

**Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет**

Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 101 «Екологія»

**Тема: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ**

Завідувач кафедри

Пляцук Л. Д.
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту

Рой І. О.
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

Соляник В.О.
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

з економічної частини

Павленко О. О.
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи Тс.м-71

Нишпоренко Р. В.
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Суми 2018

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 46 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 75 с., у тому числі 11 таблиць, 22 рисунків, список використаних джерел на 5 сторінках.

Метою роботи є пошук шляхів зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок підвищення ефективності роботи геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*:

- провести аналіз сучасного стану екологічних проблем в енергетичній галузі та шляхів їх вирішення;

- провести оцінку перспективності використання геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення;

- провести порівняльний аналіз наявних технологічних рішень реалізації геліосистем;

- проаналізувати вплив різних факторів на ефективність роботи геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення;

- запропонувати напрямки підвищення ефективності роботи геліосистем через удосконалення наявних і створення нових конструкцій геліосистем.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення ефективності діючих геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення.

Об'єктом дослідження є процеси отримання теплової енергії в системах гарячого водопостачання та опалення з використанням відновлюваних джерел.

Методи дослідження. В роботі використано статистичні методи обробки і зведення статистичних даних та математичні методи розрахунку показників ефективності роботи геліосистем.

Апробація результатів. Основні положення, висновки і результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися на Науково-технічній конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми, 2018 р.).

Ключові слова: АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, ГЕЛІОСИСТЕМА, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	8
1.1 Сучасний стан використання первинних джерел енергії	8
1.2 Джерела енергії для технічних засобів і технологій, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів	12
1.3 Перспективи використання геліосистем в Україні	16
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГЕЛІОСИСТЕМ	24
2.1 Конструктивні особливості сонячних колекторів (геліосистем).....	24
2.2 Аналіз ефективності роботи геліосистеми від конструктивних особливостей і параметрів навколишнього середовища	28
2.3. Основні недоліки та переваги існуючих видів сонячних колекторів.....	33
2.4. Огляд технічних рішень з підвищення ефективності роботи геліосистем	35
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАКУУМНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА	43
3.1 Теплова ефективність сонячних колекторів	43
3.2 Порівняння сонячних колекторів за їх площею та продуктивністю	47
3.3 Підвищення ефективності роботи вакуумного сонячного колектора в холодний період року.....	50
3.4 Розрахунок ефективності вакуумного сонячного колектора при впровадженні світловідзеркалювача.....	53
3.5 Оцінка зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при використанні геліосистем	56
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	61
4.1 Оцінка вартості витрат на сонячні колектори.....	61
4.3 Оцінки терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми.....	62
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів геліосистеми	64
5.2 Розрахунок товщини ізоляції трубопровода	66
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	67
ВИСНОВКИ.....	69
Список використаних джерел.....	71

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Інв. № подл.	

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.	Нишпоренко			
Перев.	Рой			
Н.Контр	Васькін			
Затв.	Пляцук			
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ			Літ.	Аркуш
				4
			Аокушів	
			СумДУ, ф-т ТеСЕТ	
			гр. Тс.м-71	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Основним джерелом для виробництва теплової та електричної енергії в теперішній час є органічне паливо, використання якого передбачає викиди у атмосферу продуктів згорання, які викликають небезпечні глобальні екологічні наслідки (наприклад, парниковий ефект). З урахуванням дефіциту паливно-енергетичних ресурсів, який гостро відчувається в усьому світі, а також у зв'язку зі зростанням вартості виробництва електроенергії на теплових та атомних електричних станціях, та посиленням вимог екологічного та соціального характеру, актуальною залишається проблема вдосконалення енерго- та ресурсозберігаючих технологій. Крім того, енергетичні об'єкти є систематичним джерелом забруднення атмосферного повітря, що стимулює дослідження спрямовані на розробку прогресивних екологічно безпечних енерготехнологій.

Передумовами стабільного розвитку як держави в цілому, так і благополуччя окремих її громадян є широке використання відновлювальних джерел енергії та застосування безпечних для довкілля енергетичних технологій. В умовах сучасного розвитку країни актуальним є завдання зростання частки використання відновлюваних джерел енергії по відношенню до інших енергоносіїв. Інтерес до геліосистем викликаний в першу чергу негативною тенденцією розвитку традиційної енергетики зумовленою двома чинниками – швидким виснаженням природних ресурсів та забрудненням навколишнього середовища. Відомо, що Україна лише на половину може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Одним із альтернативних способів зменшення витрат енергоресурсів є використання геліосистем в комунально – побутовому секторі, підприємствах та в приватних оселях.

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

5

На сьогоднішній день в Україні активно досліджується питання щодо отримання теплової енергії для обігріву будівель та гарячого водопостачання, особливо в приватних оселях та багатоквартирних будинках. На сьогодні рівень розвитку технології гарячого водопостачання із використанням геліосистем дозволяє забезпечити потребу в гарячій воді до 80%, що в перспективі може створити передумови підвищення енергетичної незалежності від різних енергоресурсів та зменшити рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Мета і задачі дослідження.

Метою роботи є пошук шляхів зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок підвищення ефективності роботи геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення.

Для досягнення зазначеної мети у роботі поставлено та вирішено наступні завдання:

- провести аналіз сучасного стану екологічних проблем в енергетичній галузі та шляхів їх вирішення;
- провести оцінку перспективності використання геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення;
- провести порівняльний аналіз наявних технологічних рішень реалізації геліосистем;
- проаналізувати вплив різних факторів на ефективність роботи геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення;
- запропонувати напрямки підвищення ефективності роботи геліосистем через удосконалення наявних і створення нових конструкцій геліосистем.

Об’єкт дослідження – процеси отримання теплової енергії в системах гарячого водопостачання та опалення з використанням відновлюваних джерел.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення ефективності діючих геліосистем в системах гарячого водопостачання та опалення.

Інв.№подл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№дубл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			6

Методи дослідження.

В роботі використано статистичні методи обробки і зведення статистичних даних та математичні методи розрахунку показників ефективності роботи геліосистем.

Наукова новизна досліджень – вперше проведено аналіз та розрахунок ефективності роботи вакуумного сонячного колектора при використанні світловідзеркалювача.

Практичне значення одержаних результатів – на основі проведених розрахунків розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності роботи діючих геліосистем з метою зниження рівня техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Апробація результатів роботи. V Всеукраїнська міжвузівська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (м. Суми, 2018 р.).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	7

РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Сучасний стан використання первинних джерел енергії

В Україні в даний момент часу склалася нераціональна структура природного користування, яка в свою чергу є наслідком накопичення структурних деформацій господарства, домінування енерго- та ресурсомістких технологій, добування невідновлюваних природних ресурсів, орієнтації експорту на сировину та надмірної концентрації виробництв в східних регіонах держави. Теперішня структура економіки до сьогодні залишається неефективною й екологічно небезпечною. Енергомісткість внутрішнього валового продукту є високою. Перебудова економіки відбувається здебільшого як нерегульований процес сталого розвитку [1, 2, 3].

Визначення сталого розвитку суспільства, в якому задоволення потреб теперішніх поколінь не мусить ставити під загрозу можливість наступних поколінь задовольняти особисті потреби, основною метою та завданням сталого розвитку є забезпечення високої якості життя нинішніх і наступних поколінь на основі збалансованого вирішення проблем соціально-економічного розвитку, збереження природного середовища, раціонального використання й відтворення природно-ресурсного потенціалу нашої країни [4, 44].

В останній час взаємодія енергетики і навколишнього середовища набула небезпечного характеру. Науково-технічна революція дала змогу великих відкриттів у хімії, біології, фізиці та інших науках, значно збільшила можливості посиленого використання природних ресурсів. Як наслідок вона обтяжила взаємодію людини з довкіллям, вносячи помітні й негативні зміни в екологічні системи, в регуляцію біосфери загалом. Вчені з усього світу звертають увагу на проблему зростання концентрації вуглекислого газу в

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вун	Арк	№ докum.	Підп.	Дат		8

атмосфері, наслідком чого є підвищення температури повітря в приземних шарах. Паливосталювальні та теплоенергетичні установки здійснюють теплове забруднення навколишнього середовища (нагріта вода і гази), викиди хімічних речовин (оксиди сірки й азоту), викиди золи і сажі, які через збільшення масштабу виробництва також створюють значні проблеми. (рис 1.1).

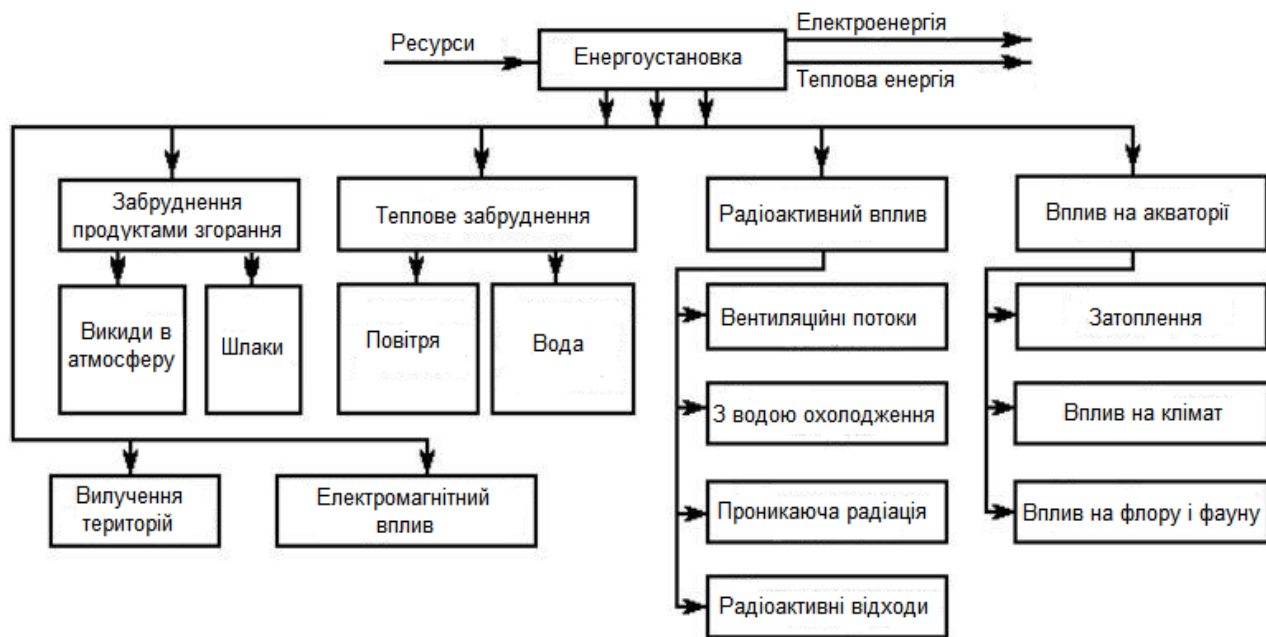


Рисунок 1.1 – Вплив енергетики на навколишнє середовище [5]

Кількість споживання нафтопродуктів набуває з бігом часу глобальнішого й посиленого характеру, особливо враховуючи політичну нестабільність у всьому світі. Як наслідок збільшується потреба не лише в раціональному використанні нафтопродуктів, а й у пошуку нових методів заощадження економії коштів на купівлю та використання енергоресурсів [6]. Слід відзначити, що теперішні методи економії енергії є досить різноманітними, проте, на жаль, їх застосування не приводить до передбачуваних результатів та неспроможне значно скоротити залежність країн від імпорту нафтопродуктів (табл. 1.1).

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Таблиця 1.1 – Використання джерел енергії в ЄС, [6]

Показники	1990	2000	2005	2010	2020	2030
Тверде паливо	27,3	18,8	17,7	17,2	17,4	16,7
Нафта	37,9	38	36,7	36,4	35,7	35,3
Газ	17,9	23	24,6	24,9	25,7	25,7
Атомна енергія	12	14,2	14,2	13,2	11,3	10,3
Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ)	4,6	6	6,8	8,3	9,9	12

Аналіз даних, наведених в таблиці 1.1, показав, що в країнах ЄС частка твердого палива у енергетичному балансі первинних джерел енергії в перспективі до 2030 року знизиться до 16,7%. Також зменшиться й споживання нафти до 35 %. А споживання газу серед країн Європейського Союзу збільшиться до 25%. Що стосується відновлюваних джерел енергії, частка в енергобалансі повинна зрости до 12%. Отже, традиційні джерела енергії з роками будуть скорочуватися, це призведе до зростання їх вартості, а відновлювальні джерела енергії (вітроенергетика, сонячна енергетика, малі ГЕС, вироблення біопалива з органічної сировини власного виробництва тощо) навпаки збільшують свою питому вагу в енергобалансі країн ЄС в перспективі до 2030 року [7].

Головними напрямками впливу на довкілля залишаються:

- водовикористання а також водоспоживання зумовлює зміни, негативно діє на природний дисбаланс водного середовища;
- скидання на водне середовище й сушу рідкого й твердого палива під час його транспортування, переробки та перевантаження;
- продукти згорання органічного палива спричиняють осідання на поверхню води осідання твердих викидів з атмосфери, як наслідок змінюються властивості води, змінюється колір тощо;
- випадання на поверхню продуктів викидів кислот і кислотних залишків, металів, анцеровгенних речовин як у твердому вигляді так і рідких розчинів в атмосферу;

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

10

- викидання радіоактивних відходів в рідкому або твердому вигляді, що характеризуються умовами їхнього поширення в землі та воді;
- викидання теплоти є наслідком постійного локального підвищення температури у водоймищах, тимчасового підвищення температури на місцевості, змінення умов льодоставу, нестабільного зимового гідрологічного режиму, зміни в розподілах опадів, нерівномірного випаровування, великих паводків;
- створення водосховищ на великих річках або з використанням природного рельєфу місцевої поверхні, штучних ставків, які погано впливають на якісний й кількісний склад річкових стоків, зменшення водного басейну, та інших чинників водного середовища;
- зміна ландшафту при активному спорудженні різних енергетичних об'єктів, споживання таких ресурсів як лісів, вилучення із обороту сільськогосподарського земель, негативна взаємодія берегів з водосховищами.

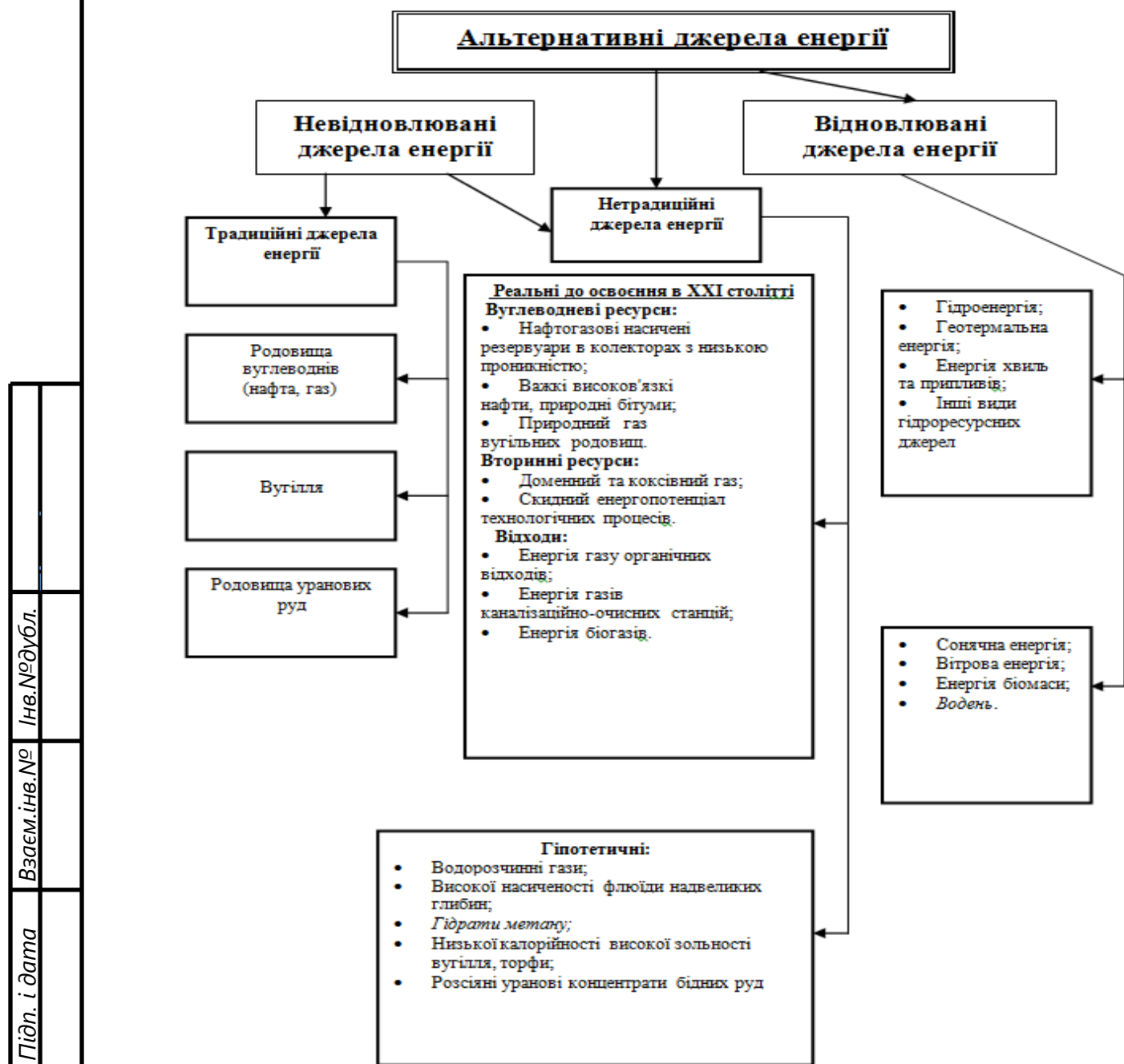
На долю традиційної енергетики на сьогодні припадає не менш ніж 30 % усіх викидів в атмосферу. З загальної кількості усіх викидів це близько 30 % твердих речовин, більш ніж 60 % сірчистого ангідриду та близько 55 % оксидів азоту. В даних умовах в край важливою є інтеграція енергетики й екології, тісний взаємозв'язок екологічних аспектів енергетики з енергетичними аспектами екології [5].

Можемо сміливо сказати, що зростаюче техногенне навантаження на навколишнє природне середовище й загострення у зв'язку з вище сказаними проблеми екологічної безпеки потребує негайної зміни екологічній політиці та забезпечення стійкого розвитку екології в майбутньому, енергетики й економіки. Розв'язання даної проблеми стає можливим за рахунок чіткої оптимізації структури енергетичного балансу країни та її окремих регіонів, в яких найбільшу частку мають становити екологічно безпечні енергоносії з відновлюваних джерел енергії [8, 9].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	11

1.2 Джерела енергії для технічних засобів і технологій, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів

Одним з основних напрямків науково-технічного прогресу є використання альтернативних джерел енергії. На рис. 1.2 детально наведено класифікацію всіх існуючих первинних джерел енергії з урахуванням екологічної складової.



Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Рисунок 1.2 – Класифікація первинних джерел енергії з урахуванням екологічної складової [11]

В основі класифікації (рис. 1.2) використані положення Законів України «Про альтернативні джерела енергії» та «Про альтернативні види палива» [12, 13]. Прийняті в вище згаданих законах до альтернативних джерел енергії враховують нетрадиційні а також відновлювані джерела енергії. Визначена класифікація показує що відновлювані джерела енергії були поділені на дві групи. До першої групи входять такі джерела енергії, що пов'язані гідрологічним походженням (геотермальна енергія, гідроенергія, енергія морських хвиль і припливів а також інші види гідроресурсних джерел), а другу групу – джерела енергії, основою якої є сонце, (сонячна та вітрова енергія, енергія біомаси та інші).

Відновлювані або невичерпні енергоресурси – енергетичні потоки, що постійно або час від часу діють у навколишньому середовищі. Як правило вище згадані усі енергопотоки відновлюваних джерел енергії поділяють на дві групи:

- енергія прямого сонячного випромінювання;
- вторинна енергія сонячного випромінювання, до якої входить енергія вітру, теплова енергія НС, гідроенергія, енергія біомаси та ін. [14].

Основною перевагою використання відновлюваних енергетичних ресурсів в першу чергу є невичерпність та екологічна безпечність, що сприяє покращенню екологічного стану в цілому і не призводить до зміни дисбалансу в енергетиці на Землі. Використанням відновлюваних джерел енергії дає змогу уникати потреб у видобуванні, збагаченні, переробці та транспортуванні палива, утилізації та при захороненні шкідливих відходів від традиційних енергетичних виробництв [14, 15, 16].

Саме до цих потоків енергії й пристосовані всі фізичні й біологічні процеси на Землі. Часткове використання цих потоків енергії не призводить до енергетичного дисбалансу на планеті, а при спалюванні навіть невеликої

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

кількості традиційного палива прибавляє до енергетичного балансу Землі зайвої теплової енергії разом із іншими супутніми забрудненнями. [16].

Прийнята в березні 2006 році «Енергетична стратегія України на період до 2030 року» оцінює річний технічний потенціал альтернативних джерел, відходів та нетрадиційних джерел енергії приблизно у 80 млн т у.п.. При цьому споживання ВДЕ прогнозують у 18 млн т у.п. у 2030 році, що приблизно дорівнює близько 6% від загального споживання енергії.

Аналіз сучасних технологій і технічних засобів для одержання екологічно чистої енергії в умовах України доводить, що серед пріоритетних видів ВДЕ, які вже в дійсний час можуть успішно розвиватися, можна назвати біоенергетику, вітрову, малу гідроенергетику, сонячну й геотермальну енергетику [16, 43].

Їхні переваги у порівнянні з традиційними [15]:

- вони практично невичерпні, тому що вони весь час поновлюються від своїх первинних джерел;
- вони не забруднюють навколишнє середовище відповідно тепловими й хімічними викидами;
- при їх використанні зникає потреба у видобуванні, переробці й транспортуванні первинних енергоресурсів;
- зникає потреба в використанні у великих обсягах воду для охолодження теплових установок;
- вони максимально наближені до місць їх енергоспоживання, тому зникає потреба у транспортуванні цієї енергії.

Попри велику кількість переваг альтернативної енергетики, не слід забувати й про наявність певних недоліків.

Недоліком малої гідроенергетики є затоплення територій, висихання малих річок, а у разі неправильного вибору місця для встановлення дамби або греблі – можлива зміна екосистем і втрата біорізноманіття, насамперед іхтіофауни річок.[17, 18].

Інв.№подл.	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			14

Використання сонячної енергії потребує великих площ землі під будівництво сонячних електростанцій. Фотоелементи, які використовують для виготовлення сонячних батарей, містять отруйні речовини: свинець, кадмій, галій, арсен тощо, однак це не стосується сонячних колекторів для нагріву води [19].

Водночас сонячна енергетика має переваги порівняно з іншими видами відновлюваних джерел енергії, а саме [20]:

- не потребує енергоресурсів;
- не забруднює довкілля;
- забезпечує автономність постачання енергії (дуже зручно для індивідуального споживача);
- більшість сонячних енергоустановок потребує мінімальних експлуатаційних витрат.

Неабияку перспективу також має використання низькопотенційної енергії довкілля, яка перетворюється на високопотенційну за допомогою так званих теплових насосів.

Тепловий насос має здатність брати енергію з довкілля вигідно, вирізняючи його серед інших теплових генераторів енергії, які всі свої теплові втрати разом з продуктами згоряння скидають в атмосферу [21, 22].

Застосування відновлюваної енергії потребує нових технологій щодо їх ефективнішого використання. Для цього вже сьогодні в нашій країні необхідно проводити наукові дослідження та розробляти нові сучасні технології.

Як відомо, Україна відноситься до країн, тільки частково забезпечених власними енергоресурсами. Внаслідок надмірної енергоемності основних галузей промисловості, орієнтованих в основному на експорт (перш за все таких, як металургія, хімічне виробництво та ін.) значна частина валютних надходжень йде на оплату імпортованих енергоресурсів. Такий показник енергоемності об'єктивно знижує конкурентоспроможність вітчизняного виробництва і негативно впливає на національну економіку за умов її

Інв.№подл.	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дат

зовнішньої енергетичної залежності. Тому енергозбереження та енергоефективність (ефективність енергоспоживання) для України повинні розглядатись як найважливіший додатковий енергоресурс, не менш вагомий, ніж нафта і газ. Розвинені країни уже давно визнали енергоефективність глобальним енергоресурсом [23].

Світовий досвід показує, що витрати коштів на енергозберігаючі заходи в 2,5 – 3 рази ефективніші, ніж вкладання їх у будівництво нових енергогенеруючих потужностей. Тому в умовах інвестиційних обмежень енергозберігаючий шлях розвитку національної економіки для України є найбільш раціональним. Успішна реалізація політики енергозбереження – це питання розвитку національної економіки, енергетичної безпеки держави, створення конкурентоспроможної, енергоефективної економіки.

В енергетичній політиці повинні враховуватись, як мінімум, 4 основних принципи [24]:

- 1) в першу чергу повинен використовуватися пріоритетний потенціальний екологічно ощадний енергоресурс – економія енергії (енергоефективність);
- 2) для енергопостачання повинні залучатися технології, які оптимально використовують теплоту спалювання палива і теплоту енергоносіїв;
- 3) слід в декілька разів збільшувати темпи використання нетрадиційних відновлюваних енергоресурсів;
- 4) енергогенеруючі установки повинні оснащуватися економічно прийнятними на сучасному технологічному рівні пристроями для уловлювання та нейтралізації шкідливих викидів.

1.3 Перспективи використання геліосистем в Україні

Потреба нашої країни в енергоносіях для теплопостачання її житлово-комунального господарства за рік становить близько 70-75 млн. тонн умовного палива. Тому використання для цієї мети поновлюваних джерел енергії є

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
						16

особливо актуальним. Утилізація енергії сонячного випромінювання є дуже перспективним напрямком заощадження енергетичних ресурсів у зв'язку з виснаженням основних світових запасів нафти та газу, а також проблемою забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння твердих палив. Технологією утилізації енергії сонячного випромінювання, найбільш підготовленої для реалізації забезпечення комунально-побутових потреб населення, є нагрівання води енергією сонця [25. с.131].

Національна енергетична стратегія України на період до 2030 року передбачає поступове збільшення випуску в нашій країні обладнання для систем сонячного гарячого водопостачання та опалення, також передбачається випустити потім встановити близько 2 млн. м² сонячних колекторів, що в свою чергу дасть можливість отримати відчутну економію, оскільки нинішній досвід експлуатації цих систем сонячного гарячого водопостачання в країні показав, що 1 м² сонячний колектор при оптимальних умовах дає економію від 0,1 до 0,15 тон у.п. за літній сезон, але це залежить від їхньої ефективності й особливостей клімату областей. Можна сказати, що великомасштабне використання сонячних систем сонячного гарячого водопостачання в Україні до 2030 року дозволить заощадити в рамках прийнятої стратегії до 200 тис. тон у.п. [25. с.131].

Перспективним у даний час є широке впровадження сезонних систем сонячного гарячого водопостачання із природньою циркуляцією води у системах різного масштабу: з ємністю бака акумулятора від 100 до 1000 л для гарячого водопостачання невеликих об'єктів відпочинку (баз відпочинку, турбаз, літніх таборів і ін.). Вони часто відключаються від електромережі, як об'єкти невиробничої сфери й тому такі систем сонячного гарячого водопостачання розраховані на безнасосну циркуляцію. Темпи впровадження систем сонячного гарячого водопостачання на таких об'єктах для створення цивілізованих умов відпочинку будуть значно збільшені у випадку, якщо в Україні буде налагоджений випуск ряду типових геліоустановок повної

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	17

заводської готовності й комплектно-блокового постачання [25. с.132].

Найбільш перспективним сьогодні найближчому майбутньому представляється масове впровадження великих масштабів систем сонячного гарячого водопостачання сезонної дії (період дії яких – тепла половина року) з великою ємністю бака-акумулятора для гарячого водопостачання об'єктів відпочинку й оздоровлення (різних будинків відпочинку, санаторіїв пансіонатів), розташованих на узбережжі Чорного й Азовського морів. Значну економію паливно-енергетичних ресурсів, особливо у південних областях України, може забезпечити перехід існуючих твердопаливних котелень у режим сонячно-паливних котелень. В даному випадку мається на увазі сонячну приставку до котельні, забезпечуючи попередній підігрів сонячним випромінюванням води.[25. с.132].

У південній рекреаційній зоні України для гарячого водопостачання й опалення об'єктів є перспективним використання теплонасосних систем теплопостачання, із сонячними ставками. Останні можуть акумулювати в більших масштабах сонячне тепло, особливо в теплий період року, причому з мінімальними тепловтратами в навколишнє середовище.

Двоконтурні системи сонячного гарячого водопостачання включають колекторне поле, що складається із сонячних колекторів, блоку проміжних теплообмінників та акумулюючого бака-накопичувача. Головним елементом систем сонячного гарячого водопостачання є сонячний колектор, який в основному визначає ціну геліосистеми, термін її експлуатації, ефективність перетворення сонячного випромінювання в теплоту й рівень тепловтрат від абсорбера сонячного колектора у навколишнє середовище, тобто її теплову продуктивність, формуючи в такий спосіб собівартість одержуваної теплої води. Незважаючи на те, що сонячні колектори мають не дуже складну конструкцію, створення вискоелективної конструкції сонячного колектора - це досить складна задача, оскільки аналіз перетворення сонячного випромінювання в теплоту і розрахунки тепловтрат від абсорбера сонячного

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докum.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

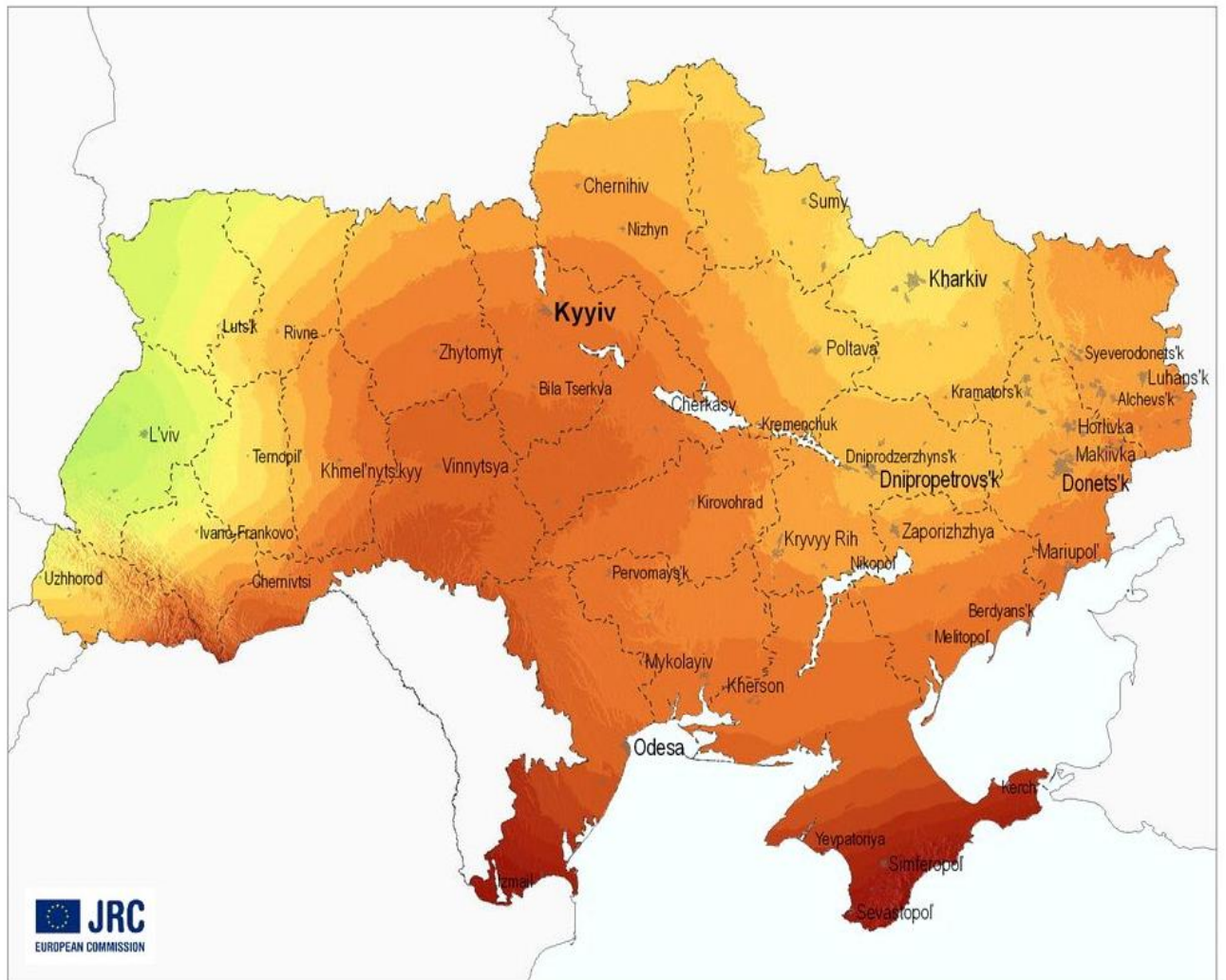
18

колектора у навколишнє середовище пов'язані з розв'язком нелінійних завдань складного теплообміну, що включає радіаційну, конвективну або кондуктивну складові [25. с.132].

В середньому річний потенціал сонячної енергії в Україні приблизно 1235 кВт год/м, що є достатньо високим і набагато вищим, ніж, наприклад, в Німеччині чи навіть Польщі, де вони активно використовуються. Для порівняння середньорічний потенціал сонячної енергії Сумської області буде вищим ніж на більшій частині Європи. В Україні є хороші можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання на території України. [26, с.23].

В умовах нашого клімату сонячні енергетичні системи працюють цілий рік, правда тільки з перемінною ефективністю, максимально на півдні, мінімально на заході. Пропоную розглянути сумарний річний потенціал сонячної енергії на території України, рис. 1.3, таблиця 1.2.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.						Арк
				ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат				19	



Yearly sum of global irradiation [kWh/m^2]

<1150 1200 1250 1300 1350 1400 1450 1500 1550>

<863 900 938 975 1013 1050 1088 1125 1163>

Yearly electricity generated by 1kW_{peak} system with performance ratio 0.75 [$\text{kWh/kW}_{\text{peak}}$]

0 50 100 200 km

Рисунок 1.3 – Карта сонячної радіації (активності) в Україні [27]

Технічний потенціал сонячної енергії з дахів всього житлового фонду України сьогодні становить приблизно 25–35 ТВт·год/рік, що у грошовому еквіваленті становить (при сучасній вартості $1 \text{ кВт}\cdot\text{год}=1,68 \text{ грн}$): 1,2 – 1,7 млрд. євро на рік. [27, с. 3]

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

20

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вун	Арк	№ докum.	Підп.	Дат

Таблиця 1.2 – Річний потенціал сонячної енергії по всій території України[27,с. 8]

№ з/п	Області	Потенціал сонячної енергії МВт·год/рік		
		Заг. потенціал ('10 ⁹)	Техн. потенціал ('10 ⁷)	Екон. потенціал ('10 ⁵)
1	Вінницька	30,8	14,8	2,3
2	Волинська	21,8	10,5	1,6
3	Дніпропетровська	37,6	18	2,8
4	Донецька	33	15,8	2,5
5	Житомирська	32,3	15,5	2,4
6	Закарпатська	15,5	7,5	1,2
7	Запорізька	34,8	16,7	2,6
8	Івано-Франківська	16,4	7,9	1,2
9	Київська	31,5	15,5	2,4
10	Кіровоградська	28,8	13,8	2,2
11	Луганська	34	16,3	2,5
12	Львівська	25,4	12,2	1,9
13	Миколаївська	32,5	15,6	2,4
14	Одеська	45,4	21,8	3,4
15	Полтавська	31,9	15,3	2,4
16	Рівненська	21,8	10,5	1,6
17	Сумська	26	12,5	2,0
18	Тернопільська	16,3	7,8	1,2
19	Харківська	35,4	17	2,7
20	Херсонська	38,4	18,4	2,9
21	Хмельницька	24,3	11,6	1,8
22	Черкаська	24,2	11,6	1,8
23	Чернівецька	9,6	4,6	0,7
24	Чернігівська	34,2	16,4	2,6
25	АР Крим	36,5	17,5	2,7
	Всього	718,4	345,1	53,8

За загальним, технічним та економічним потенціалом сонячної енергії Сумська область має досить непогані показники на рівні інших областей України.

Одним із елементів сонячної системи є сонячні колектори, які перетворюють енергію сонячного проміння в теплову.

Потужність сонячних колекторів становить 70–100 Вт для 1м² поверхні. Електроенергія, отримана в такий спосіб, поки що є досить дорогою, але

Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		21

використання фотоелектричних колекторів дає змогу автономізувати енергозабезпечення будівлі.

Якщо врахувати, що ціна сонячного колектора 10 000 – 15 000 грн, вартість геліосистеми (в умовах території України) становить від 12 до 20 грн. за один розігрітий літр води в день, то, якщо отримувати 100 літрів гарячої води на день, сонячна система обходиться в 1200 – 2000 грн. [27,с. 8]

Для забезпечення гарячою водою сім'ї із п'яти осіб достатньо буде встановити два-три сонячні колектори. Термін окупності установки становить приблизно 7 - 8 років з урахуванням сучасних цін на енергоносії. А термін експлуатації може досягати 50 років. [27,с. 9]

Отже, перевагами використання геліосистем є:

1) ефективне використання сонячного випромінювання як прямого, так і розсіяного; можливість створення геліоустановок практично будь-якої потужності;

2) тривалий строк служби установок, деякі навіть до 50 років; початкові затрати менші, ніж приєднання віддаленого населеного пункту до системи тепlopостачання;

3) застосування геліоустановок не мають негативного наслідку на навколишнє середовище. Екологічні проблеми можуть виникнути лише під час виробництва фотоелектричних елементів та неправильної утилізації акумуляторів.

Висновки до розділу

Зростаюче техногенне навантаження на навколишнє природне середовище й загострення у зв'язку з цим проблеми екологічної безпеки потребує кардинальної зміни політики в сфері енергетики та забезпечення збалансованого розвитку економіки, енергетики й екології. Розв'язання зазначеної у розділі проблеми можливе завдяки оптимізації структури

		Інв.№дубл.		
		Взаєм.інв.№		
		Підп. і дата		
		Інв.№подл.		

енергетичного балансу держави та її регіонів, в якому набагато більшу частку мають становити енергоносії, отримані з екологічно безпечних джерел енергії.

Перспективним є використання геліосистем для отримання теплової енергії від енергії сонячних променів, 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. Аналіз середньорічної кількості сумарної сонячної радіації, що надходить на 1м² поверхні на території України, перебуває в межах від 1070 до 1400 кВт·год/м² у північній частині України і вище, підтверджує доцільність впровадження геліосистем для використання сонячного потенціалу.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
									23
									Вун

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГЕЛІОСИСТЕМ

2.1 Конструктивні особливості сонячних колекторів (геліосистем)

Сонячний колектор застосовуються для перетворення сонячної радіації на теплову енергію, передану рідині, яка виступає теплоносієм. Від ефективності сонячного колектора залежить ефективність роботи всієї геліосистеми. Ефективність роботи геліосистеми залежить від кількості поглинутої самим колектором сонячної енергії.

Перетворення сонячної енергії в теплову відбувається в абсорбері, що поглинає інфрачервону складову сонячного випромінювання. За рахунок цього панель розігрівається, потім рідкий теплоносій прокачується через канали абсорбера та отримує тепло.

На даний час існує декілька видів сонячних. Більш поширені та доступними на сьогодні (з урахуванням високого ККД і доступної ціни) є плоскі і вакуумні колектори. Основні принципи конструювання сучасних сонячних колекторів зводяться до забезпечення ефективного поглинання сонячної енергії і мінімальних теплових втрат.

2.1.1 Плоский сонячний колектор

Будова плоского сонячного колектора, зображена на рисунку 2.1, складається з елемента, що поглинає сонячне випромінювання, прозорого покриття та термоізолюючого шару. Поглинаючий елемент є абсорбентом і з'єднаний з теплопровідною системою. Прозорий елемент зазвичай виконується із загартованого скла з пониженим вмістом металів (боросилікатне). При відсутності відбору тепла плоскі колектори здатні нагрівати воду до 200 °С [28, с.288].

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

24

Чим більше енергії випромінювання передається теплоносію, що протікає в колекторі, тим вище його ефективність. Підвищити її можна, застосовуючи спеціальне оптичне покриття, яке не випромінює тепла в інфрачервоному спектрі. Основним способом підвищення ефективності плоского колектора є застосування абсорбенту з листової міді, вона має високу теплопровідність [29].

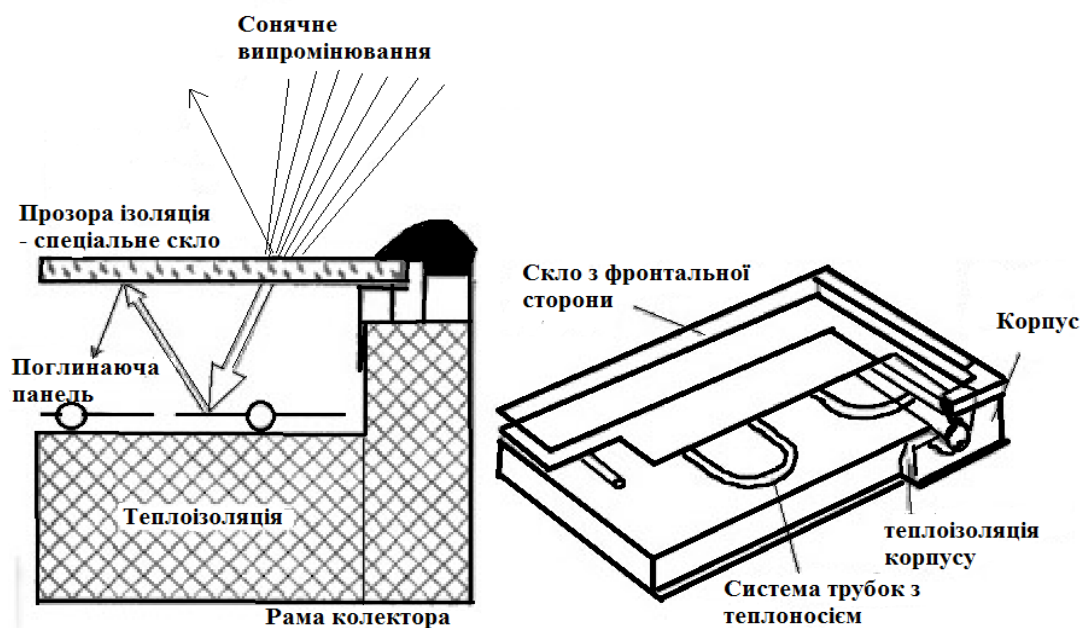


Рисунок 2.1 – Основні елементи та принцип роботи плоского сонячного колектора [29]

2.1.2 Вакуумний сонячний колектор

Будова вакуумного сонячного колектора, зображена на рисунку 2.2, де наведено найпростіший та найдоступніший тип сонячних водонагрівачих систем, в основі яких є вакуумні трубки. Вакуумні сонячні колектори ефективні для використання на всій території України. Вони можуть працювати автономно або з автоматичним управлінням. Даний вид сонячних колекторів є досить ефективним. Загальна конструкційна схема вакуумного колектора зображена на рис. 2.2 [29].

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

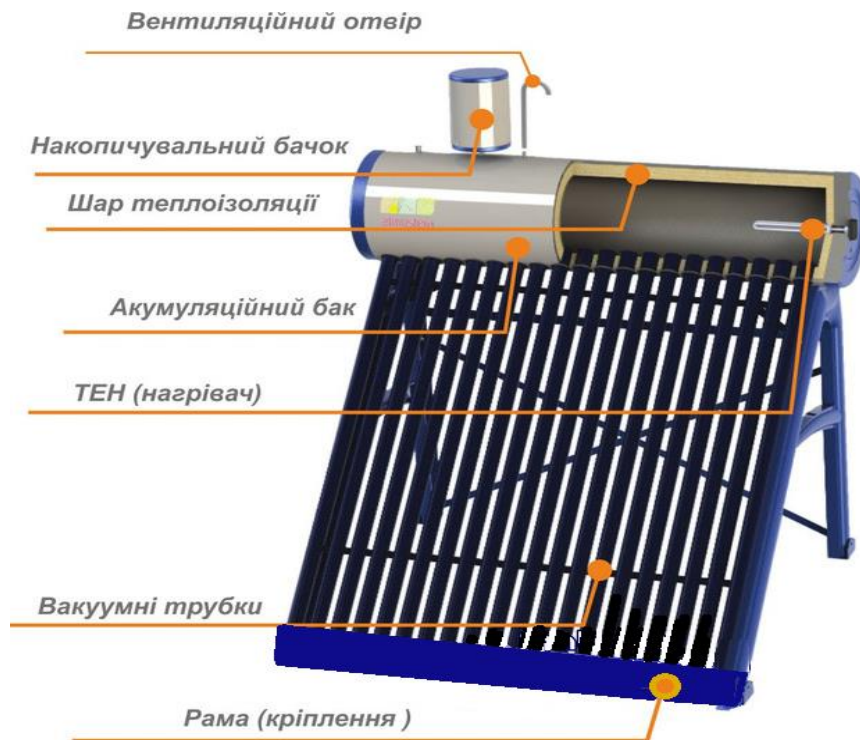


Рисунок 2.2 – Вакуумний сонячний колектор

По технічним можливостям температура теплоносія може підійматися до 200 °С в режимі обмеження відбору тепла. Це можливо за рахунок зниження теплових втрат у результаті використання багатошарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму. Фактично сонячна теплова труба схожа за будовою з термосом. Тільки на внутрішній трубці нанесено високоселективне покриття, що поглинає сонячну енергію [3129].

В середині між зовнішньою та внутрішньою трубками знаходиться вакуум. Саме вакуум дає можливість зберегти близько 95% уловлюваної сонячної енергії. Окрім того, у вакуумних сонячних колекторах застосовуються теплові трубки, що виконують роль провідника тепла. При опроміненні установки сонячним світлом, рідина, що знаходиться в нижній частині трубки, нагріваючись перетворюється на пару. Парі піднімаються у верхню частину трубки (конденсатор), де конденсуючись передають тепло колектору. Використання даної схеми дозволяє досягти більшого ККД при роботі в умовах низьких температур і сильній хмарності.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	26

Основним елементом роботи сонячної системи є скляна вакуумна трубка. Вона складається з двох скляних колб. Зовнішня трубка виконана з боросилікатного скла яке витримує удари граду до 25 міліметрів. Внутрішня колба також виконана з боросилікатного скла та вкрита вибіркоким трьох-рівневим покриттям з поступовою зміною поглинаючих шарів. В середині скляної трубки розташована герметична теплова трубка виготовлена з чистої міді в середині якої знаходиться ефір який виконує функцію передачі тепла антифризу (рис. 2.3).

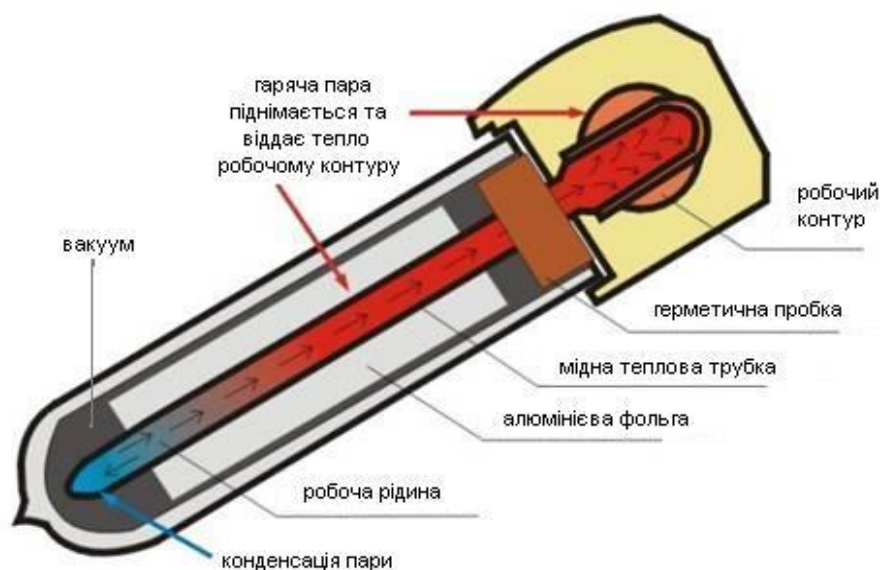


Рисунок 2.3 – Принцип улаштування вакуумної трубки

Саме ефір, перетворюючись в пар, де він піднімається і віддає тепло мідній трубці. Як наслідок йде теплообмін з антифризом. Віддача тепла змушує пар конденсуватись і текти в нижню частину мідної трубки і цикл повторюється знову. Для того щоб підтримувати вакуум між колбами на нижню внутрішню частину колби наносять незначний шар барію. Він потрібен як явний візуальний показник наявності вакууму. Білий колір означатиме що умови вакууму порушені.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

2.2 Аналіз ефективності роботи геліосистеми від конструктивних особливостей і параметрів навколишнього середовища

Важливою характеристикою колекторів є зведена поглинальна спроможність ($q_{\text{погл}}$), яка відображає, яку частину падаючого сонячного випромінювання поглинається колектором. Її визначають добутком коефіцієнтів пропускання світлопрозорого покриття (θ) й поглинання (a) колектора (θ_a) окремо для прямої й дифузної сонячної радіації. Опублікована й збережена метеорологічна інформація здебільшого зображує дані про інтенсивність складових радіації на горизонтальну поверхню. Тому при розрахунку $q_{\text{погл}}$ враховується коефіцієнт положення – відношення інтенсивності на горизонтальну площину, для відбитої й розсіяної радіації їх величини відповідно[29]:

$$p^r = \sin^2 \beta / 2; p^D = \cos^2 \beta / 2. \quad (2.1)$$

де p – відношення інтенсивності сонячної радіації, що падає на площину колектора, до горизонтальної – коефіцієнт положення;

r – щільність потоку відбитої сонячної радіації, Вт/м²;

D – щільність потоку дифузної складової сонячної радіації, Вт/м²;

β – кут нахилу колекторів до горизонту[29].

Наведена поглинальна спроможність колектора при дифузній радіації (відбитої й розсіяної) приймається постійною, що узгоджується з величиною для прямої складової при падінні променя під кутом 60°. Підсумовуючи пряму сонячну радіацію, яка була поглинута колектором, потрібно мати величини p^s і $(\theta_a)^s$ в терміни, що узгоджуються з даними щільності потоку сонячної радіації S . Це значно збільшує обсяги розрахунків і створює труднощі з визначення довгострокових характеристик колекторів.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

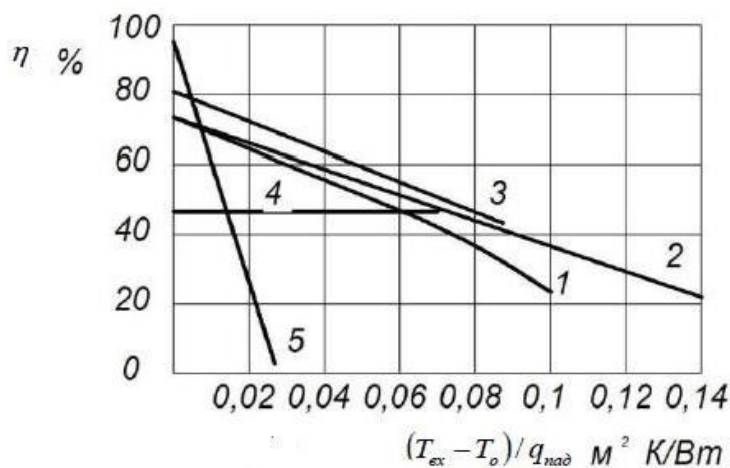
ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

28

Для їх спрощення доцільно використовувати усереднені за період обчислення кута падіння сонячного променя на площину колектора $i < 55^\circ$ величини p^s і $(\theta_a)^s$ для визначення розрахункових коефіцієнтів [29].

Основний показник колектора сонячної енергії залежність η від $(T_{ex} - T_o)/q_{над}$ визначають під час його випробування і зображають прямою з нульовою ординатою, що дорівнює оптичному ККД у разі нормального перпендикулярного кута падіння сонячних променів, коли тангенс кута нахилу прямої надає величина K_c - ефективний коефіцієнт тепловтрат колектора сонячної енергії, $Вт/(м^2 \cdot K)$. На рисунку 2.4 зображено характеристики різних типів сонячних колекторів [3].



1 - неселективний колектор сонячної енергії з двошаровим склінням з алюмінієвим штампованим абсорбером; 2 - неселективний колектор сонячної енергії з антивіддзеркалювальним покриттям і тришаровим склінням; 3 - селективний колектор сонячної енергії з одношаровим склінням та покриттям «Чорний хром» на сталевому абсорбері; 4 - вакуумний скляний трубчастий колектор із селективним концентричним абсорбером; 5 - неселективний колектор сонячної енергії з одношаровим склінням

Рисунок 2.4 Характеристики різних типів сонячних колекторів [29]

За типом конструкції найбільшого поширення в системах сонячного теплопостачання набули плоскі й вакуумні сонячні колектори [40]. Кожен з них

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

має певні переваги й недоліки.

Прості й дешеві у виготовленні плоскі колектори складаються з елемента, що поглинає сонячне випромінювання (абсорбера), прозорого покриття й теплоізоляційного шару. Стандартним рішенням щодо підвищення ефективності колектора є застосування абсорбера з листів міді через її високу теплопровідність. Для цього абсорбер зафарбовують у чорний колір або вкривають спеціальною оптичною селективною плівкою, що максимально поглинає теплову енергію. Таке покриття являє собою єдиний наукомісткий елемент в конструкції пристрою [29]. Прозорий екран зазвичай роблять зі скла зі зниженим вмістом металів або ріфленого полікарбонату. Задню частину панелі покривають теплоізоляційним матеріалом. Трубки, за якими поширюється теплоносій, виготовляють переважно з міді. Сама панель є повітряно-проникною. Колектор здатний вловлювати пряму й розсіяну радіацію його встановлюють, як правило, стаціонарно на даху будівлі.

Вакуумний сонячний колектор складається з теплових трубок і своєю конструкцією нагадує термос. Зовнішня частина трубки прозора, а на внутрішню наносять високоселективне покриття, що достатньо ефективно вловлює сонячну енергію. Між зовнішньою й внутрішньою скляною трубкою – вакуум. Усередині трубки низькокипуча рідина або теплоносій. Завдяки циліндричній формі трубок сонячні промені падають на поверхню абсорбера перпендикулярно до осі трубки, але при цьому всі інші промені, не перпендикулярні осі трубки, віддзеркалюватимуться.

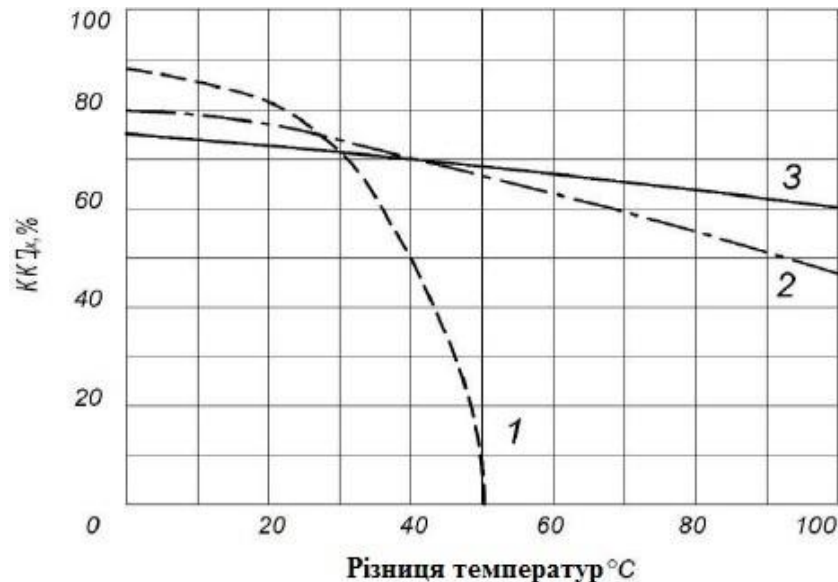
Переваги вакуумного трубчастого сонячного колектора: висока робоча температура; високий ККД; низька ймовірність замерзання (для пароконденсатних); здатність вловлювати як пряму, так і розсіяну радіацію; стаціонарна установка (у випадку без застосування пристроїв стеження за сонцем); відсутність умов для корозії.

До недоліків вакуумного трубчастого сонячного колекторас необхідно віднести наступне: крихкість світлопрозорої оболонки; невелика площа

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	30

абсорбера; висока вартість; складність виготовлення; неможливість втілення режиму примусового розмерзання снігу без впровадження виконавчих систем; можливість частого переходу в режим стагнації.

Порівняльну характеристику колекторів сонячного опалення наведено на рисунку 2.5 [30].



1 – відкритий сонячний колектор; 2 – плаский сонячний колектор; 3 – вакуумний трубчастий сонячний колектор

Рисунок 2.5 – Порівняльна характеристика колекторів сонячного опалення [30]

Одним з визначальних параметрів, який впливає на теплопродуктивність сонячного колектора, є оптимальне значення кута нахилу сонячного колектора до горизонту, яке залежить від сезону роботи установки й кута між напрямком нормалі площини колектора по сторонах світу й напрямком на південь. При цьому можна керувати потужністю теплового потоку, що знімається геліоустановкою, улітку й взимку. Сумарна за рік питома теплова потужність сонячного колектора при цьому змінюється незначно [31], рисунок 2.6.

При цьому потрібно враховувати, що сонячні колектори є частиною геліосистеми й перебувають в експлуатації. Таким чином, на сумарне вироблення теплової енергії всієї сонячної установки впливає досить велика кількість додаткових чинників.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	31

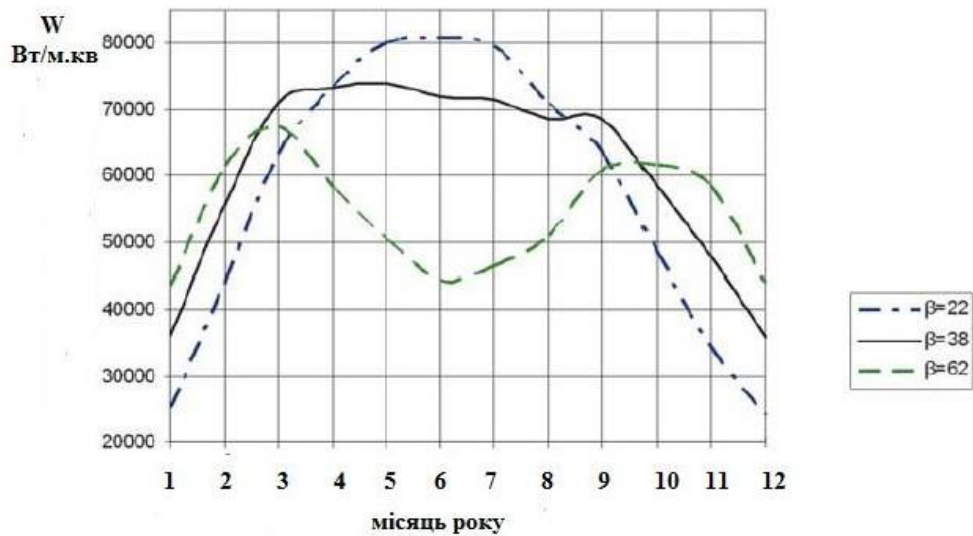


Рисунок 2.6 – Теплопродуктивність сонячного колектора при оптимальних кутах нахилу [29,46]

За рахунок того, що трубчастий колектор має округлу поверхню, він володіє набагато ширшим діапазоном оптимального кута, за якого прямі сонячні промені на нього падатимуть. Вони складніші за своєю конструкцією, але, є порівняно найефективнішими. Саме завдяки циліндричній формі трубок сонячні промені падають на поверхню трубчастого колектора під прямим кутом. І. таким чином, протягом світлового дня він ефективно працює, виробляючи набагато більше теплової енергії, ніж плоский колектор, який досягає піку тільки опівдні, коли сонце перебуває в зеніті.

Дані отримані в роботі Зур'яна О.В.[29] доводять, що крайні трубки сонячного вакуумного колектора працюють ефективніше за інші. При цьому за рахунок затемнення боковими трубками, вакуумні трубки колектора, розташовані всередині системи, втрачають до 30% своєї продуктивності. Загалом встановлено, що в сонячному колекторі, що складається з вакуумних трубок, найефективніше працюють перша й остання трубки. Решта трубок працюють на 70% від своїх можливостей через те, що в загальній зв'язці їх корисна площа використовується недосить ефективно. Таким чином в конструкції вакуумного сонячного колектора важливу роль відіграє також

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

відстань між вакуумними трубками, що містяться поруч.

Важливу роль в оцінці ефективності роботи геліосистем відіграє період року в який вона використовується. Особливостями експлуатації геліосистеми взимку є [34]: зменшення корисної площі геліоколектора завдяки покриттю снігом і появі інею вранці та збільшення втрат тепла завдяки додатковому остигненню теплоносія в колекторі в місцях, де він проходить на відкритих ділянках. В свою чергу протягом майже всього літнього періоду експлуатації системи кількість тепла, вироблюваного вакуумними трубками сонячного колектора, перевищує кількість, потрібну для нагрівання води в баку акумуляторі до максимально допустимої температури 55 °С. Система періодично працює на 50 % вхолосту. Тому періодична система входить у режим простою (стагнацію).

Режим «стагнації» негативно впливає:

– на хімічний склад теплоносія. Чим довше й частіше такий режим, а також чим вище температура, тим швидше старіє теплоносій, поступово перетворюючись на кислоту, що може призвести до процесу внутрішньої корозії.

– на еластичність і міцність мембрани розширювального бака теж негативно впливають високої температури, тому розширювальний бак доцільно встановлювати на великих відстанях від сонячного колектора на холодній магістралі трубопроводу.

2.3. Основні недоліки та переваги існуючих видів сонячних колекторів

До основних переваг плоского сонячного колектора належать:

1. Висока продуктивність в літній період.
2. Проста і надійна конструкція.
3. Здатність очищатися від снігу та інею.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
						33

4. Відносно невисока вартість.

5. Високий ККД.

Недоліками плоского сонячного колектору є: низька продуктивність в зимовий період; високі тепловтрати; при пошкодженні колектора, необхідно проводити повну заміну пристрою, а не окремого елемента; максимальна ефективність плоского колектора досягається тільки при попаданні сонячних променів під прямим кутом, тобто опівдні.

Як вже вище зазначалося, що плоскі колектори встановлюють зазвичай на кривлю або на стіни будинків. Оптимальним рішення є установка сонячного колектора на стадії будівництва будинку, що дозволяє істотно знизити витрату коштів на покрівельні матеріали.

Переваги вакуумного трубчастого сонячного колектора:

1. Відносно висока робоча температура.
2. Високий ККД.
3. Здатність вловлювати як пряму, так і розсіяну радіацію.
4. Відсутність умов для корозії.
5. Низькі тепловтрати.

Недоліками вакуумного сонячного колектора є: можливість частого переходу в режим стагнації; низька продуктивність в зимовий період; висока вартість; нездатність самоочищення від снігу та інею.

Проблему «стагнації» потрібно вирішувати ще під час розрахунку й монтажу системи через:

- розрахунок оптимальної кількості вакуумних трубок.
- вибір кута нахилу сонячного колектора від оптимального.
- адаптацією автоматики управління геліосистемою до умов експлуатації в літній період.
- визначенням «додаткового споживача».
- додаткових технологічних рішень запобіганню перегріву.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

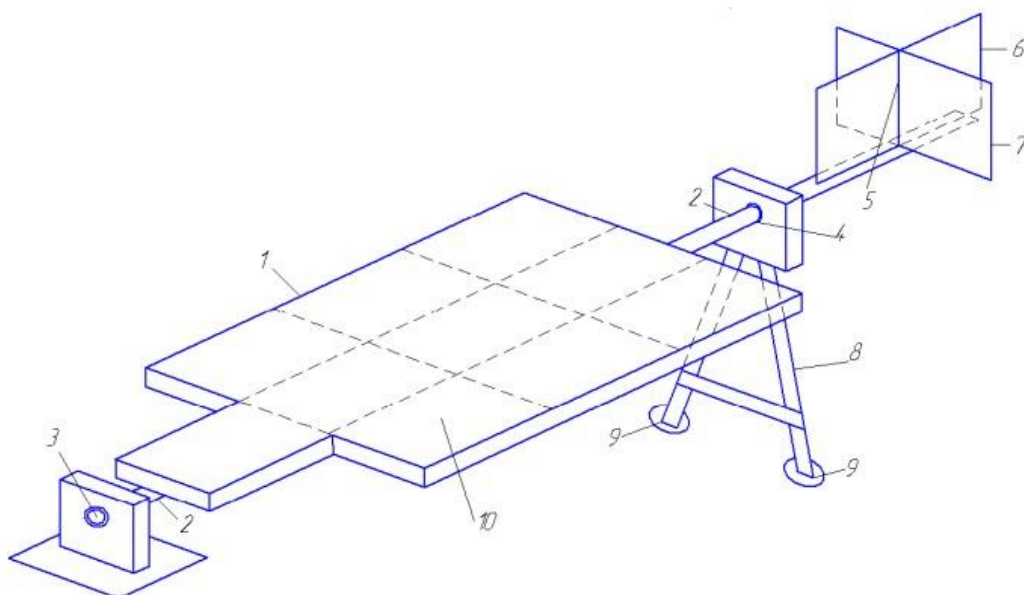
Арк

34

2.4. Огляд технічних рішень з підвищення ефективності роботи геліосистем

2.4.1 Автоматизоване відстеження положення сонячного колектора

Завдання щодо підвищення ефективності одержання й перетворення сонячної енергії через відстеження положення сонця як за азимутом, так за кутом підйому сонця над горизонтом, а також забезпечення високої надійності системи під час експлуатації у роботі [29, с.54] запропоновано досягти завдяки додатковому введенню в стандартну систему нагріву води системи наведення на сонце сонячних перетворювачів, рис. 2.7.



1, 10 – колектор сонячної енергії; 2 – труба обертання колектора сонячної енергії; 3, 4 - шарнірні з'єднання труби обертання; 5 – блок датчиків сонячного випромінювання, який поєднує відповідно датчики; 6,7 визначення положення сонця за азимутом і кутом підйому; 8 – А-подібної форми опора колектора сонячної енергії з шарнірними з'єднаннями; 9 – місця встановлення на об'єкті розташування сонячної системи

Рисунок 2.7 – Установка для втілення способу автоматизованого відстеження положення колектора сонячної енергії:

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

35

Сутність цього технічного рішення полягає в тому, що поставлене завдання щодо підвищення ефективності одержання сонячної енергії й підвищення коефіцієнта корисної дії системи досягається тим, що в розробленому способі автоматизованого відстеження положення колектора сонячної енергії, щоб площа колектора була перпендикулярна до сонячного випромінювання.

2.4.2 Геліосистема з повітряним пристроєм запобігання режимові стагнації

В основу рішення закладено завдання створення конструкції геліосистеми, що дасть змогу підвищити її ефективність, захистивши від перегріву влітку. Водночас конструкція має бути максимально технологічною у виготовленні й зручною під час проведення монтажу.

Поставлене завдання досягнуто завдяки тому, що в контур геліосистеми додатково введено пристрій запобігання режиму стагнації, який оптимально підтримує в контурі геліоколектора температуру теплоносія [29].

Геліосистема з повітряним пристроєм запобігання режиму стагнації містить функціонально пов'язані між собою сонячний колектор, накопичувач теплової енергії з теплообмінником й циркуляційний насос. Крім того, до її складу входить пристрій запобігання режиму стагнації, який містить функціонально пов'язані між собою повітряний теплообмінник з вентилятором примусового обдування й двоходовий клапан. При цьому теплообмінник пристрою запобігання режиму стагнації послідовно під'єднаний до магістралі протікання теплоносія від накопичувача тепла до геліоколектора [29].

Суть інноваційного рішення пояснено на рисунку 2.8, на якому схематично зображено геліосистему з повітряним пристроєм запобігання режиму стагнації.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	36

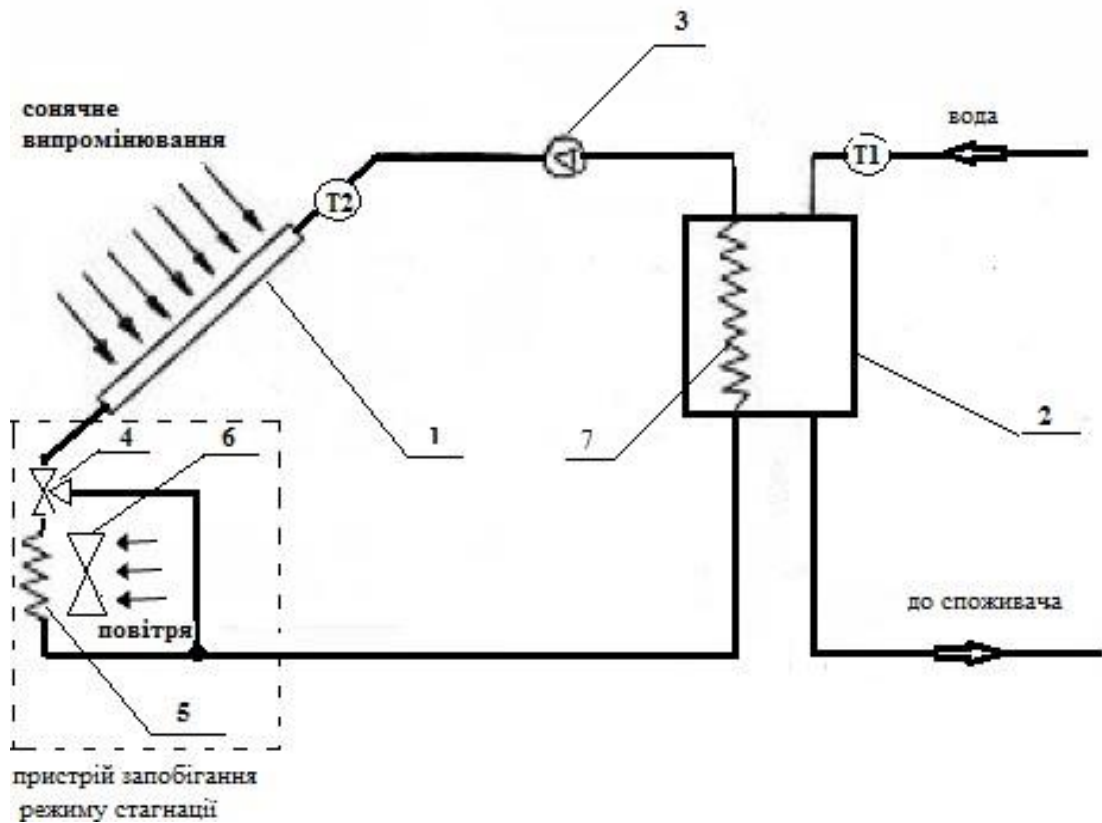


Рисунок 2.8 – Схема геліосистеми з повітряним пристроєм запобігання режиму стагнації [29]

Розроблена згідно інноваційним рішенням геліосистема з повітряним пристроєм запобігання режиму стагнації складається з двох контурів. До складу першого контуру входять функціонально пов'язані геліоколектор 1, з'єднаний трубопроводом з акумулятором тепла 2, в якому розміщено теплообмінник 7. Теплоносій у першому контурі подається в колектор насосом 3. До складу другого контуру входять акумулятор тепла 2 й системи трубопроводів подачі води від акумулятора тепла до споживачів. Конструктивною особливістю системи є те, що в перший контур додатково вмонтовано пристрій запобігання режиму стагнації, до складу якого входять функціонально пов'язані між собою повітряний теплообмінник 5 і вентилятор примусового обдування 6 та двоходовий клапан 4. При цьому теплообмінник пристрою запобігання режиму стагнації послідовно під'єднано до магістралі протікання теплоносія від

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дат	37

накопичувача тепла 2 до геліоколектора 1. [35].

2.4.3 Геліосистема з ролетним пристроєм запобігання режимові стагнації

В геліосистему додатково вводиться пристрій запобігання режиму стагнації, який підтримує в контурі геліоколектора оптимальну температуру теплоносія. Завдяки підтриманню потрібної температури теплоносія в контурі геліоколектора, система не простоє в разі технологічного перегріву в літній період й за режимів роботи з мінімальним відбором отриманого тепла.

Крім того, завдяки тому, що геліосистема містить окремий пристрій запобігання режиму стагнації, який конструктивно кріплять на вже наявну конструкцію геліоколектора, досягається завдання щодо максимальної технологічності виготовлення геліосистеми з ролетним пристроєм запобігання режиму стагнації та її зручності під час проведення монтажних робіт. Також унаслідок того, що світловіддзеркалювальна штора паристою запобігання режиму стагнації частково може виконувати функцію концентратора сонячного випромінювання, підвищується коефіцієнт корисної дії геліосистеми.

Суть рішення наведено на рисунку 2.9 та 2.10, на якому схематично зображено геліосистему з ролетним пристроєм запобігання режиму стагнації.

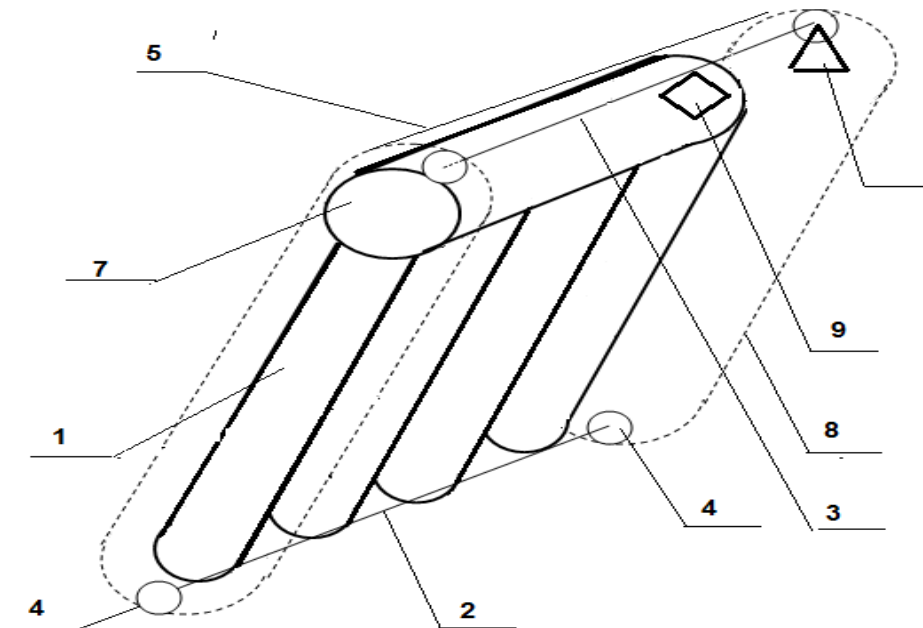
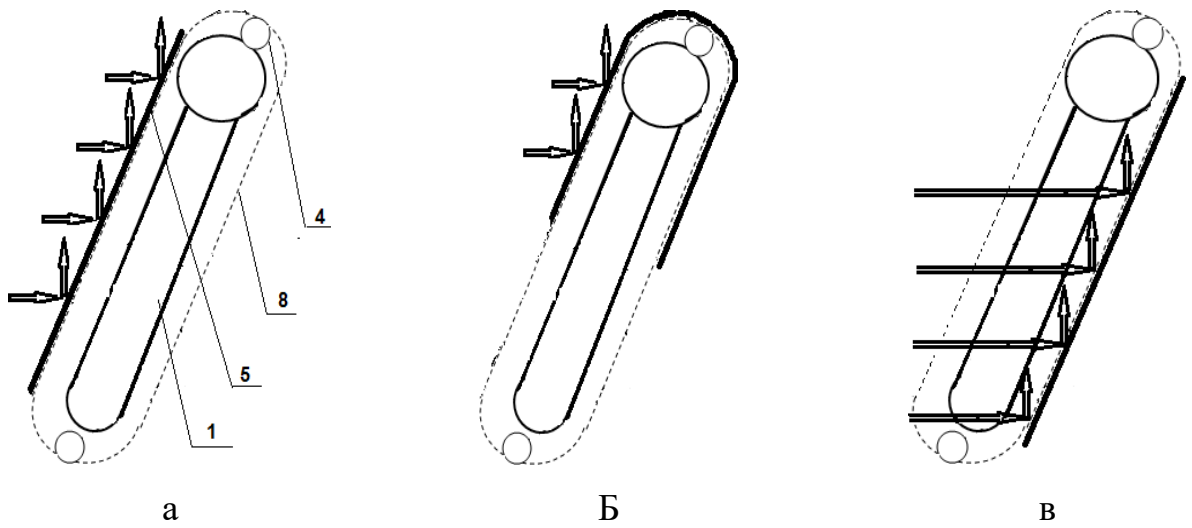


Рисунок 2.9 – Геліосистема з ролетним пристроєм запобігання режиму стагнації [29]

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----



а – максимальна сонячна інтенсивність, б – середня сонячна інтенсивність, в – мінімальна сонячна інтенсивність

Рисунок 2.10 – Схема режимів роботи ролетного пристрою [29]

Таке рішення складається з сонячного колектора 1 з акумулятором тепла 7 та пристрою запобігання режиму стагнації, який складається з функціонально пов'язаних між собою електричного двигуна 6, що приводить до руху верхній вал 2 та нижній вал 3 з шестернями 4, по яких рухається ланцюгова стрічка 8 до якої закріплена світловідзеркалююча штора 5.

Застосування пристрою запобігання режиму стагнації дає змогу забезпечити безперервний режим нагрівання теплоносія, збільшити коефіцієнт корисної дії геліоустановки [36].

2.4.4 Геліосистема з пристроєм керування потужністю геліоколектора й запобігання режимові стагнації

Сонячний колектор з пристроєм керування й запобігання режиму стагнації містить функціонально пов'язані між собою трубчатий сонячний колектор з накопичувачем теплової енергії й пристроєм керування потужністю геліоколектора й запобігання режиму стагнації, який складається з функціонально пов'язаних напівкруглих лінійних світловідзеркалювачів з

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

шестернями, ланцюгової стрічки й електричного приводу. При цьому напівкруглі лінійні світловіддзеркалювачі виконують функцію як перепони від потрапляння сонячних променів на поверхню геліоколектора для запобігання режиму стагнації, так і концентратора енергії залежно від того, де вони розміщуються в певний момент часу (спереду геліоколектора чи позаду нього).

Суть такого рішення пояснено на рисунках 2.11 та 2.12, де схематично зображено вакуумний колектор з пристроєм керування потужністю геліоколектора й запобігання режиму стагнації.

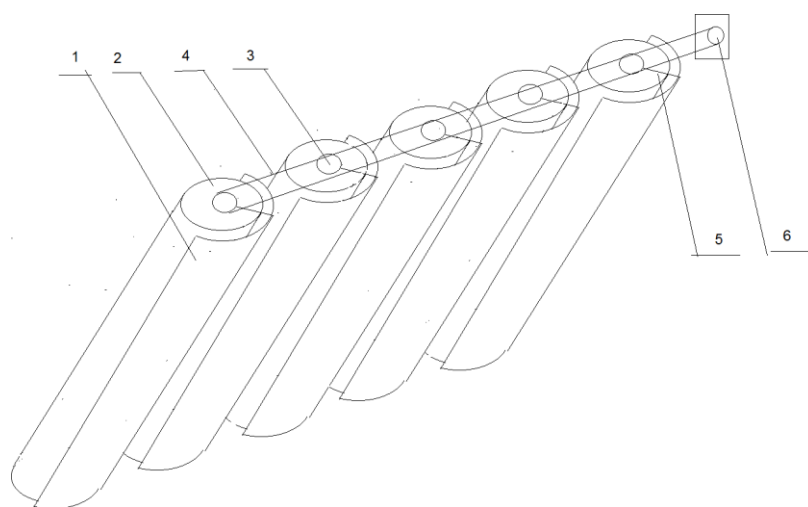


Рисунок 2.11 – Геліосистема з пристроєм керування потужністю геліоколектора й запобігання режиму стагнації [29]

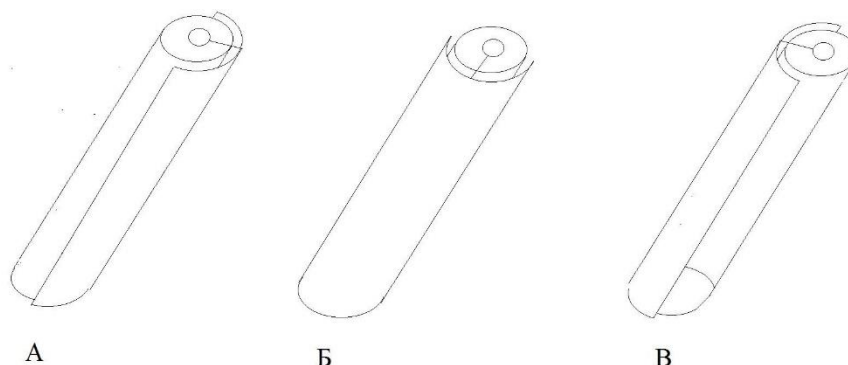


Рисунок 2.12 – Схема роботи пристрою керування потужністю геліоколектора й запобігання режимові стагнації: А - мінімальна сонячна інтенсивність; Б - середня сонячна інтенсивність; В - максимальна сонячна інтенсивність [29]

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Він складається з геліоколектора та з функціонально пов'язаних між собою електричним двигуном, ланцюгової стрічки, валів з шестернями, приводу, напівкруглими лінійними світловіддзеркалювачами.

Застосування пристрою запобігання режиму стагнації дасть змогу забезпечити безперебійний режим нагрівання теплоносія та збільшити коефіцієнт корисної дії геліоустановки [29].

Висновки до розділу

Проведений у розділі порівняльний аналіз різних видів сонячних колекторів показав, що найбільш широкого використання отримали плоский і вакуумний сонячні колектори. Кожен з них має як ряд переваг так і недоліків. Однак серед запропонованих на сучасному ринку геліосистем найбільш ефективними залишаються геліосистеми вакуумного типу.

Аналіз багаточисельних даних щодо експлуатаційних і конструктивних характеристик вакуумних геліосистем показав, що незважаючи на те, що такий тип геліосистем працює в холодний період (навідміну від інших), ефективність його роботи залишається низькою, що в першу чергу пов'язано із конструктивним розташуванням вакуумних трубок і неефективним використанням вільного простору між вакуумними трубками. Також при роботі в теплий період року геліосистеми на базі вакуумних трубок можуть часто переходити в режим простою (стагнації), що негативно відбивається на подальших експлуатаційних характеристиках.

З метою вирішення вказаних вище недоліків, характерних саме для вакуумних геліосистем, на даний час запропоновано цілий ряд технологічних рішень, однак всі вони призводять до ускладнення конструкції геліосистеми, потребують додаткового використання електроенергії, а також погіршують експлуатаційні характеристики (неможливість самостійного налаштування).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Таким чином завдання щодо підвищення ефективності роботи геліосистем в холодний період та та запобігання утворення надлишку теплової енергії, залишається невирішеним і потребує подальших досліджень.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.						Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАКУУМНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

3.1 Теплова ефективність сонячних колекторів

Теплова ефективність сонячного колектора (ККД) - це відношення корисно переданого тепла колектора до отриманої енергії сонячного випромінювання. Цей показник різних типів колекторів буде різним і залежить від інтенсивності сонячної радіації, від теплових і оптичних втрат, температури зовнішнього повітря і так далі [37].

Фактор термічних втрат вказує на теплові втрати. Він визначає втрату енергії в ватах на один квадратний метр площі колектора і показує різницю температур між абсорбером і навколишнім середовищем. Відповідно, чим більше різниця температур, то більша теплові втрати. У якийсь момент теплові втрати дорівнюють обсягу виробленої енергії, внаслідок чого енергія для сонячного циклу не надходить.

Параметри теплотехнічної досконалості плоских сонячний колектор практично досягли граничного рівня і мають відносно невеликий розкид для різних виробників. Більшість плоских колекторів, що є сьогодні на ринку, характеризуються приблизно однаковим оптичним ККД, близьким до значення 0,8. Вакуумні трубчасті сонячні колектори досі знаходяться на стадії пошуку і відробітку оптимальної конструкції, тому вибір серед них «типового» представника дещо ускладнений. Разом з тим, статистична обробка характеристик різних конструкцій вакуумних сонячних колекторів дозволила обґрунтувати вибір типового вакуумного сонячного колектора з оптичним ККД, рівним 0,75. При попаданні сонячного випромінювання на вакуумний сонячний колектор відбивається значно більше світла, ніж у плоского колектора, оскільки лише невелика частина променів потрапляє на трубку

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		43

перпендикулярно, а більшість променів відбиваються. Це пояснює, чому трубчасті колектори мають великі оптичні втрати, ніж плоский сонячний колектор [37, с.56].

Характеристики колекторів які застосовуються, практично, у всіх випадках, передбачених для нагріву води, у тому числі і для опалювання наведені в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики сонячних колекторів

Тип колектора	Оптичний ККД	Коефіцієнт тепловтрат, Вт/(м ² ·К)
Плоский сонячний колектор	0,8	3,5
Вакуумний сонячний колектор	0,75	1,4

На сьогоднішній день поширеними є плоскі колектори, що мають одношарове скління, оскільки його вартість виготовлення і теплова продуктивність мають сприятливе співвідношення. У холодний період стає помітною перевага вакуумних колекторів.

ККД сонячних колекторів виражають характеристикою [37]:

$$\eta = \eta_0 - K_k (T_T - T_B) / I_k. \quad (3.1)$$

де η_0 – ефективний оптичний ККД колектора;

I_k – інтенсивність потоку сонячної енергії, що надходить на поверхню сонячного колектора, Вт/м²;

K_k – ефективний коефіцієнт теплових втрат сонячного колектора, Вт/(м²·К);

T_m – температура теплоносія на вході в колектор, К;

T_B – температура зовнішнього повітря, К.

Формула (3.1) визначає середнє для даної години доби значення ККД сонячного колектора. Оскільки інтенсивність потоку сонячної енергії протягом

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

добу змінюється від мінімального перед сходом та після заходу сонця до максимального в ясну добу, також сильно змінюється і ККД сонячного колектора. Тому середньоденне значення ККД буде значно нижчим від максимального значення в ясну погоду.

Виробники сонячних колекторів вимірюють ККД в експерименті для кожної конструкції колектора. За результатами випробувань за допомогою наведеного вище рівняння робиться кореляція, що враховує нелінійність ККД колектора.

За цим рівнянням ефективність сонячних колекторів був виконаний для умов Сумської області. З метою спрощення розрахунку в якості I_k вибрані середньоденні потоки сонячної радіації для липня (650 Вт/м^2) і січня (180 Вт/м^2), рис. 3.1 та 3.2.

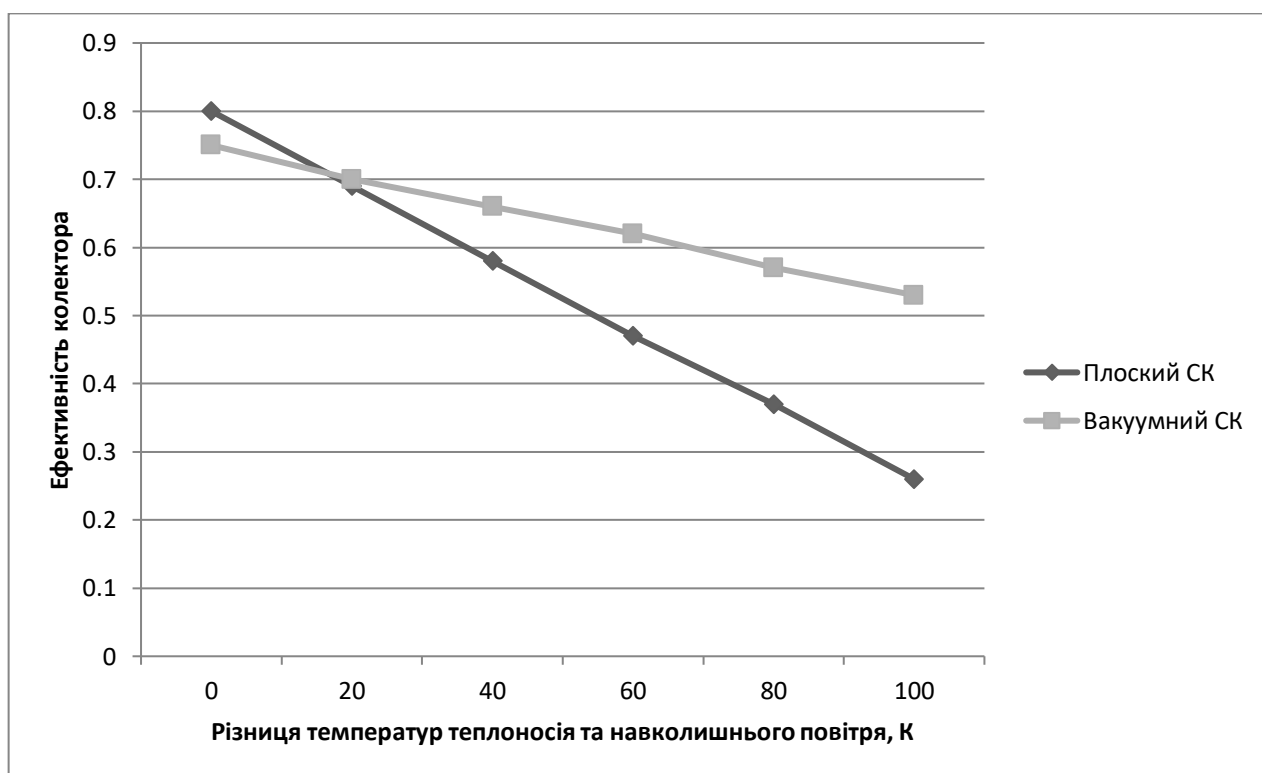


Рисунок 3.1 Ефективність колекторів для $I_k = 650 \text{ Вт/м}^2$

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

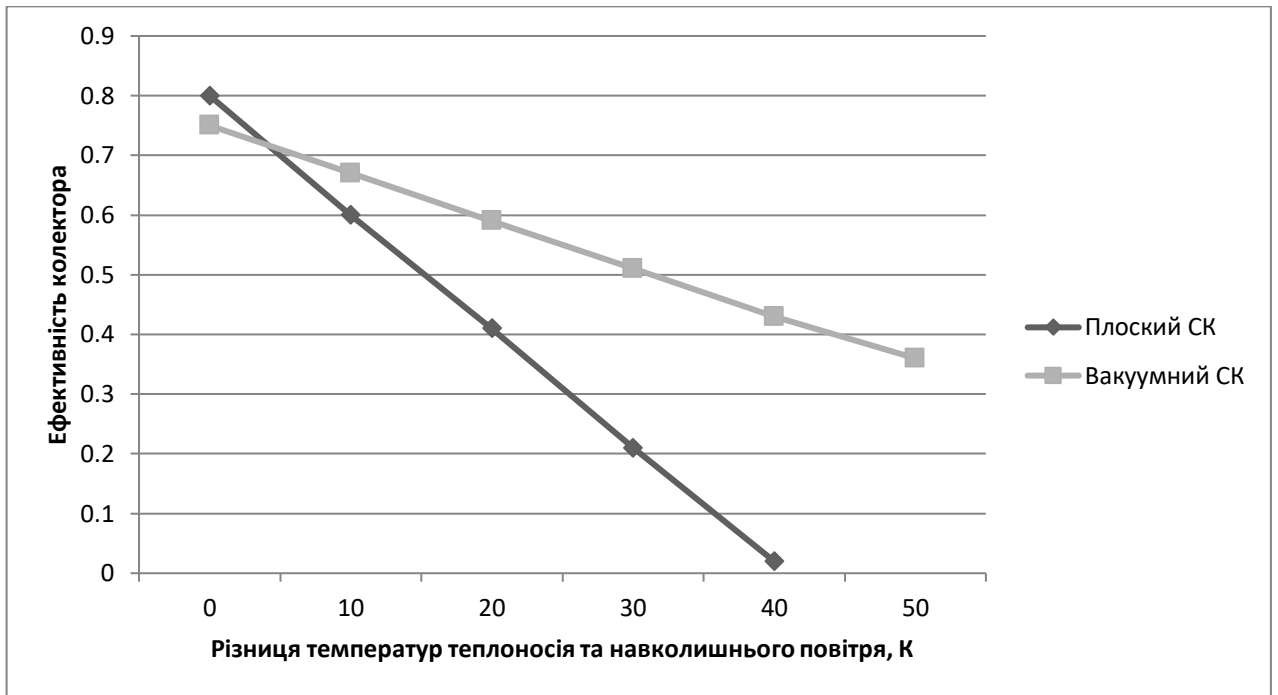


Рисунок 3.2 Ефективність колекторів для $I_k = 180 \text{ Вт/м}^2$

Плоский сонячний колектор з селективним покриттям має вкрай низький ККД в холодний період, тому він більш підходить для сезонного використання гарячого водопостачання. Взимку він може служити додатковим джерелом низькопотенційного тепла для теплових насосів.

Вакуумні сонячні колектори більш прийнятні, в першу чергу, в тих випадках, коли потрібна гаряча вода з вищою температурою, або коли інтенсивність випромінювання сонця дуже низька. Вони можуть використовуватись як для цілорічного гарячого водопостачання так і для низькотемпературних опалювальних систем. Для прикладу тепла підлога, де використовується не висока температура теплоносія, тобто до $45 \text{ }^\circ\text{C}$).

Таким чином, під час вибору колектора необхідно враховувати його функціональне призначення (для сезонного нагріву води або для цілорічного використання).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

46

3.2 Порівняння сонячних колекторів за їх площею та продуктивністю

При порівнянні сонячних колекторів ми будемо використовувати методику розрахунку для сонячних геліоустановок з дублером, запропоновану в роботі [40]. За цією методикою можна обчислити необхідну площу колекторів для заданої кількості гарячої води за формулою:

$$A = \frac{1,16G(t_{w2}-t_{w1})}{\eta \sum g_j} \quad (3.2)$$

Чисельник визначає кількість тепла (кВт·год), необхідну для підігрівання G води колектором від температури $t_{w1}(+15^\circ\text{C})$ до температури $t_{w2}(+45^\circ\text{C})$, а знаменник – добуток ККД колектора на сумарну сонячну радіацію, що впала протягом дня на 1 м^2 поверхні колектора, (Вт·год/м² в день).

ККД колектора визначаємо за формулою, що наведена в роботі [39]:

$$\eta = F \cdot \left\{ \eta_0 - \frac{9K_k[0,5 \cdot (t_1 - t_2) - t_e]}{\sum_j g_j} \right\} \quad (3.3)$$

де F – параметр, за яким визначається ефективність сонячного колектора та характеризує ефективність перенесення теплоти від поверхні, що поглинає сонячні промені, до теплоносія; типові значення F : 0,8-0,9 – для плоских сонячних колекторів, 0,95-1 – для вакуумних сонячних колекторів.

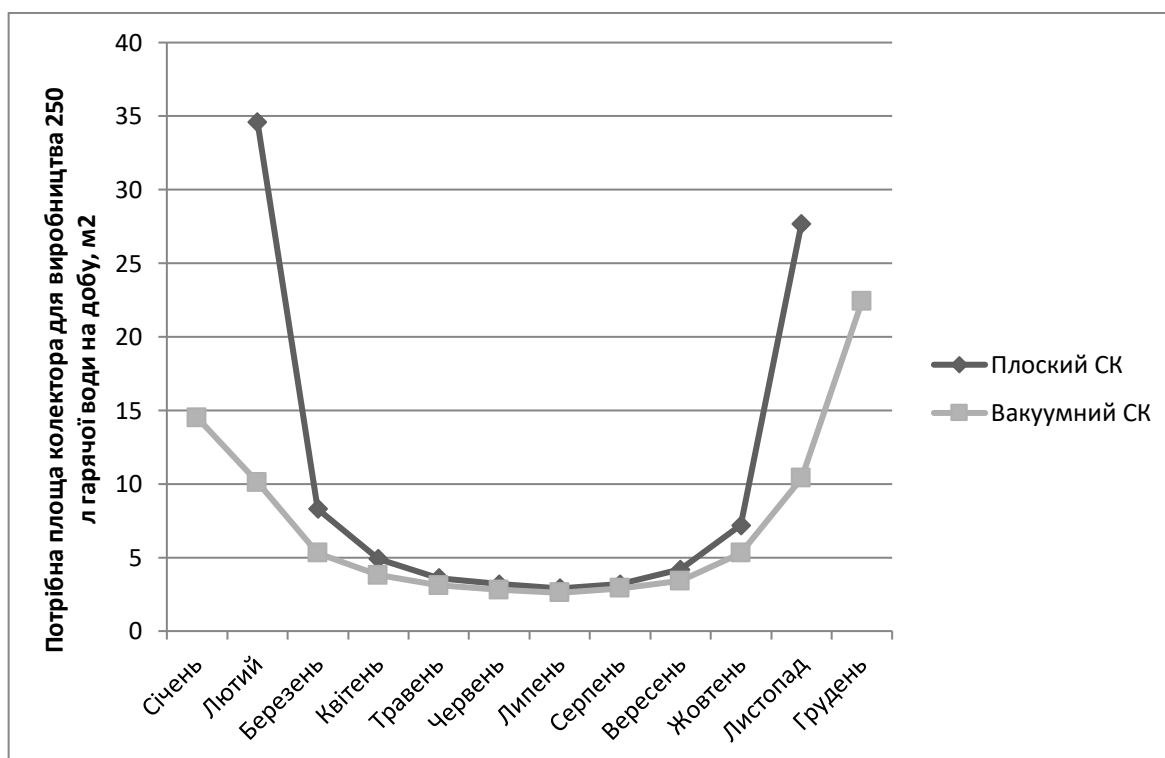
Результати розрахунку наведені в таблиці 3.2.

Інв.№подл.						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Підп. і дата							47
Взаєм.інв.№							
Інв.№дубл.							
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

Таблиця 3.2 – Зміна необхідної площі сонячних колекторів по місяцях року для нагріву 250 л води від +15°C до +45°C

Місяці	Σg_i , Вт·год/м	t_e , °C	Плоский колектор: $\eta_0 = 0,8$; $K_k = 3,5$ Вт/(м ² ·К)		Вакуумний колектор: $\eta_0 = 0,75$; $K_k = 1,4$ Вт/(м ² ·К)	
			η	A, м ²	η	A, м ²
Січень	1430	-6,3	-	-	0,42	14,5
Лютий	1788	-5,9	0,14	34,6	0,48	10,1
Березень	2751	-0,7	0,38	8,3	0,59	5,3
Квітень	3515	8,1	0,51	4,9	0,65	3,8
Травень	4194	14,6	0,57	3,6	0,68	3,1
Червень	4561	18,1	0,61	3,2	0,69	2,8
Липень	4786	19,8	0,62	2,9	0,69	2,6
Серпень	4425	18,6	0,61	3,2	0,68	2,9
Вересень	3716	12,9	0,56	4,2	0,67	3,4
Жовтень	2695	6,6	0,45	7,2	0,61	5,3
Листопад	1654	0,3	0,19	27,7	0,51	10,4
Грудень	1109	-4,2	-	-	0,35	22,4

За отриманими даними будуємо графіки. На графіку (рис. 3.3) криві показують, відповідно, площу колекторів, необхідну для виробництва 250 л гарячої води з температурою 45 °C у різні місяці. З квітня по вересень результати для плоского і вакуумного колекторів дуже близькі, але в холодні місяці спостерігається помітна відмінність. А у грудні та в січні дані плоского сонячного колектора взагалі відсутні через його неефективність [37].



Інв.№подл.
Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Рисунок 3.3 – Необхідна площа сонячних колекторів по місяцях року для нагріву 250 л води від +15°C до +45°C

Надвиробництва теплової енергії в сонячних установках намагаються не допускати (якщо в системі немає сезонних акумуляторів тепла), тому вклад сонячної енергії у виробництво гарячої води для звичайних сонячних систем планують на рівні не вище 40...70 % річної потреби. Якщо ми зафіксуємо значення площі рівним 4 м², і отримаємо за допомогою тих же співвідношень відповідну продуктивність щодо гарячої води (табл. 3.3., рис. 3.4). Дані для січня та грудня місяця при використанні плоских сонячних колекторів не враховувалися так як продуктивність для 4 м² максимально наближена до мінімального показника. Зрозуміло, в літні місяці ми отримаємо надвиробництво гарячої води або її перегрів.

Таблиця 3.3 – Зміна продуктивності сонячних колекторів по місяцях року для нагріву води від +15°C до +45°C

Місяці	Σigj, Вт·год/м	t _e , °C	Плоский колектор: η ₀ = 0,8; K _k = 3,5 Вт/(м ² ·К)			Вакуумний колектор: η ₀ = 0,75; K _k = 1,4 Вт/(м ² ·К)		
			η	м ²	G, л/доб	η	м ²	G, л/доб
Січень	1430	-6,3	-	4	-	0,42	4	69
Лютий	1788	-5,9	0,14	4	28,9	0,48	4	99
Березень	2751	-0,7	0,38	4	120,5	0,59	4	188,7
Квітень	3515	8,1	0,51	4	204,1	0,65	4	263,1
Травень	4194	14,6	0,57	4	277,8	0,68	4	322,5
Червень	4561	18,1	0,61	4	312,5	0,69	4	357,1
Липень	4786	19,8	0,62	4	344,8	0,69	4	384,6
Серпень	4425	18,6	0,61	4	312,5	0,68	4	344,8
Вересень	3716	12,9	0,56	4	238,1	0,67	4	294,1
Жовтень	2695	6,6	0,45	4	138,9	0,61	4	188,7
Листопад	1654	0,3	0,19	4	36,1	0,51	4	96,1
Грудень	1109	-4,2	-	4	-	0,35	4	44,6

Інв.№подл.	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№подл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Арк
					Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

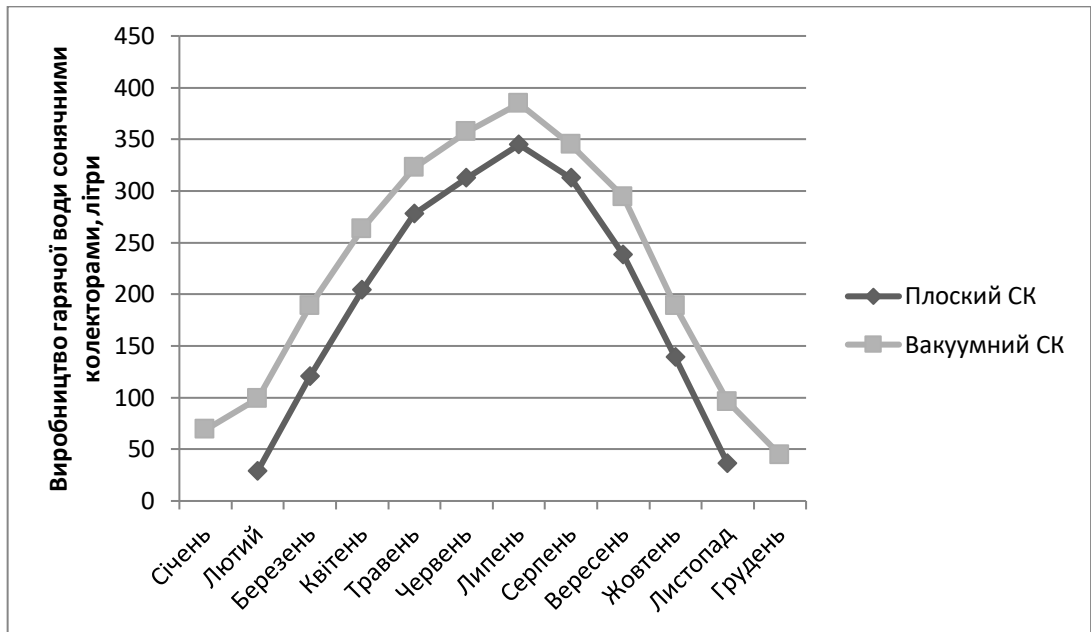


Рисунок 3.4 – Зміна продуктивності сонячних колекторів по місяцях при площі колектора 4м²

За отриманими нами даними можна зробити висновок, що вакуумний сонячний колектор працює значно ефективніше ніж плоский. Особливо помітно це в холодний період року.

3.3 Підвищення ефективності роботи вакуумного сонячного колектора в холодний період року

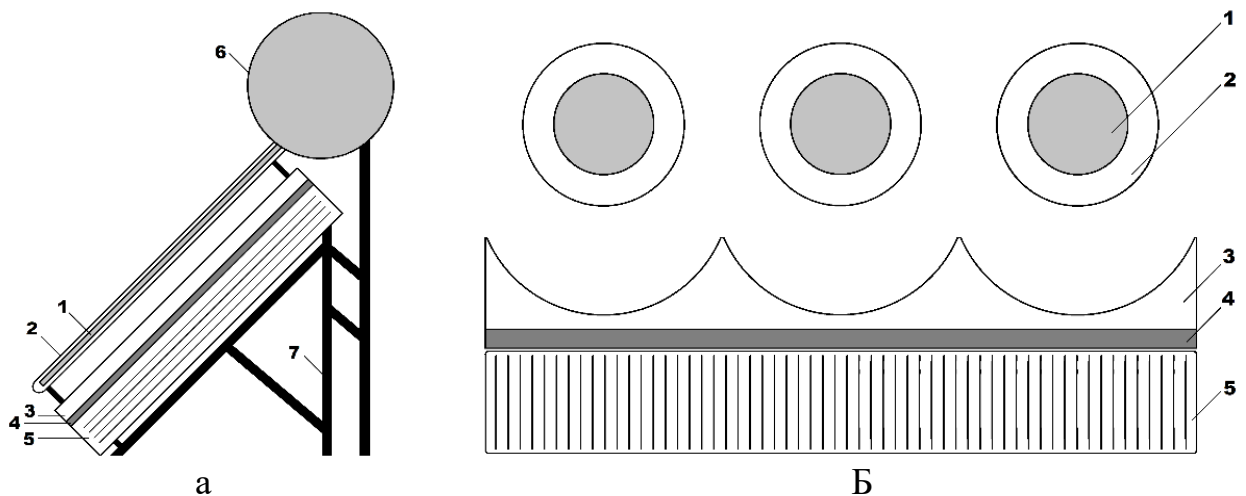
Для підвищення ефективності сонячного вакуумного колектора в холодний період ми пропонуємо використовувати світловідзеркалювач. Принцип роботи світловідзеркалювача полягає у відбиванні сонячних променів, концентруючи їх на вакуумні трубки. Схема існуючих на сьогодні конструкцій сонячних колекторів не є ідеальною. Відстань між трубками, в залежності від виробника може досягати 7-10 см. Тому сонячні промені, що проходять між трубками не будуть поглинатись колектором. В залежності від пори доби, кут падіння сонячних променів буде різним. За рахунок світловідзеркалювача

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

сонячні промені, які неефективно використовувались будуть концентруватися на трубки

В якості світловідзеркалювача планується використовувати полірований алюміній. За рахунок якісної поліровки його поверхні коефіцієнт його відбиття може бути рівним 0,9. Но алюміній в чистому вигляді швидко тускніє, окислюючись на повітрі. Отже, стає необхідним його захист від безпосереднього контакту з повітрям. Варіантів вирішення такого захисту металу від швидкого окиснення багато. Одними з найвідоміших і найчастіше використовуваними методами є електрохімічне полірування (анодування) та покриття поверхні тонкою плівкою двоокису або окису кремнію. За рахунок високої продуктивності колектора в літні місяці щоб запобігти перегріву ми пропонуємо використовувати теплообмінник.

Схема конструкції і принцип роботи вакуумного сонячного колектора з світловідзеркалювачем та теплообмінником зображені на рисунку 3.5 та 3.6.



1 – сонячні промені, 2 – вакуумна трубка, 3 – світловідзеркалювач; 4 – термоізоляційне покриття; 5 – теплообмінник для відведення надлишкового тепла; 6 – бак накопичувач; 7 – опорні конструкції

Рисунок 3.5 – Вакуумний колектор з використанням світловідзеркалювача та теплообмінника

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	51

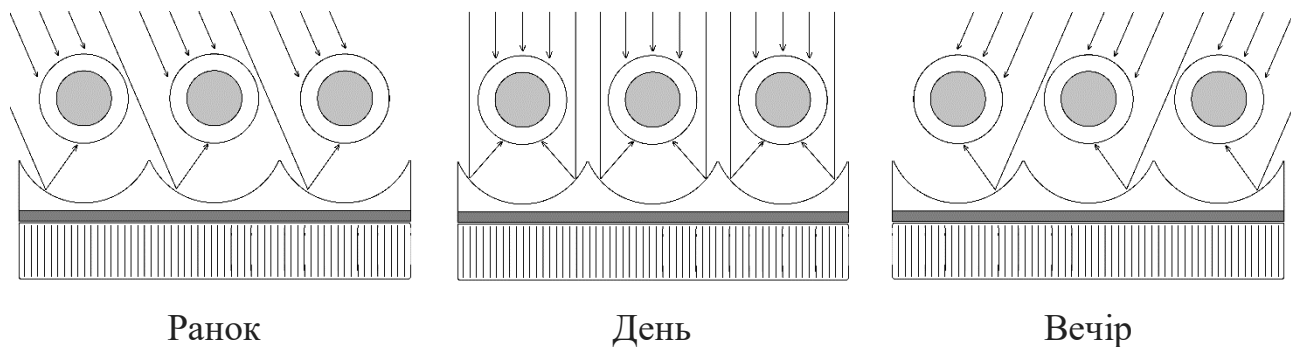
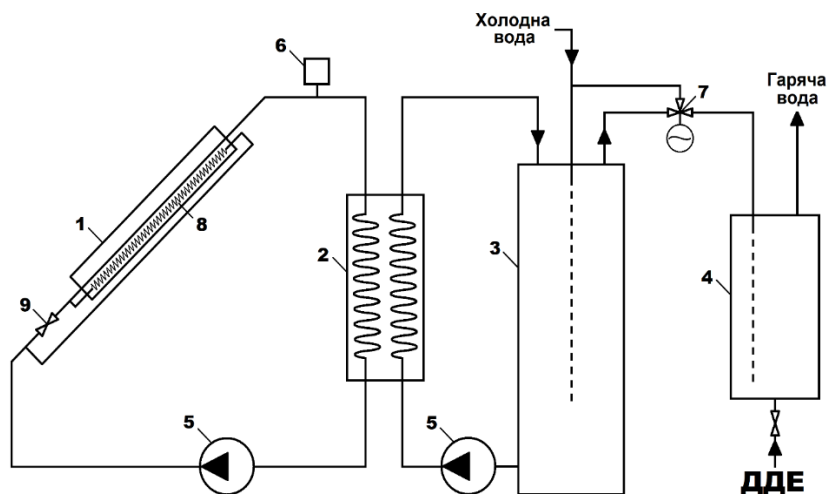


Рисунок 3.6 – Кути падіння сонячних променів в залежності від пори доби

У холодному кліматі, як правило, застосовуються двоконтурні схема водонагрівальних установок з використанням додаткового джерела енергії (ДДЕ) для підігріву води до необхідної температури. Для нашого регіону це є найбільш досконалою схемою реалізації геліоколектора.

Схема конструкції вакуумного сонячного колектора з світловідзеркалювачем та теплообмінником зображені на рисунку 3.7.



1 – сонячний колектор з світловідзеркалювачем; 2 – теплообмінник №1; 3 – бак-аккумулятор; 4 – дублер; 5 – насос; 6 – розширювальний бак; 7 – автоматичний клапан змішувача, 8 – теплообмінник №2. 9 – термоклапан

Рисунок 3.7 – Схема конструкції сонячної установки з додатковим теплообмінником

У першому контурі, що складається з сонячного колектора, теплообмінника, насоса і розширювального бака, циркулює незамерзаючий

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

теплоносій. Циркуляція в ньому відбувається по тому ж напрямку, що і в контурі природної циркуляції, проте в цій схемі присутній насос. За рахунок високої продуктивності колектора в літні місяці щоб запобігти перегріву використовується додатковий теплообмінник під самим колектором, з можливістю виключати при необхідності. Другий контур складається з бака-акумулятора, теплообмінника і додаткового джерела енергії. Холодна вода з нижньої частини бака надходить до теплообмінника, нагрівається, і надходить у верхню частину бака. Далі вона прямує до автоматичного змішувального клапану, який, при необхідності, підмішує холодну воду, щоб регулювати температуру вихідній гарячої води. Вода потім потрапляє в газовий котел, і, якщо температури води недостатньо висока, задіюється газова нагрівальна установка (ДДЕ). Сонячні колектори в даній схемі виступають в якості першого ступеня нагріву води, а газовий котел призначений для доведення температури води до потрібного рівня.

3.4 Розрахунок ефективності вакуумного сонячного колектора при впровадженні світловідзеркалювача

При розрахунку ефективності застосування сонячних колекторів для цілей опалення та ГВП необхідно враховувати характеристики вакуумних трубок. Стандартна вакуумна трубка має 1800 мм в довжину, зовнішній діаметр - 58 мм, внутрішній - 47 мм. Конструкція двухстіночна. Циліндри мають різну товщину: зовнішній міцніший - $1,8 \pm 0,15$ мм, внутрішній - $1,6 \pm 0,15$ мм. Простір між стінками заповнено вакуумом (менш 5×10^{-3} Па) і створює перешкоду для втрат тепла (принцип роботи колби термоса). Як матеріал для виготовлення застосовують боросилікатне скло. Селективне покриття на зовнішній поверхні внутрішнього циліндра - напилення композиту з нержавіючої сталі, алюмінію і міді - сприяє кращому поглинанню сонячного випромінювання.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вин	Арк	№ докum.	Підп.	Дат	53

Циліндрична форма скляної трубки при дотриманні основних вимог установки забезпечує більше 91% поглинання всієї надійшла на поверхню енергії. Тепловтрати при цьому не перевищують 8% (при температурі носія близько 80 °С). Коефіцієнт таких втрат для вакуумної сонячної установки не більше 0,6Вт/м².

Розрахунок площі ефективного поглинання сонячного колектора зробимо на прикладі сонячного колектора, що має в своєму складі 30 вакуумних трубок стандартного розміру, площа колектора – 4 м²(1,8 ×2,5). Відстань між трубками приблизно 0,075 м. Визначивши ефективну площу поглинання однієї трубки і помноживши її на 30 отримаємо загальну ефективну площу поглинання колектора. Площа поглинання однієї трубки - фактично площа «тіні», створюваної трубкою при її висвітленні сонцем. Це проекція трубки на площину, що проходить через її діаметр. Оскільки діаметр трубки 58 мм або 0,058 м, а довжина трубки бере участь в прийомі сонця близько 1800 мм або 1,8 м, але верхня і нижня її частина закриті елементами конструкції і в роботі участі не беруть), тоді площа «тіні» складе 0,058 м * 1,8 м = 0,1044 м². А загальна ефективна площа поглинання колектора 0,1044 м² * 30 шт. = 3,13 м². Отже, 4 – 3,13=0,87м² фактична площа неефективного використання.

При використанні полірованого алюмінію в якості світловідзеркалювача для покращення продуктивності вакуумного колектора в якого коефіцієнт відбиття може бути рівним 0,9 збільшується оптичний ККД. Так як неефективна площа колектора в розрахунку дорівнює 0,87м², а з використанням цієї площі світловідзеркалювачем з коефіцієнтом 0,9 відповідно отримуємо 0,78 м² додатково ефективної площі. Якщо 3,13 м² прийняти за 100%, то 3,13+0,78=3,91 м², в підсумку 3,91 /3,13 ×100% = 125%. Таким чином це дозволить підвищити ефективність сонячного колектора при оптимальних умовах на 25%.

З таблиці 3.2 ми бачимо, що з листопада по лютий місяць через низьку сонячну активність необхідна площа колектора для обігріву 250 літрів води до

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
						54

температури $+45^{\circ}\text{C}$ буде вищою ніж 10 м^2 , а в період з квітня по вересень достатньо буде $2,6\text{-}3,8 \text{ м}^2$. Якщо прийняти площу колектора за 4 м^2 , то за попередніми розрахунками порівняємо вакуумні сонячні колектори по зміні продуктивності (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Зростання продуктивності сонячних колекторів по місяцях року

Місяці	Звичайний вакуумний колектор		Вакуумний колектор з світловідзеркалювачем	
	A, м ²	G, л/доб	A', м ²	G', л/доб
Січень	4	69	4	86,2
Лютий	4	99	4	123,8
Березень	4	188,7	4	235,8
Квітень	4	263,1	4	328,8
Травень	4	322,5	4	403,1
Червень	4	357,1	4	446,4
Липень	4	384,6	4	480,8
Серпень	4	344,8	4	431
Вересень	4	294,1	4	367,6
Жовтень	4	188,7	4	235,9
Листопад	4	96,1	4	120,1
Грудень	4	44,6	4	55,8

За отриманими даними будемо графік (рис. 3.8).

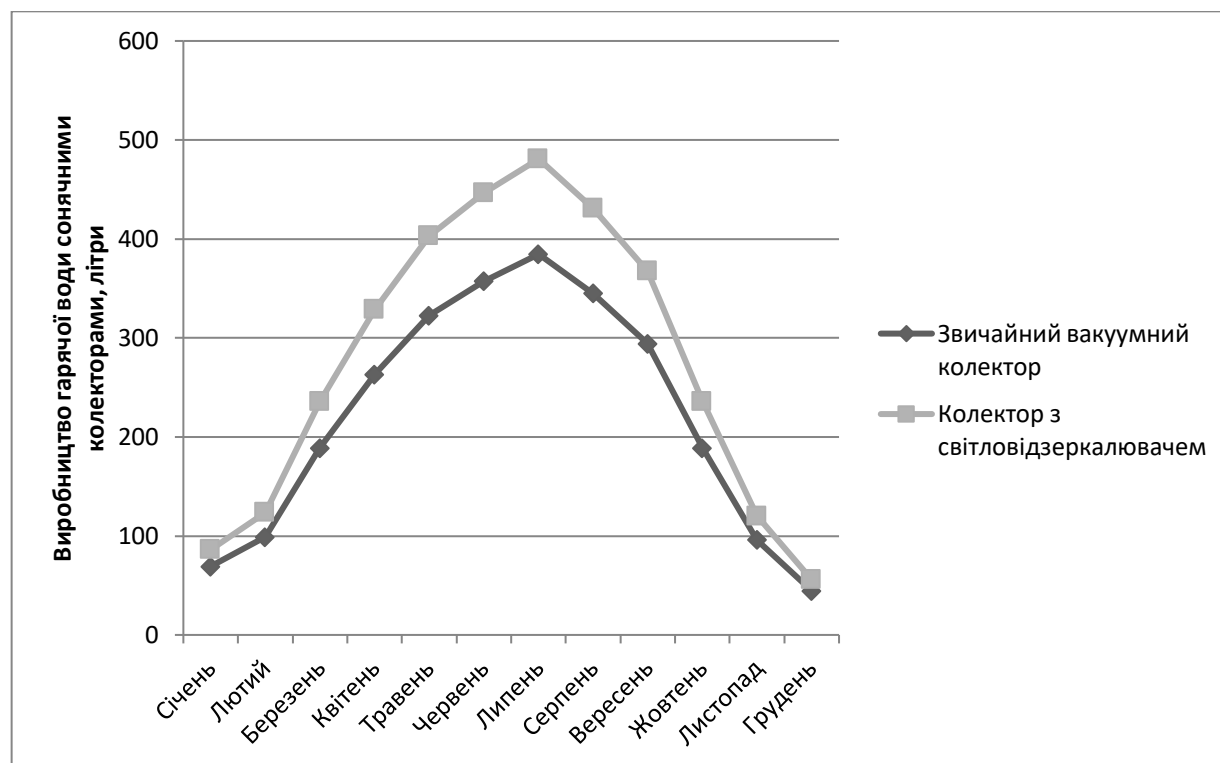


Рисунок 3.8 – Зміна продуктивності сонячних колекторів по місяцях при площі колектора 4 м^2

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
------------	--------------	-------------	------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Період високої сонячної активності негативно впливає на сам теплоносій – термін його експлуатації зменшується. Також значних термічних навантажень зазнають і компоненти системи, а саме трубопроводи, арматура, циркуляційний насос і т. д. В даному випадку ми пропонуємо використовувати теплообмінник під самим колектором, який допоможе запобігти перегріву системи. Для колектора з світловідзеркалювачем відповідна площа A' (m^2) не змінюється, а продуктивність (G' , л/доб) за даними розрахунку зростає на 25%.

Таким чином, дивлячись на графік можна зробити висновки, що при оптимальному підборі світловідзеркалювальної поверхні ми можемо припустити, що ефективність колектора буде вищою на 25%.

3.5 Оцінка зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при використанні геліосистем

Оцінку показників екологічної ефективності при використанні звичайного сонячного колектора та колектора з запропонованим рішенням світловідзеркалювача та теплообмінника з загальною площею колектора $4 m^2$, в системах гарячого водопостачання, розглянемо на прикладі і прийнемо наступні припущення:

1. В період з квітня по вересень буде надвиробництво теплової енергії, необхідної для підігріву 250 літрів води. Так як буде використовуватись теплообмінник для викиду зайвого тепла, ми можемо припустити, що кількість води буде дорівнювати необхідній для потреб гарячого водопостачання в цей період – 250 літрів, для звичайного колектоа - аналогічно За даними розрахунків (табл. 3.4) загальна кількість води для підігріву використовуючи вакуумний колектор з світловідзеркалювачем за один рік буде – 72086 літрів, у звичайного колектора – 66778 літрів відповідно;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	56

2. Різниця температур гарячої та холодної води, $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Використовуючи методику розрахунку параметрів геліосистем, наведену в бакалаврській роботі, та приймаючи вище наведення вихідні умови, для колектора з світловідзеркалювачем отримаємо:

Кількість тепла на потреби гарячого водопостачання:

$$Q = m \cdot t \cdot c = 72086 \cdot 30 \cdot 1,163 = 2515 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}, \quad (3.4)$$

Аналогічно розраховуємо для звичайного колектора:

$$Q = m \cdot t \cdot c = 66778 \cdot 30 \cdot 1,163 = 2330 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}, \quad (3.5)$$

де m – загальна кількість води для підігріву використовуючи вакуумний колектор з світловідзеркалювачем за один рік,

c – теплоємність води $1,163 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м},\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приймаючи до уваги проведені розрахунки та отриману величину загальної кількості тепла за рік Q_p , кВт·год/рік, яку буде виробляти геліосистема установлена замість традиційної системи гарячого водопостачання, з використанням газу або електроенергії, дозволить:

- знизити пряму та непряму потребу у використанні різних видів палива для нагріву води;

- знизити навантаження на навколишнє середовище, шляхом зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Для того, щоб виробити $1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ електроенергії (без втрат) необхідна така кількість різних видів палива:

- $0,18 \text{ кг}$ вугілля ($1 \text{ кг} - 30 \text{ МДж}$);
- $0,15$ природного газу ($1 \text{ м}^3 - 31 \text{ МДж}$);
- $0,35 \text{ кг}$ дерева (сухе, $15\% - 9 \text{ МДж}$).

Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Відвернені витрати різних видів палива, яка піде на виготовлення теплової енергії при використанні геліосистем, наведена в (таб. 3.5).

Таблиця 3.5 – Відвернені витрати різних видів палива

Вид палива	Звичайний вакуумний колектор	Вакуумний колектор з світловідзеркалювачем
	Витрата палива, кг, м ³	
Природний газ	349,5 м ³	378,2 м ³
Кам'яне вугілля	419,4 кг	452,7 кг
Дерево	815,5 кг	880,5 кг

Використання геліосистеми на прикладі одного будинку, дозволить раціонально використовувати такі природні ресурси як природний газ, кам'яне вугілля і деревина, за рахунок зниження обсягів їх використання. Використання світловідзеркалювача дозволило збільшити відвернені викиди різних видів палива, що в свою чергу дозволить знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива представлено в (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива

Вид палива	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, кг на тону нат. палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки (пил неорг.)	Разом
Природний газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Деревина	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Кам'яне вугілля	9,58	63,56	9,20	65,32	147,66

Інв.№подл. Підп. і дата Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

58

Вин Арк № докum. Підп. Дат

Величини відвернених обсягів викидів забруднюючих речовин при використанні сонячного колектора з світловідзеркалювачем для виготовлення 2515 кВт·год/рік тепла наведені в (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Відвернені викиди забруднюючих речовин при використанні колектора з світловідзеркалювачем.

Вид палива	Відвернені викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, кг				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки (пил неорг.)	Разом
Природний газ	0,45	1,3	0,00	0,00	1,75
Деревина	4,25	8,18	0,26	3,73	16,42
Кам'яне вугілля	4,27	28,5	4,1	29,2	66,07

Величини відвернених обсягів викидів забруднюючих речовин при використанні звичайного сонячного колектора для виготовлення 2330 кВт·год/рік тепла наведені в (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Відвернені викиди забруднюючих речовин при використанні звичайного колектора.

Вид палива	Відвернені викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, кг				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки (пил неорг.)	Разом
Природний газ	0,41	1,2	0,00	0,00	1,61
Деревина	4,01	7,66	0,24	3,5	15,41
Кам'яне вугілля	4,03	26,6	3,9	27,3	61,83

Таким чином, отримані розрахунки дозволяють стверджувати, що при використанні вакуумного колектора з світловідзеркалювачем відвернених витратів різних видів палива буде більше ніж при використанні звичайного колектора, як наслідок буде більше і відвернених викидів забруднюючих речовин.

Висновки до розділу

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			59

Порівнюючи два типи сонячних колекторів, вакуумного та плоского, ми можемо зробити висновки, що вакуумний колектор працює ефективніше, незважаючи на те, що ККД плоского колектора вищий. Це пояснюється тим, що у плоского колектора тепловтрати вищі.

Було запропоновано нову схему реалізації геліосистеми при використанні світловідзеркалювача та теплообмінника.

Використання світловідзеркалювача, в якості концентратора за розрахунками при оптимальних умовах може підвищити ефективність вакуумного сонячного колектора на 25 %.

Теплообмінник слугуватиме викиду зайвого тепла при високій сонячній інтенсивності, особливо це стосується в літні місяці.

За результатами розрахунків двох вакуумний колекторів, один з яких з світловідзеркалювачем, можна зробити висновок, що світловідзеркалювач працює ефективно, особливо в холодний період року коли виробництво теплової енергії геліосистемою мінімальне. За додатковими розрахунками можна сказати, що при використанні світловідзеркалювача в вакуумному сонячному колекторі відвернених викидів буде більше ніж у звичайному, що в свою чергу дозволить знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ			Арк
Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат				60

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінка вартості витрат на сонячні колектори

Розраховуємо загальні витрати на впровадження геліосистеми. Порівнювати будемо звичайний вакуумний колектор та колектор із запропонованим в роботі світловідзеркалювачем.

Вартість 2 звичайних вакуумних колекторів площею по 2 м² з експлуатаційними витратами - 28000 гривень.

Вартість 2 колекторів вакуумних колекторів площею по 2 м² з світловідзеркалювачем та експлуатаційними витратами - 29000 гривень.

4.2 Оцінки річного економічного ефекту сонячних колекторів

Так як геліосистема працює за рахунок альтернативного джерела енергії, ми будемо розраховувати річний економічний ефект використання.

За даними розрахунків в роботі ми будемо визначати кількість тепла (кВт·год), яка виробляє геліосистема для підігрівання води від температури +15°C до температури +45°C за місяцями. Так як необхідна кількість води для потреби гарячого водопостачання в день 250 літрів, то місяці з середньою денною продуктивністю більше ніж потрібна кількість води за розрахунками в роботі (табл.3.3) буде рівною 250 літрам за добу. Ціна на 1 кВт електроенергії за обсяг, з податком на додану вартість становить 1,68 грн.

Використовуючи методику розрахунку параметрів геліосистем, наведену раніше в роботі, та приймаючи вище наведення вихідні умови, отримаємо:

Кількість тепла на потреби гарячого водопостачання:

$$Q = m \cdot t \cdot c \quad (4.1)$$

де m – загальна кількість води для підігріву в місяць;

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

61

c – теплоємність води 1,163 Вт·год/м, °С.

t – різниця температури води.

За розрахунками будуємо табл. 4.1

Таблиця 4.1 Порівняння колекторів за продуктивністю теплової енергії

Місяці	Звичайний вакуумний колектор			Вакуумний колектор з світловідзеркалювачем		
	л/міс	кВт·год/міс	Ціна, грн./міс	л/міс	кВт·год/міс	Ціна, грн./міс
Січень	2139	74,63	125,4	2672	93,23	156,6
Лютий	2970	103,62	174,1	3714	129,6	217,7
Березень	5849	204,1	342,8	7309	255,4	428,5
Квітень	7500	261,67	439,6	7500	261,67	439,6
Травень	7750	270,39	454,2	7750	270,39	454,2
Червень	7500	261,67	439,6	7500	261,67	439,6
Липень	7750	270,39	454,2	7750	270,39	454,2
Серпень	7750	270,39	454,2	7750	270,39	454,2
Вересень	7500	261,67	439,6	7500	261,67	439,6
Жовтень	5849	204,1	342,8	7309	255,4	428,5
Листопад	2883	100,58	168,9	3603	125,7	211,1
Грудень	1338	46,68	78,4	1729	60,3	101,4
Всього	66778	2329,89	3913,8	72086	2515,81	4225,2

Отже, кількість виробленої теплової енергії за рік у звичайного вакуумного колектора переведеною згідно тарифу за кВт·год/рік буде 3913,8 гривень, а у вакуумного колектора з світловідзеркалювачем 4225,2 гривні.

4.3 Оцінки терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми

Для оцінки терміну окупності сонячних вакуумних колекторів, ми будемо розраховувати ті витрати електроенергії, на які ми б змогли забезпечити необхідною кількістю гарячої води на рік виробленою геліосистемою. В даному випадку звичайний вакуумний колектор вироблятиме 2329,89 кВт·год/рік, а вакуумний колектор з світловідзеркалювачем вироблятиме 2525,81 кВт·год/рік.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів геліосистеми

Геліосистема використовується у якості установки для підтримки обігріву або використанню гарячої води за допомогою сонячної енергії. Насосна група геліосистеми призначена для нагрівання води через шланги геліотруб в бак накопичувач. Не допускається безпосереднє протікання води. Компоненти у геліоконтурі призначені для використання з рідиною для геліоустановки. При виборі місця встановлення, проектування, монтажу, експлуатації, проведення інспекції, технічного обслуговування та ремонту приладу слід дотримуватися державних та місцевих норм та правил, а також дозаткових розпоряджень, приписів тощо відповідних відомств стосовно водопостачання, електропостачання, пожежної безпеки тощо. Для монтажу проводки використовуються стандартні проводи. Провід підключення 230 В, жорсткий провід (насоси або кабелі підключення змішувачів). Не можна перевищувати максимальну довжину проводів: – проводи датчиків: 50 м; проводи шин: 300 м. Таким чином для роботи з геліосистемами, необхідно бути ознайомленим з правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж та електробезпеки.

5.1.1 Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж

Встановлення водонагріваних геліоустановок здійснюється відповідно до проектної документації. Експлуатація водонагріваних геліоустановок не дозволяється без належно встановленого проекту.

Сумарна продуктивність насосів водопідігрівальної установки має забезпечувати передбачений гідравлічний режим і продуктивність з урахуванням літнього режиму роботи.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
				Вин	Арк	№ докum.	Підп.	Дат	64

Насос в геліосистемі має бути оснащеним з боку всмоктування запірною засувкою та зворотним клапаном і запірною засувкою.

Геліосистема повинна обладнуватися такими ЗВТ:

- манометрами - на трубопроводах пари, на всмоктувальних і нагнітальних лініях насосів, на вхідних і вихідних трубопроводах гріючої і підігріваної води;

- термометрами на паропроводах і конденсатопроводах, на вхідних і вихідних трубопроводах гріючої і нагріваної води кожного підігрівника, на загальних трубопроводах холодної та гарячої води;

- запобіжними клапанами на підігрівниках згідно з вимогами Держпромгірнагляду;

- водовказівним склом з боку теплоносія, який конденсується.

Для водо підігрівних бойлерів на підставі проектної документації, даних виробників та випробувань визначаються технічні характеристики.

Температура поверхні теплової ізоляції трубопровода геліосистеми згідно нормам не повинна перевищувати +43 градусів за цельсієм при температурі навколишнього середовища до +25 градусів за цельсієм. [43]

5.1.2 Електробезпека

Розгляд критерії безпеки електричного струму для геліосистем. Під час проектування геліосистеми, розрахунків та експлуатаційного контролю захисних систем установки повинні керуватися безпечним значенням струму за у відповідності до ГОСТу 12.1.038-82. Допустимий безпечний струм дорівнює 1 мА; при тривалості впливу до 30 секунд – 6 мА; для дії менше однієї секунди величини струмів не можуть розглядатися як такі, що забезпечують повну безпеку і приймаються в якості практично допустимих з досить малою імовірністю ураження.[45]

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вун	Арк	№ докum.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

5.2 Розрахунок товщини ізоляції трубопровода

Розрховуємо необхідну товщину теплоізоляції трубопроводу систем гарячого водопостачання за для запобіганню опіків.

Необхідна товщина ізоляції розраховується за формулою[44]:

$$\delta_{із} = \frac{d_H^{ст} \cdot (B-1)}{2} \quad (5.1)$$

Величина В розраховується з виразу:

$$\ln B = 2\pi \cdot \gamma_{із} \cdot \left[\frac{(t_B - t_H) \cdot K}{q_L^H} - R_H^L \right] \quad (5.2)$$

де К - коефіцієнт додаткових теплових втрат через опори трубопроводів (Коефіцієнт К при розрахунку товщини теплової ізляції за нормами щільності теплового потоку приймається рівним 1)[45];

L - лінійне термічне опір тепловіддачі від зовнішньої поверхні циліндричної теплоізоляційної конструкції до навколишнього повітря, м · ° С / Вт.

Наближені значення L приймаються по СП 61.13330: $R_H^L = 0,02 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$.

$t_B = 90^\circ \text{ С}$, $t_H = 40^\circ \text{ С}$.

При цих умовах експлуатації теплопровідність ізоляції складе: $\lambda = 0,038 \text{ (Вт/м} \cdot \text{°С)}$.

Отже, рахуємо величину В[44]:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,038 \cdot \left[\frac{(50-1,2) \cdot 1}{56,84} - 0,02 \right] = 0,2 \quad (5.3)$$

$B = 1,222$;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	66

Знаходимо товщину ізоляції трубопровода:

$$\delta_{із} = \frac{0,530 \cdot (1,222 - 1)}{2} = 0,059 \text{ (м)}. \quad (5.4)$$

Отже, для того щоб температура на поверхні труби була $40 \text{ }^\circ\text{C}$, при температурі гарячої води в трубі $90 \text{ }^\circ\text{C}$, товщина ізоляції повинна бути не менша ніж $0,059$ метрів.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для геліосистеми можлива аварія водонагрівного котла, розрив трубопровода гарячої води, обрушення сонячного колектора під дією сильного вітру під час експлуатації. Для того щоб запобігти небезпечних ситуацій в експлуатації геліосистеми, необхідно ознайомитися з правилами технічної експлуатації систем теплопостачання, розглянемо основні заходи щодо запобігання надзвичайних ситуацій і зменшення їх масштабів у разі виникнення:

- прогнозування можливих НС, їх масштабу і характеру;
- забезпечення захисту робітників і службовців від можливих уражаючих факторів, у тому числі вторинних;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів, удосконалення технологічних процесів;
- підвищення стабільності матеріально-технічного постачання;
- розробка і здійснення заходів щодо зменшення ризику виникнення аварій і катастроф, а також вторинних факторів ураження;
- створення страхового фонду конструкторської, технологічної і експлуатаційної документації, забезпечення її зберігання;
- підготовка до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, відновлення порушеного виробництва і систем життєзабезпечення. [46]

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	67

Висновок до розділу

В розділі охорона праці проводився аналіз шкідливих і небезпечних факторів при використанні геліосистеми, ознайомилися з правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж. Провівши розрахунок товщини теплоізоляції можна зробити висновок, що товщина ізоляції трубопровода для безпечної температури повинна мати 0,059 метрів.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк
									68
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					

ВИСНОВКИ

Зростаюче техногенне навантаження на навколишнє природне середовище й загострення у зв'язку з цим проблеми екологічної безпеки потребує кардинальної зміни політики в сфері енергетики та забезпечення збалансованого розвитку економіки, енергетики й екології. Розв'язання зазначеної у роботі проблеми можливе завдяки оптимізації структури енергетичного балансу держави та її регіонів, в якому набагато більшу частку мають становити енергоносії, отримані з екологічно безпечних джерел енергії.

Однією з них є геліосистема для отримання теплової енергії від енергії сонячних променів, з подальшим її застосуванням в системах гарячого водопостачання і опалення. Геліосистеми мають ряд переваг, одними з яких є зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище та раціональне використання природних ресурсів. Аналіз середньорічної кількості сумарної сонячної радіації в Україні підтверджує доцільність впровадження геліосистем для використання сонячного потенціалу.

Проведений у роботі порівняльний аналіз різних видів сонячних колекторів показав, що найбільш широкого використання отримали плоский і вакуумний сонячні колектори. Кожен з них має як ряд переваг так і недоліків. Однак серед запропонованих на сучасному ринку геліосистем найбільш ефективними залишаються геліосистеми вакуумного типу.

Аналіз багаточисельних даних щодо експлуатаційних і конструктивних характеристик вакуумних геліосистем показав, що незважаючи на те, що такий тип геліосистем працює в холодний період (навідміну від інших), ефективність його роботи залишається низькою, що в першу чергу пов'язано із конструктивним розташуванням вакуумних трубок і неефективним використанням вільного простору між вакуумними трубками. Також при роботі в теплий період року геліосистеми на базі вакуумних трубок можуть часто

	Інв.№дубл.
	Взаєм.інв.№
	Підп. і дата
	Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк

69

переходити в режим стагнації, що негативно відбивається на подальших експлуатаційних характеристиках.

З метою вирішення вказаних вище недоліків, характерних саме для вакуумних геліосистем, на даний час запропоновано цілий ряд технологічних рішень, однак всі вони призводять до ускладнення конструкції геліосистеми, потребують додаткового використання електроенергії, а також погіршують експлуатаційні характеристики (неможливість самостійного налаштування).

Таким чином завдання щодо підвищення ефективності роботи геліосистем в холодний період та та запобігання утворення надлишку теплової енергії, залишається невирішеним і потребує подальших досліджень. Порівнюючи два типи сонячних колекторів, вакуумного та плоского, ми можемо зробити висновки, що вакуумний колектор працює ефективніше, незважаючи на те, що ККД плоского колектора вищий. Це пояснюється тим, що у плоского колектора тепловтрати вищі.

Було запропоновано нову схему реалізації геліосистеми при використанні світловідзеркалювача та теплообмінника.

Використання світловідзеркалювача, в якості концентратора за розрахунками при оптимальних умовах може підвищити ефективність вакуумного сонячного колектора на 25 %.

Теплообмінник слугуватиме викиду зайвого тепла при високій сонячній інтенсивності, особливо це стосується в літні місяці.

За результатами розрахунків двох вакуумний колекторів, один з яких з світловідзеркалювачем, можна зробити висновок, що світловідзеркалювач працює ефективно, особливо в холодний період року коли виробництво теплової енергії геліосистемою мінімальне. За отриманими даними додаткових розрахунків в роботі можна сказати, що при використанні світловідзеркалювача в вакуумному сонячному колекторі відвернених викидів буде більше ніж у звичайному, що в свою чергу дозволить знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			70

Список використаних джерел

1. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку/пер. з англ–ї: Інститут сталого розвитку. - К.: Інтелсфера, 2002. - 312 С.
2. Екологія: [Навчально методичний посібник] / С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, О. К. Аблов. - 2005. - 104 с.
3. Закон України «Про концепцію переходу України до сталого розвитку». Проект. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <http://www.mns.gov.ua/laws/laws/nuclear/92.htm>
4. Боголюбов В. М., Стратегія сталого розвитку / В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, Л. Г. Мельник та ін., – Херсон: Олдіплюс, 2012. - 446 С.
5. Малярєнко В. А., Енергетика і навколишнє середовище / В. А. Малярєнко. – Харків: «САГА», 2008. - 364 С. – (Наук. видання м. Харків).
6. Сергєєв П., Проблемы мировой энергетической безопасности / П. Сергєєв// Мировая Экономика и международные отношения. – 2007. - №12. – с. 15-24.
7. Прутська О. О. Сучасний стан та проблеми розвитку альтернативної енергетики в Україні / О. О. Прутська, О. Ю. Федик // Збірник наукових праць ВНАУ (Вінницький національний аграрний університет). – 2012 - №1 (56). - Том 2., – С. 158-164
8. Малик Ю. О. Основи екології та природокористування / Ю. О. Малик, О. Р. Мартиняк, М. Ф Юрим. – Львів: «Львівська політехніка», 2002. – 186 с.
9. Шмандій В. М. Екологічна безпека : підручник., / [В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік та ін]. – Кременчуц. нац. унів-т ім. Михайла Остроградського., – Херсон : Олдіплюс, 2013. - 364 с.
10. Качинський А. Б., Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А. Б. Качинський, Т. А. Хміль. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
11. Энергетика: история, настоящее и будущее. От огня и воды к электричеству: Многография / [Бондаренко В. И., Варламов Г. Б., Вольчин И. А. и др]. – К.: 2011. - 264 с.

Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		71

12. Енергетична стратегія України на період до 2030 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>
13. Паливно – енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / [А. К. Шидловський, Б. С. Стогній, М. М. Кулик, та ін]. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
14. Кудря С. О., Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: [Підручник] / С. О. Кудря., - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - 492 с.
15. Ковальов І. О. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І. О. Ковальов, О. В. Ратушний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2015. - 201 с.
16. Гайдаченко І. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / І. Гайдаченко. // Наукові записки з української історії. Збірник наукових статей ДНВЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди». – №34. - С. 146-151.
17. Денисова, А. Є. Оцінка ефективності біогазових електростанцій [Текст] / А. Є. Денисова, Нго Мінь Хіеу // Збірник наукових праць національний університет кораблебудування ім. НУК ім. адм. Макарова. - 2014. – № 5–6. - С. 118-122.
18. Ратушняк Г. С. Енергозбереження в сільсько-сподарській біоконверсії / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула Навч. посібн. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 83 с.
19. Энергетика: история, настоящее и будущее. От огня и воды к электричеству: Мнография / [Бондаренко В. И.]. – К.: 2011. - 264 с.
20. Ковальов І. О. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І. О. Ковальов, О. В. Ратушний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2015. - 201 с.
21. Маляренко В. А. Енергетика і навколишнє середовище / В. А. Маляренко. – Харків: «САГА», 2008. - 364 с. – (Наук. видання м. Харків).
22. Малик Ю. О. Основи екології та природокористування / Ю. О. Малик, О. Р. Мартиняк, М. Ф Юрим. – Львів: «Львівська політехніка», 2002. - 186 с.
23. Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			72

Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования: [Монография / Науч. ред. Куликов Г.Г.] – Уфа: Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 1999. - 223 с.

24. Алимгазин А.Ш. Экологические аспекты применения теплонасосных технологий для теплоснабжения различных объектов в республике Казахстан / А. Ш. Алимгазин, С. Г. Бахтиярова, А. Н. Бергузинов // Вестник ПГУ №1, 2010 С. 42-52.

25. Штен І. Аналіз конструкцій геліосистем гарячого водопостачання, які використовуються в Україні //Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання., – 2018. – Т. 1. – С. 131-132.

26. Шаповал С. П., Венгрин І. І. Перспективи використання сонячної енергії на території України //Молодий вчений. – 2014. – №. 7 (2). – С. 21-24.

27. Возняк О. Т., Янів М. Є. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. – 2010.

28. Паламар В., Використання відновлюваних джерел енергії у системі енергопостачання приватного будинку //редакційна колегія. - 2018. - С. 287.

29. Зур'ян О. В. Екологічно безпечні відновлювані джерела отримання теплової енергії .Укр. Держ. геологорозвідувальний інс-т [Електронний ресурс]: автор дисертації Зур'ян О. В. Режим доступу: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/dis_Zurian.pdf

30. Алмаев А. Ю. Использование солнечной энергии для теплоснабжения систем горячего водоснабжения в индивидуальном жилищном строительстве / А. Ю. Алмаев, И. А. Лушкин. – Вестник НГИЭИ.: 2014. – № 12 (43). – 5–9 с.

31. Щукина Т. В., Солнечное теплоснабжение зданий и со-ний: монография /Т. В. Щукина; Воронеж. гос.арх.-строит.ун-т. – Воронеж: 2007. – 120 с.

32. Алмаев А. Ю., Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов / А. Ю. Алмаев, И. А. Лушкин. – Вестник НГИЭИ.: 2015. – Выпуск № 6 (49). – 16-19 с.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ		Арк
Вит	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			73

33. Маркин А., Производительность гелиоколлектора при различных режимах эксплуатации / А. Маркин, А. Мысливец // Аква — Терм (ноябрь, декабрь). — 2012. — С. 66-70.
34. Зурьян А. В., Эффективность работы устройства для нагрева воды всистеме горячего водоснабжения здания с использованием энергии солнечного излучения в зимний период / А. В. Зурьян // Альтернативні джерела енергії. — 2010. — №3. — С. 22-26.
35. Пат. 95100 Україна, МПК F24J2/20, F24J 2/40, F24J2/42. Геліосистема з повітряним пристроєм запобігання режиму стагнації / С.В. Гошовський, О.В. Зур'ян ; власник Укр. держ. геологорозвідувальний ін-т. - № u201407115 ; заявл. 24.06.14 ; опубл. 10.12.14 ; Бюл. № 23.
36. Пат. 95099 Україна, МПК F24J2/20, F24J2/40, F24J2/42. Геліосистема з ролетним пристроєм запобігання режиму стагнації / С.В. Гошовський, О.В. Зур'ян; власник Укр. держ. геологорозвідувальний ін-т. — № u201407114 ; заявл. 24.06.14; опубл. 10.12.14 ; Бюл. № 23.
37. Титар С. С., Крижна С. Ф. Сонячні колектори різних конструкцій в системах тепlopостачання //Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2010. - С. 55-59.
38. Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования: ВСН 52–86. - [действует от 1987–07–01]. - М. : Госгражданстрой, 1988
39. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / А. М. Магомедов. - Махачкала -: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», 1996. - 245 с.
40. Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник / [За ред. проф. Л. Г. Мельника]. – Суми: Університетська книга, 2005. - 654 с.
41. Кудря С.О., Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: [Підруч] / С.О. Кудря – К.: НТУУ, КП, 2012.
42. України У. П.. Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики» від 23.11. 2011 р. № 1059/2011 [Електронний ресурс]

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.

//Офіційний сайт Верховної Ради України.-2012.-Режим доступу до Указу:
<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1059>. – 2011.

43. Копко В. М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей //Минск, Технопринт. – 2002. - С. 12-52.

44. Тарасевич Е. И., Особенности теплового расчета водяных тепловых сетей //Современные проблемы науки и образования. - 2014. – №. 6. - С. 33-33.

45. Гаждан В. І. Електробезпека на виробництві: Навч. посібник //К.: Охорона праці. – 2002.

46. Ткачук К. Н. и др. Основы охорони праці. – 2014.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		75