

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ПОДМАЗКО О.С.

Процеси та елементна база систем

нетрадиційної енергетики

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ:
«СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ ТА КОЛЕКТОРИ»

ОДЕСА 2019

Укладач: доц., к.т.н. Подмазко О.С.

Рецензент проф..Хмельнюк М.Г.

Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри
термодинаміки та відновлюваної енергетики та запропоновані до видання.

Протокол № від 2019 р.

Зав. кафедрою термодинаміки

та відновлюваної енергетики

проф.. Дорошенко О.В.

3. Використання сонячної енергії на базі ТН

Сонце – це найпотужніше джерело енергії для нашої планети. Без сонячної теплоти і світла будь-яке життя на Землі було б неможливе. Всі наші повсякденні справи включають використання енергії. Вона необхідна для пересування транспорту і приготування їжі, для роботи і відпочинку, для обігріву і охолодження приміщень.

Енергія Сонця може використовуватися для безлічі завдань. Одне з них – це перетворення сонячної енергії в електричну, в так звану сонячну електрику. Хоча сонячна енергія є порівняно новим джерелом енергії, що легко може стати найважливішим джерелом енергії в майбутньому.

Для використання сонячної енергії використовують наступні пристрої:

- плоский сонячний колектор;
- вакуумний трубчастий колектор;
- концентричний (параболічний) сонячний колектор.

Плоскі сонячні колектори (рис. 1.1) через простоту своєї конструкції випускаються багатьма виробниками. Через відносно невисоку вартість вони користуються високою популярністю.

Складається сонячний колектор з теплоізовованого корову, поворхні з високим поглинанням сонячної енергії і мідних труб. Зверху вся конструкция накривається спеціальним високоміцним склом. Рідина, протікаючи по трубках колектора, відбирає тепло у абсорбера нагріваючись таким чином.

Плоскі колектори відрізняються між собою абсорбером, теплоносієм, різними розмірами, форматом сторін, вагою та естетичними властивостями.

Враховуючи те, що втрати теплоти попереджені в колекторі тільки з одного боку, а з лицьового боку теплоізоляція відсутня, плоскі колектори підходять тільки для сезонного використання і теплих кліматичних зон та призначені нагрівати воду для основного побутового використання.



Рисунок 3.1 – Плоский сонячний колектор.

Вакуумний колектор складається з ряду скляних труб, в яких міститься абсорбер і теплова трубка. Абсорбер, поглинаючи сонячні промені і нагріваючись, передає зібрану теплоту мідній трубці. Далі нагріта мідна труба передає тепло теплоносію.

Враховуючи те, що всі поверхні, які нагріваються сонячними променями, відокремлені від зовнішнього повітря вакуумом, а відповідно тепловтрати зведені до нуля, використання вакуумних сонячних колекторів (рис. 1.2) можливо навіть взимку при морозах. Таким чином вакуумний колектор може використовуватися не тільки для підігріву води для побутових потреб, але також і для підігріву води в системі опалення взимку.



Рисунок 3.2 – Вакуумний колектор.

Враховуючи можливість використання не тільки влітку, а й взимку вакуумні колектора користуються досить-широким попитом, як для котеджів, так і для басейнів, виробництв та багатоквартирних житлових будинків.

Концентричний (параболічний) сонячний колектор (рис. 1.3) використовують тоді, коли потрібен нагрів води до температур вище 100 °С. Наприклад, для парових систем опалення або у виробництві (стерилізація).

Такий сонячний колектор концентрує за допомогою дзеркала сферичної форми сонячні промені на нагрівачі. Нагрівач розташований у фокусі цього відбивача і сприймає на себе всі сонячні промені, які падають на поверхню дзеркала. Для максимальної продуктивності параболічний колектор повинен обертатися в двох площинах, підлаштовуючись під рух сонця. За специфічного призначення і великої вартості концентричні

колектори використовуються для потужних систем для виробництва сонячної електроенергії.



Рисунок 3.3 – Параболічний сонячний колектор [1]

В табл. 1.1 наведені характеристики основних типів колекторів, а саме ККД, робочі температури, та можливість встановлення систем слідування за сонцем.

Таблиця 3.1 – Характеристика основних видів колекторів

Тип сонячного колектора	Робоча температура, °С	ККД колектора, %	Відносна потребуєча площа, %	Слідування за сонцем
Плоский	30-100	30-50	100	Не потребується
Сонячний ставок	40-100	15-25	130	Не потребується
Центральний приймач із полем геліостатів	до 1000	60-75	20-40	Обертання навколо двох

				осей
Параболо-циліндричний концентратор	до 500	50-70	30-50	Обертання навколо однієї осі
Вакуумний трубчатий колектор	90-300	40-60	50-75	Не потребується

ККД сонячного колектора визначається за формулою:

$$\eta_k = Q_k / (E_k \cdot A) \quad (3.1)$$

де η_k – ККД колектора;

Q_k – кількість теплоти яку виробляє колектор, Вт · год;

E_k – кількість енергії сонця, яка потрапила на абсорбер, Вт · год/м²;

A – площа абсорбера, м².

На рис. 3.4 зображено покрокове визначення приблизного значення ККД колектора.

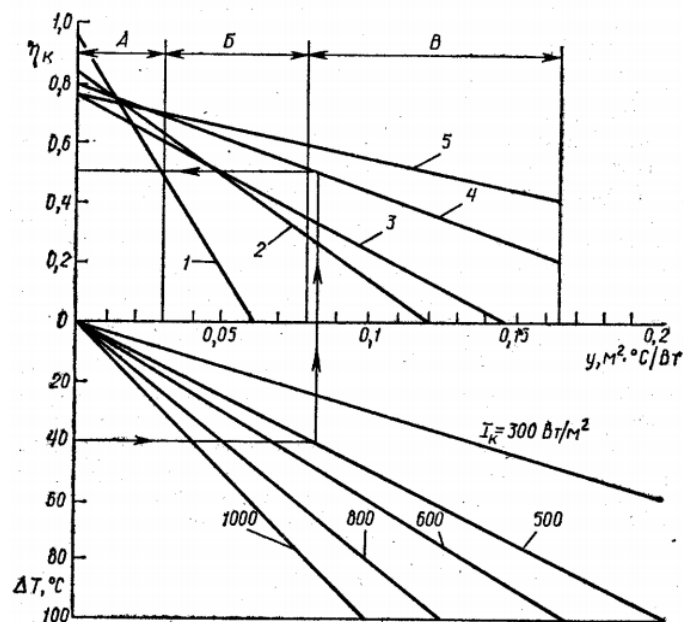


Рисунок 3.4 – Номограма обрахунку ККД колектора:

- 1 - без скління; 2 - одношарове скління; 3 - двошарове скління;
 4 - селективний плоский колектор з одношаровим склінням;
 5 - селективний трубчатий вакуумний колектор.

Важливою складовою в обчисленні ефективності сонячного колектора є врахування тепловтрат в самому колекторі. Це можна розрахувати за наступною формулою:

$$\eta_k = \eta_o - K_k u, \quad (3.2)$$

де η_o – оптичний ККД колектора;

K_k – коефіцієнт тепловтрат колектора;

u – продуктивність колектора, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$.

Значення тепловтрат (табл. 2.2) найменшим є у вакуумних колекторах, так як це зумовлено конструкцією, а саме наявністю вакуумного прошарку між абсорбером і навколишнім середовищем.

Таблиця 3.2 – Тепловтрати в колекторі

Вид колектора	Оптичний ККД, %	Тепловтрати, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
Неселективний плоский колектор без скління	0.95	15
Те ж саме з одношаровим склінням	0.85	7
Те ж саме із двошаровим склінням	0.75	5
Селективний плоский колектор із одношаровим склінням	0.8	3.5
Вакуумний скляний трубчатий колектор	0.75	2

Таблиця 3.3 Пряма сонячна радіація H_b , $\text{Вт ч} / \text{м}^2$

Години	Місяці						
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
6	0	22	47	36	11	0	0
7	36	94	127	127	80	22	0
8	116	185	244	244	185	116	36
9	197	290	349	371	313	221	94
10	266	371	440	476	407	313	138
11	338	440	509	555	497	382	185
12	360	465	545	580	522	418	208
13	349	476	522	555	497	407	208
14	313	429	476	509	451	360	185
15	255	349	407	429	382	290	127
16	174	266	302	338	279	185	69
17	105	174	208	221	174	94	11
18	36	80	116	116	80	22	0
19	0	22	36	36	11	0	0

Таблиця 3.4 Рассеянная солнечная радиация H_d , Вт ч / м²

Години	Місяці						
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
6	22	47	69	58	38	0	0
7	69	105	116	105	80	47	11
8	127	152	152	138	116	94	47
9	174	185	185	174	152	127	105
10	208	221	208	199	174	152	138
11	232	232	232	208	185	185	163
12	244	244	232	221	199	185	174
13	244	244	232	221	199	185	174
14	232	232	208	199	185	174	163
15	208	221	208	199	174	152	127
16	163	185	185	163	152	129	94
17	116	138	152	138	116	80	47
18	69	94	105	94	69	36	11
19	11	47	58	47	22	0	0

Максимальне значення нахилу $\beta^* = 26^0$. Для даного кута нахилу інтенсивність сонячної радіації для площині приймальної пластини колектора за весь період (сезон)

експлуатації системи гарячого водопостачання (квітень - жовтень з 6 ранку до 19 години вечора, м.Одеса) має наступні значення (табл. 3.5):

Таблиця 3.5 Оптимальна сумарна сонячна радіація на приймальній пластині з нахилом $\beta^* = 26^\circ$ (в умовах Одеси, $\varphi = 46,5^\circ$)

Години	Місяці						
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
6	3,2	15,6	29,8	23,1	9,3	0	0
7	61,2	116,9	141,7	134,6	93,4	39,3	4,6
8	195,5	259,1	296,5	288,4	237,8	178,3	76,5
9	330,2	401,9	440,1	454,2	407,6	331,5	201,8
10	437,1	519,8	555,8	585,8	529,6	459,7	287,4
11	534,1	600,0	646,2	674,2	632,7	565,0	367,2
12	567,6	635,5	681,3	710,7	670,7	604,8	404,8
13	555,1	643,4	657,8	684,9	644,2	592,0	403,2
14	503,8	581,6	587,2	615,1	580,4	528,1	367,4
15	413,5	482,4	506,9	523,4	488,1	423,3	261,0
16	272,5	346,7	364,6	377,7	341,1	268,8	149,4
17	128,8	180,8	207,4	205,4	167,7	103,1	32,3
18	12,5	36,0	52,4	46,0	23,1	2,5	0
19	0	0	0	0	0	0	0

3.1 Системи гарячого водопостачання

На відміну від опалення гаряча вода для побутових потреб потрібна завжди. Це спричинено як і особистою потребою людей, так і слідуванням деяким нормам та регулюючим правилам. Якщо порівнювати теплове навантаження на опалення та ГВП, можна виявити, що пік опалення припадає на найхолодніші дні, здебільшого кінець січня - початок лютого. Літом же потреба в опаленні відсутня, як така. Щодо ГВП ми маємо практично незмінну величину навантаження. Висновком з цього впливає те, що сонце може бути одним із найкращих претендентів на джерело відновлювальної енергії. Сонце може постачати енергії практично цілий рік, якщо ми відкинемо жарні дні. Величина енергії яка може бути отримана від цього джерела звичайно буде коливатись в залежності від сезону. Це зумовлено зміною положення сонця, а саме його потоків (променів) відносно адсорбуючої поверхні (та поверхня яка буде перехідною ланкою в передачі енергії від джерела до споживача). Під зміною положення йдеться зміна кута.

Одним із найпоширеніших способів використання сонячної енергії є використання сонячних колекторів. Використання саме цих установок допомагає досягнути понад 50% попиту на гарячу воду протягом року. Це означає що деякі дні в літку будуть повністю покривати теплове навантаження. Зимом ж частка покриття є доволі малою але за сприятливих погодних умов вона може сягати 15%. Ці показники також залежать від вибору та компіляції системи, що включає не тільки вибір най ефективніших колекторів, а також правильно підібрана схема, налагодження автоматики, ну і врешті решт монтаж. Підбір матеріалу трубопроводів, кабелів, запірної арматури та насосів також відіграють важливу роль. Врешті решт слідування цих всіх правил не дасть повної енергетичної незалежності, так як завжди будуть присутні тепловтрати, які зумовлені законами термодинаміки. Загально відомо що дані установки повинні мати в своєму озброєнні дублююче джерело теплоти.

Зазвичай дублюючим джерелом є електроенергія, яка застосовується у вигляді електричних догрівачів (тенів), або котел. Так як пік інсоляції

протягом дня припадає на середину дня, а це зазвичай не пікові часи споживання, тому широко розповсюджено застосування буферних баків. Ці баки працюють за принципом теплових акумуляторів але на короткий термін. Зазвичай бак розраховується на 1-2 доби. Також існують системи які мають 2 або й і більше баків накопичувачів, які ще називають зони. Перша зона – це зона сонячна (solar), інша – дублююча. Якщо ці дві зони поєднані в одному баку, тобто внизу вмонтований теплообмінник сонячного колектора, а зверху теплообмінник котла, або електричний тен, то такі баки називають біваленті.

На рис. 4.1 зображена схема геліоустановки на базі сонячного колектора (solarcollector) , бака накопичувача (watertank), котла (boiler). Із схеми видно що у ролі дублюючого джерела представлено котел, отже бак бівалентний. Спосібів обв'язки та розташування елементів системи існує безліч типів. Тому дані системи бажано проектувати під конкретні умови індивідуально.

Основними параметрами для проектування є такі параметри:

- Добова витрата гарячої води;
- Кліматична зона;
- Дублююча система;
- Вид існуючої системи ГВП;
- Вид покрівлі даху (області де будуть встановлюватись колектори);

Широкого попиту геліоустановки набули в курортних закладах на півдні України, які розташовані поблизу берегової лінії.

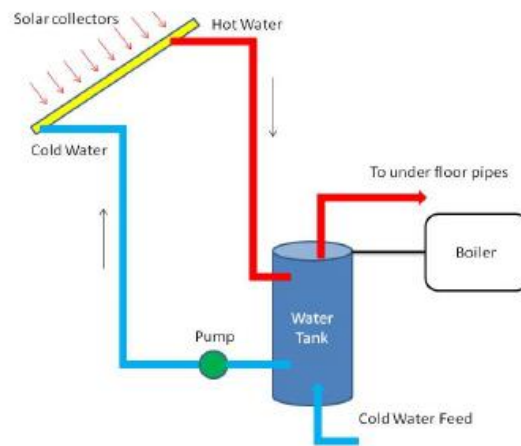


Рисунок 4.1 Принципова схема простої геліоустановки.

5. Теплові акумулятори

Важливим елементом енергозабезпечення – є системи акумуляування тепла. Одною із проблем, яка виникає під час спроби знайти вирішення цього питання, є те, що теплота важко зберігається. Причиною цього є закони термодинаміки які уособлюють в собі одну із очевидних причин: люба система прагне до рівноваги. Простими словами – це означає що завжди будуть присутні втрати теплоти, як процес теплообміну із навколишнім середовищем.

Вирішенням цієї проблеми є застосування систем які б змогли зберігати теплоту протягом великого терміну. Вони можуть бути у будь якому вигляді: від локальних буферних баків акумуляторів до систем які включають в собі використання землі як теплоізоляційного середовища. Звичайно різні системи несуть в собі різні інвестиційні потреби, так як залежать від масштабності, місця установки і т.д. Основна ідея таких систем полягає в тому, що теплота яка є надлишковою літом, може бути акумуляована для використання в зимовий період. Дослідження які були проведенні в Нідерландах показують ефективність роботи таких систем.

Дана система має назву Aquiferthermalenergystoragesystem (ATES). ATES – стала раптом розглядатись як одна із багатообіцяючих систем зберігання відновлюваної енергії. Термодинамічний аналіз цієї системи в цьому випадку базувався на річному циклі в два періоди (зима і літо). Протягом зимового сезону насосні станції витягують теплу воду, поки інші станції повертають холодну воду в землю. Тобто показники ефективності цієї системи базуються на енергетичному підґрунті.

На рис. 5.1 показана карта розташування свердловин в місті Хагу, Нідерланди. Дане моделювання було проведено на період в 10 років. Система вміщувала в собі різні шари, які були використані для проведення розрахунків тепло-надходжень і тепловтрат протягом року, що в свою чергу були використанні для обрахунку коефіцієнтів ефективності, розподілу температури по поверхні.

Результати моделювання показано на рис. 5.2 Легенда показує номери систем. Так як кожна система працює взимку на видобуток тепла а літом на перенесення тепла в землю, тому даний графік показує середню ефективність між цими двома сезонами. Ефективність систем з кожним року збільшується, що говорить про стабілізацію процесів теплообміну, що може бути зумовлено різними факторами.

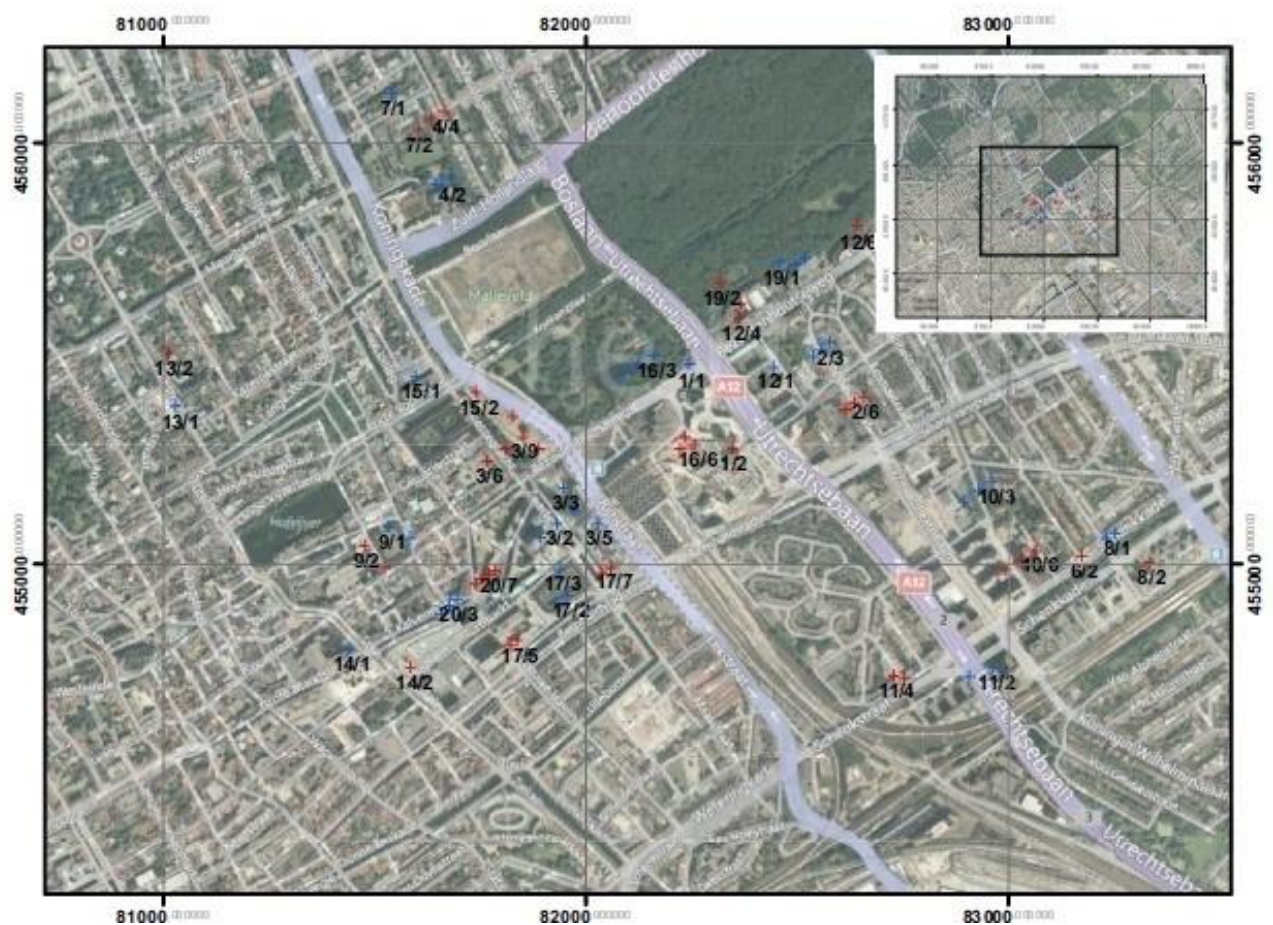


Рисунок 5.1 – Карта розміщення свердловин

Ефективність систем з кожним роком збільшується, що говорить про стабілізацію процесів теплообміну, що може бути зумовлено різними факторами. Однією з причин зміна в структурі шарів ґрунту.

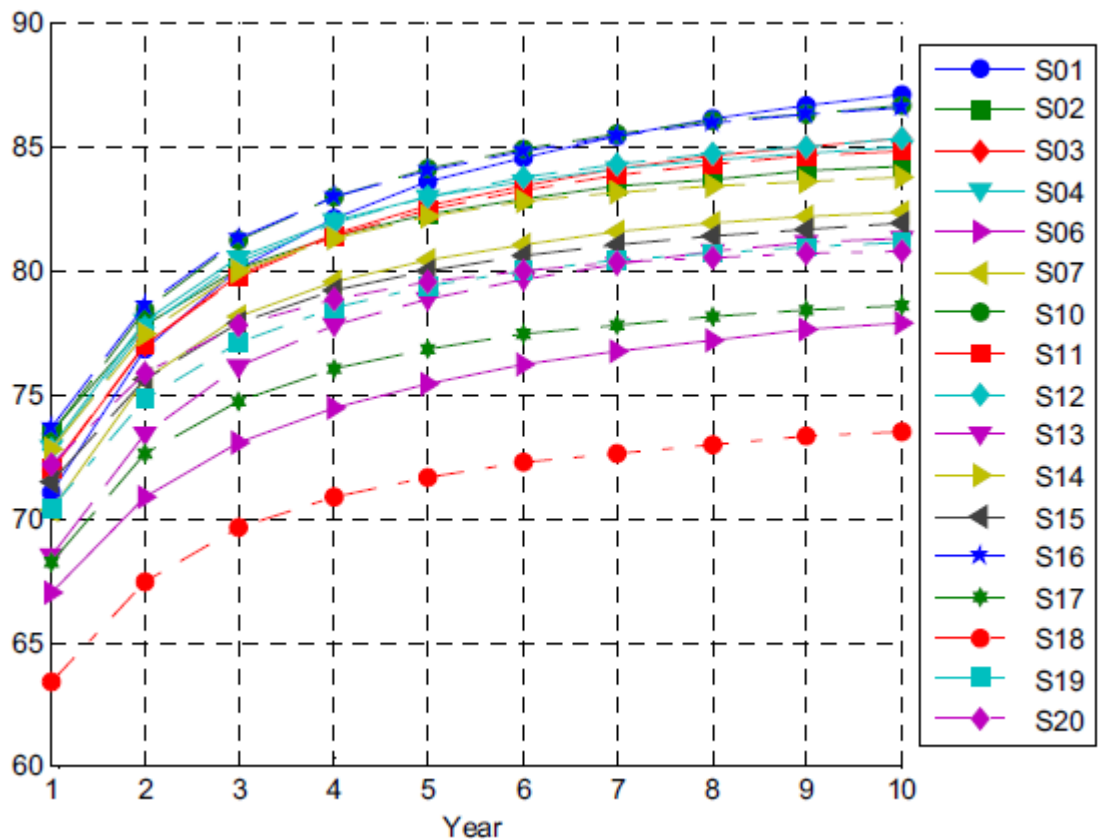


Рисунок 5.2 – Ефективність системи

Системи, які розраховані на акумулювання тепла літом для того, щоб використати його зимою є дуже важкими в реалізації, так як мають занадто довгий термін акумулювання. В окремих випадках, для економії енергоресурсів, та збільшення використання відновлюваних джерел енергії використовують буферні ємності. Данні буферні ємності можуть бути представленні також в якості акумуляторів, які відіграють роль також в акумулюванні води для підтримки ГВП. Один із таких баків представлений на рис. 5.3.

З рис 5.3 видно, що частина тепла яка акумулюється з геліосистеми йде на систему ГВП а інша частина на систему опалення.

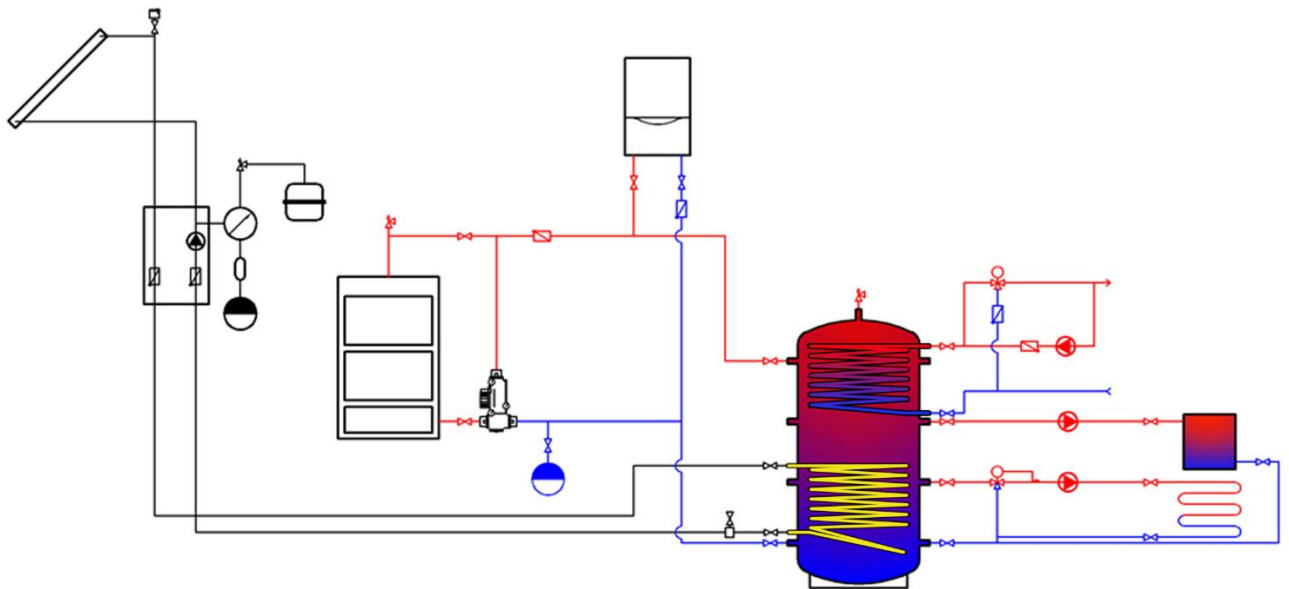


Рисунок 5.3 – Система із застосуванням буферної ємності

Дана система працює за рахунок підтримки теплою з боку 2 котлів. Котли повинні бути добре ізольовані. Ємність може бути заповнена рідиною. Наприклад це може бути або вода, або антифриз. У випадку застосування антифризу вирішується проблема в замерзанні системи у випадку поломки, але це несе за собою додаткові кошти та необхідність підбору обладнання саме під такий вид теплоносія.

5.1 Програма для моделювання GetSolar

На сьогоднішній час існують багато програм для симуляції та моделювання геліосистем. Однією із таких є програма LogasoftGetSolar. Дана програма є у доступі на сайті компанії Buderus. На рис. 5.4 зображено вікно програми.

Дана програма містить основні 4 розділи:

- основне;
- місце розташування;
- Система;
- Колектор;
- Розрахунок геліоконтуру.

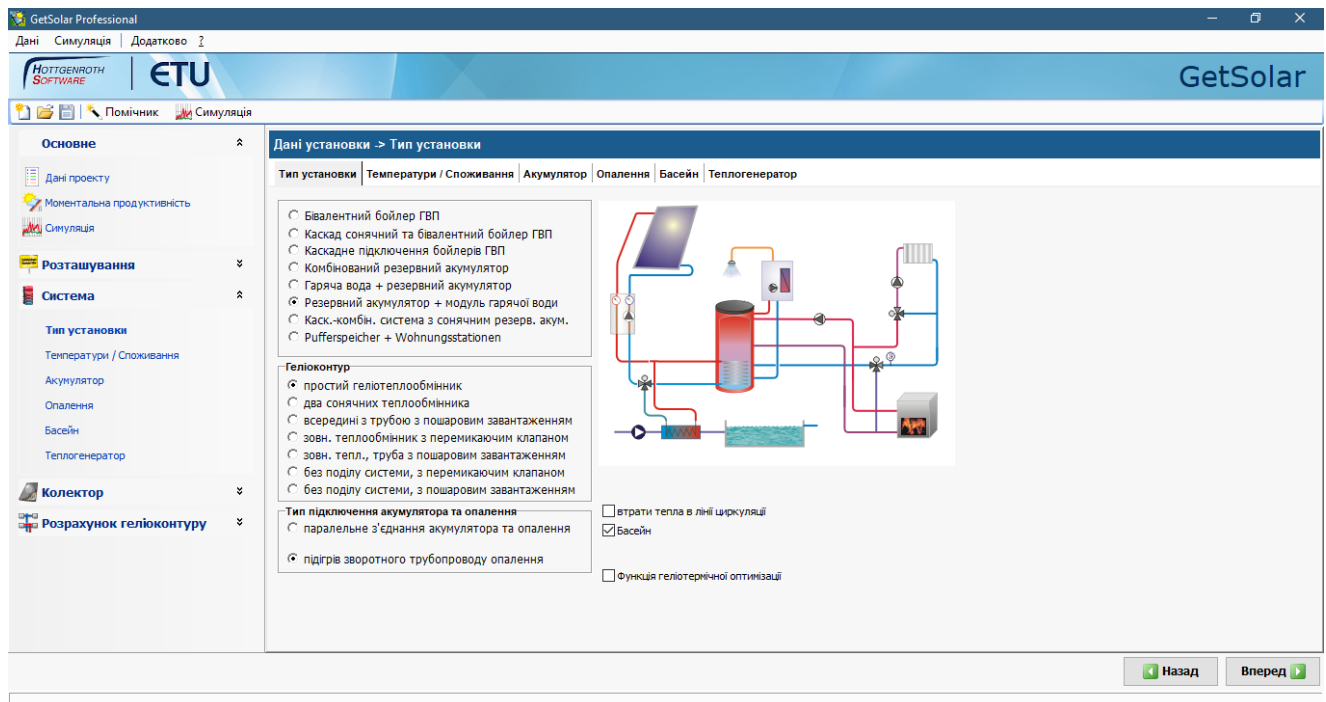


Рисунок 5.4 – Стартове вікно програми GetSolar

Розділ «Основне» містить в собі данні по проекту, а саме: схему, інформацію про систему та результати симуляції.

Наступний розділ містить інформацію про розміщення установки, затемнення системи, якщо воно присутнє, та кількість енергії яка може надійти за день помісячно.

Третій розділ, під назвою «Установка», містить данні про тип установки та тип схеми. Тип схеми може відрізнитись типом буферної ємності, наявністю додаткового навантаження у вигляді опалення або басейну. Також даний розділ містить інформацію про параметри установки, а саме температури, витрати води та властивості бака акумулятора.

Розділ «Колектор» описує саму установку, включаючи колектори, довжини труб геліоконтур та розташування колекторів (кут нахилу та напрямки).

Останній розділ містить в собі можливість гідравлічного розрахунку систем.

Результатом моделювання є діалогове вікно, яке містить декілька вкладок, з основною інформацією про симуляцію. На рис.5.5-5.6 зображені дані вікна.

На рис. 5.5 зображено кількість енергії, яка генерується установкою та яка частка покриття енергопотреби в тепловій енергії протягом року помісячно.

Місяць	Отримана сон. енер. [kWh]	Сонячне випром. [kWh]	Тепло- генер. [kWh]	Частка покриття [%]	ККД [%]
Січень	72	185	327	18	39
Лютий	118	282	263	32	42
Березень	190	426	218	47	45
Квітень	238	507	164	60	47
Травень	307	651	111	74	47
Червень	292	612	112	73	48
Липень	321	656	100	77	49
Серпень	305	619	115	73	49
Вересень	214	435	182	54	49
Жовтень	158	328	247	39	48
Листопад	75	175	316	19	43
Грудень	50	127	334	13	39
Загалом	2340	5003	2489	49	47

Питомий річний вихід енергії

480 kWh/m² (загальна поверхня)

Рисунок 5.5 – Вихід сонячної енергії.

На рис. 5.6 зображено графік покриття теплового навантаження та ККД установки, який співставлений із даними рис. 5.3. Також в результаті моделювання присутні графіки які показують залежності різних параметрів протягом року.

Сонячна частка / ККД

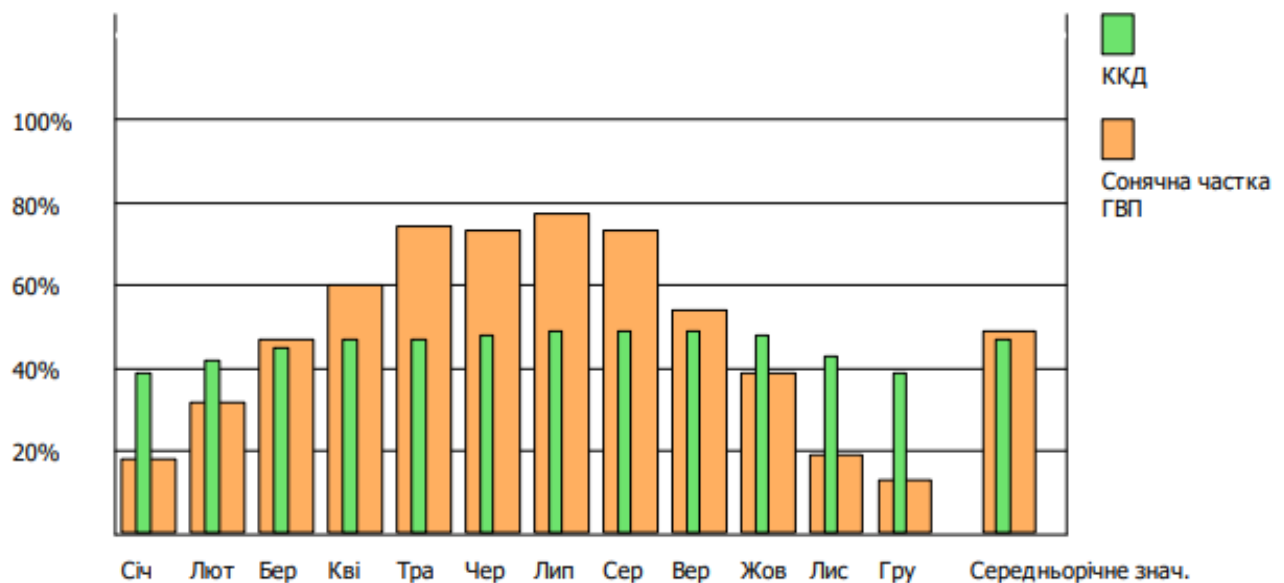


Рисунок 5.6 – Діаграма покриття теплового навантаження та ККД установки

На рис. 5.7 представлено один із прикладів графіку випромінення падаючого на колектор та температуру води в баку. Дані графіки також можна переглянути за 2 інших роки, так як моделювання може бути здійснено на період 1, 2 та 3 роки.

Ще одним із результатів моделювання є графік роботи акумулятора. На рис.3.3.5 представлені основні параметри, а саме: теплогенератор, енергія сонця, ГВП споживання та втрати в акумуляторі.

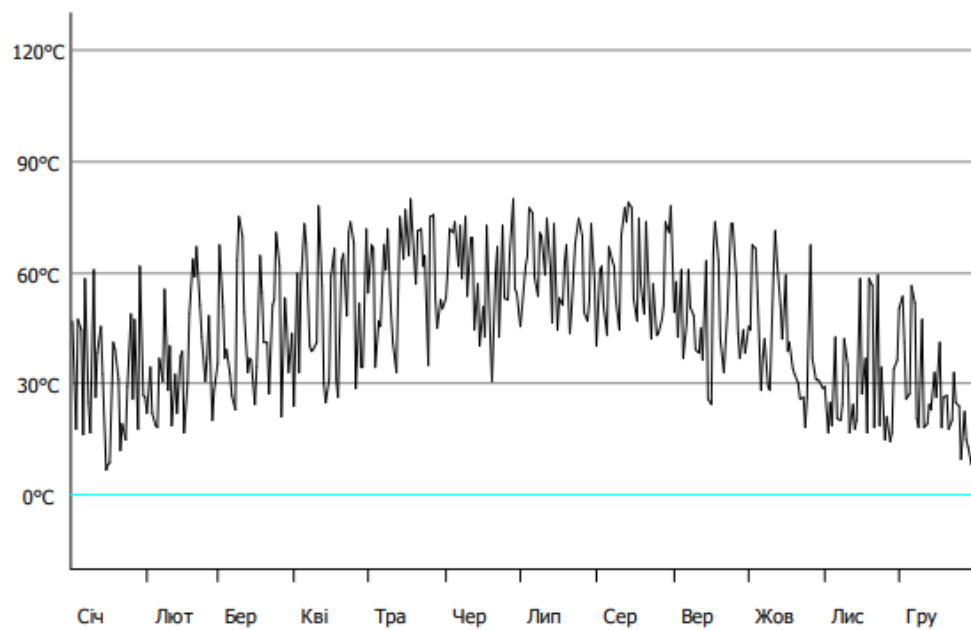


Рисунок 5.7 – Графік зміни температури теплоносія в колекторі протягом року

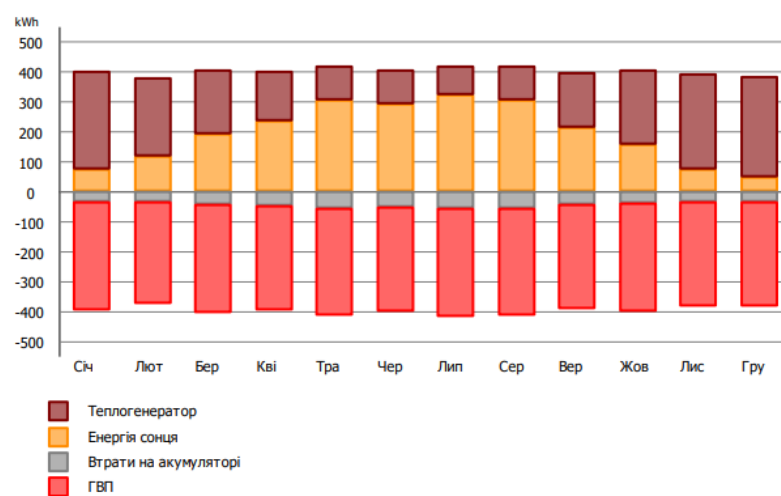


Рисунок 5.8 – Режим роботи акумулятора протягом року

5.2 Параметри моделювання та результати

Для підбору системи потрібні наступні вихідні данні:

- витрата гарячої води;
- географічне положення об'єкту;
- наявність додаткових теплових навантажень;
- вид схеми;
- температура води.

Для моделювання розглянемо систему, буде частково покривати потреби в ГВП, для будинку в якому мешкає сім'я у складі 2 дорослих та 2 дітей. Згідно цих даних витрата гарячої води становит 200 л/день. Будинок розташований у місті Київ. Схема вміщує в собі геліоконтур колекторів, із дублюючим джерелом у вигляді електричної енергії, та баку (баків) акумуляторів. Затемнення нульове, так як на рівні даху даного будинку навкруги відсутні дерева та високі будинки.

Основними факторами та параметрами які будуть впливати на ефективність даної системи є:

- вид колектора (вакуумний чи плоский);
- кут нахилу колекторів;
- буферні ємності для акумулювання, а саме їх об'єм та компоновка;
- орієнтація колекторів (напрямо).

Для прийняття рішення про вид колектора, було змодельовано 2 геліосистеми в різних варіантах кутів нахилу колекторів. В табл. 5.1 представлені результати моделювання.

Таблиця 5.1 – Результати моделювання варіацій кута нахилу

Кут нахилу	Теплогенерація, вакуумний колектор, кВт•год/рік	Теплогенерація, плоский колектор, кВт•год/рік
30	2300	2359
35	2325	2390
40	2340	2405
45	2340	2407
50	2331	2409
55	2310	2368
60	2275	2353

За даними представленими в табл. 5.1 було побудовано залежності теплової генерації від кута нахилу, які представлені на рис. 5.9-5.10.



Рисунок 5.9 – Залежність теплової генерації від кута нахилу плоского колектора



Рисунок 5.10 – Залежність теплової генерації від кута нахилу вакуумного колектора

За результатами проведених моделювань, можна зробити висновок, що плоский колектор має кращі показники теплогенерації за даних умов та потреб системи. Тому подальші дослідження та симуляції будуть проводитись на основі геліосистеми із плоскими колекторами.

Ще одною складовою в моделюванні та проектуванні системи ГВП на базі сонячних колекторів є система акумуляції теплоти. В даних системах основну роль акумуляторів відіграють баки-акумулятори. Ринок має широкий асортимент баків на будь-які параметри та потреби. В рамках проведеного моделювання було прийнято дві різні варіації системи акумулювання із баками:

- 1) система має 1 бак,
- 2) бажаний об'єму акумулювання розбито на 2 баки, так званий каскад.

На рис. 5.11 зображено різні варіації встановленого об'єму акумулювання, та їх компоновка.

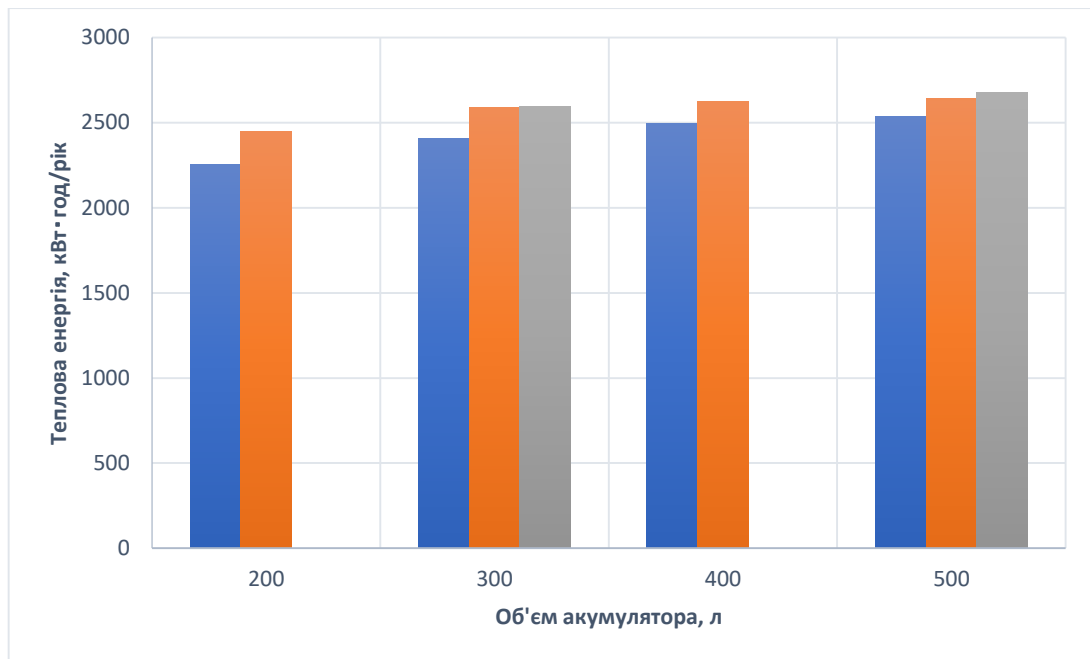


Рисунок 5.11 – Залежність теплогенерації від об'єму акумуляторів.

На рис.5.11 червоні стовпчики представляють баки в повному об'ємі. Другі та треті – уособлюють в собі каскадні системи. Наприклад об'єм в 300 літрів може бути розбитий в 2 способи: 100/200 та 200/100. Сині стовпчики відповідають розбиттю по принципу «менший-більший», тоді як оранжеві навпаки «більший менший».

Бувають випадки коли встановлення колекторів на південь, що є рекомендованим виробниками сонячних колекторів, неможливе. Це є наслідком особливостей даху будинку. У випадку плоского даху проблем не виникає, але якщо дах має певний кут – тоді альтернативи вибору немає.

Наступне моделювання було проведене для дослідження впливу розташування геліосистеми на виробництво теплової енергії

На рис. 5.12 представлені результати симуляції геліосистеми на базі плоских колекторів.



Рисунок 5.12- Залежність теплогенерації від орієнтації СК.

З рис.5.12 видно, що орієнтація за ПдЗх та ПдСх є чудовою альтернативою при встановленні СК та не несуть в собі значних втрат в продуктивності.

Для розрахунку економічного ефекту потрібно промодельовати геліосистему для міста Києва. Додаткові параметри моделювання:

- витрата гарячої води;
- об'єм бака акумулятора;
- кут нахилу колекторів;
- орієнтація.

В табл. 5.2 представлено результати моделювання, що вміщують в собі частки покриття сонячною енергією теплової потреби на ГВП.

Таблиця 5.2 – Ступінь покриття теплового навантаження по місяцям

Місяць	Ступінь покриття теплового навантаження, %
Січень	17
Лютий	29
Березень	47
Квітень	62
Травень	76
Червень	76
Липень	82
Серпень	77
Вересень	77
Жовтень	41
Листопад	18
Грудень	12

Список використаної літератури

1. Берман Э. Геотермальная энергия МИР, Москва, 1978 г., 416 с
2. Геотермические тепловые насосы для отопления и приготовления горячей расходной воды. Тетрадь проектанта.– Киев. Junkers-2009-103 с.
3. А.Н.Горин, А.В. Дорошенко.Солнечная энеггетика (Теория и практика) – Донецк: Нора-пресс, 2008,374 с.
4. Дыховичный Ю.А. и др. Справочник инженера-конструктора жилых и общественных зданий.-М.: Стройиздат, 1975.–С. 386.
5. Михеев И.А. Основы теплопередачи. М., «Госэнергоиздат», 1962.
- 6.Ола Дж., Метанол и энергетика будущего. Когда закончатся нефть и газ - Москва, 2009.- 416 с.
7. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
- 8.Роза А. В. Возобновляемые источники энергии: физико-технические основы: [учебное пособие] - Москва - Долгопрудный, 2010
9. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие - Москва, 2010.-232 с.
10. Стребков Д.С., Использование энергии Солнца - М., 1992. -48 с
11. Свойства рабочих веществ, теплоносителей и материалов, используемых в холодильной технике /Богданов и др. – Ленинградский университет, 1972.
12. Суворов В.И., Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие для студентов вузов - Тверь, 2005.- 96 с.
13. Томановская В.Ф., Колотова Б.Е. Фреоны. Свойства и применение. - Л.: Химия, 1970. – 182 с.
- 14.Твайделл Дж., Возобновляемые источники энергии - Москва, 1990

15.Харченко Н. В., Индивидуальные солнечные установки - Москва, 1991.-
208 с.

16.Шейндлин А.Е. Новая энергетика.-М.: Наука, 1987.