МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Дослідження теплових процесів в сонячному колекторі складної просторової форми»

Виконав: студент 2 курсу магістратури,
групи НФ-62
Ксенія АБЕЛЕНЦЕВА
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Керівник: доцент, к.т.н. Костянтин
МЯГКОХЛІБ
Рецензент:
_____

Харків - 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри

_____ Ольга ЛІСІНА
підпис
"____"_____2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Абеленцева Ксенія Володимирівна

1.Тема роботи «Дослідження теплових процесів в сонячному колекторі складної просторової форми»

керівник роботи: Мягкохліб Костянтин Борисович к.т.н., с.н.с.

затверджені наказом по університету від «30» вересня 2021 року №0210-05/1959

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

огляд сучасних конструкцій сонячних колекторів, аналіз їх переваг та недоліків; аналіз сонячних колекторів сферичної та напів сферичної форми; моделювання процесу теплопередачі в сонячних колекторах сферичної форми; моделювання процесу теплопередачі в сонячних колекторах конічної форми; порівняння результатів; висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір, узгодження, та затвердження теми кваліфікаційної роботи
2	Огляд сучасних конструкцій сонячних колекторів, аналіз їх переваг та недоліків
3	Аналіз сонячних колекторів сферичної та напівсферичної форми
4	Моделювання процесу теплопередачі в сонячних колекторах сферичної форми
5	Моделювання процесу теплопередачі в сонячних колекторах конічної форми
6	Порівняння результатів, висновки.

5.**Дата видачі завдання _____**

Студент _____ Ксенія АБЕЛЕНЦЕВА
підпис

Керівник роботи _____ Костянтин МЯГКОХЛІБ
підпис

Перелік скорочень та абревіатур

СК – сонячний колектор

ІПМаш - Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

РЕФЕРАТ

Робота на тему «Дослідження теплових процесів в сонячному колекторі складної просторової форми» виконана студенткою другого курсу магістратури Абеленцевою Ксенію Володимирівною.

Виконана робота за обсягом займає 56 сторінок, з них 48 сторінок основна частина, яка має 3 розділів; 1 таблиць, 30 ілюстрацій та 13 використаних джерел.

Ця робота присвячена принципу роботи сонячного колектору складної просторової форми.

Запропоновано дещо іншу просторову форму сонячного колектора, а саме конічну з аналогічними до сферичного параметрами.

При схожих початкових даних температура до якої нагрівається робоча рідина аналогічна сферичній формі але конструкція дещо технологічна, тобто більш проста у виготуванні. Якщо знизити вихідну температуру на декілька градусів можливо скоротити кількість витків та зекономити матеріал.

Ключові слова: сферичний сонячний колектор , моделювання.

ABSTRACT

The work on "Research of thermal processes in a solar collector of complex spatial shape" is made by a second-year master's student Ksenia Vladimirovna Abelentseva.

The work is 56 pages, of which 48 pages are the main part, which has 3 sections; 1 tables, 30 illustrations and 13 references.

This work is devoted to the principle of operation of a solar collector of complex spatial shape.

A slightly different spatial shape of the solar collector is proposed, namely conical with similar to spherical parameters.

With similar initial data, the temperature to which the working fluid is heated is similar to a spherical shape, but the design is somewhat technological, ie easier to manufacture. If you lower the outlet temperature by a few degrees, it is possible to reduce the number of turns and save material.

Keywords: spherical solar collector, modeling.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

РОЗДІЛ 1. СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ ТА КОЛЕКТОРИ

1.1 Сонячна енергія 10

1.2 Сучасні типи сонячних колекторів 23

1.3 Сонячні колектори складної геометричної форми 39

РОЗДІЛ 2. СОНЯЧНІ КОЛЛЕКТОРИ СКЛАДНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ

2.1 Надходження та опис принципово нових за геометричною формою об’ємних сонячних колекторів 31

2.2 До побудування сферичного сонячного колектору 37

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ.

3.1 Попередній досвід 41

3.2 Моделювання процесу теплопередачі в сонячному колекторі сферичної форми 43

3.3 Модель сонячного колектору конічної форми 47

ВИСНОВКИ 53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 54

ВСТУП

Актуальність теми. Питання енергоефективності та економії енергії є надзвичайно актуальним. Важливу роль зіграла економічна криза, яка також торкнулася України. Енергоефективність та енергозбереження можуть зіграти величезну роль у вирішенні цієї проблеми.

Не секрет, що інфраструктура та майже все енергетичне обладнання мають переходити на новітні стандарти, тобто їх потрібно модернізувати. Метою цього є надійне та безперебійне постачання енергії.

Реалізація такої політики на сьогодні, мабуть, є найважливішим інструментом для покращення промисловості. Енергетична та екологічна безпека України забезпечується успішною стратегією енергозбереження та енергоефективності. Крім того, впровадження нових ідей та рішень допомагає підвищити енергоефективність та створити успішний симбіоз між використанням технологій та розвитком науки.

Підвищення енергоефективності та економія енергії є пріоритетом для багатьох установ та приватних компаній. Державні установи зацікавлені у скороченні витрат на виробництво. Тому вирішення цього питання є пріоритетом для компаній та держави. Слід також зазначити, що зменшення витрат на енергію впливає на навколишнє середовище: чим менше споживання енергії, тим менше забруднення.

Поруч із терміном "енергоефективність" є термін "теплоефективність". Ці поняття тісно пов'язані: чим менше тепла потребує об'єкт, тим менше енергії він споживає. У минулому багато об’єктів були побудовані без необхідності ефективного утримання тепла, оскільки велика кількість джерел тепла могла спалюватися, і це не було проблемою, оскільки ціна на енергію була дуже низькою. На жаль, зараз ресурси подорожчали, але будівлі залишилися такими, як були, тому кожен шукає можливість заощадити на цьому.

Мета моделювання теплових процесів в сонячних колекторах складної просторової форми та дослідження цих процесів.

Об’єктом дослідження є сонячні колекторі нетипової просторової форми.

Предметом дослідження є теплові процеси в колекторах нетипової просторової форми.

Наукова новизна полягає в проведенні моделювання за допомогою пакетів прикладних програм та порівняні результатів з чисельно-аналітичиними розрахунками та результатами експерименту, які були проведені співробітниками Інституту проблем машинобудування імені А. М. Підгорного Національної Академії Наук України.

Результати роботи були апробовані в наступних конференціях:

1. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доповіді 11-ї міжнародної науково-технічної конференції., Т. 2 : секції 3-5 / Харків : Петров В. В., 2021. – 119 с.

2. Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (ІПМаш НАН України, м. Харків) ІІ Міжнародна науково-технічна конференція «Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні» (ДММ-2020). «Лушпенко С.Ф., Абеленцева К.В. (Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков Украина) МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ»

РОЗДІЛ 1. СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ ТА КОЛЕКТОРИ

1.1 Сонячна енергія

Існуючі на сьогодні джерела енергії поділяють на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять корисні копалини - нафту, газ, вугілля. Їх найбільший недолік полягає в тому, що це непоправні запаси.

У цьому полягає перший фактор, що призводить до розуміння необхідності використання інших енергоносіїв. Рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком актуальнішим.

Другим фактором, а за значущістю, можливо, і першим, є вплив на екологію планети. Викиди парникових газів, що утворюються при спалюванні з корисними копалинами, порушують кліматичний баланс. Наслідки зміни клімату в останнє десятиліття стають дедалі відчутнішими. Зливи та урагани, сніг посеред весни, періоди тривалої посухи, повені, торнадо та інші природні явища виникають все частіше, і керувати ними ми не можемо.



Рис. 1.1 – Альтернативна енергетика

Єдиний доступний людям спосіб знизити темпи зміни клімату - це перехід на більш екологічно чисті джерела енергії, до яких відносяться, або альтернативні: сонце, вітер, вода, біогаз та інші.

Використання відновлюваних джерел енергії (ВІЕ) підкорює мир та Україну. Боротьба із забрудненням навколишнього середовища, руйнуванням озонового шару та зміною клімату спонукали людство до пошуку альтернативних джерел енергії. Насправді всі ми чули і знаємо про альтернативну енергетику. Альтернативними або відновлюваними джерелами енергії є енергія сонця, вітру, води та біопалива. Чи може Україна використати всі види відновлюваної енергії, щоб стати незалежною?

Країни члени-ЄС становлять дуже оптимістичні прогнози генерації енергії шляхом використання альтернативних джерел у майбутньому: так до 2022 року частка ВДЕ у структурі загального виробництва електроенергії становитиме 20%, а до 2030 року – усі 50%!



Рис. 1.2 – Найбільша в Україні сонячна електростанція

Темпи розвитку альтернативної енергетики в Україні є незначними порівняно зі світовими. Згідно з Енергетичною стратегією України частка відновлюваних джерел енергії у структурі виробництва електроенергії до 2020 року становить 7%, а до 2025 року становитиме – 13%. Але, загалом, щороку в Україні збільшується частка введення відновлюваних джерел енергії, наприклад, за 2017 рік потужність альтернативних джерел енергії збільшилася на 23% (на 257 МВт чистої енергії).

Таким чином, загальна потужність об'єктів зеленої енергетики становить 1,5 ГВт. Причому хочеться відзначити, що сонячна енергетика посідає перше місце серед природних джерел енергії в Україні, випередивши вітрову енергетику. За 2017 рік в Україні встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) складає 735,8 МВт, вітрових електростанцій – 506,2 МВт, міні ГЕС – 94,6 МВт та електростанцій, що працюють на біомасі та біогазі – 73,1 МВт, а також сонячні електростанції, що розташовані на дахах будинків – 6 МВт. За прогнозами аналітиків та фахівців енергетичного сектора за 2018 рік показник встановлених ВДЕ, і як наслідок, виробленої чистої енергії, збільшиться.

Чому сонячна енергетика випереджає вітрову? Вітроенергетика вимагає чимало інвестицій у розвиток, обслуговування під час функціонування та складніша в установці вітряків, і тому розвивається повільніше.

Більше того, планова діяльність із встановлення вітрових електроустановок є предметом процедури з оцінки впливу на навколишнє середовище (установка вітрових електроустановок у кількості понад дві одиниці, висота яких 50 м і більше, згідно зі статтею 3 пункту 3, підпункту 4 закону України №2059-19 « Про оцінку на довкілля»).

Крім вітрової енергетики, будівництво гідроелектростанцій будь-якої потужності та гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС) підпадає під дію ЗУ про ОВС. А планова діяльність із встановлення сонячних панелей не є сферою застосування закону щодо оцінки впливу на навколишнє середовище.

Тому з огляду на вище сказане слід, що сонячна енергетика розвивається більш швидкими темпами, ніж інші види відновлюваних джерел енергії.

Поряд із вітровою, сонячною та гідроенергетикою Україна має амбітні шанси на розвиток біоенергетики.

За підсумками минулого року, сектор біоенергетики згенерував на 13,5% електроенергії більше, ніж за 2016 рік. Але виробники електроенергії з біомаси займають останні позиції серед усіх видів альтернативних джерел енергії. Біомасою для виробництва рідкого, твердого та газоподібного біопалива може служити цукрові та кормові буряки та залишки від їх переробки, картопля, кукурудза, зернові культури.

Також перспективним є вирощування багаторічних рослин (наприклад, світчграс або міскантус), невибагливих до умов ґрунту та клімату. Іншими словами, Україна має ресурси та перспективи розвитку ВДЕ на основі біомаси саме рослинного походження.

Зростання дефіциту енергії, виснаження викопного палива, хімічне та радіоактивне забруднення навколишнього середовища є головними аргументами на користь комплексних досліджень та широкого розповсюдження відновлюваних джерел енергії.

Перевагою відновлюваної енергії є її доступність, відносно низькі витрати та потенціал отримання безпосередньо на місці місцевого використання.

В даний час виробництво альтернативної енергії, незважаючи на її високу екологічність та перспективність, обмежене. Розвиток технологій з її основі має низку витрат, з якими доводиться рахуватися.

1. Сонячна енергія

- Плюси:

Коли ви встановлюєте сонячні панелі на будинок, ви генеруєте свою власну електрику, стаєте менш залежними від електричної мережі та зменшуєте щомісячний рахунок за електрику.

Нещодавні дослідження показали, що вартість нерухомості зростає після встановлення сонячних батарей. Самі сонячні панелі при цьому дешевшають.

Сонце світить всюди на Землі, а це означає, що сонячна енергія є хорошим варіантом для кожної країни, хоч і існують відмінності в регіонах і в тому, скільки вони отримують сонячного світла. У Росії, наприклад, сонячними містами є Улан-Уде і Хабаровськ.

- Мінуси:

Сонячні панелі підходять не для всіх типів дахів.

Деякі встановлені в старих будинках покрівельні матеріали, такі як шифер або кедрова черепиця, можуть не підійти для встановлення сонячних панелей. Сонячна енергія не працює вночі. «Сонячні» домогосподарства покладаються на комунальні мережі для отримання електроенергії вночі та в інших ситуаціях, коли сонячне світло обмежене.

Початкова вартість установки та використання сонячної енергії дуже висока, тому що людина має заплатити за всю систему — батареї, дроти, сонячні панелі тощо.



Рис. 1.3 – Сонячна енергія

2. Вітроенергетика

- Плюси:

Вітряки, що виробляють велику кількість електроенергії за допомогою вітру, практично такі ж ефективні, як і сонячні батареї. Вітроенергетика є особливо привабливою для ринку житлової нерухомості.

З 1980 року ціни на неї знизилися більш як на 80%. Завдяки технологічному прогресу і зростання попиту ціни, як очікується, будуть знижуватися в найближчому майбутньому.

- Мінуси:

Вітер — не найнадійніше джерело енергії, за його низької сили турбіни зазвичай працюють приблизно на 30% потужності. У безвітряну погоду ви можете опинитися без електрики. Енергія вітру може бути використана лише у місцях, де висока швидкість вітру. Оскільки сильні вітри здебільшого дмуть у віддалених незаселених районах, необхідно будувати лінії електропередачі, щоб забезпечити електроенергією житлові будинки у місті. А це потребує додаткових інвестицій.



Рис. 1.4 – Вітряна електростанція

3. Гідроенергія

- Плюси:

Більшість гідроелектростанцій - сховища великої кількості води в резервуарах - майже завжди мають запас, з якого можна добувати енергію. У цьому сенсі гідроелектростанції є більш надійним та стабільним джерелом енергії, ніж вітрова та сонячна енергія.

Накопичувальні гідроелектростанції здатні генерувати електроенергію на вимогу, що дозволяє гідроелектростанціям замінити такі традиційні диспетчерські генератори, як вугільні та газові установки.

- Мінуси:

Накопичувальні гідроенергетичні установки переривають природний перебіг річкової системи. Це призводить до порушення шляхів міграції тварин та проблем з якістю води.

Гідроелектростанції є великими інфраструктурними проектами, що включають будівництво греблі, водосховища та енергогенеруючих турбін, що потребує значних грошових вкладень.



Рис. 1.5 – Гідроелектростанція

4. Хвильова енергетика

- Плюси:

Енергія хвиль передбачувана, і ви можете визначити кількість енергії, яка може бути вироблена.

Хвилі мають більшу енергетичну потужність, ніж, наприклад, вітер, і це робить хвильову енергетику більш ефективною.

Після встановлення відповідних електростанцій вони мають мінімальні експлуатаційні витрати, що робить інвестиції у них привабливішими.

- Мінуси:

Хоча це чиста енергія, її використання створює небезпеку для морської флори та фауни, змінює морське дно та місце існування деяких його жителів.

Хвильова енергія приносить користь лише електростанціям, збудованим у містах поряд з океаном.



Рис. 1.6 – Хвильова електростанція

5. Енергія припливів та відливів

- Плюси:

Виникнення припливів дуже передбачувано, що полегшує будівництво системи приливних електростанцій із правильними розмірами для ефективного виробництва електроенергії.

Термін служби приливних електростанцій складає 75-100 років. Вони дуже ефективні через багато років використання.

- Мінуси:

Приливні загородження призводять до зміни рівня океану у прибережних водах. Приливна установка також впливає на солоність води у припливних басейнах.

Приливні електростанції можуть бути збудовані тільки на ділянках, що відповідають певним критеріям.

Хоча припливи та відливи передбачувані, електростанції можуть виробляти енергію лише протягом 10 годин на добу.



Рис. 1.7 – Припливна електростанція

6. Гідротермальна енергія

- Плюси:

Будівництво станцій для вироблення гідротермальної енергії потребує малих витрат. Експлуатаційні витрати також щодо низькі.

Температура води вища за температуру нагрітого повітря, що робить гідротермальну енергію більш ефективною.

- Мінуси:

Сонце нагріває лише верхні шари морів та океанів, тому можливих місць для побудови станцій не так багато.

Технології розробки гідротермальної енергетики розвинені слабо.

Запаси тепла Землі практично невичерпні — при охолодженні тільки ядра Землі (не рахуючи мантії та кори) на 1 °C виділиться 2*1020 кВт·год енергії, що в 10000 разів більше, ніж міститься у всьому розвіданому викопному паливі, і в мільйони разів більше річного енергоспоживання людства. При цьому температура ядра перевищує 6000 ° C, а швидкість охолодження оцінюється в 300-500 ° C за мільярд років.



Рис. 1.7 – Гідротермальна електростанція

8. Біопаливо

- Плюси:

Однією з головних переваг біопалива є його відносно низька вартість.

Початкові матеріали для біопалива не обмежені. На відміну від викопного палива, ресурси біопалива можна відновлювати.

- Мінуси:

Біопаливо виробляє набагато менше енергії, ніж, наприклад, паливо, що викопується.

Біопаливо не можна назвати екологічно чистим, оскільки воно виробляє викиди CO2.

Альтернативна енергетика розглядає біопаливо як можливість замінити традиційне – вугілля, нафту, природний газ тощо. Біопаливо є відновлюваним джерелом енергії, його головна перевага – екологічність, а сучасні методи виробництва дозволяють отримувати такі зразки палива, які за властивостями та ціною перевершують традиційні зразки.



Рис. 1.8 – Біопаливна електростанція

З усіх відомих джерел енергії велика увага приділяється сонячній енергії. Сонце є відновлюваним джерелом енергії, а це означає, що сонячна енергія майже невичерпна.

Світло Сонця не потребує вилучення та транспортування, воно невагоме, нешкідливе, тихе, його використання не створює прямих відходів і не порушує тепловий баланс планети.

Сонячне світло – невичерпне джерело енергії, але ми повинні усвідомлювати, що розподіл сонячного світла на поверхні нашої планети дуже нерівномірне. Кількість сонячної енергії на квадратний метр земної поверхні коливається від 3000 МДж/м2 (на півночі) до 8000 МДж/м2 (у найтепліших місцях). [1, 2].



Рис. 1.9 – Сонячні колектори

Сонячну енергію можна перетворювати в електричну, механічну та теплову енергію для використання в різних процесах. Сонячні системи використовуються в системах опалення або охолодження будівель, які можуть бути як громадськими, так і житловими.

Оскільки сонце є невичерпним джерелом енергії, все частіше люди використовують сонячні системи для економії грошей. Сонячний колектор є одним з важливіших елементів такої системи.

Сьогодні можна вибрати з багатьох видів колекторів, але знайти найкращий варіант – завдання не з легких.

Його слід вибирати з урахуванням усіх характеристик місця, де буде встановлена дана система, а саме: орієнтації СК, географічного розташування (висота, широта) будівлі, кількості сонячного світла в регіоні тощо.

Збільшення частки відновлюваних джерел енергії у загальному обсязі енергетичних потреб землян – шлях до розумного використання природних ресурсів. Це турбота про здоров'я майбутніх поколінь та збереження червонокнижних рослин та тварин. Також це нові висококваліфіковані робочі місця, які спричиняють науку та освіту, дадуть можливість створювати комфортні умови у складному кліматі без шкоди для екології.

Розвиток галузі з часом дозволить використовувати земний досвід на інших планетах і в далеких космічних подорожах.

Не виключено, що просуваючись у цьому напрямку, людство колись отримає доступ і до енергії гравітації, і до миттєвих подорожей у часі та просторі.

1.2 Сучасні типи сонячних колекторів

Сонячними колекторами називають установки, призначені для збирання теплової енергії сонця, що використовується для нагрівання теплоносія. Як правило, їх використовують для опалення та гарячого водопостачання приміщень. Основні об'єкти використання геліоколекторів – будівлі комерційного призначення та приватні будинки.

Сонячний колектор – своєрідний унікальний пристрій. Його покупка в майбутньому дозволить позбутися щомісячних витрат на гарячу воду та опалення. Однак у зв'язку з його неабиякою вартістю головне – не припуститися помилок при виборі відповідного обладнання.



Рис. 1.10 – Геліосистема на сонячних колекторах

Найпростіший сонячний колектор – це металеві пластини чорного кольору, укладені у корпус зі скла або пластику, які зазвичай монтуються на даху будинку. По суті, сонячний колектор є мініатюрною теплицею, яка

накопичує сонячну енергію. Ця енергія зігріває воду, що циркулює трубами, прихованим під пластиною. Чим більше енергії передається теплоносія, тим вища його ефективність.

Але, хоча принцип роботи всім колекторів той самий, їх конструкція дещо відрізняється залежно від типу колектору і його застосування.

Невикористана вода, що остигнула, з резервуара поступово опускається вниз, звільняючи місце нагрітої води з колектору. Холодна вода потрапляє у теплообмінник, де нагрівається і знову надходить у резервуар.

На практиці це означає, що вода в накопичувальній ємності завжди залишається гарячою – у ясні сонячні дні її температура може сягати 70 С.

Сонячні колектори поширені в усьому світі, хоча для нашої країни вони все ще залишаються новинкою. Справжній бум сонячних колекторів припав на 1970-ті, за часів нафтової кризи. Тоді їх почали застосовувати у багатьох країнах, від США до Японії.

В Ізраїлі в наші дні понад 85% населення використовують сонячні колектори.

Зараз загальна потужність сонячних колекторів світу перевищує 200 гігават теплової енергії і продовжує неухильно зростати. Використання цієї технології в Німеччині, наприклад, оцінюється в 140 кв. м/1000 чол., в Австрії – 450 кв. м/1000 чол., на Кіпрі – близько 800 кв. м/1000 чол.

У Росії цей показник поки що дуже малий – лише 0,2 кв. м/1000 чол.

Сонячні колектори використовуються для опалення, нагрівання води, обігріву басейнів, забезпечення енергією теплиць.

Вони легко інтегруються в будь-яку мережу водо- та теплопостачання та просто монтуються. За допомогою сонячних колекторів можна скоротити витрати на оплату енергоносіїв, а в літні місяці отримувати безкоштовну гарячу воду.

До відомих та надійних виробників сонячних колекторів відносяться такі компанії, як FUTUS-NUKLEON (Австрія-Чехія), TiSUN (Австрія), Ferroli

(Італія), але особливою довірою фахівців користуються колектори від німецьких компаній – Wolf та Vaillant.

Ці бренди не просто пропонують надійну продукцію – вони постійно вдосконалюють свої системи та впроваджують нові технології.

За який термін окупиться колектор? На це впливає режим експлуатації. Сонячні колектори в опалювальний період підтримують опалення приблизно на 25%, а гаряче водопостачання в літні місяці на 80-90%, так що окупність безпосередньо залежатиме від ваших звичайних витрат на тепло та гарячу воду. У середньому термін окупності колекторів становить від 2 до 8 років.

Усе це вказує на економічну доцільність та перспективність використання технології в Україні.

1.2.1 Плоскі колектори.

Плоский сонячний колектор є найпоширенішим типом сонячного колектору, який використовується для опалення та гарячої води.

У разі плоских сонячних колекторів поверхня, на яку падає сонячне проміння, є також поверхнею, яка його поглинає. У цих колекторах за абсорбером (частина, що поглинає тепло) знаходиться набір труб, по яких тече теплоносій. Задня сторона з торцями колектору покрита теплоізоляцією. Передня частина покрита склом.

Скло майже не перешкоджає проникненню сонячних променів, а інфрачервоне випромінювання від нагрітого поглинача не проходить назад. Створюється парниковий ефект, оскільки тепло залишається в колекторі. Лобове скло також не дає колектору деякою мірою охолонути за рахунок теплової конвекції повітря.

Іноді встановлюють дві панелі на кілька плоских колекторів, таке рішення підвищує ефективність (за рахунок того, що склопакети краще зберігають тепло), але конструкція стає дорожчою і важчою. Найкращі плоскі сонячні колектори можуть мати температуру теплоносія вище 150 °C, але в

більшості випадків температура не вище 100 °С. Це одна з причин, чому такий тип колекторів може залишатися без нагляду тривалий час.



Рис. 1.11.- Плоский сонячний колектор



Рис. 1.12 – Будова сонячного колектору

1.2.2 Вакуумні колектори.

Вакуумні колектори є найефективнішими, але й найдорожчими. Конструкція вакуумно-трубного сонячного колектору з тепловою трубкою в деяких місцях нагадує конструкцію термоса: одна трубка в іншій і вакуум між ними. Вакуум є прекрасним теплоізолятором і він не змінює випромінювання нагрітого тіла, вакуум не допускає конвективної теплопередачі.

Скляна трубка зупиняє інфрачервоне випромінювання. У кожній вакуумній трубці присутня мідна пластина з геліотитановим покриттям, що дає високий рівень поглинання сонячної радіації та низьке тепловиділення. Теплова труба встановлюється під поглиначем.

Завдяки з'єднувальному гнучкому елементу теплова труба з'єднується з конденсатором, який розташований в теплообміннику як «труба в трубі». З’єднання «сухе», тому ви можете замінити або повернути трубку, навіть коли пристрій уже знаходиться під тиском.

Найбільша перевага вакуумного теплового колектору полягає в тому, що він може працювати при температурах до -30 ℃, якщо є скляні трубки, або до -45 ℃, якщо труби металеві.



Рис. 1.13 – Вакуумний сонячний колектор

Принцип дії. Теплова трубка є ключовим елементом цього колектору. Це закрита скляна або мідна трубка, що містить малу кількість рідини, яка легко закипає. Рідина випаровується і поглинає тепло вакуумної трубки.

Потім пари конденсуються і передають тепло теплоносія головного контуру споживання води або антифризу опалювального контуру. Потім конденсат стікає вниз і цикл повторюється.

У сонячному колекторі є мідний приймач із теплоізоляцією. Тепловіддача проходить через мідну головку ресивера, завдяки чому опалювальний контур відокремлюється від труб і якщо з однією трубою щось трапиться, то колектор продовжує працювати.

При необхідності окремі трубки можна замінити, процес заміни не вплине на роботу колектору.

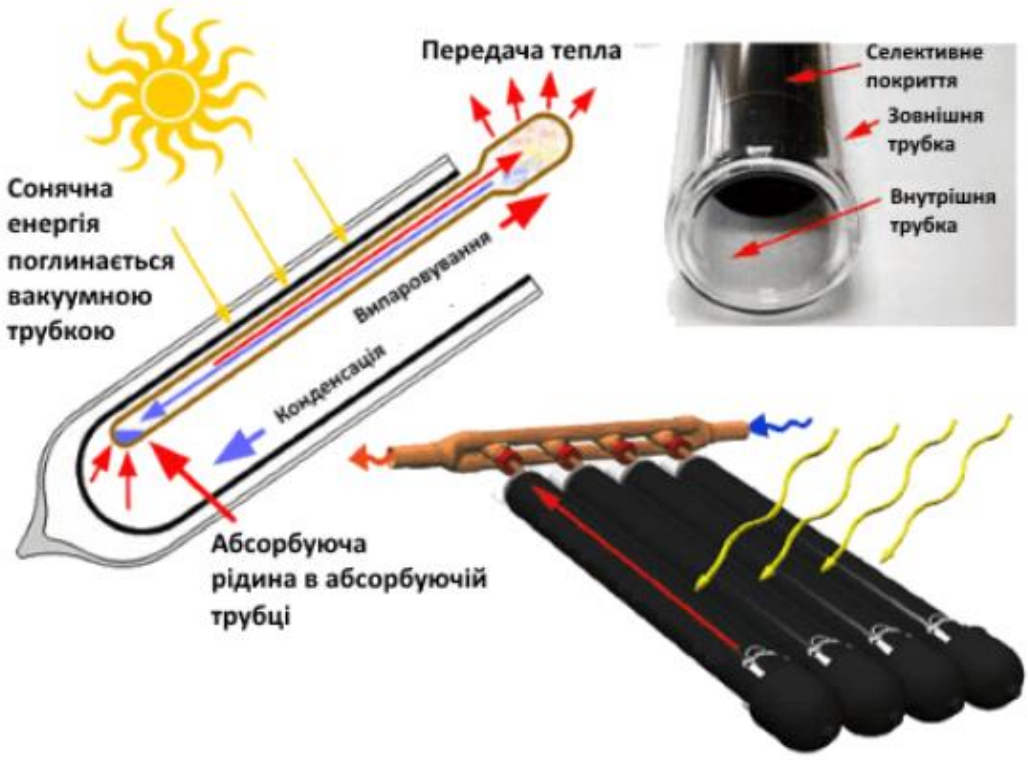


Рис. 1.14 – Будова теплової трубки

1.3 Сонячні колектори складної геометричної форми

Сферичний сонячний колектор працює наступним чином. Холодний теплоносій (наприклад, промислова вода) подається на вхід вхідної труби 1 теплового колектору, яка рухається по гвинтовій лінії однієї металевої труби.

Під час руху теплоносій постійно нагрівається променевою сонячною енергією, яка діє через прозору кулю на трубчастий теплоприймач.

При цьому сонячні промені від сходу до заходу сонця постійно впливають на половину зовнішньої сферичної поверхні тепла, а також проникають через ресивер і нагрівають половину протилежних внутрішніх задніх поверхонь трубок радіатора.

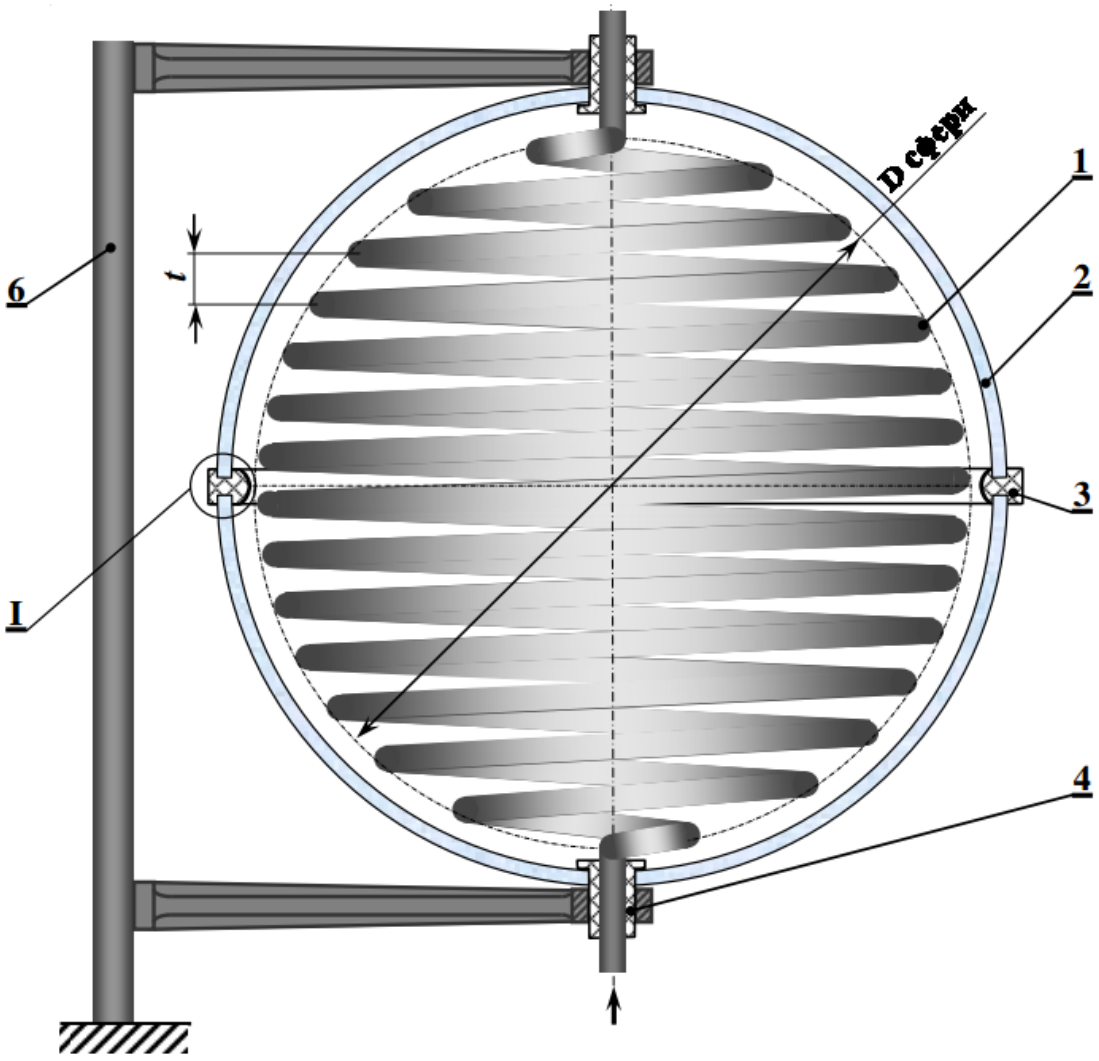


Рис. 1.15 – Будова сферичного СК

1. Теплоприймач
2. Вакуумна скляна сфера
3. Профільна прокладка з вакуумної гуми
4. Втулки
6. Кронштейн

Крім того, сонячні промені протягом дня, проникаючи між нитками теплоприймача, постійно впливають на різні увігнуті частини сферичного дзеркала.

При цьому, вони відбиваються в напрямку внутрішніх затінених частин теплоприймача, до зовнішньої поверхні якого в даний момент спрямовані ці промені.

Після проходження по спіральній лінії охолоджувача гарячий холодоагент надходить у вихідну трубу через вихідний отвір і потім направляється на подальше споживання (зберігання, опалення, гаряче водопостачання тощо). Вакуум у прозорій сфері майже повністю виключає теплові втрати в теплоприймачі.

РОЗДІЛ 2. СОНЯЧНІ КОЛЛЕКТОРИ СКЛАДНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ

2.1. Надходження та опис принципово нових за геометричною формою об’ємних сонячних колекторів

В даний час сонячні установки широко використовуються у світовій практиці для перетворення відновлюваної сонячної енергії. Зазвичай це плоскі трубчасті колектори, які постійно встановлені і орієнтують приймальну поверхню з нахилом до горизонту, а кут її нахилу залежить від широти місцевості.

Основним недоліком усіх існуючих конструкцій плоских сонячних колекторів є необхідність вбудовувати спеціальні механізми, які слідують траєкторії сонця як по висоті, так і по азимуту протягом дня від сходу до заходу сонця. В ідеалі плоский сонячний колектор, буквально як соняшник, слідує за сонцем і зберігає оптимальне положення протягом дня.

Використання такого сонячного колектору, що поєднує в собі взаємодію автоматичного обладнання для щоденного та річного моніторингу сонця та годинникового механізму з корекційними пристроями, дійсно дає змогу реалізувати його оптимальну орієнтацію та в результаті отримують максимальну теплову енергію.

Крім того, такі механізми що вони надзвичайно кінематично складні, вони потребують додаткової енергії для спрацьовування.

Тому рухомі плоскі сонячні колектори, які йдуть по траєкторії , через свою високу ціну і випромінювання сонця не отримали широкого практичного застосування і в даний час використовуються в основному стаціонарні колектори.

В Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України (ІПМаш) розроблено та запатентовано серію принципово нових за геометричною формою об’ємних сонячних колекторів [3-8].

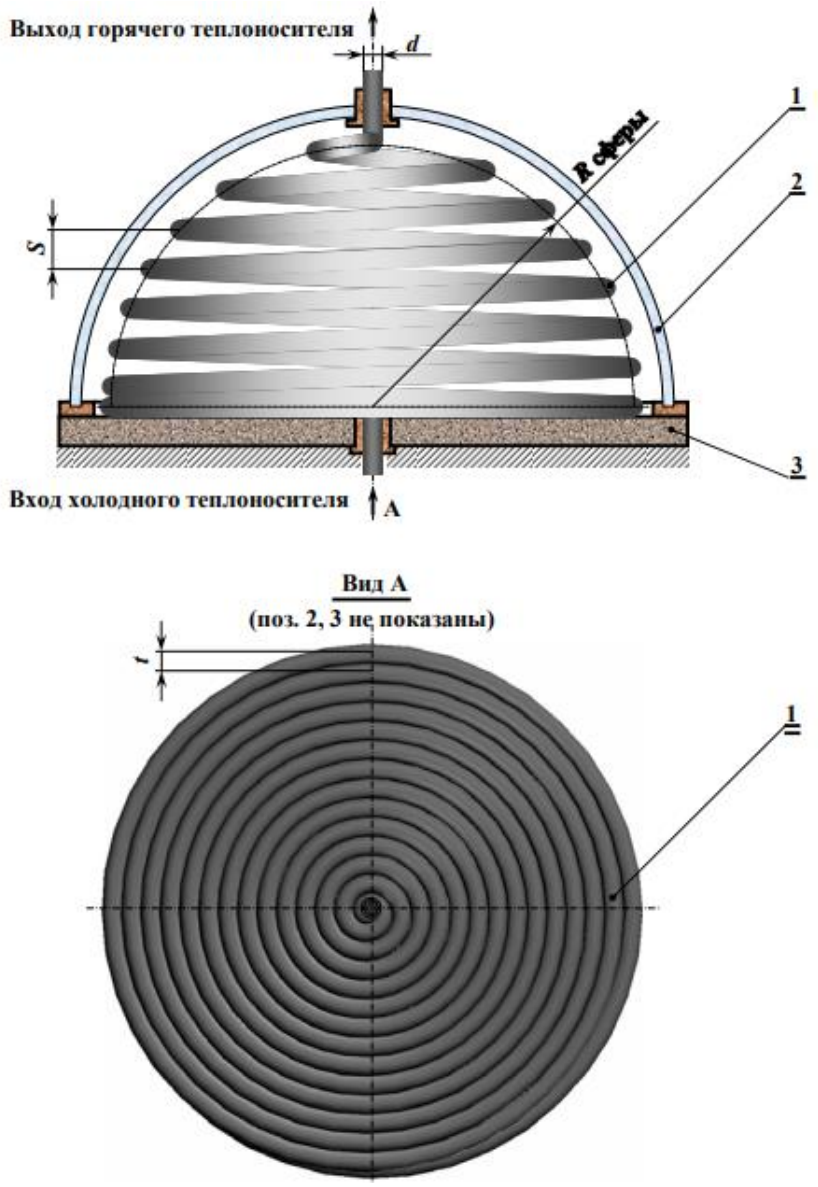


Рис. 2.1 – Спірально-гвинтовий сонячний колектор

Щоб зменшити втрати тепла та підвищити енергоефективність, розроблена оптимальна сферична конструкція сонячного колектору. (Рис 2.2).

Винахід відноситься до геліотехнічних пристроїв для використання відновлюваного джерела - променистої сонячної енергії. В основному це сонячні колектори, які безпосередньо перетворюють променисту енергію сонця в придатну для цього теплову енергію.

Сьогодні широко використовується у світі плоскі сонячні колектори. Зазвичай це стаціонарні колектори, орієнтовані на південь до горизонту, що залежить від широти місцевості, на якій вони встановлені.

Основним недоліком усіх існуючих конструкцій плоских колекторів є необхідність в тому, що він складається зі спеціальних механізмів, які слідують за траєкторією Сонця по висоті та азимуту протягом дня зі сходу на захід.

Крім того, такі механізми є відносно складними, їм потрібна додаткова енергія для їх інтенсивності.

В основу винаходу поставлена задача розробки сфероїдного сонячного колектору, форма теплоприймача якого дозволяє максимально поглинати енергію сонця і за рахунок цього збільшити енергетичну ефективність колектору.

Поставлена задача розв'язується за рахунок того, що в сфероїдному сонячному колекторі, який містить теплоприймач, виконаний з металевої трубки з нанесеним на її зовнішню поверхню селективним світлопоглинальним шаром і прозорим світлопропускним теплозахисним покриттям, з підвідним і відвідним патрубками для рідкого теплоносія, відповідно до винаходу, теплоприймач виконаний з металевої трубки круглого перерізу, навитим у формі сфери по гвинтовій лінії з постійним кроком навивки, що перевищує подвійний діаметр трубки.[4]

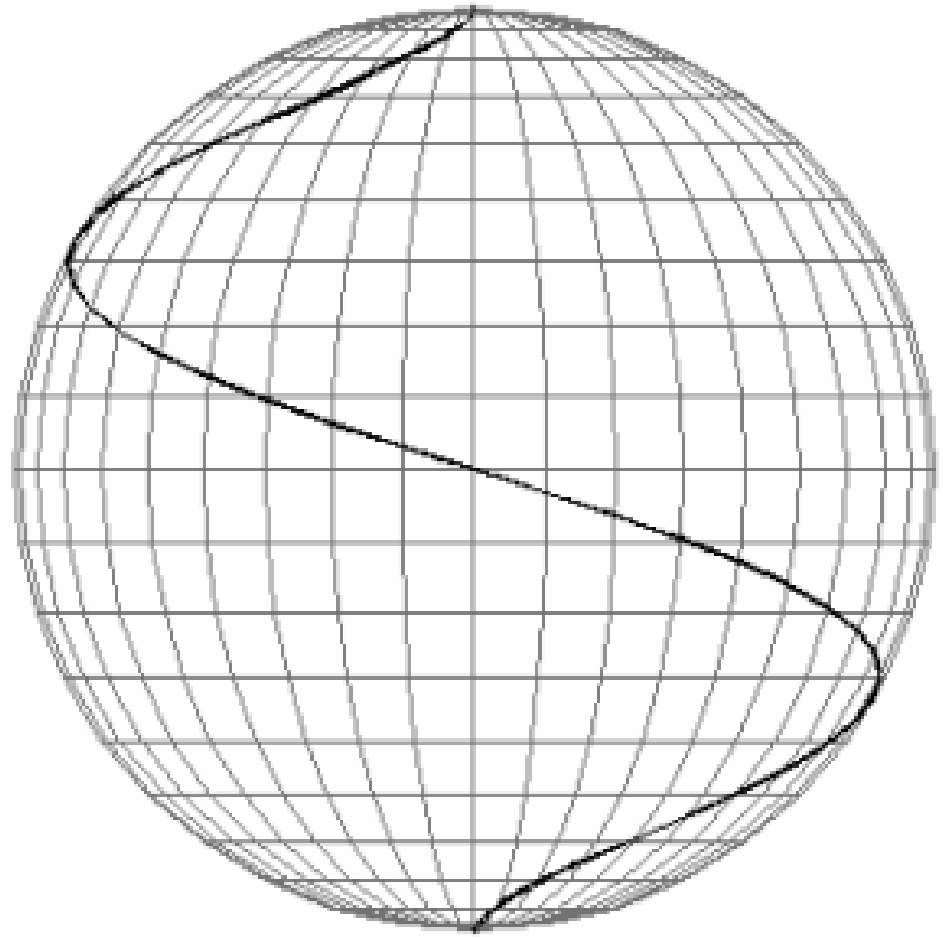


Рис. 2.2 – Утворююча спіралі сонячного колектору

Колектор виконаний у вигляді однієї безперервної металевої трубки круглого перерізу, накрученої на сферичну поверхню діаметром D по спіральній лінії з інтервалом обмоток S. Завдяки такій формі колектор «слідує» за сонцем, не тільки днем , а й у різний час року, коли воно проходить по небу на різних висотах і під різними азимутальними кутами.

В результаті немає необхідності орієнтувати колектор. Кульковий колектор «вловлює» сонячну енергію, що надходить з усіх боків. Промені також проникають через міжвиткові зазори і нагрівають внутрішні поверхні скруток. Крім того, такий колектор вловлює як відбите, так і розсіяне світло в атмосфері.

Таким чином, запропонований сферичний сонячний колектор дозволяє отримати максимальну кількість сонячної енергії протягом доби.

Нагрітий теплоносій подається для подальшого споживання (опалення, гаряче водопостачання тощо).

Необхідно відзначити ряд переваг геометрії кулястого сонця колектори порівняно з плоскою геометрією. Порівняння проводилося на однакових загальних довжин і діаметрів металевої колекторної труби.

Плоскі сонячні колектори зазвичай виготовляються з окремо вакуумних скляних трубок, концентрично встановлених і прикріплених до металевих трубок. Труби одним кінцем входять у вхідну трубу, іншим - у вихідну. У сферичному колекторі вакуумується скляна ємність, що складається з двох півсфер, всередині якої з однієї трубки виконаний сферичний охолоджувач.

Так як, кривизна скляної кульки в десять разів менша за кривизну скляної трубки, тим самим зменшуючи відбивну здатність і збільшуючи світлопропускання сфери піддаваючись впливу сонячних променів.

Сферична форма не вимагає використання будь-яких інших механізмів відстеження руху сонця.

Завдяки цій формі колектор постійно за нею «моніторить», тобто фактично сприймає променисту енергію сонця, коли воно проходить по небу на різній висоті та під різними азимутальними кутами.

У сферичному колекторі гідравлічний опір одинарної труби, утвореної у вигляді спірального провідника за рахунок зменшення місцевого опору та

відсутності вхідного і вихідного патрубків, в 1,4-1,6 рази менше, ніж у плоского опору, виготовленого у вигляді окремих труб.

Маса сферичного колектору в середньому в 2,5-3 рази менше ваги плоского колектору. Площа для установки сферичного колектору в середньому в 1,5-2,5 рази менше площі, необхідної для монтажу плоского колектору.

Розрахунок кількості сонячної енергії, яку отримує сферичний сонячний колектор за одну добу, зводиться до розрахунку наступного інтеграла (3.1).

$$(d) = \int_{-t(d)}^{t(d)} \int_{\Gamma(t)} I \cos i \, d\Gamma \, dT, \quad 0 \le d \le 364 \qquad (2.1)$$

де d – число днів, пройдених зі дня 22 березня. Інтервал часу від сходу сонця до заходу $-t^*(d) \le t \le t^*(d)$, визначається величиною $t^*(d) = \frac{12}{\pi}\arccos(-tg\varphi tg\delta)$. Тут φ - географічна широта місцевості, а $\delta = 23{,}5°sin\frac{2\pi d}{365}$ – кут нахилу. [9]

Поверхня Г(t) являє собою освітлену частину зовнішньої поверхні трубки колектору в момент часу t, так як у кожний момент часу ця поверхня сама себе затіняє від сонця. Інтенсивність сонця I залежить від його висоти hs і представляє повну енергію, що надходить в одиницю часу на одиницю поверхні, звернену безпосередньо до сонця, і дискретному вигляді наведено у [9].

На рис.2.3 представлена лінійна апроксимація залежності інтенсивності сонця від його висоти hs.

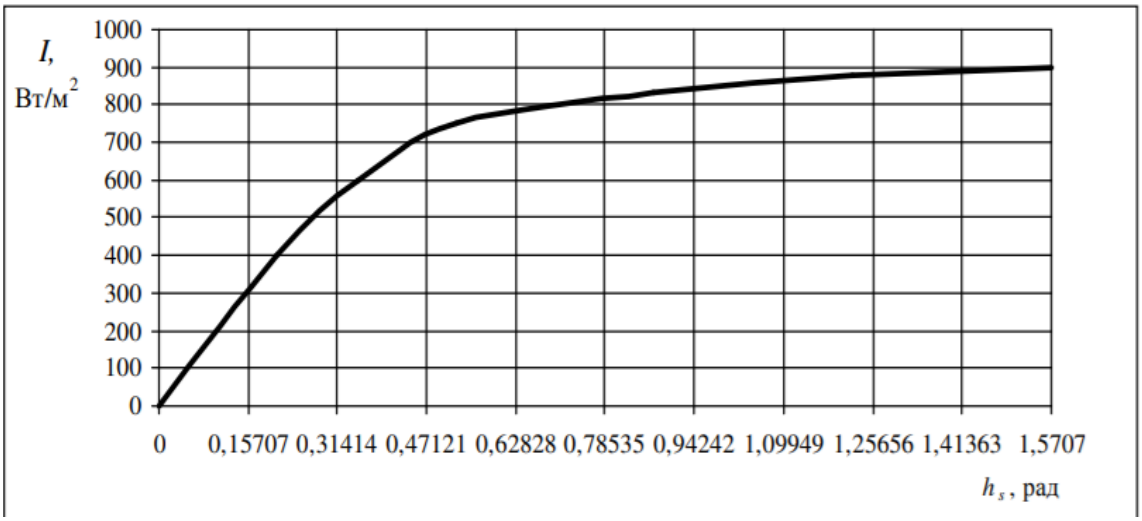


Рис. 2.3 – Залежність сонячної інтенсивності від висоти сонця

Оскільки висота сонця залежить від часу доби та від дня в році, то звідси отримуємо залежність I(t) для кожного дня.

У формулі (3.1) величина I(t)cosi – інтенсивність сонячного випромінювання, падаючого на горизонтальну поверхню під кутом і до нормалі у певній точці цієї поверхні. Значення кута і також залежить від часу.

Щоб оптимально орієнтувати сферичний сонячний колектор, необхідно порівняти. [10]

2.2 До побудування сферичного сонячного колектору

В наступній статті «К построению объёмного спирально-винтового трубчатого солнечного коллектора Ю. М. Мацевитый, акад. НАН Украины А. И. Ценципер, канд. техн. наук Н. А. Сафонов, канд. физ.-мат. наук С. Ф. Лушпенко, д-р техн. наук Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины» представлено конструктивну схему сферичного сонячного колектора та описано принцип роботи.

Отримано аналітичний вираз гвинтової лінії та її довжини на сферичної поверхні у параметричному вигляді.

Отримані формули надалі будуть використані при проектуванні та виготовленні сферичних сонячних колекторів, а також при обчисленні потоку сонячної енергії, що сприймається ними в залежності від просторових координат та часу. [11]

Для побудови, проведення розрахунків та подальшого виготовлення трубчастого сферичного колектору необхідно математично описати гвинтову лінію на сферичній поверхні радіусом R з кроком навивки S.

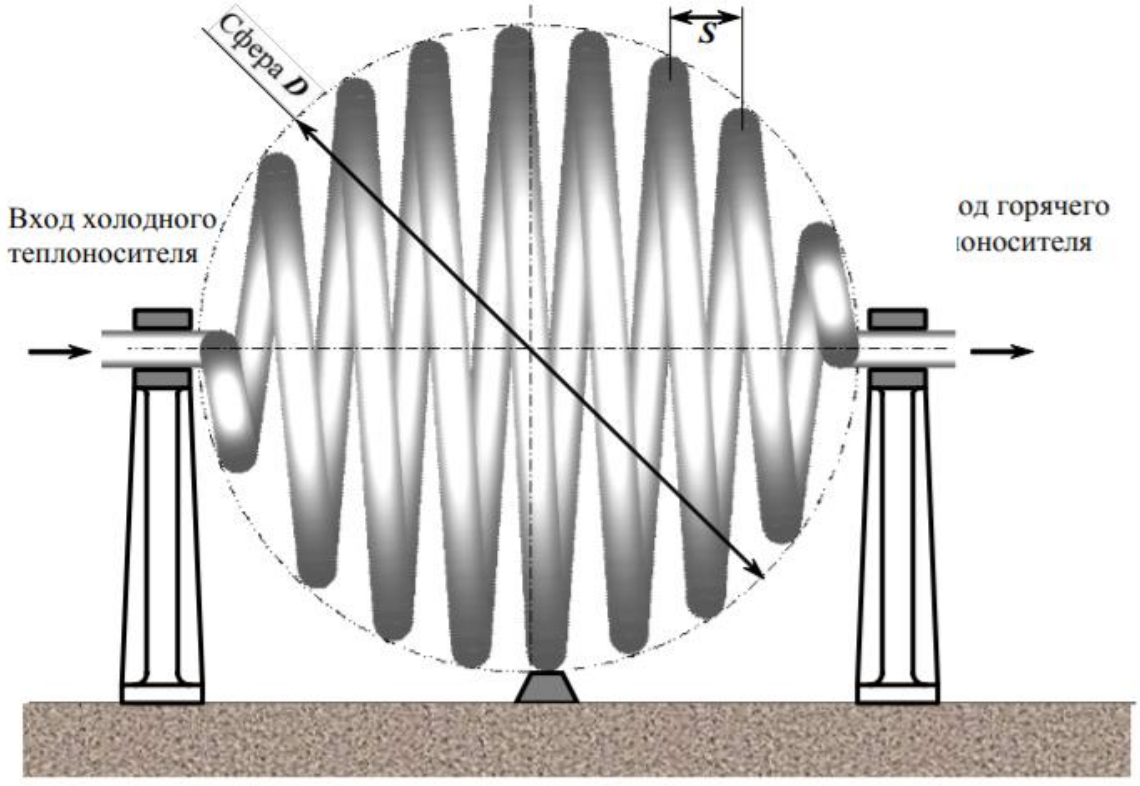


Рис. 2.4 – Конструктивна схема сферичного сонячного колектору

Відомі гвинтові лінії на циліндричній та конічній поверхнях. На нескінченному циліндрі гвинтова лінія нескінченна в обох напрямках, на конусі – в одному, а на сфері вона є кінцевою. Гвинтова лінія на сферичній поверхні починається з точки умовного південного полюса сфери і завершується в точці умовного північного полюса (рис. 2.2).

На малюнку як приклад показано один повний виток гвинтової лінії на сферичній поверхні, в якій крок S дорівнює діаметру сфери D. Зрозуміло, що таких гвинтових ліній на даній сферичній поверхні можна побудувати безліч, причому при $n \to \infty$ $S \to 0$.

Єдиність така гвинтової лінії (з точністю до повороту навколо осі кулі) при S = const визначається кількістю витків n навколо осі z. При цьому максимальний кут обертання поточної точки max цієї лінії навколо осі z дорівнює $2\pi n$.

Математичний опис сферичного гвинтовій лінії дозволить обчислити довжину гвинтової лінії L при заданому числі витків n.

Це необхідно для визначення площі сумарної поверхні трубчастого колектору при проведенні теплофізичних розрахунків, об'ємних та масових витратних характеристик теплоносія, проходить через колектор, і навіть визначення довжини заготівлі під час виготовлення колектору.

Будь-яка напівплощина, обмежена віссю z, перетинає кожен виток гвинтової лінії певній точці. В одній з таких напівплощин візьмемо дві будь-які точки A і B, що належать двом сусіднім виткам.

При цьому крок гвинтової лінії S являє собою абсолютну величину різниці координат цих двох точок по осі z (рис.2.4). Координати точок A і B записуються так: (x, y, z) і (x, y, z–S) або (x, y, z+S) і (x, y, z).

Все сказане вище справедливо для будь-якої напівплощини. Звідси витікає залежність S = 2R/n.

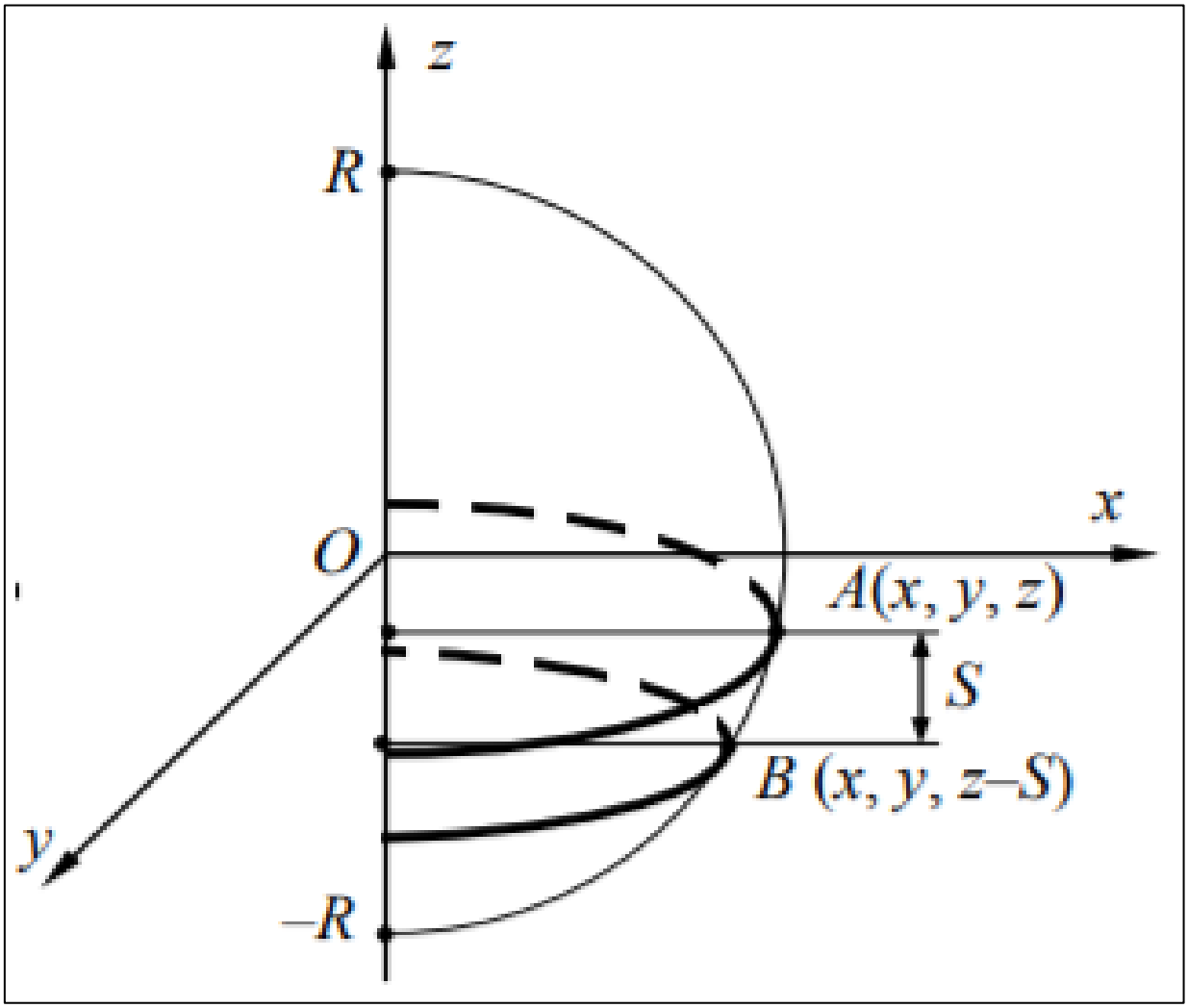


Рис. 2.5 – Конструктивна схема сферичного сонячного колектору

Для аналітичного опису даної просторової кривої визначимо залежності координат її точок від будь-якого параметра. У як такий параметр виберемо кут обертання навколо осі z поточної точки кривої.

При зростанні параметра від 0 до значення max = 2πn координата z поточної точки кривої повинна змінюватись лінійно щодо зміни параметра так, щоб S = const.

Після інтегрування була виведена наступна формула:

$$L \approx R[4{,}934802n + \frac{1{,}402964}{\sqrt{n}}] \qquad (2.2)$$

Наведена формула наближена з надлишком, оскільки для практичного виготовлення сферичного сонячного колектору при навивці трубопроводу необхідно мати достатню довжину заготовки.

Для перевірки точності наближеної формули довжина сферичної гвинтової лінії визначалася шляхом чисельного інтегрування вихідного інтегралу.

Таблиця 2.1

n	Значения длин		
	по формуле (4)	приближённое	погрешность, %
1	3131,287	3168,883	1,2006
2	5416,547	5430,825	0,2636
3	7798,742	7807,204	0,1085
4	10214,369	10220,345	0,0585
5	12646,088	12650,717	0,0366
10	24893,561	24895,838	0,0091
15	37190,545	37192,137	0,0043
20	49503,613	49504,876	0,0026
25	61824,253	61825,321	0,0017
30	74149,165	74150,103	0,0013
35	86476,764	86477,607	0,0010
40	98806,183	98806,954	0,0008
45	111136,902	111137,616	0,0006
50	123468,588	123469,255	0,0005

Для досягнення бажаної точності наведена сума обчислювалася щоразу при подвоєнні величини m. Обчислення зупинялися і під час наступного нерівності: |L2m – Lm| < 10–6, де L2m – це сума , отримана при подвоєнні кількості відрізків шматково-лінійної кривої.

Як видно з таблиці, зі зростанням n похибка зменшується. Таким чином, отримано аналітичний опис гвинтової лінії на сферичній поверхні у параметричному вигляді, яке надалі може бути використане при проектування сфероїдних сонячних колекторів, а також при обчисленні потоку сонячної енергії, що сприймається ними.

Обчислена довжина гвинтової лінії на сферичній поверхні, яка залежить від діаметра сфери та числа витків, і наведена формула для визначення довжини гвинтової лінії, придатна для проведення практичних розрахунків при конструюванні та виготовленні сферичні сонячні колектори. [11]

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ СКЛАДНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ.

3.1. Попередній досвід.

Ця робота базується на дослідженнях які були проведені співробітниками Інституту проблем машинобудування імені Анатолія Миколайовича Підгорного Національної Академії Наук України (ІПМаш НАН України) доктором технічних наук, професором Сергієм Федоровичем Лушпенко, член-кореспондентом НАН України, доктором технічних наук, старшим науковим співробітником, лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки, лауреатом Премії академій наук України, Білорусі і Молдови Андрієм Олеговичем Костіковим та іншими науковцями.

Роботу очолював завідувач відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів ІПМаш НАН України, завідувач кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені Василя Назаровича Каразіна, академік Національної Академії Наук України, доктор технічних наук, професор, лауреат Державних премій СРСР та України в галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат премії ім. академіка О.В. Ликова Національної академії наук Білорусі, лауреат премії академій наук України, Білорусі і Молдови, почесний директор Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, почесний громадянин м. Харкова Юрій Михайлович Мацевитий.

У другому розділі наведено основні результати, яких досягли науковці ІПМаш НАН України. Серед цих результатів зроблено чисельно-аналітичний розрахунок кількості сонячної енергії, яка сприймається сонячним колектором, залежно від його орієнтації відносно горизонту.

Визначено оптимальний кут нахилу сферичного колектору, при якому він сприймає максимальну кількість сонячної енергії за рік і який залежить від географічної широти місцевості, на якій він встановлений. Доведено, що

оптимальне значення кута нахилу сферичного сонячного колектору становить ≈ 135° (133,97°).

Також була спроба провести натурний експеримент який полягав в тому що з суцільної мідної трубки діаметром ∅ 20мм та товщиною стінки 2 мм було навито геометричну конструкцію сферичної форми зображену на рис.3.1. Діаметр сфери ∅ 300мм кількість витків (обертів) дорівнює 10.



Рис. 3.1. Модель сонячного колектору сферичної форми

Данна конструкція втілює найпростіший сферичний сонячний колектор. В якості робочої рідини використано звичайну воду з початковою температурою 20°С. Експеримент проводився 28 квітня о 12:00 в ІПМаш НАН України, тобто значення сонячної інсоляції відповідає середньо місячному сонячному випромінюванні по Харківській області за квітень місяць що дорівнює 3,92 кВг/м^2/день.

Температура навколишнього середовища близько 20°С. В залежності від кута нахилу колектору до горизонту вода нагрівалась на 00÷27°С. А при розрахованому оптимальному куті 135° на 28°С.

3.2. Моделювання процесу теплопередачі в сонячному колекторі сферичної форми.

З метою підтвердження або спростування отриманих результатів ми спробуємо провести моделювання процесу у випробувальні версії програмного пакету SolidWorks.

Фізика процесу теплопередачі що відбувається у сонячному колекторі це складний процес теплопередачі який будується з елементарних процесів таких як:

кондукція (теплопровідність) це спосіб передачі теплоти за рахунок взаємодії мікрочастинок тіла (атомів, молекул, іонів в зовнішньому повітрі, твердому тілі, тобто мідній трубці та робочою рідиною – водою) у змінному полі температур;

конвекція – спосіб передачі теплоти за рахунок переміщення макрооб'ємів середовища (зовнішнє повітря, робоча рідина) із області з однією температурою в область з іншою температурою;

теплове випромінювання (радіаційний теплообмін) – спосіб перенесення теплоти в просторі, що здійснюється внаслідок розповсюдження електромагнітних хвиль (від сонця до твердого тіла).

Сонячна інсоляція, або середній місячний рівень сонячної радіації (сонячна постійна) в місті Харкові Україна у квітні дорівнює 5,56 (кВч/м²/день) [12].

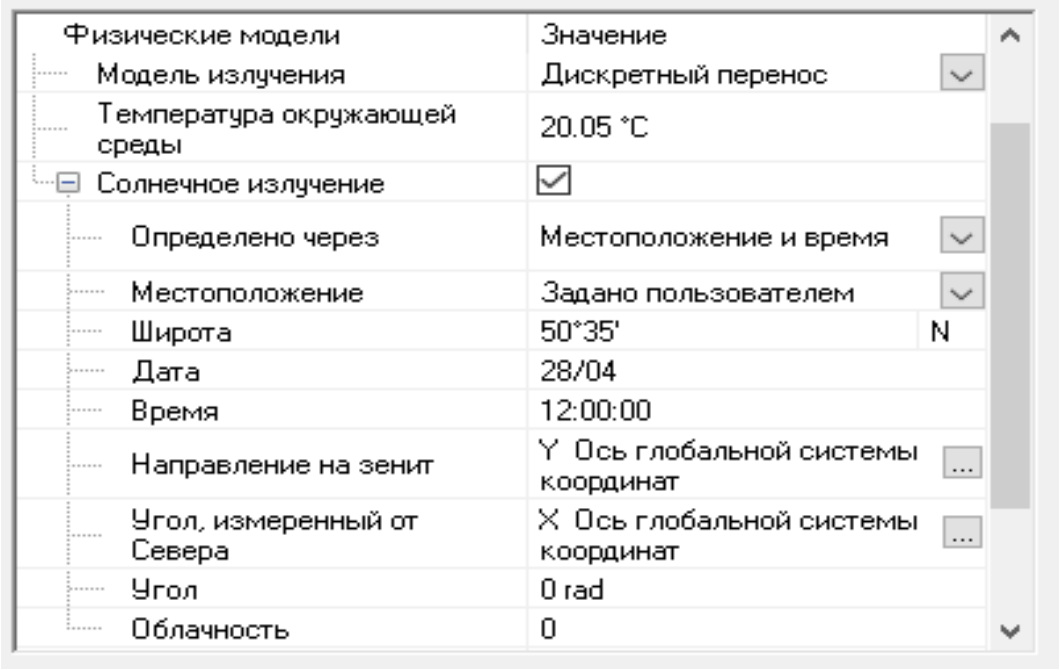


Рис. 3.2. Початкові данні моделювання

Числове значення температури навколишнього середовища приймемо рівним середньомісячній температурі в Харківській області у квітні місяці а саме 20 °C [13], початкова температура твердого тіла та робочої рідини дорівнюватиме 20 °C [11]. Що збігається з даними чисельно-аналітичних розрахунків та експерименту наведених вище.

Результати моделювання вказують на те, що температура робочої рідини з початкових 20°C нагрівається до 48,78°C. Результати моделювання з певною долею точності співпадають з результатами чисельно-аналітичних розрахунків та експерименту, що проводились в ІПМаш НАН України.

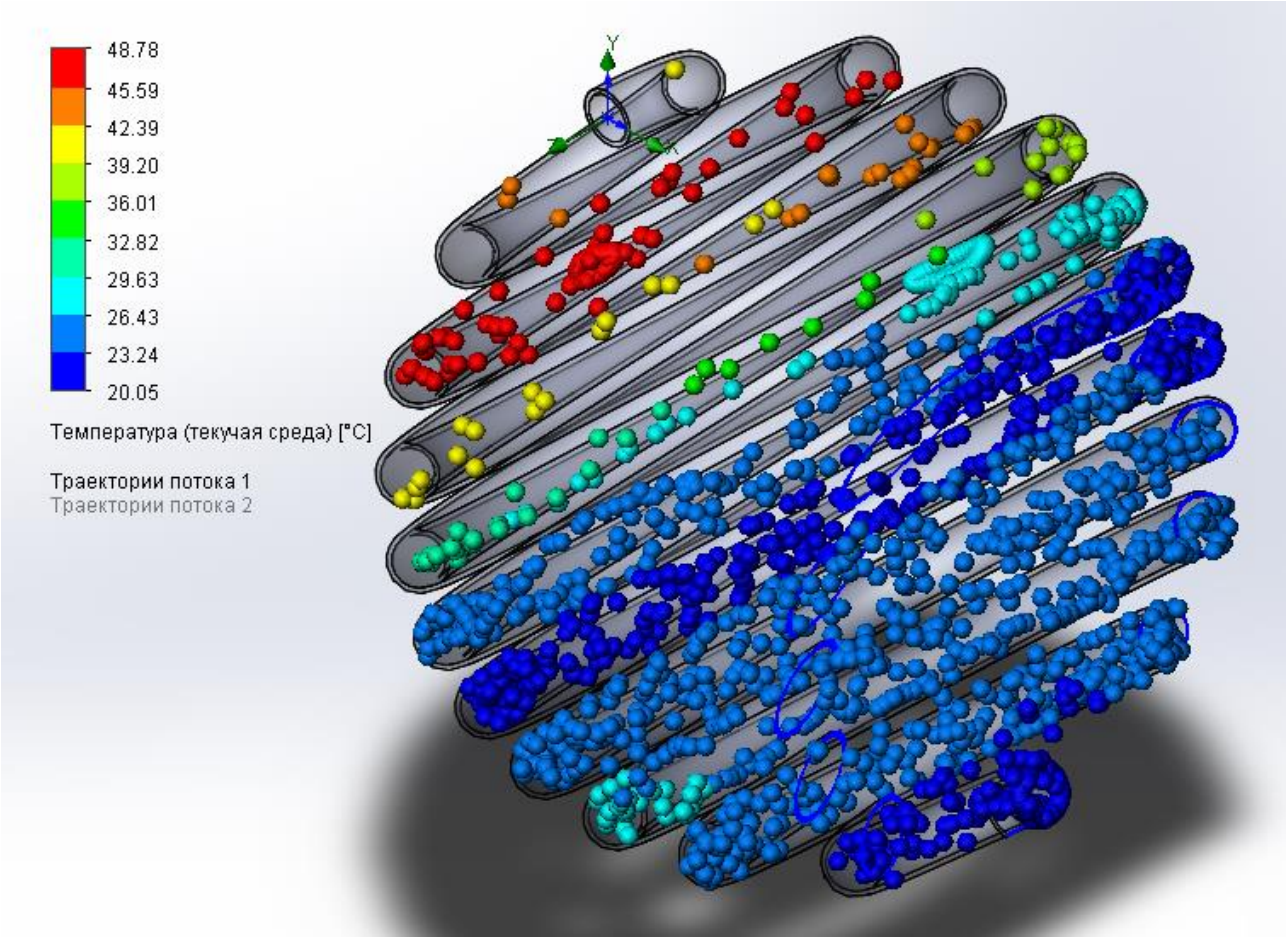


Рис. 3.2. Температура текучої середи в сонячному колекторі сферичної форми.

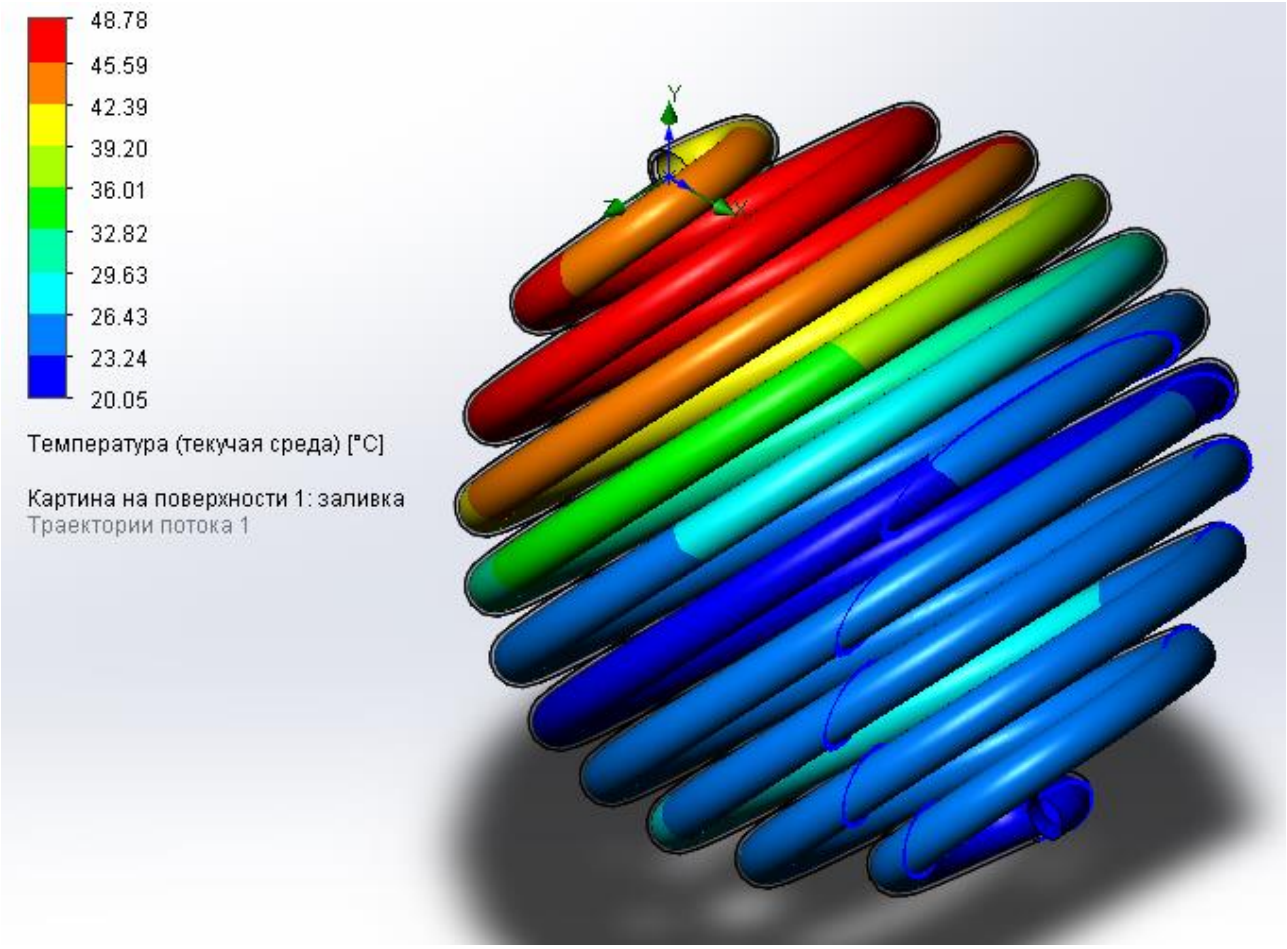


Рис. 3.3. Картинка на поверхні текучої середи в сонячному колекторі сферичної форми.

3.3. Модель сонячного колектору конічної форми.

Також спробуємо змоделювати процес теплопередачі в колекторі дещо іншої форми, яка на наш погляд не гірша ніж сферична, але простіша у виготуванні. Це конусна форма.

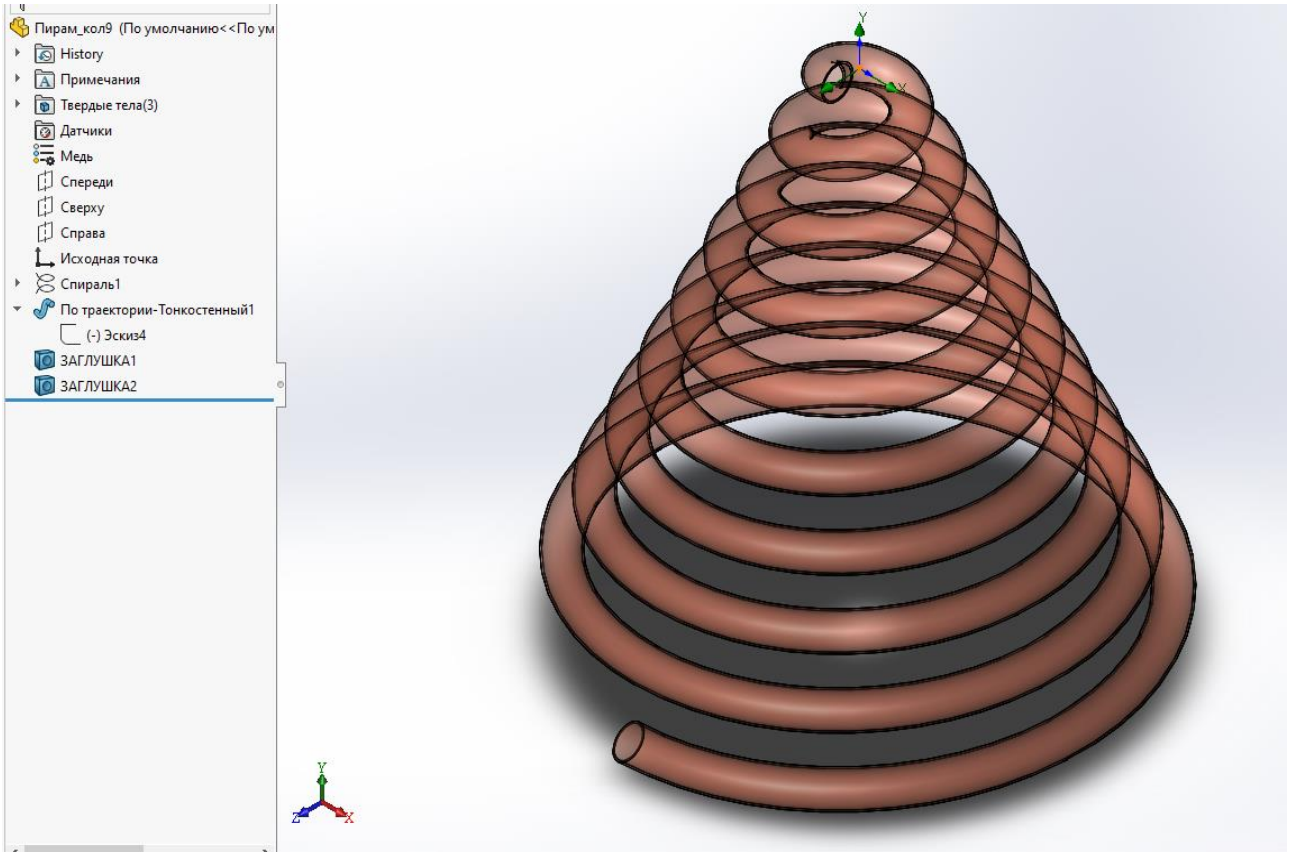


Рис. 3.4. Модель сонячного колектора конічної форми

Довжина утворюючої, максимальний діаметр, діаметр трубки та товщина стінки такі ж, як в сферичному сонячному колекторі. Матеріал трубки, та робоча рідина також аналогічні попередньому варіантові.

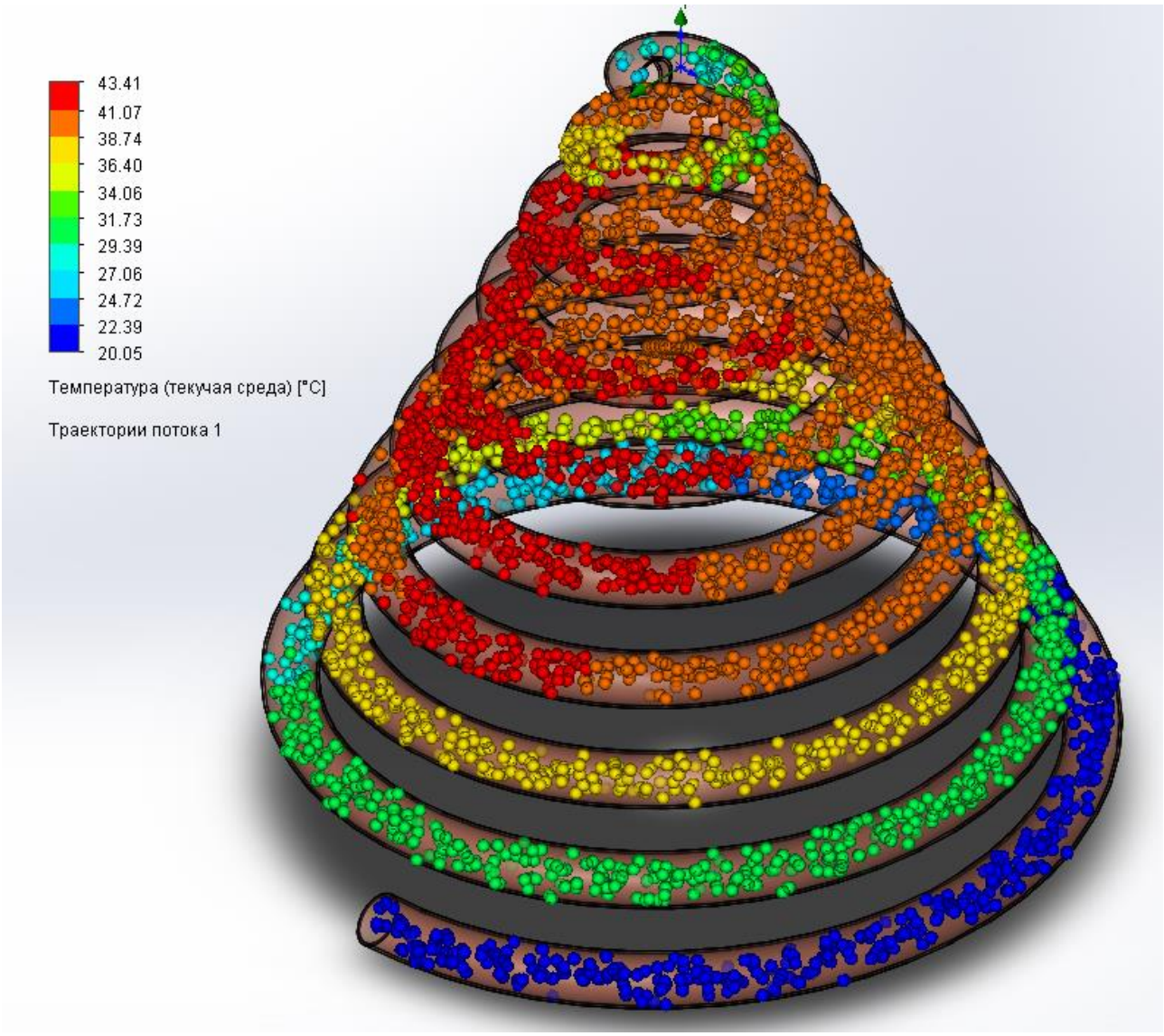


Рис. 3.5. Температура текучої середи в сонячному колекторі конічної форми.

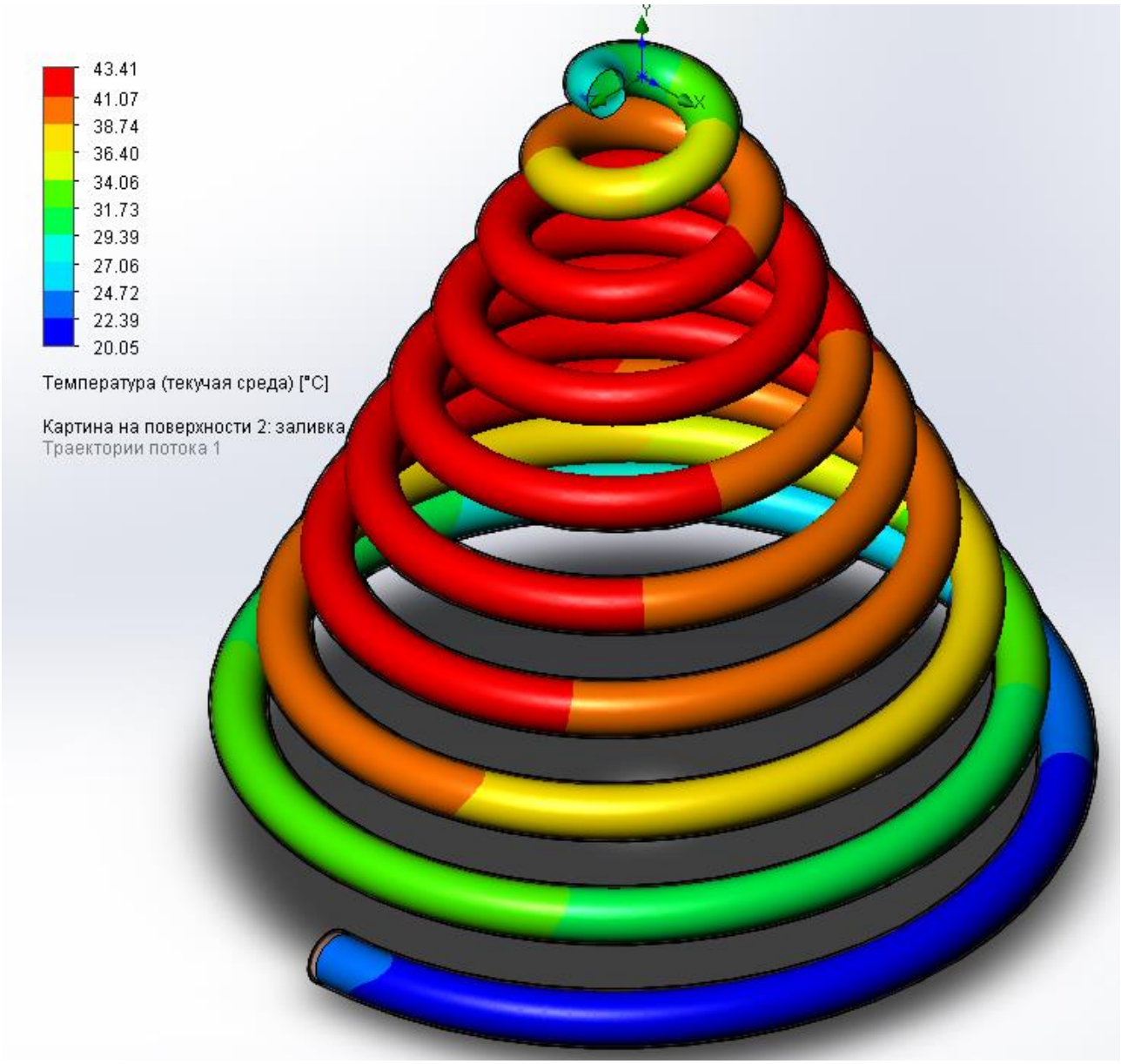


Рис. 3.6. Картинка на поверхні текучої середи в сонячному колекторі конічної форми.

Спробуємо дещо зекономити матеріал твердого тіла колектору. За для цього зменшимо кількість витків з 9 обертів до 4, та повторити проведене моделювання.

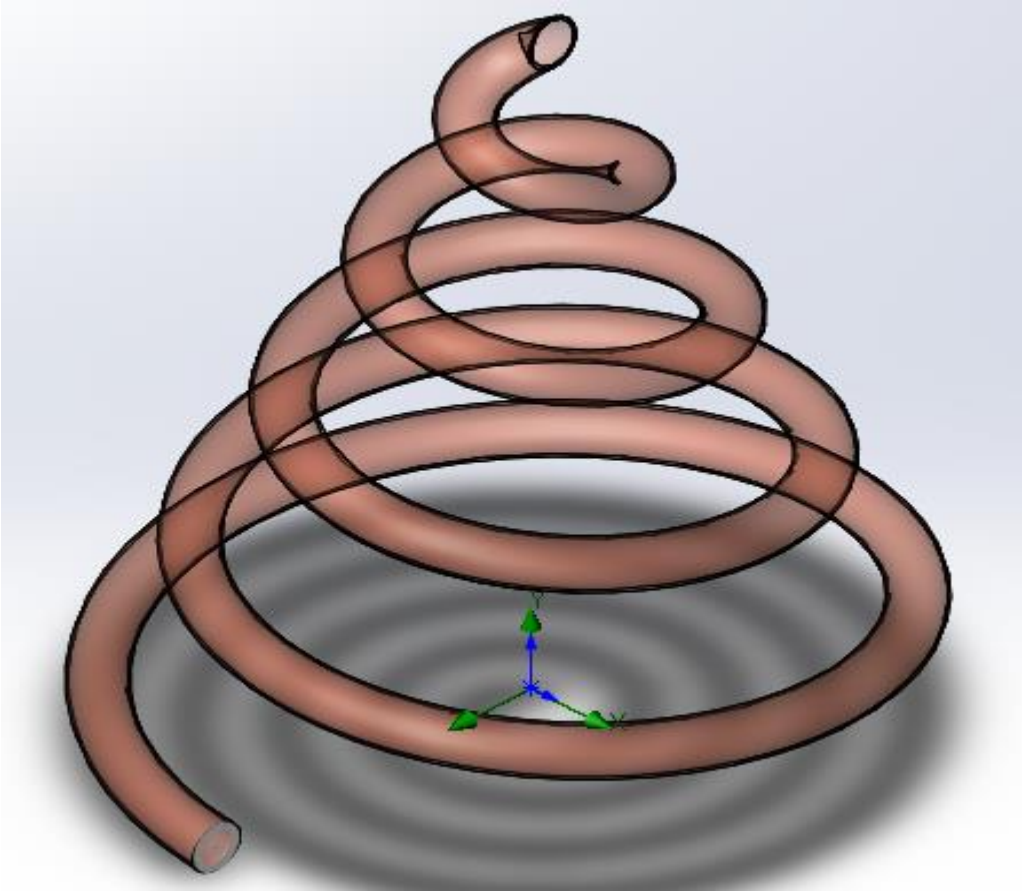


Рис. 3.7. Модель сонячного колектору конічної форми з меншою кількістю витків.

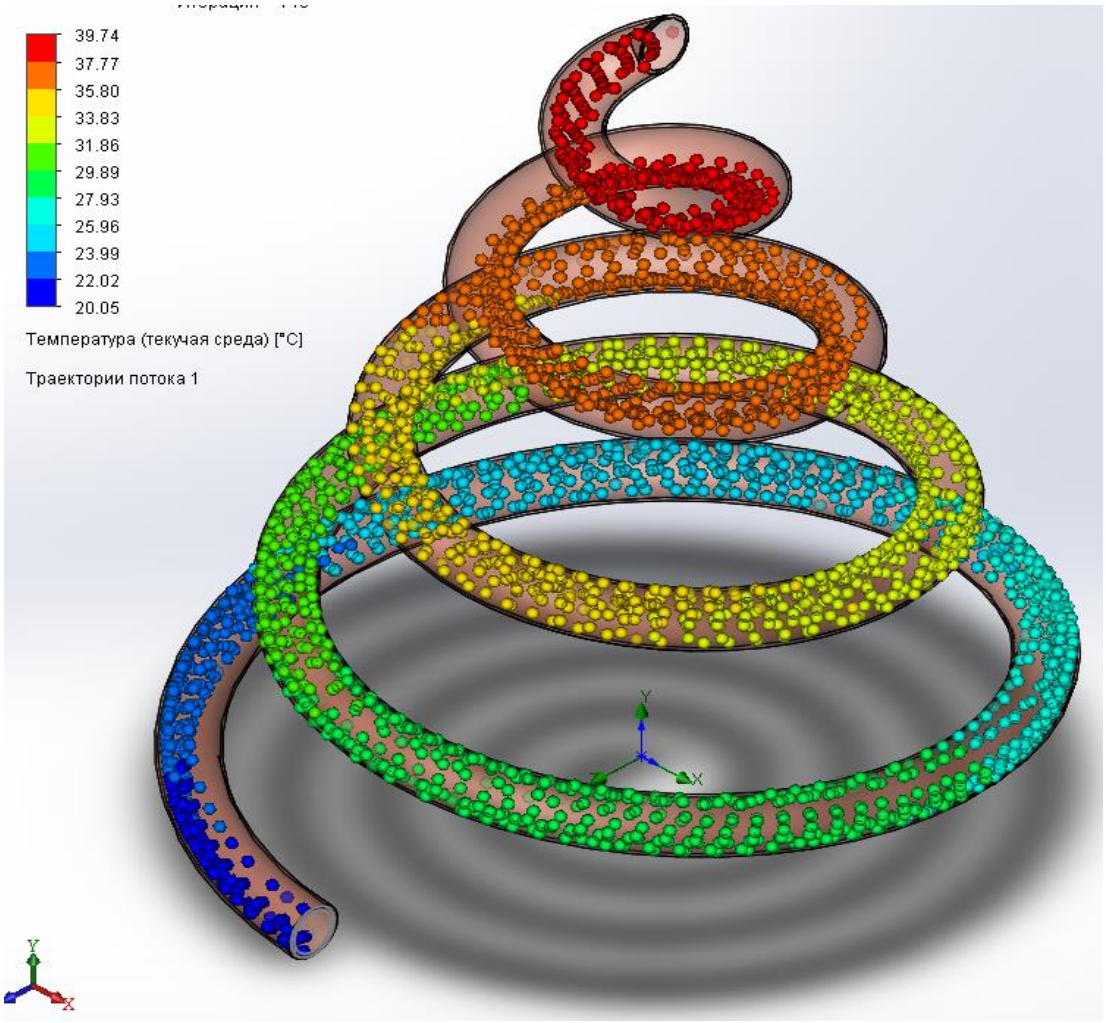


Рис. 3.8. Температура текучої середи в сонячного колекторі конічної форми з меншою кількістю витків.

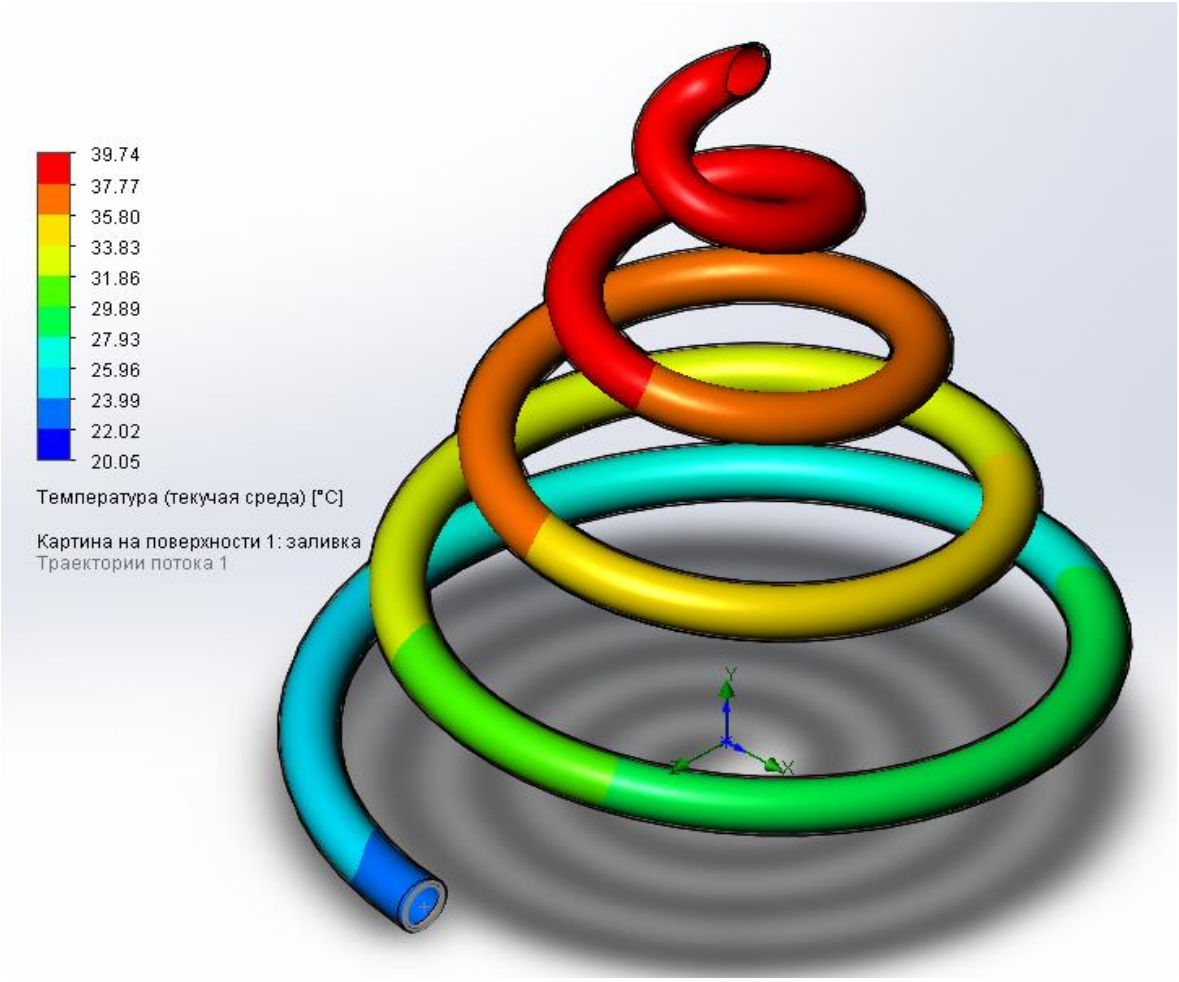


Рис. 3.9. Температура на поверхні сонячного колекторі конічної форми з меншою кількістю витків.

ВИСНОВКИ

Результати моделювання у пакеті прикладних програм збігаються з результатами чисельно-аналітичних розрахунків та результатами експерименту, що проводились науковцями ІПМаш НАН України з різницею ±0,5°С.

Запропоновано дещо іншу просторову форму сонячного колектору, а саме конічну з аналогічними до сферичного параметрами.

При схожих початкових даних температура до якої нагрівається робоча рідина аналогічна сферичній формі, але конструкція дещо технологічна, тобто більш проста у виготуванні.

Якщо знизити вихідну температуру на декілька градусів можливо скоротити кількість витків та зекономити матеріал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М. : Мир, 1977. – 420 с.

2. Сарнацкий Э. В. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения/ Сарнацкий Э. В., Чистович С. А. – М. : Стройиздат, 1990. – с. 144.

3. Пат. 57323. Україна. Сфероїдний сонячний колектор / А. І. Ценципер, Ю.М. Мацевитий, С. Ф. Лушпенко, М. О. Сафонов, К. В. Казановська. – Опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4

4. Пат. 95578. Україна. Сфероїдний сонячний колектор / А. І. Ценципер, Ю. М. Мацевитий, С. Ф. Лушпенко, М. О. Сафонов, К. В. Казановська. – Опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.

5. Пат. 102598. Україна. Сонячний колектор / А. І. Ценципер, Н. О. Сафонов, С. Ф. Лушпенко. – Опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14.

6. Пат.105112. Україна. Сферичний сонячний колектор / А. І. Ценципер, С. Ф. Лушпенко, М. О. Сафонов, Я. М. Буштець. – Опубл. 10.04.2014, Бюл. №

7. К построению сферического солнечного коллектора / Ю. М. Мацевитый, А. И. Ценципер, Н. А. Сафонов, С. Ф. Лушпенко // Пробл. машиностроения. – 2011. – Т. 14, № 2. – С. 46–51.

8. К созданию спирально-винтового трубчатого солнечного коллектора / Ю. М. Мацевитый, А. И. Ценципер, Н. А. Сафонов, С. Ф. Лушпенко // Пробл. машиностроения. – 2011. – Т. 14, № 5. – С. 35–40.

9. Бринкворт, Б. Дж. Солнечная энергия для человека / Б. Дж. Бринкворт. – М.: Мир, 1976. – 286 с.

10. ISSN 0131–2928. Пробл. машиностроения, 2015, Т. 18, № 3

11. УДК 516.3, 516.65 Ю. М. Мацевитый, акад. НАН Украины А. И. Ценципер, канд. техн. наук Н. А. Сафонов, канд. физ.-мат. наук С. Ф. Лушпенко, д-р техн. наук Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины

12. https://www.artenergy.com.ua/novosti/karta-solnechnoi-insoliatsii-ukrainy

13. https://www.atmosfera.ua/ru/stati-geliosistemy/solar-insulation-ukraine/