єм теплового акумулятора. Крім того фактично зникає небезпека корозійних пошкоджень [53].

5 Явище "стагнації" в геліосистемах

При нагріванні води безпосередньо в головному елементі геліосистеми - сонячному колекторі - виникають проблеми можливості її закипання при досягненні піку інтенсивності інсоляції опівдні [5], так звана

"стагнація"геліосистеми (рис.31), а також проблема замерзання при досягненні негативних значень зовнішніх температур (відповідних) . Другу проблему вирішують шляхом створення двоступінчастих геліосистем, де в першому ступені, що включає геліоколектор і контур нагріву в ємнісному теплообміннику - акумуляторі тепла знаходиться незамерзаючий водний розчин, найчастіше пропіленгліколь [6], а в другому контурі вже знаходиться вода, яка нагрівається в аккуляторі теплоти.

Сонячні теплові системи експлуатуються при надлишковому тиску в системі нижче 3 бар, що відповідає температурі насичення нижче 140ºС. Максимальна температура в плоских колекторах з одинарними скління та селективним покриттям 200ºС, в вакуумних колекторах – 250ºС і тиску в 5 бар.

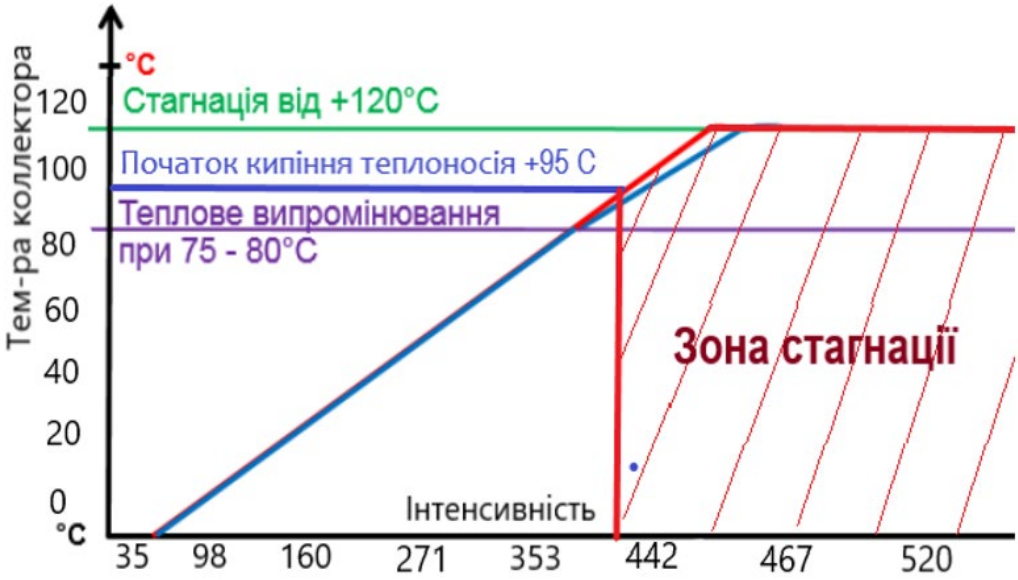


Рис.31 Графічне відображення "зони стагнації"

Стагнація завжди пов'язана з пароутворенням теплоносія. Після вимкнення насоса сонячне випромінювання потрапляє на абсорбера, тим самим збільшуючи його температуру та тепловтрати. Температура насичення досягає верхньої частини абсорбера. У цьому стані поглинене сонячне опромінення все ще перевищує теплові втрати. В результаті колектор перетворює надлишок поглиненої енергії з певною ефективністю в пару і витісняє рідину. Перебіг цих процесів залежить від оптичних і теплових властивостей колектора, умов та розмірів площі абсорбера при насиченні. Основна частина рідини витісняється в труби контуру, в основному за рахунок розширення обєму, але також через міжфазне тертя між зростаючим потоком пари та рідиною. Зростання об'єму пари

витісняє еквівалентний об'єм рідини з контуру в розширенням посудини. Залишкова рідина в абсорбері постійно випаровується і поширюється всередину труби контуру. Пари, що конденсуються, нагрівають відкриті стінки труби від їх початкової температури до температури насичення. Поширення пари в контурі збільшується до тих пір, поки швидкість потоку ентальпії пари з колекторного поля не впаде нижче теплових втрат труби.

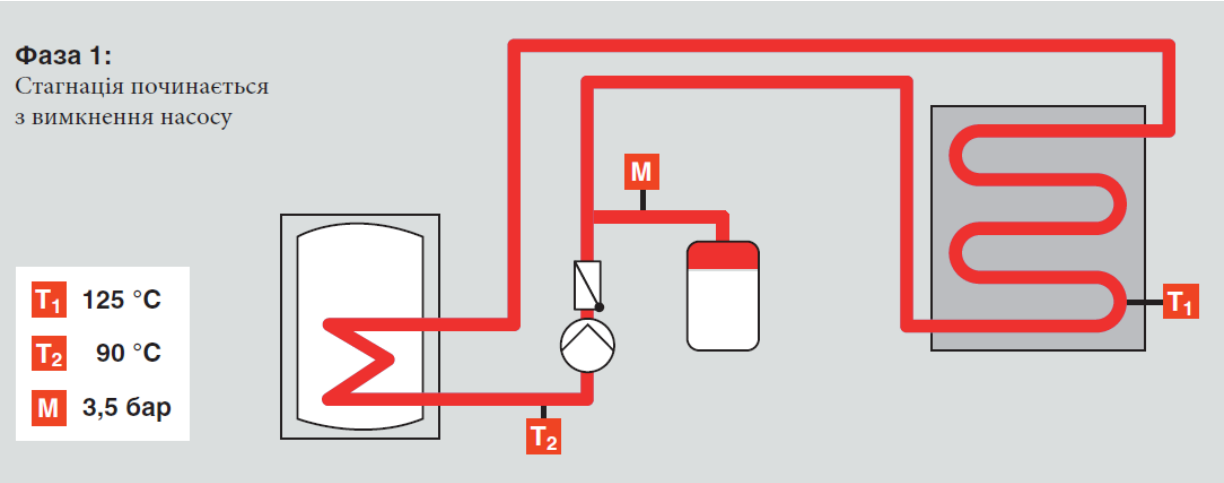
Рис. 32. Наслідки постійного закипання теплоносія в системі

Під час процесу перегріву кожен компонент працює відповідно до його номінальної температури, зазначеної виробниками. Вплив стагнації на компоненти системи:

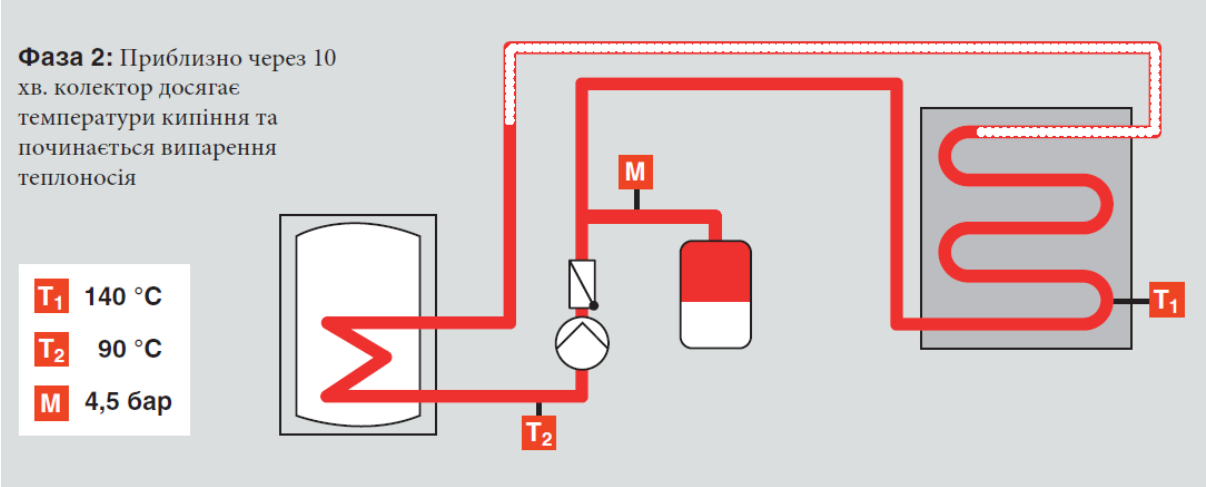
- Поглинаюче покриття стійке до певної температури, при підвищенні цієї температури покриття можуть деформуватись.
- Гумові ущільнювачі в системі трубопроводів мають номінальну температуру. При підвищенні номінальної температури, ущільнення руйнуються, і в системі можуть з’явитися витоки, що є небезпечним, в особливості, при використанні небезпечних теплоносіїв)
- Теплоносій - властивості погіршуються, а в деяких випадках може відкластися твердий осад. Це призводить до пошкодження компонентів геліосистеми, що може призвести до аварійних ситуацій (рис. 32).

Традиційно стагнація проходить в 5 режимів:

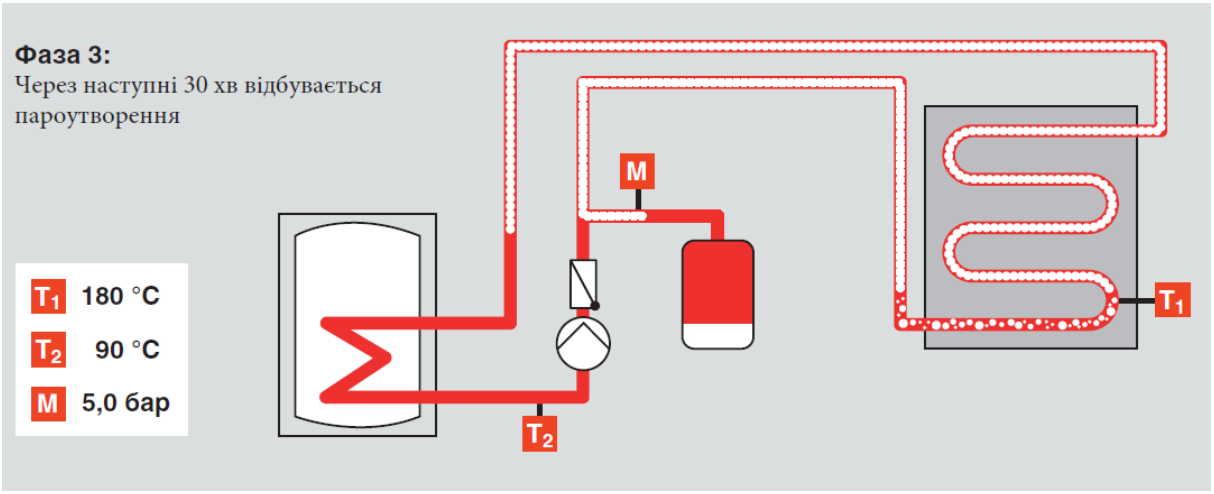
Стадія 1. Розширення рідини. При зупинці насоса температура в колекторі зростає, поки не буде досягнуто температури кипіння теплоносія. Тиск зростє незначно, приблизно 1 бар.



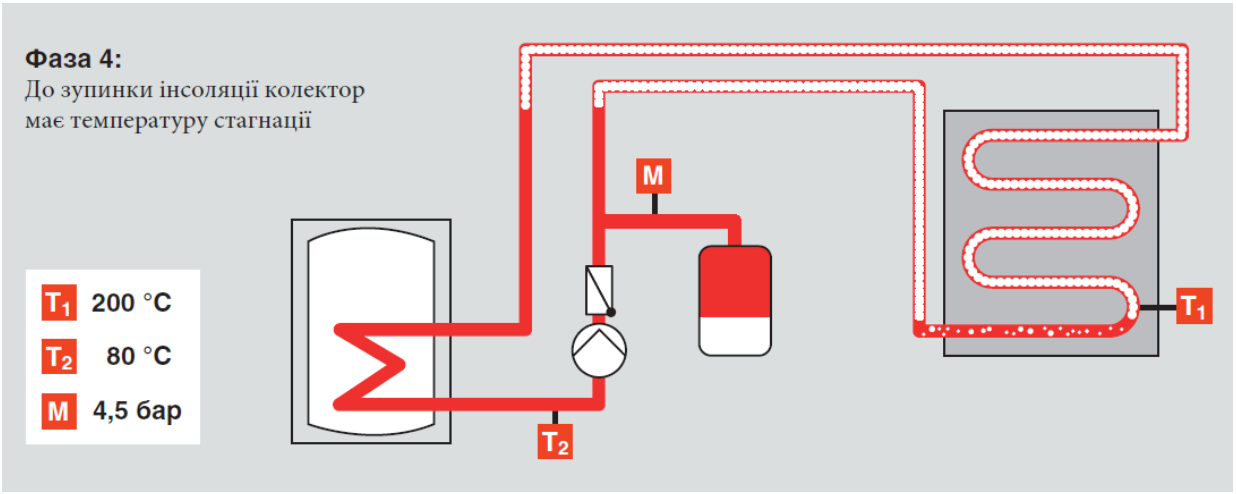
Стадія 2. Випаровування теплоносія. Велика кількість рідини витісняється в розширювальний бак, через формування в колекторі насиченої пари. В результаті тиск у системі починає зростати швидше. Рідина з температурою близькою до температури кипіння може дійти до компонентів геліоконтуру, завдаючи їм температурного впливу.



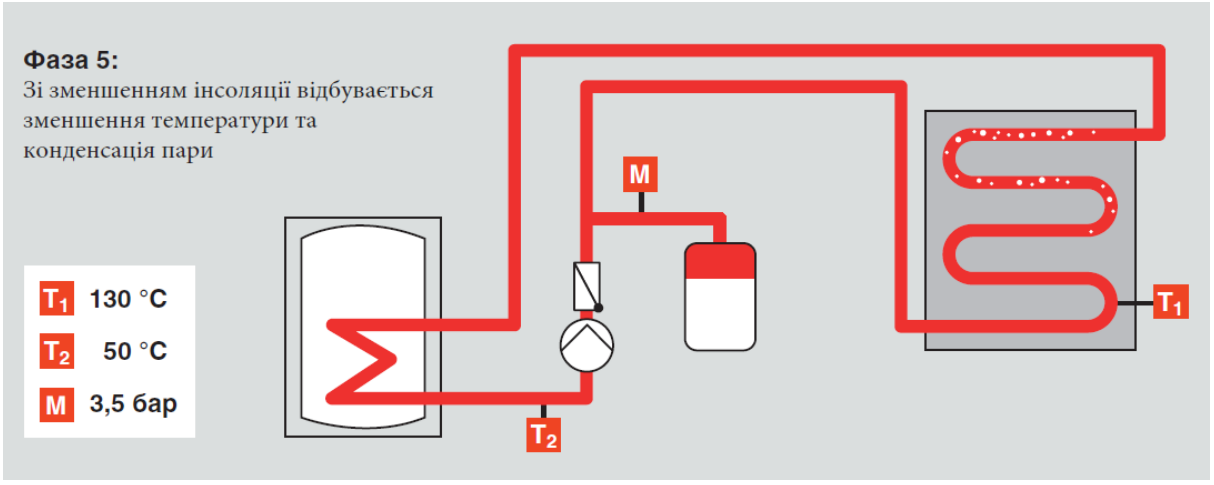
Стадія 3. Кипіння в колекторі. Теплоносій, що залишився в колекторі, починає випаровування і поширює енергію у вигляді пари по системі. При цьому можливе нагрівання деяких компонентів системи до температури кипіння при конденсації теплоносія.



Стадія 4. Перегрів. Теплоносій продовжує випаровуватися, і в колекторі утворюється перегріта пара. При цьому незначно зменшується тиск, а колектор повністю спустошується.



Стадія 5. Заповнення теплоносія. При зменшенні сонячної інсоляції, температура в колекторі та тиск у геліосистемі знижується. Пароподібний теплоносій конденсується і сонячні колектори знову наповнюються рідким теплоносієм.



Температуру стагнації в сонячних колекторах можна визначити:

$$T_{stag} = \frac{\sqrt{G \cdot \eta_0 + \frac{a_1^2}{2}} - a_1}{a_2} + T_a$$

де, А - площа колектора, (м²)

η_0 - пікова ефективність (коефіцієнт перетворення)

a_1 - коефіцієнт теплопередачі при (T_m - T_a) = 0, Вт/м²· К

a_2 - коефіцієнт теплопередачі в залежності від температури, Вт/м²К

$T_{m,f}$ - середня температура рідини в колекторі, С

T_a температура навколишнього середовища, С

G - інтенсивність сонячного вмпромінення на площині колектора, Вт/м²

T_{stag} – стагнаційна температура, С

Теплова потужність сонячного теплового колектора при досягненні температури стагнації може бути визначена за допомогою такого рівняння:

$$Q_{coll} = A \cdot G(\eta_0 - a_1 \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_2 \cdot \frac{(T_m - T_a)\text{^}2}{G})$$

Виникнення стагнації зменшує продуктивність сонячних колекторів, оскільки геліосистема не працює, простій геліосистеми може продовжуватися до кінця світового дня, як наслідок втрата корисної ьеплоти, яку можна акумулювати.

Є кілька шляхів, які дають змогу уникнути стагнації геліоконтуру.

Система DrainBack. У стані спокою, при відключеному сонячному насосі, сонячні колектори заповнені повітрям, а весь теплоносій знаходиться нижче за їх рівень у трубопроводах, теплообміннику та/або спеціальному резервуарі. При підвищенні температури в сонячних колекторах до встановленого значення відбувається включення насоса, теплоносій заповнює колектори (витісняючи повітря), а потім вже нагрітим надходить у теплообмінник, де віддає тепло воді. Коли робота закінчується, насос зупиняється і теплоносій стікає з колекторів, які знову заповнюються повітрям (рис. 33).

Переваги системи:

- Простий монтаж (нижче вимоги до герметичності, менше елементів безпеки) та обслуговування;
- При відсутності відбору тепла (режим стагнації) немає впливу високої температури на теплоносій (довше служить);
- При вимкненому насосі виключена зворотна самоциркуляція та охолодження бойлера;
- Дещо нижча ціна (не потрібен розширювальний бак, повітровідділювач та зворотний клапан)

Недоліки:

- необхідність використання потужніших циркуляційних насосів (для подолання додаткового напору, що створює повітря в колекторах та трубопроводі), відповідно більше електроспоживання.
- поступова внутрішня корозія через постійну присутність повітря в системі.
- можливе деяке зниження вироблення теплової енергії через обмежені робочі температури;

До початку роботи
Сонячні колектори не заповнені. Теплоносій знаходиться у ємності DrainBack.

Геліосистема у роботі
Система запускається, контур заповнюється теплоносієм, починається нагрівання бойлера.

Бойлер нагрітий повністю
Насос геліосистеми вимикається. Теплоносій зливається в ємність DrainBack, сонячні колектори наповнюються повітрям.

Рис.33. Принципова схема роботи системи DrainBack

Додатковий модуль Drain Master. Інноваційна система для сонячних колекторів може бути реалізована за допомогою модуля DrainMaster, що є

доповненням системи DrainBack. Даний модуль тільки звільняє поля сонячних колекторів від теплоносія під час максимальної інтенсивності сонячної радіації, що знижує втрати теплоти в трубопроводах та баку-акумуляторі, тим самим попереджуючи скипання в колекторі, що знижує втрати теплоти в трубопроводах та баку-акумуляторі

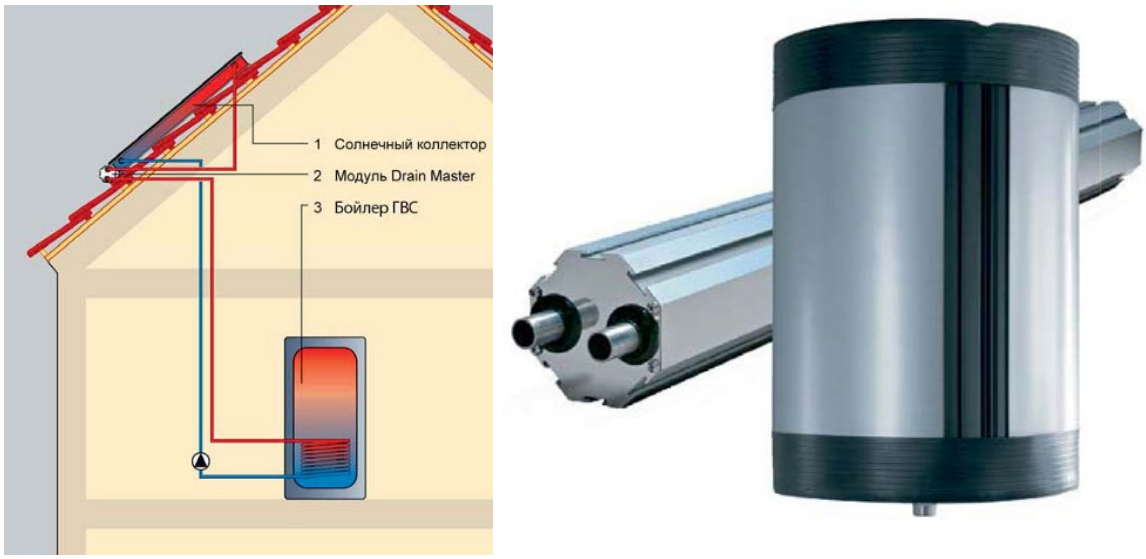


Рис. 34. Принципова схема роботи та компорненти системи Drain Master

Система з функцією зворотного охолодження. При досягненні максимального значення в баку акумулятора в кінці дня контролер запускає насос геліоконтуру в нічний час. Завдяки циркуляції сонячні колектори розсіюють тепло з бака в атмосферу і бак акумулятор остигає. Наранок наступного дня бак готовий отримувати тепло (рис. 35). Ця функція добре застосовна при тривалій відсутності водорозбору, наприклад, коли вся сім'я поїхала у відпустку і т.д. Ця функція не підійде для трубчастих вакуумних колекторів через низькі теплові втрати в самому колекторі. Основною перевагою є те, що немає додаткового обладнання чи компонентів.

З недоліків - можлива нестача теплої води при ранковому водорозборі.

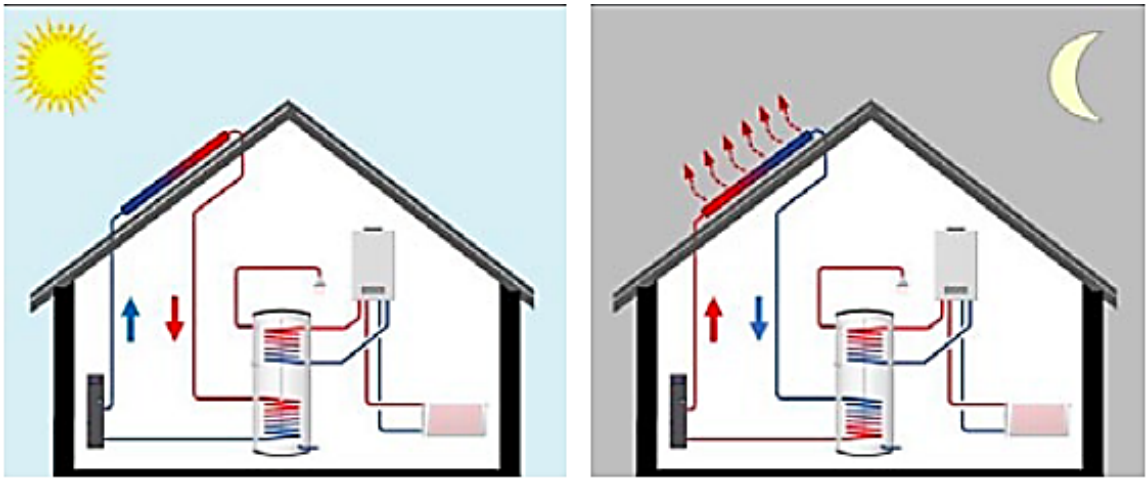


Рис. 35. Принципова схема роботи з функцією зворотного охолодження

Система з функцією "старт-стоп". У контролері геліосистеми закладено наступний алгоритм: якщо бак ГВП прогрітий до максимальної заданої температури (рекомендоване значення 60-65ºС), а температура в сонячному колекторі близька до закипання (110-120ºС), то запускається насос геліоконтуру. При цьому температура в колекторі знижується на кілька градусів і закипання не відбувається. Потім процес повторюється і знову відкладає стагнацію за рахунок холоднішого бака акумулятора і тепловтрат в трубах рис.36.

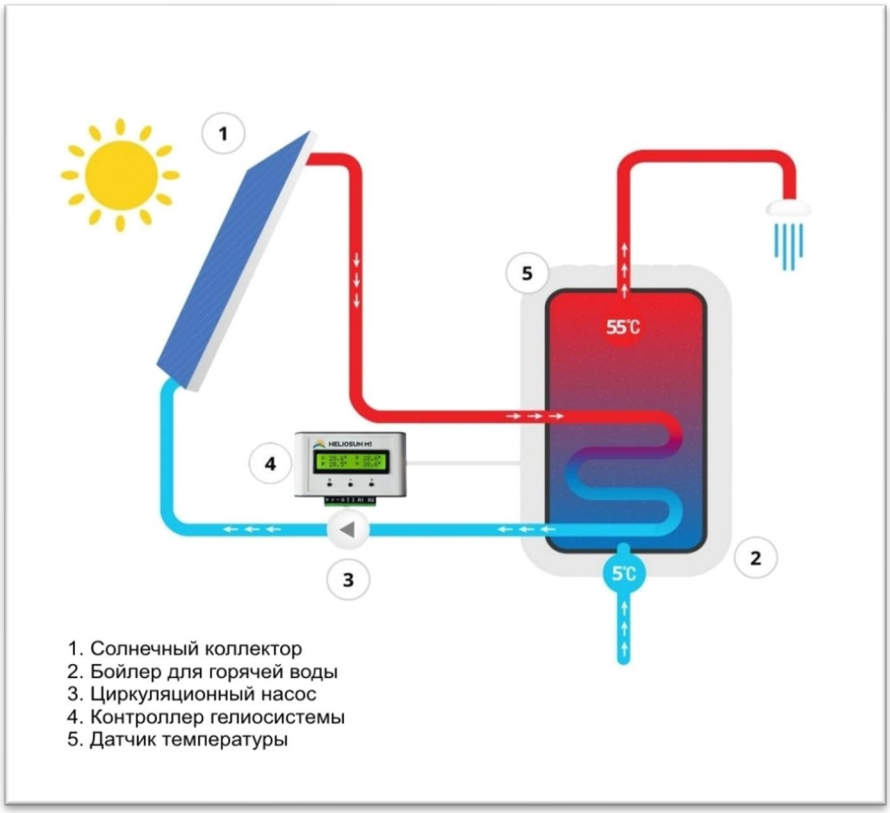


Рис.36. Принципова схема роботи з функцією "старт-стоп"

Таким чином, відбувається як би тактування насоса, що не дозволяє теплоносія закипіти. При цьому вода в баку також трохи нагрівається. Для цього в контролері є налаштування максимально можливої температури в баку (80-95ºС), при якій насос більше не запуститься. Як правило, цього буде достатньо, щоб геліосистема не перейшла до режиму стагнації за цілий день. Але функція не може повністю запобігти закипанню теплоносія, а лише відстрочити його на день-два за тривалої відсутності водорозбору. Дана функція буде значно ефективнішою у поєднанні з опцією нічного обернення охолодження.

Система Thermal Protect. При досягненні високої температури сонячний колектор перестає поглинати теплову сонячну енергію завдяки особливому селективному покриттю. При температурі абсорбера +75ºС у шарах абсорбуючого напилення відбувається зміна кристалічних ґрат, через це відобиття сонячних променів значно збільшується (Рис.37).

Рис.37. Система Thermal Protect.

Завдяки цьому при подальшому нагріванні температура теплоносія збільшується незначно і не закипає. У робочому стані абсорбер має максимальну ефективність, як у стандартних сонячних колекторах. Переваги повністю вирішується можливість виникнення стагнації.

Недоліки: погіршення ефективності сонячного колектора за високих температур на обсорбері. Необхідність установки підвищеного тиску теплоносія у геліоконтурі.

Використання роллетів, жалюзі. На сонячні колектори встановлюються ролети з електроприводом. Коли температура води в бойлері непрямого нагріву піднялася до потрібного споживача рівнем, ролети автоматично закривають сонячні колектори, запобігаючи потраплянню сонячних променів. Коли гаряча вода знадобиться знову, ролети піднімуться.

Рис.38. Захисні ролети для сонячних коллекторів

Дана система досить просто реалізується, але вимагає певних витрат на купівлю та встановлення захисних ролетів з електроприводом. Більше того, цей захід з великою ймовірністю відмови. Зазвичай ролети опускаються під своєю вагою вертикально, а у випадку з колекторами їм доведеться рухатися по похилим напрямним попадання листя в напрямні може утруднити рух ролета, а то й зупинити його.

Система з використанням обертання колектора. Усунення застою можливо шляхом різноманітні конструкції колекторів або з використанням інших технічних засобів. Для цього використовується система нахилу теплового колектора для усунення стагнації системи. Система повністю автоматична, і при записі граничних значень гарантує що панель повертається з ідеального положення, таким чином зменшуючи кількість отриманої енергії. Таким чином, за годину можна знизити температуру середовища в системі до 10%. При нахилі колекторів можна значно підвищити ефективність одержання тепла енергії від сонячної радіації та усунення застою в системі за допомогою системи обертання поля колектора з конструкцією трекера.

Утилізація надлишків тепла в системі. Для цього в систему інтегрують додатковий теплоакумулятор, який прийме зайве тепло, коли вода в основній ємності вже нагріта до гранично допустимої температури. Хорошим споживачем надлишкового тепла в приватному будинку може стати басейн - у цьому випадку вийде навіть подвійна користь: система буде захищена від стагнації, а вода в басейні підігріється до комфортнішої температури. Коли для теплоакумулятора немає місця або він з якихось причин не допоможе ефективно вирішити проблему, тепло можна відводити через тепловентилятори, встановлені зовні будівлі.

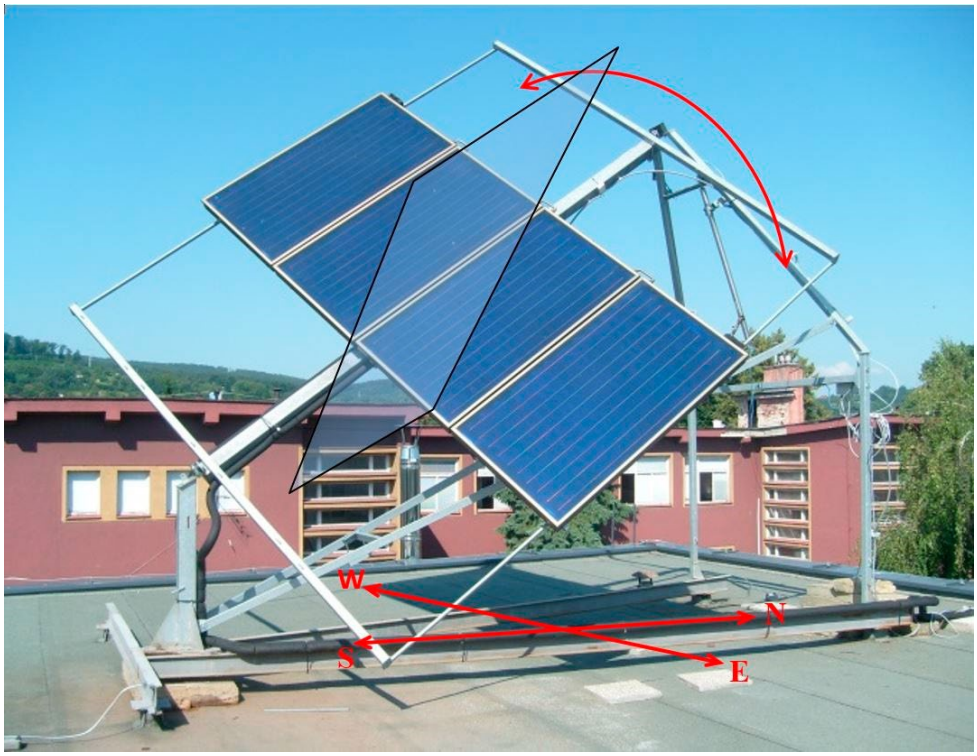


Рис. 39. Сонячні батареї, встановлені на конструкції трекера, що дозволяють нахиляти колектори.

Ще один із простих у реалізації способів утилізувати зайве тепло в системі - зливати частину нагрітої води з теплоакумулятора або бойлера в каналізацію. Однак спосіб підходить лише для систем із геліополем невеликої потужності. У будинках, оснащених тепловими насосами, зайве тепло можна відводити через геотермальний зонд — у ґрунт навколо нього. Це також допоможе швидше відновити запас тепла у землі, виснажений тепловим насосом зазимовий період.

Багато з перерахованих вище методів вже давно вдало використовуються для вирішення проблем стагнації ключовими виробниками. Слід розуміти, що

кожної індивідуальної геліосистеми краще підходить той чи інший метод. Найчастіше комбінація з кількох варіантів є найкращим рішенням. Однак всі вони зводяться до одного заходу – перекривають надходження сонячної енергії до геліоколектора в час найбільшої інсоляції. Це призводить до необхідності збільшувати площу геліополя для компенсації цієї втрати теплоти.

Таке кардинальне з точки зору безпечної експлуатації системи рішення, однак, призводить до втрати великої кількості сонячної теплоти, Наприклад, для умов Києва ця втрата становитиме близько 40% від усієї теплоти, яку можна використати вдень протягом доби у червні.

6. Визначення інтенсивності сонячного випромінювання

Загальні положення

Енергетична освітленість, створювана випромінюванням, що надходить на Землю безпосередньо від сонячного диска у вигляді пучка паралельних сонячних променів називається прямою сонячною радіацією.

Пряма сонячна радіація, що надходить на верхню межу атмосфери, що змінюється в часі в невеликих межах, тому її називають сонячної постійної (S_0). За середньої відстані від Землі до Сонця становить близько 1400 Вт/м^2 (Рис.40).

Пряма сонячна радіація має найбільшу кількість тепла та світла. Якби у нашої планети не було атмосфери, земна поверхня отримувала б лише пряму радіацію. Однак, проходячи через атмосферу, приблизно четверта частина сонечної радіації розсіюється молекулами газів та домішками, відхиляється від прямого шляху. Деяка частина їх досягає поверхні Землі, утворюючи розсіяну сонячну радіацію. Завдяки розсіяній радіації світло проникає і в ті місця, куди пряме сонячне проміння (пряма радіація) не проникають. Ця радіація створює денне світло і надає кольору небу.

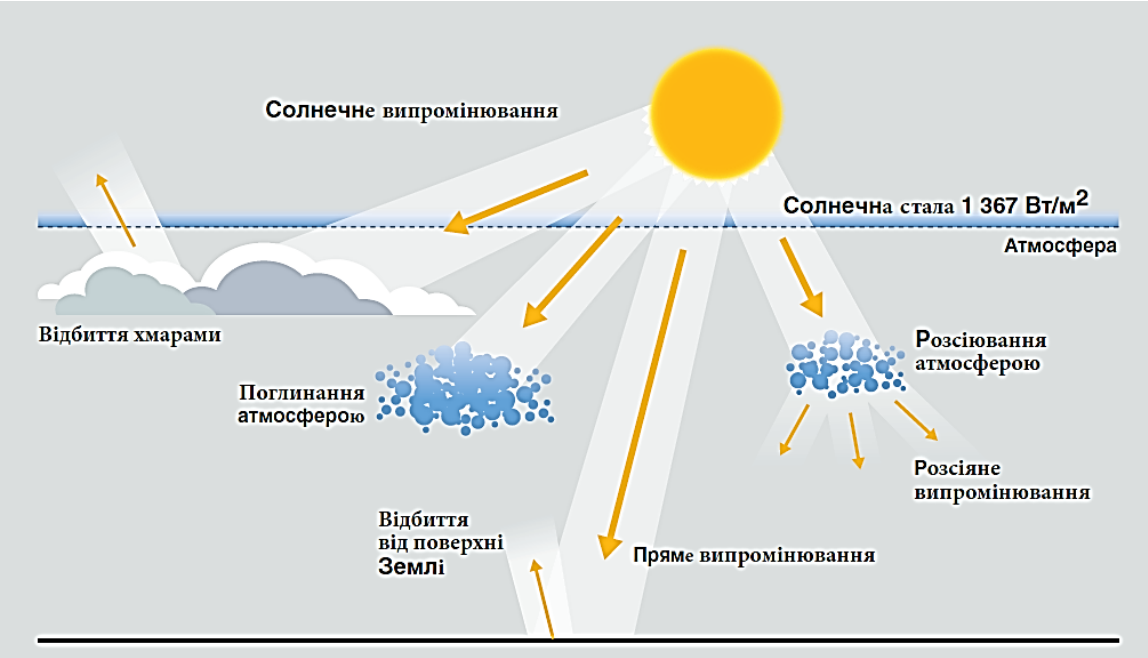


Рис.40. Вплив атмосфери при проходженні сонячної радіації

Усі сонячні промені, що надходять на Землю, становлять сумарну сонячну радіацію, тобто сукупність прямої та розсіяної радіації.

Щоб продуктивність сонячного колектора була максимальною дуже важлива орієнтація та кут нахилу колектора. Щоб поглинати максимальна кількість сонячної енергії площина сонячного колектора повинна бути завжди перпендикулярна сонячним променям. Однак завжди в залежності від часу доби і року сонце світить на земну поверхню під кутом. Тому для монтажу сонячних колекторів необхідно знати оптимальну орієнтацію в просторі абсорбера сонячного колектора.

Для оцінки оптимального орієнтування колекторів враховується обертання Землі навколо Сонця і навколо своєї осі, а також зміна відстані від сонця.

Огляд методик розрахунку інтенсивності сонячного випромінювання

Методика розрахунку надходження сонячної радіації впливає на рівень капітальних витрат із створення системи сонячного теплопостачання, також для підвищення енергоефективності сонячної установки необхідний найточніший розрахунок.

В роботі розгядаються методики розрахунку інтенсивності сонячної радіації по двум варіантам:

Варіант 1 – розрахунок, що заснований на методі коефіцієнтів, наведених у ДСТУ-Н Б В.2.5-43-2010 Правила влаштування систем сонячного теплопостачання у будинках житлового та цивільного призначення [55].

Варіант 2 - аналітичний метод визначення інтенсивності сонячної радіації запропонований Даффі Дж.А., Бекман У.А. у книзі "Теплові процеси з використанням сонячної енергії" [56]

Розрахунок проводимо для розглядаємого житлового будинку, що розташований у м. Київ з координатами 50°27°00° північної широти 30°31°25″ східної довготи. Оскільки кут інсоляції залежить від часу доби та року, орієнтацію площини колектора слід виконувати відповідно до висоти Сонця у період надходження найбільшої кількості сонячної енергії. Оскільки найінтенсивніша інсоляція спостерігається в середині дня, приймаємо, що площина колектора орієнтована на південь.

Варіант - 1

Основними кліматичними параметрами для розрахунку установки сонячного гарячого водопостачання є інтенсивність сонячої радіації і температура зовнішнього повітря. Розрахунок установки гарячого водопостачання виконується за годинними сумами прямої та розсіяної сонячної радіації та температурою зовнішнього повітря [57].

Інтенсивність падаючої сонячної радіації для будь-якого просторового розміщення сонячного коллектора та кожної години світлового дня q_i, *Вт/м* слід визначати за формулою:

$$q_l = P_A \cdot P_S \cdot I_s + P_D \cdot I_d + P_R\,(I_s + I_D) \cdot a\ ,\ Вт/м^2 \cdot год \qquad (5)$$

де, P_A - коефіцієнт, що враховує азимут розташування СК.

У разі південної орієнтації P_D = 1,0. Для СК, який розташовано на широті θ з кутом нахилу β = 15°, відхил від південної орієнтації до 10° зменшує річну суму сонячної радіації, що надходить у межах 5%, а при відхилі до 30° - в межах 10%. Середньомісячні значення величини P_A нав.едені в таблиці 7 .1 [55].

P_D - коефіцієнт положення колектора для розсіяної СР;

$$P_D = \frac{\cos^2\beta}{2};$$

β - кут нахилу СК до горизонту;

P_s - коефіцієнти положення сонячного коллектора для прямої радіації;

$$P_s = \frac{I_s^{нах}}{I_D^{гор}};$$

$I_s^{нах}$ – інтенсивність прямої СР, яка надходить на горизонтальну поверхню, Вт/м^2;

$I_D^{гор}$ - інтенсивність прямої СР, яка надходить на нахилену поверхню, Вт/м^2;

Для данного об'єкту кут нахилу коллектора прийнято – 50^o. Годинні суми прямої та розсіяної сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт (дані для 50° північної широти) прийняті згідно [57] наведені в табл.1.

Таблиця 1. Средньомісячні значення Ps для солнечних колекторів південної орієнтації при різних кутах їх нахилу

Угол наклона коллектора	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Широта местности 50												
35	2,67	1,92	1,38	1,22	1,05	0,99	1,01	1,14	1,23	1,65	2,41	3,03
50	3,13	2,14	1,45	1,07	0,86	0,79	0,81	0,96	1,25	1,80	2,80	3,59
65	3,38	2,47	1,42	0,96	0,75	0,66	0,68	0,85	1,20	2,06	2,99	3,91
90	3,28	2,26	1,16	0,54	0,08	0,00	0,00	0,29	0,93	1,60	2,85	3,85

Дані щодо величин I_s та I_D для окремих пунктів наведені в [57]. У разі відсутності даних для населеного пункту, де проектують ССТ, можна використовувати наближені значення годинних сум прямоі та розсіяної СР за допомогою карти зонування України та метеоданих, наведених у додатку Г [57].

P_R - коефіцієнт положення колектора для відбитої СР;

$$P_D = \frac{\sin^2\beta}{2};$$

a - альбедо (коефіцієнт відбиття) поверхні , на якій розташовані колектори. У разі відсутності даних щодо величини альбедо для матеріалів поверхні , що використовують , її можна прийняти такою, що дорівнює 0,6 - за наявності снігового покрову та 0,2 – за його відсутності.

Температуру зовнішнього повітря для і-ої години j-ого місяця можна визначити за формулою:

$$t_{ij} = t_j + 0{,}5k_i \cdot A_j$$

t_j - середнmодобова температура повітря j-ого місяця, яку визначають згідно зі СНиП 2.01 .01;

A_j - середньодобова амплітуда коливань температури у j-ому місяці, яку визначають згідно зі СНиП 2.01.01;

k_i - коефіцієнт перерахунку для і-ої години (таблиця 7.4) [55].

Варіант – 2

Згідно аналітичного методу визначення інтенсивності сонячної радіації згідно [56].

Величина інтенсивності сонячної радіації , Вт, що падає на 1м^2 похилої площині поверхні сонячного колектора в кожну годину світлового дня, при реальних умовах, визначається за формулою:

$$q = \left(I_s^{\text{нах}} \frac{\cos(\varphi - \beta)\cos\delta \cdot \cos\omega + sin(\varphi - \beta) sin\delta \cdot sin\omega}{\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + sin\delta \cdot sin\varphi} + I_D^{\text{гор}} \frac{cos^2\beta}{2} \right) \eta_0 \eta_1$$

$I_s^{\text{нах}}$ та $I_D^{\text{гор}}$ – питомий тепловий потік, Вт/м^2, прямого та розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню на широті даної місцевості, ці дані наводяться у кліматичних довідниках [57,56,58];

β - кут між площиною, що розглядається, і горизонтальною поверхнею (тобто нахилу поверхні сонячного колектора до горизонту);

δ – схил, тобто кутове положення Сонця в сонячний полудень щодо площині екватора, що залежить від пори року (позитивне значення для північного півкулі);

$$\delta = 23{,}45° \sin 360° \frac{284 + n}{365}$$

φ - широта місцевості (позитивна для північної півкулі);

ω- годинний кут, що дорівнює нулю опівдні для колекторів орієнтованих на південь, за годину значення годинникового кута змінюється на 15^0 про зі знаком плюс (від 12 години до ранку) або мінус (від 12 до вечора), визначається за формулою [56]:

$$\omega = 180° + \gamma - 15°\tau + 7{,}5\,°$$

τ - час доби у годинах;

n - порядковий номер дня року як n береться номер середнього розрахункового дня місяця для I – XII місяців;

η_0 – коефіцієнт, що враховує реальні умови хмарності [59,56];

η_1 – коефіцієнт, що враховує рівень прозорості атмосфери;

Згідно аналізу порівняння розрахунків випромінювання сонячної радіації проведеного авторами роботи [60] значення інтенсивності сонячного випромінювання, розрахованого за різними методиками значно відрізняється. В значеннях сумарного місячного надходження сонячного випромінювання на 1 м^2 розрахованих за аналітичним методом враховуються такі фактори як: прозорість атмосфери, реальні умови хмарності, рух Сонця протягом доби по небесній сфері, що мають значний вплив на кінцеві результати розрахунку.

Для м. Києва результати розрахунків інтенсивності сонячного випромінювання за місяць наведено в таблиці 2, рис.42

Таблиця 2. Інтенсивності сонячного випромінювання за місяць

Місяць	Днів	Кут нахилу СК, °	Інтенсивность сонячної радіації, Вт/м^2 за добу	Інтенсивность сонячної радіації Вт/м^2 за місяць	Річна інтенсивность сонячної радіації, ГВт/м^2
1	31	50	1289,0	39959,0	1,185
2	28		2164,3	60599,3	
3	31		3190,5	98904,8	
4	30		4322,3	129669,1	
5	31		4992,8	154776,1	
6	30		5227,6	156826,6	
7	31		4983,6	154490,1	
8	31		4536,9	140643,3	
9	30		3456,0	103679,2	
10	31		2276,7	70577,1	
11	30		1442,1	43262,9	
12	31		1046,6	32445,5	

Рис.42. Сумарна інтенсивність сонячної радіації по місяцях, Вт/м^2 .

Теплова ефективність сонячних колекторів

Показником ефективності сонячного колектора є його коефіцієнт корисної дії, що дорівнює відношенню теплопродуктивності колектора до кількості сонячної енергії, що надходить на колектор.

Величина ККД сонячного колектора залежить:

1) метеорологічні параметри - інтенсивність сонячної енергії /, що вимірюється на горизонтальній поверхні, і температура зовнішнього повітря Тв;

2) конструктивні характеристики сонячного колектора і властивості поглинальної поверхні абсорбера - матеріал і товщина листа, товщина і коефіцієнт теплопроводності теплової ізоляції, крок труб, число шарів скління і його пропускна спроможність;

3) робочі параметри СК - витрата теплоносія і його температура на вході в КСЕ.

Великий вплив на ККД сонячного колектора надає температура теплоносія на вході в колектор: чим вона нижча, тим нижче теплові втрати СК і вище за його ККД. При збільшенні витрати теплоносія КПД зростає до певної межі, а потім залишається постійним, так що існує оптимальний діапазон значень витрати теплоносія.

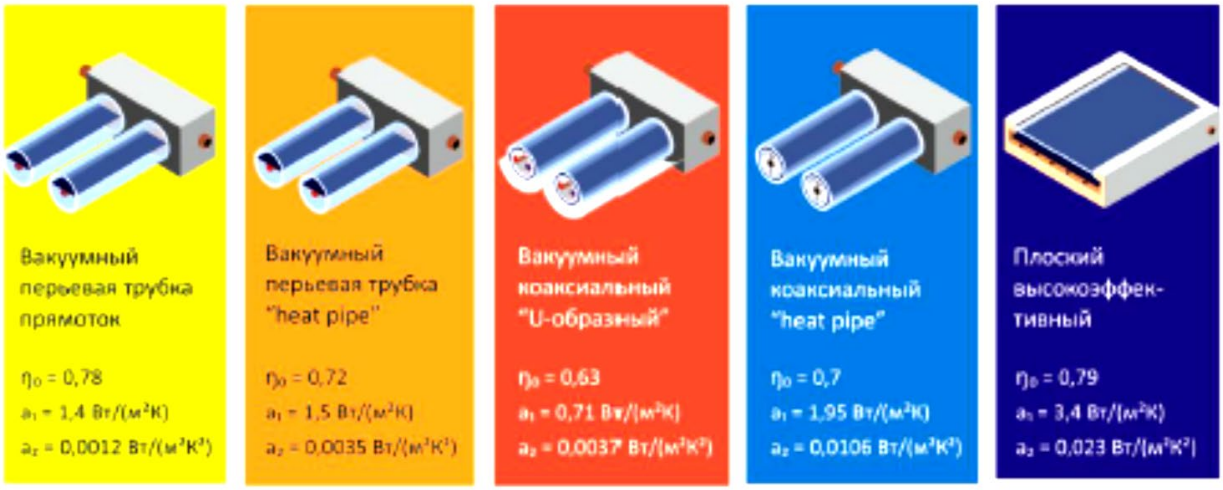


Рис.41. Характеристики конструкції сонячних коллекторів

У таблиці приведені характеристики сонячних колекторів фірми Viessmann (оптичного ККД і коефіцієнтів теплових втрат СК) [22].

Тип колектора	Оптичний ККД η_0, %	Коефіцієнти теплових втрат		Питома теплоємність
		k_1, Вт/(м² · К)	k_2, Вт/(м² · К²)	
Vitosol 100				
• тип s/w2,5	84	3,36	0,013	6,4
• тип 5 Dl	84	4,16	0,0073	7,2
Vitosol 200	84	1,75	0,008	9,6
Vitosol 250	77,5	1,476	0,0075	-
Vitosol 300	82,5	1,19	0,009	5,4

Для плоских колекторів залежно від типу та виробника, оптичних ККД знаходиться в діапазоні 75-85%. Для вакуумних колекторів цей показник становить 80-83%. Тобто. за значеннями оптичного ККД два типи колекторів приблизно рівні.

При попаданні сонячного випромінювання на трубчастий сонячний колектор відбивається значно більше світла, ніж у плоского колектора, оскільки лише невелика частина променів потрапляє на трубку перпендикулярно, більшість променів відбиваються. Це пояснює, чому трубчасті колектори мають більші оптичні втрати ніж плоский сонячний колектор.

Світлові промені потрапляють під різними кутами на сонячний колектор залежно від часу доби та пори року. У цьому випадку відбивається більше світла, ніж за перпендикулярному напрямі променів. Оскільки світло проходить через скло колектора під кутом з більшою траєкторією, то частина світла поглиненого склом, теж збільшується. Кутовий коефіцієнт IAM завжди враховується під час

досліджень оптичних властивостей сонячних колекторів. за допомогою цього коефіцієнта коригують дані щодо кількості сонячної енергії, що проходить через прозору ізоляцію.

Сучасні виробники колекторів вимірюють ККД в експерименті для кожної конкретної конструкції колектора. Плоскі сонячні колектори з селективним покриттям мають дуже низький ККД в зимовий період, тому найбільше підходять для сезонного гарячого водопостачання. У зимовий період часу вони можуть служити джерелом низькопотенційного тепла для теплових насосів.

Вакуумні трубчасті колектори прийнятні, перш за все, в тих випадках, коли потрібне тепло з вищою температурою, або коли інтенсивність сонячного випромінювання дуже низька. Вони можуть застосовуватися для цілорічного гарячого водопостачання і для низькотемпературних опалювальних систем (наприклад, тепла підлога, де використовується температура теплоносія до 45 ºС)[ДБН ОВИК].

Коефіцієнт корисної дії СК визначається за формулою [ ] :

$$\eta = \eta_0 - \frac{\mathrm{i} \cdot \frac{U(\mathrm{T}_1 + \mathrm{T}_2)}{2} - \mathrm{T}_o}{\sum q}$$

де, η - розрахункове значення ККД,

η_0 - номінальний (оптичний) ККД установки за нормальних умов,

U - коефіцієнт, що залежить від типу та теплоізоляції колектора,

q — інтенсивність потоку сонячної енергії, що надходить на поверхню сонячного колектора, Вт/м^2 ;

і – кількість годин роботи, год;

T_1 , T_2 — температура теплоносія на вході в колектор, К;

T_0 — температура зовнішнього повітря, К.

Виконаємо розрахунок геліосистеми для багатоповерхового житлового будинку в місті Києві.

Загальні вихідні дані:

- кількість осіб – 190 л;
- параметри теплоносія – вода, t = 55-5 °С;

- тривалість роботи УСГВ протягом року – цілорічні;
- Vitosol 100, 200, 250, 300

Розрахунок теплового навантаження на ситему гарячого водопостачання наведено в Додатку 1.

Розрахунок виконано за методикою наведеною в ДСТУ для двох конструкцій сонячних колекторів - плоского та вакуумованого для порівняння доцільності використання.

Прийнято установку двоконтурної цілорічної дії з примусовою циркуляцією та з використанням дублюючого джерела теплоти як догрівач.

Площа сонцепоглинальної поверхні УСГВ з дублером, м^2:

$$A = \frac{1{,}16G\ (t_{w2} - t_{w1})}{\eta \sum q}$$

де $\sum q$ - інтенсивність СР, що надходить на колектор, д для СК південної орієнтації, Вт/м^2, наведена в розділі __;

G - добове навантаження системи ГВП, л/доб, кг/доб;

η - коефіцієнт корисної дії СК;

t_w,1 – температура холодної води, приймаємо 15 °С;

t_w,2 – температура гарячої води, приймаємо 55 °С;

ККД колектора визначаємо за формулою [28]:

$$\eta = \eta_0 - \frac{\mathrm{i} \cdot \frac{U(\mathrm{T}_1 + \mathrm{T}_2)}{2} - \mathrm{T}_o}{\sum q}$$

де, η - розрахункове значення ККД,

η_0 - номінальний (оптичний) ККД установки за нормальних умов,

U - коефіцієнт, що залежить від типу та теплоізоляції колектора,

q — інтенсивність потоку сонячної енергії, що надходить на поверхню сонячного колектора, Вт/м^2 ;

i – кількість годин роботи, год;

T_1 , T_2 — температура теплоносія на вході в колектор, К;

T_0 — температура зовнішнього повітря, К.

Бак-акумулятор комплектується допоміжним електричним нагрівальним елементом, щоб у дні, коли не вистачає сонячної енергії для нагріву споживачі не залишалися без гарячої води. Завданням ємнісного водонагрівача (бака-акумулятора) сонячної системи є регулювання коливань і нерівномірності між кількості тепла від сонячних колекторів та споживанням виробленого тепла на потреби гарячого водопостачання будинку.

Для геліосистем з примусовою циркуляцією теплоносія - з розрахунку 0,06 – 0,08 м^3 на 1 м^2 площі СК; - для геліосистем з природною циркуляцією теплоносія - з розрахунку – 0,045 – 0,065 м3 на 1 м2 площі СК (менші значення рекомендовані для I зони, більші - для III зони).

Об'єм акуакумулятора визначається за формулою:

$$V = (0{,}03 \ldots 0{,}08)F$$

де, F – площа сонячних колекторів, м^2

- для гелополя з плоскими колекторами приймаємо: F = 360 м^2
- для гелополя з вакуумованими колекторами приймаємо: F = 200 м^2

$$V_1 = 0{,}05F = 360 \cdot 0{,}05 = 18 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 0{,}05F = 200 \cdot 0{,}05 = 10 \text{ м}^3$$

Теплова потужність котла-дублера повинна забезпечувати систему гарячого водопостачання, кВт:

$$Q = 1{,}2 \cdot Q_{\text{гв}} = 1{,}2 \cdot 63577 = 76293 \text{ Вт} \sim 80 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість теплоти Q, яка виробляється геліосистемою протягом року (сезону) роботи, визначається за формулою:

$$Q = F \cdot \eta \sum_{j}^{z} q$$

де z – число місяців роботи геліосистеми; j - число днів місяця.

Коефіцієнт (частка) покриття навантаження ССГВ за рахунок СР розраховується за формулою:

$$f = Q / \sum_{j}^{z} G \cdot (\mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1)$$

Результати розрахунку геліосистеми з різними типами сонячних коллекторів зводимо до таблиці 5.

Для вакуумного коллектора														
Характеристика	Од. вимірювання	Місяць												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII	XIII	
Середньодобова температура повітря у j-тому місяці	°C	-4,7	-3,6	1	9	15,2	18,3	19,8	19	13,9	8,1	1,9	-2,5	
Середньодобова амплітуда коливань температури у j-тому місяці	°C	5,5	5,7	6,6	8,8	9,8	9,6	9,4	9,6	9,1	7,5	4,7	4,7	
Розрахункова температура зовнішнього повітря	°C	-3,325	-2,18	2,65	11,2	20,1	23,1	24,5	23,176	16,175	9,975	3,075	-1,325	
Добове навантаження системи ГВП	л/добу	21850												
Середня температура теплоносія	Δt, °C	70	70	70	30	30	30	30	30	30	35	70	70	
Надходження сонячної радіації	Вт/м²год	1289,0	2164,0	3190,0	4322,0	4992,0	5227,6	4983,6	4536,9	3456,0	2276,7	1442,1	1046,6	
Годин роботи СГВП	год	5	8	9	12	15	15	15	12	11	9	8	5	
Коефіцієнт теплопрот	Вт/(м²·К)	1,5												
Оптичний ККД коллектора η₀	%	0,86												
Площа абсорбера	м²	3,03												
ККД коллектора η	**%**	**0,425**	**0,452**	**0,568**	**0,773**	**0,793**	**0,810**	**0,814**	**0,816**	**0,783**	**0,700**	**0,293**	**0,340**	
Площу сонцеполлинальної поверхні СГВ	м²	924,55	518,41	279,77	151,82	128,01	119,77	124,97	136,87	187,30	317,86	1198,39	1422,53	
Кількість коллекторів	шт	305,13	171,09	92,33	50,11	42,25	39,53	41,24	45,17	61,81	104,90	395,51	469,48	

Для плоского коллектора													
Характеристика	Од.вим-ня	Місяць											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII	XIII
Середньодобова температура повітря у j-тому місяці	°C	-4,7	-3,6	1	9	15,2	18,3	19,8	19	13,9	8,1	1,9	-2,5
Середньодобова амплітуда коливань температури у j-тому місяці	°C	5,5	5,7	6,6	8,8	9,8	9,6	9,4	9,6	9,1	7,5	4,7	4,7
Розрахункова температура зовнішнього повітря	°C	-3,325	-2,18	2,65	11,2	20,1	23,1	24,5	23,176	16,175	9,975	3,075	-1,325
Добове навантаження системи ГВП	л/добу	21850											
Середня температура теплоносія	Δt, °C	35	35	35	30	30	30	30	30	30	30	35	35
Надходження сонячної радіації	Вт/м^{2}год	1289,0	2164,0	3190,0	4322,0	4992,0	5227,6	4983,6	4536,9	3456,0	2276,7	1442,1	1046,6
Години роботи СГВП	год	5	8	9	12	15	15	15	12	11	9	8	5
Коефіцієнт тепловтрат	Вт/(м^2·К)	4,5											
Оптичний ККД коллектора η₀	%	0,84											
Площа абсорбера	м^2	2											
ККД коллектора η	**%**	**0,147**	**0,158**	**0,327**	**0,462**	**0,512**	**0,551**	**0,561**	**0,567**	**0,488**	**0,360**	**0,011**	**0,027**
Площу сонцепоглинальної поверхні ССГВ	м^2	5349,8	2959,9	972,9	507,6	396,7	351,9	362,3	393,9	601,7	1235,8	64134,0	35779,6
Кількість коллекторів	шт	2674,9	1479,9	486,5	253,8	198,4	175,9	181,2	197,0	300,9	617,9	32067,0	17889,8

При порівнянні розрахунків системи сонячного гарячого водопостачання житлового будинку з різними типами коллекторів (плоскі та вакуумні колектори) отримали об’єми добових акумуляторів при температурі теплоносія 55-15°С в геліополі з плоскими колекторами складають 18 $м^3$; з вакуумованими колекторами при температурі теплоносія 580-60°С - 10 $м^3$.

При цьому площі геліополя складають А=360 $м^2$ – для плоских коллекторів при тому що період роботи складає з квітня по вересень з передбаченням котла-дублера; 200 $м^2$ – для вакуумованих коллекторів при тому що період роботи складає з лютого по жовтень з передбаченням котла-дублера та заміщенням більше 50%;

Отже, згідно порівняння таблиць ___ можно прийняти, що ефективність використання плоских коллекторів для розрахнкового об’єкту не доречна, так як площа геліополя та об’єм акумулятора з плоскими коллекторами занадто велика, що технічно не дозволяє розмістити його на покрівлі, при тому що ефективність використання плоских коллекторів в порівнянні з вакуумованими нижча і можливість експлуатації системи протягом сезону не тривала.

Отже, в подальших розрахунках розглядається геліополе для системи ГВП багатоквартирного житлового будинку з вакуумованими колекторами.

Для вакуумного коллектора												
Характеристика	Од.	Місяць										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XII	XIII
Число днів місяця	дні в	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Добове навантаження системи ГВП	Вт	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577	63577
Площу сонцепоглинальної поверхні ССГВ	$м^2$	924,5	518,4	279,8	151,8	128,0	119,8	125,0	136,9	187,3	317,9	1198,4	1422,5

Надходження сонячної радіації	Вт/м²год	1289	2164	3190	4322	4992	5228	4984	4537	3456	2277	1442	1046,6
Теплова ефективність СК	МВт	15,7	14,2	15,7	15,2	15,7	15,2	15,7	15,7	15,2	15,7	15,2	15,7
	МВт/рік	185,0258											
Коефіцієнт покриття навантаження ССГВ	%	39 %	59 %	81 %	95 %	100 %	101 %	101 %	98 %	88 %	67 %	45 %	33%

Але, слід зазначити, що стандартні методика розрахунку систем гарячого водопотстачання передбачені для геліосистем, що використовують теплоносій – воду, водні розчини не враховують явище "стагнації" та того факту, що система не працює в пік розрахункової максимальної інтенсивності сонячного випромінювання, для попередження скипання теплоносія та уникнення аварійних ситуацій, що ведуть за собою додаткові експлуатаційні витрати. Це пов’язано з обмеженнями до температури теплоносія (температура кипіння води – 100 С), при тому що коллектори здатні працювти при температурах 200ºС – в плоских коллекторах та вакуумних колекторах – 250ºС [22].

Це призводить до того, що втрати теплоти становлять близько 40 % в пік інтенсивності сонячної радіації [10], катомість, кількість теплоти, що ми втрачаємо в період зупинки роботи системи може бути заккумульована та корисно використана в системі гарячого водопостачання будинку.

Тож для розгляду виконано розрахунок геліосистеми з врахуванням "стагнації" через застосування альтернативного високотемпературного теплоносія – ВОТ.

Результати розрахунку геліосистеми з врахуванням "стагнації" наведено в п.4, стр.17.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Вартість будівництва визначається за ДБН.Д.1-1-200.

Дійсні будівельні норми встановлюють основні правила визначення вартості будівництва, розширення, реконструкції, технічного переоснащення підприємств, ремонту житла та ін. видів будівництва.

Для будівництв, фінансування яких здійснюється за рахунок не бюджетних коштів, дані норми носять рекомендаційний характер.

Правила поширюються на підрядний, господарчий и змішаний способи будівництва.

Система ціноутворення в будівництві містить кошторисні нормативи, правила визначення вартості будівництва і складання інвесторської кошторисної документації.

Кошторисні нормативи – це узагальнена назва комплексу кошторисних норм, які об’єднуються в окремі збірники. Разом з правилами і положеннями, що містять необхідні вимоги, вони служать для визначення вартості будівництва.

Кошторисною нормою називається совокупність ресурсів, встановлена на прийнятий визначник будівельних і монтажних робіт, а також конструкцій, виражається як правило в натуральних (фізичних) величинах або у відносній формі (у вигляді коефіцієнтів).

Головна функція кошторисних норм – визначення нормативної кількості ресурсів, необхідних для виконання відповідного виду робіт, як основи для наступного переходу до цінових показників.

В кошторисних нормах врахований повний комплекс операцій, необхідних для виконання певного виду робіт в нормальних умовах труда, що не ускладнені зовнішніми факторами.

При виконанні робіт в ускладнених умовах до кошторисних норм застосовуються коефіцієнти, що приведені в загальних вказівках до нормативів.

Під звичайними умовами виконання робіт мається на увазі виконання робіт, складування, внутрішньо будівельне транспортування необхідних

матеріалів, виробів і конструкцій без впливу специфічних факторів і умов, що ускладнюють роботу.

Коефіцієнти до нормативних показників, приведені в окремих збірниках кошторисних норм, не застосовуються до норм інших збірників кошторисних норм за винятком випадків, обумовлених в технічних частинах відповідних збірників.

Вартість будівництва відображена у договірній ціні на будівельні роботи.

Договірна ціна формується на підставі кошторисних розрахунків.

Кошторисна документація складається зі зведеного кошторису, який в свою чергу складається з об'єктних та локальних кошторисів.

В локальному кошторисі розраховується вартість якогось одного виду робіт або вартість робіт по одній частині великого об'єкту.

Локальні кошторису по об'єкту об'єднуються у об'єктний кошторис, тобто до нього вже входить вартість робіт по декільком роботам або частинам об'єкту.

І нарешті в зведеному кошторисі відображена ціна об'єкту в цілому.

В кошторисах окрім безпосередньої вартості робіт і витрат труда відображаються різні статті витрат організацій, такі як адміністративні витрати, податок на додану вартість і т. і.

Щоб виділити лише цінові показники по кошторисам, існує зведений кошторисний розрахунок.

ОХОРОНА ПРАЦІ

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

9.1. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ПО НЕБЕЗПЕЧНИМ ТА ШКІДЛИВИМ ФАКТОРАМ

№ п/п	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількісні оцінки	Норматив
1.	Розташування робочого місця на висоті 1,3 м і більше щодо землі	Монтажні роботи	H=3,8 м	ДБН А.3.2-2-2009(р.19)
2.	Падіння предметів з висоти	Монтажні роботи	h=3,8 м	ДБН А.3.2-2-2009, п.14
3.	Електричний струм	Електрозварювальні, електромонтажні, випробувальні, експлуатаційні	U=80В, U=380В	ДБН А.3.2-2-2009(р.9,18,20)
4.	Вібрація	Наладка і пуск систем в дію	v=0,02м/с	ДСН 3.3.6.039-99 ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008
5.	Виробничий шум	Наладка і пуск систем в дію	Рівень < 80 Дб	ДСН 3.3.6.037-99
6.	Недостатнє освітлення робочої зони	Монтажні роботи	30 лк	ДБН В.2.5-28-2006
7.	Шкідливі речовини	Зварювальні ГДКco_2 =	20 мг/м^3	ГОСТ 12.1.005-88
8.	Термічний фактор	Зварювальні	$t_{зварки}$=1200 ^oC	ДБН А.3.2-2-2009, п.9
9.	Атмосферна електрика	Захист будівлі від блискавки	Очікувана кількість уражень об'єкта блискавкою за рік N=0,07	ДСТУ Б В.2.5-38:2008
10.	Пожежна небезпека	Захист від пожежі	Категорія по-жежонебезпеч-ності – А.	ДБН В.1.1-7-2002 ДБН В.1.2-7-

			Межа вибухо-небезпеч-ності – 65 г/м^2. Ступінь вогнестійкості – II	2008 НАПБ Б 03.002-2007

9.2. Заходи профілактики виявлених факторів

9.2.1. Падіння людей з висоти

Організація робочого місця повинна забезпечувати безпеку праці, а також безпечний та зручний доступ до робочого місця. Одною з основних вимог безпечної праці по відношенню до організації безпечних умов праці монтажників – є застосування захисних пристосувань в місцях виробництва монтажних робіт.

Безпека працюючих на висоті при прийманні, встановленні та проектному закріпленні конструкції забезпечує, як правило, застосування засобів колективного захисту. При цьому найбільш часто застосовуються приставні сходи з робочими площадками, металеві площадки, підмостки по підкрановим балкам, а також площадки для з‘єднання стиків збірних залізобетонних колон багатоповерхових будівлях.

Поряд з вищеперерахованими засобами колективного захисту в даний час застосовуються захисні сітки з синтетичних матеріалів: капронові та лавсанові.

9.2.2. Падіння предметів з висоти

Падіння предметів з висоти в процесі монтажу являється одним з найбільш вирішальних факторів профілактики виробничих травматизмів.

В практиці монтажу будівельних конструкцій мали місце втрати міцності та стійкості конструкцій із-за недостатнього врахування по будь-яким організаційно-технічним причинам степені впливу на них монтажних навантажень.

Нормами проектування будівельних конструкцій передбачається забезпечення їх міцності та стійкості в процесі монтажу. У відповідності з цим в проектах будівельних конструкцій приводять місця строповки, які назначаються виходячи з

потреб. Розташування зв‘язків, які забезпечують стійкість закріплених конструкцій, вирішується в проекті виробництва робіт.

9.2.3. Електричний струм

При виконання робіт поблизу струмоведучих частин, які знаходяться під напруженням , існує небезпека випадкового до них торкання.

Основні ізолюючі електрозахисні засоби, які можуть довгий час витримувати робоче напруження та їх використання дає можливість торкання до частин електроустановки яка знаходиться під напруженням (до 1000В). До них відносяться діелектричні гумові рукавиці, інструмент з ізольованими рукоятками, струмошукачі, в електроустановках напруженням вище 1000В – ізолюючі штанги, ізолюючі та струмоведучі клещі.

9.2.4. Вібрація

Розробка заходів по захисту від вібрації робочих місць повинна починатися на стадії проектування технологічних процесів та машин, розробки плану виробничого приміщення, схеми організації робіт. Методи зменшення шкідливих вібрацій від працюючого обладнання можна поділити на дві основні групи: 1) методи, основані на зменшенні інтенсивності збуджуючих сил в джерелі їх виникнення; 2) методи послаблення вібрації на шляху їх розповсюдження через опорні зв‘язки від джерела до інших машин та будівельних конструкцій.

Технологічні засоби по боротьбі з шкідливими вібраціями складаються з вибору таких технологічних процесів, в яких використовуються машини, які збуджують мінімальні динамічні навантаження.

Ефективним засобом боротьби з шкідливою вібрацією є пасивна віброізоляція з застосуванням віброгасячих основ.

9.2.5. Виробничий шум

До технологічних заходів по боротьбі з шумом відноситься вибір таких технологічних процесів, в котрих використовуються механізми та машини, які збуджують мінімальні динамічні навантаження.

Для захисту працюючих в виробничих приміщеннях з шумним обладнанням, застосовуються: звукоізоляція допоміжних приміщень, суміжних з шумною виробничою ділянкою; кабіни наглядання та дистанційного управління; акустичні екрани та звукоізоляційні кожухи; обробку стін та стелі звукопоглинаючим облицюванням або застосування штучних поглиначів.

В необхідних випадках засоби колективного захисту доповнюються застосуванням засобів індивідуального захисту від шуму у вигляді різних навушників, вкладишів, шлемів.

9.2.6. Освітлення робочих місць

Освітленість на робочих місцях повинна відповідати характеру зорової роботи. Збільшення освітленості робочих поверхонь підвищує продуктивність праці. Однак існує межа, при якій подальше збільшення освітленості не лає ефекту та є економічно недоцільно.

Достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні. При нерівномірній яскравості в процесі праці очі вимушені переадаптуватися, що призводить до стомлення зору.

Відсутність різких тіней на робочих поверхнях. В полі зору людини різкі тіні призводять до викривлення розмірів та форм об‘єктів, що збільшує стомленість зору, а рухомі тіні можуть призвести до травматизму.

Постійність освітленості по часу. Коливання освітленості викликають переадаптацію ока, призводять до значного стомлення.

9.2.7. Шкідливі речовини

При виконанні ізоляційних робіт із застосуванням волокнистого азбесту, мінераловати та шлаковати в повітряне середовище виділяється пил. При роботі з ізоляційними матеріалами необхідно користуватись індивідуальними засобами захисту органів дихання і очей (респіратори та окуляри). Ізолювальники повинні бути забезпечені бавовняними комбінезонами, шкіряним взуттям та брезентовими або гумовими рукавицями.

Шлаковату, мінераловату або волокнистий азбест, що застосовується при ізоляційних роботах, необхідно підіймати на висоту у спеціальній тарі (контейнерах), обережно складати та не кидати.

9.2.8. Атмосферна електрика

Для захисту будівлі автозаправної станції від блискавки на покрівлі будівлі встановлена блискавкоприймальна сітка (кроком 0,5х0,5м, Ø 0,25мм). Блискавкоприймальна сітка з'єднується з контуром заземлення за допомогою токовідводів, виконаних з круглої сталі діаметром 10мм.

9.3. Розробка інженерних рішень щодо конкретних питань охорони праці

9.3.1. Розрахунок штучного освітлення

Необхідно запроектувати штучне освітлення з розмірами приміщення $A = a_1 \cdot b_1 = 6 \cdot 3 = 18\ м^2$,

де a_1 і b_1 – довжина і ширина приміщення.

Світловий потік розраховуємо по методу коефіцієнту використання. Потрібний світловий потік лампи:

$$\Phi_л = \frac{E_н \cdot A \cdot \kappa \cdot z}{\eta \cdot N},$$

де $E_н$ – нормуєма освітленість, в операторській 150 лк [15]; к – коефіцієнт запасу к=1,3, приймається по [15]; А – площа приміщення, що освітлюється, $м^2$; z – коефіцієнт мінімальної освітленості, приймають z=1,15; N – кількість світильників; η – коефіцієнт використання світильників.

Для розрахунку приймаємо світильник “Астра-1” (діаметр і висота 208×315 мм) з лампами накалювання.

Знаходимо індекс приміщення

$$i_n = \frac{a_1 \cdot b_1}{h \cdot (a_1 + b_1)} = \frac{6 \cdot 3}{2,3 \cdot (6+3)} = 0,9,$$

де $h = H - h_i = 3,2 - 0,9 = 2,3\ м$ - розрахункова висота.

За допомогою індексу приміщення визначаємо коефіцієнт використання й коефіцієнти відображення стелі, стін та підлоги ($\rho_п$,$\rho_с$,$\rho_р$).

Приймаємо $\rho_п = 70\%$; $\rho_с = 50\%$; $\rho_р = 30\%$; $\eta = 49\%$.

Світловий потік усіх ламп:

$$\Phi_л = \frac{150 \cdot 18 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{0,49} = 8400\ лм.$$

Світловий потік лампи БК 220-100 становить 1450 лм.

$$N = \frac{E_i \cdot k \cdot A \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = 5.68 \text{ шт..}$$

Приймаємо до установки 6 ламп БК 220-100.

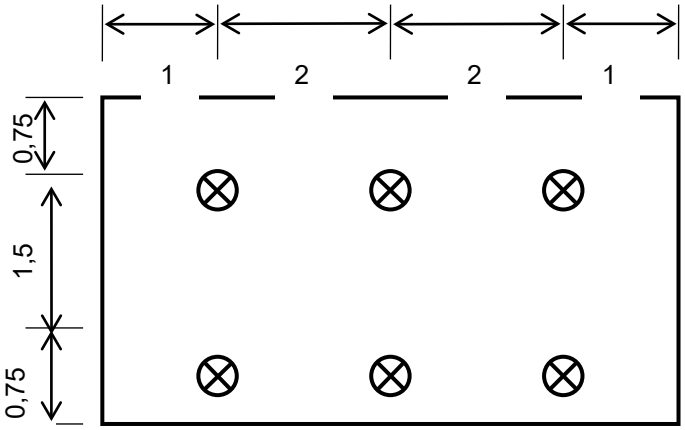


Рисунок 9.1 – Схема розташування світильників в котельній

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні".
2. ДБН В.2.5-20-2001. "Газопостачання".
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
4. ДБН В.2.5-39:2008«Теплові мережі»
5. НПАОП 0.00-1.26-96 "Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0.07 МПа (0.7 кгс/см) та водогрійних котлів і водонагрівачів з температурою нагріву води не вище 115 °С".
6. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція і кондиціонування".
7. ВСН–281-75 “Тимчасові вказівки по проектуванню систем автоматизації технологічних процесів”.
8. ДБН Д.1.1-1-2000. Правила визначення вартості будівництва/ Державний комітет будівництва, архітектури та житлово-комунальної політики. – Київ, 2000.
9. НПАОП 0.00-1.20-98 "Правила безпеки системи газопостачання України".
10. НПАОП 0.00-1.11.98 “Правила будови та безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води”.
11. Правил обліку відпускання і використання теплової енергії.
12. Правил подачі та використання газу в народному господарстві України.
13. Правила пожежної безпеки України.
14. Інженерні рішення з охорони праці в дипломному проекті/ Під ред. Сафонова. –Київ, 2001.
15. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд.
16. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
17. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах (роботах) спеціалістів і магістрів інженерно-будівельних спеціальностей / Уклад.: О.Г. Вільсон, І.В. Клімова, В.Г. Дзюбенко, О.П. Оніщенко. –К.: КНУБА, 2012. -38 с.