

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Одинцов А. Н.¹, Ничкова Л.А.¹, Царук И.И.²

¹ ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет,
299053, г. Севастополь, Российская федерация, ул. Университетская, 33, e-mail: nichkova@sevsu.ru

² Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
по Республике Крым и г. Севастополю

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние антропогенной нагрузки на окружающую среду, в частности, тенденция изменения среднглобальной температуры на поверхности земли. К одному из факторов оказывающих значительное влияние на возрастание температуры, безусловно, следует отнести возрастание концентрации диоксида углерода в атмосфере. Хотя за последние 100 лет инструментальных наблюдений его концентрация увеличилась с 0,02% до 0,03 %, влияние этого изменения ощущается во всех уголках планеты. Одним из направлений снижения антропогенной нагрузки является поиск путей по дальнейшему, более эффективному использованию энергии солнечного излучения для обогрева различных зданий и сооружений. В работе рассматривается возможность и целесообразность изменения конструкции традиционных коаксиальных вакуумированных трубчатых солнечных коллекторов. Предлагаемые изменения в конструкции коаксиальных вакуумированных трубчатых солнечных коллекторов позволят обеспечить движение жидкого или газообразного теплоносителя, без изменения его фазового состояния, за счет действия гравитационных сил. Предлагаемая конструкция может функционировать полностью автономно и не потребует дополнительных источников энергии для обеспечения циркуляции теплоносителя.

Ключевые слова: солнечное излучение, фазовый переход, тепловые потери, стеклянная трубка, вакуум, конвекция, теплоноситель.

ВВЕДЕНИЕ

Анализируя мнения различных научных сообществ занимающихся вопросами изменения климата можно выделить одну общую точку зрения – чрезмерное увеличение антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.

В источнике [1] приводится фрагмент доклада одной из ведущих международных организаций по вопросам исследования глобальных климатических процессов – Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) в котором указывается на значительное влияние антропогенной деятельности человека на глобальные изменения состояния природной среды. В своем докладе они отмечают о значительном увеличении количества парниковых газов в атмосфере земли по сравнению с доиндустриальной эпохой (ее начало условно относят к 1750 году). В частности в докладе по отмечается увеличение содержания CO₂ с 0,02 % до 0,03 % за последние 100 лет инструментальных наблюдений.

В справочнике [1] отмечается устойчивый положительный тренд изменения среднглобальной температуры, составивший за последнее столетие 0,6 °С, из которых почти 0,5 °С пришлось на последние 30 лет. По прогнозным оценкам приведенным в [1], увеличение среднглобальной температуры за первые двадцать лет XXI-го века может превысить 1,2 °С. В таблице 1 представлены средние за десятилетие отклонения среднглобальной температуры от ее среднего значения и прогнозные оценки.

Таблица 1.

Средние за десятилетие отклонения среднглобальной температуры [1]

Десятилетие	$\Delta T_{\text{глоб}} \text{ } ^\circ\text{C}$
1951 – 1960	-0,01
1961 – 1970	-0,01
1971 – 1980	0,01
1981 – 1990	0,21
1991 – 2000	0,36
2001 – 2010	0,53*
2010 – 2020*	0,7*

* прогнозная оценка

Значительный вклад в увеличение уровня загрязнения окружающей природной среды вносит, прежде всего, топливно-энергетический комплекс, в основе которого лежит использование ископаемых видов топлива. Помимо выбросов диоксида углерода (CO₂) который, безусловно, является одним из газов оказывающих существенное влияние на усиление «парникового эффекта» не стоит забывать и о других не менее опасных соединениях SO₂, NO_x, а также саже и пыли.

Ухудшение состояния природной среды подталкивает нас к поиску путей снижения антропогенной нагрузки и разработке более эффективных способов использования экологически чистых возобновляемых источников энергии. Безусловно, наибольшим потенциалом среди них обладает энергия солнечного излучения на долю которой в общем энергетическом балансе приходится около 99 %. По оценкам [2], суммарная мощность энергии солнечного излучения на поверхности земли достигает $82 \cdot 10^{15}$ Вт. Не более 0,9 % в общем энергетическом балансе приходится на геотермальную энергию, по оценке [2], она составляет $32 \cdot 10^{12}$ Вт. Там же в [2], энергия морских приливов оценивается всего в $3 \cdot 10^{12}$ Вт, что составляет менее 0,01 % в общем энергетическом балансе планеты.

Как видно из приведенного выше анализа распределения энергетических потоков наибольшего внимания заслуживает энергия солнечного излучения. В качестве основного преимущества энергии солнечного излучения можно, прежде всего, выделить его энергетическую неограниченность и экологическую чистоту. Одним из существенных недостатков является периодичность поступления потока солнечной энергии связанной с вращением земли, а также ее зависимость от прозрачности атмосферы.

Разнообразие способов преобразования энергии солнечного излучения достаточно подробно изложено в [3], однако особо можно выделить лишь некоторые из них. Например: возможность получения электрической энергии путем прямого фотоэлектрического преобразования; нагревание теплоносителя до высокой температуры с целью получения пара и с последующей генерацией электрической энергии; концентраторы солнечного излучения (солнечные печи); плоские солнечные коллекторы с жидким и газообразным теплоносителем; вакуумные трубчатые солнечные коллекторы. У каждого из перечисленных выше способов также имеются свои преимущества и недостатки.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной статьи является выявление недостатков у получивших достаточно широкое распространение вакуумированных трубчатых коаксиальных коллекторов [4] и поиск путей их преодоления.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Принципиальная схема вакуумированного трубчатого коаксиального коллектора термосифонного типа представлена на рисунке 1. Коллектор состоит из двух параллельно расположенных колб, внутренней 1 и наружной 2. На наружную поверхность колбы 2 нанесено специальное, высокоселективное покрытие 3, обладающее высоким коэффициентом поглощения солнечного излучения в видимом и инфракрасном диапазонах. Для снижения тепловых потерь, пространство между коаксиально расположенными трубками (рис. 1), вакуумируется.

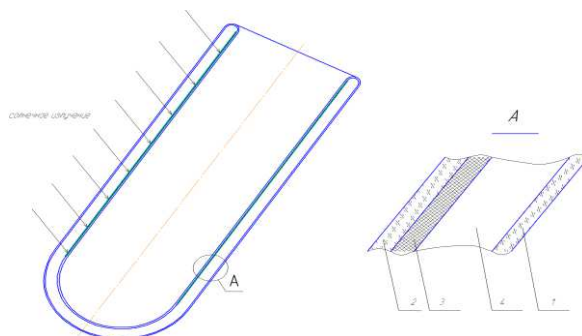


Рис. 1. Схема вакуумированного трубчатого коаксиального солнечного коллектора: 1 – наружная колба; 2 – внутренняя колба; 3 – высокоселективное поглощающее покрытие; 4 – вакуум

На рисунке 2 приведены направления движения потоков жидкого теплоносителя.

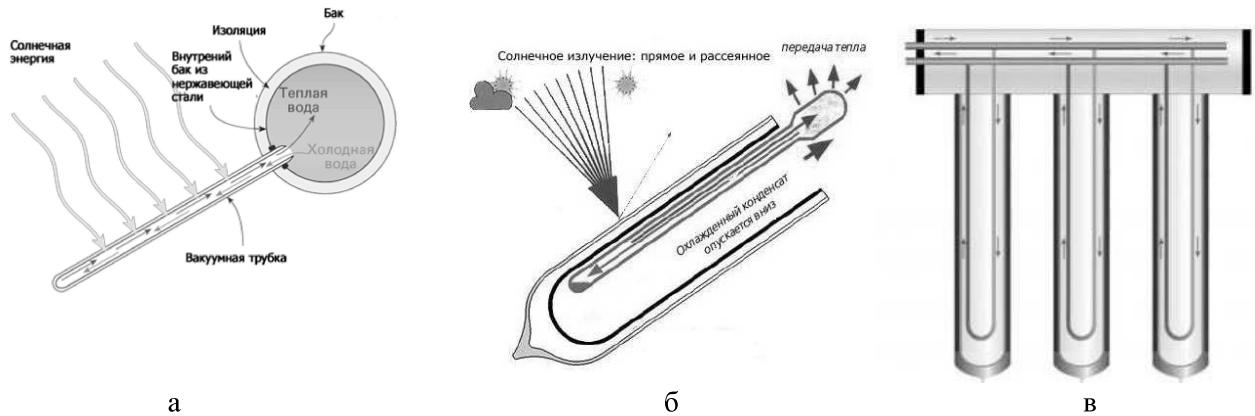


Рис. 2. Основные направления движения теплоносителя в вакуумированных трубчатых коаксиальных солнечных коллекторах: а – термосифонного типа [5]; б – с применением тепловой трубки [6]; в – использование U образной трубки с принудительной циркуляцией [7]

Из принципиальной схемы (рис. 2.а) видно, что потоки теплой и холодной воды в термосифоне имеют встречные направления движения в связи с чем, получить быстрый нагрев воды в баке принципиально невозможно. В схеме, представленной на рисунке 2.б, используется тепловая трубка, в которой охлажденный конденсат движется навстречу горячему теплоносителю в газообразном (парообразном) состоянии. В этом случае передачей тепла от теплоносителя в газообразном состоянии к его жидкой фазе можно пренебречь. Однако, учитывая тот факт, что передача тепла к нагреваемой воде происходит через твердую стенку, как показано на рисунке 3.а, эффективность системы снижается. Еще хуже происходит передача тепла в схеме приведенной на рисунке 3.б, поскольку передача тепла осуществляется уже через две соприкасающиеся стенки, каждая из которых может со временем покрыться оксидным слоем, образующимся в процессе эксплуатации устройства. К существенному недостатку схемы с U-образной трубкой (рис. 2.в), следует отнести достаточно малое проходное сечение, которое требует установки специального циркуляционного насоса, без которого система не может функционировать.

Все перечисленные выше недостатки обусловлены прежде всего тем, что изготавливаемые сегодня вакуумные трубчатые коллекторы по своему устройству схожи с устройством колбы обычного термоса, т.е. имеют только одно входное, оно же и выходное отверстие (рис. 3).



Рис. 3. Передача тепла от тепловой трубки: а – непосредственно воде [8]; б – через две стенки [9]

В качестве одного из путей решения проблемы смешивания нагретого и холодного теплоносителя нами предлагается изменение конструкции коаксиального трубчатого коллектора за счет оснащения его дополнительным входным отверстием 5, положение которого показано на рисунке 4 [10]. Процесс производства вакуумных трубчатых солнечных коллекторов уже

достаточно хорошо освоен и не потребует кардинальных изменений в технологии их изготовления.

Как видно из рисунка 4, движение жидкого или газообразного теплоносителя будет происходить только в одном направлении, что позволит исключить его перемешивание и, тем самым, обеспечит быстрый нагрев до требуемой температуры. При этом движение теплоносителя будет происходить только за счет действия гравитационных сил (из-за разности плотностей) и не потребует дополнительных затрат энергии.

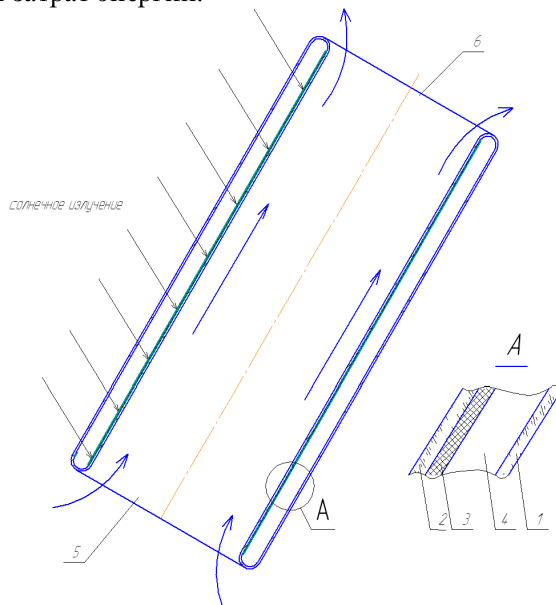


Рис. 4. Принципиальная схема проточного коаксиального вакуумированного трубчатого солнечного коллектора : 1 – наружная колба; 2 – внутренняя колба; 3 – высокоселективное поглощающее покрытие; 4 – вакуум; 5 и 6 – входное и выходное отверстия

Как известно наибольшей эффективностью использования энергии солнечного излучения обладают системы солнечных коллекторов, оснащенные устройствами позволяющими следить за текущим положением солнца. Существенным недостатком таких систем является сложность системы наведения и необходимость дополнительных затрат энергии. В большинстве случаев потребители используют стационарные устройства, закрепленные под «оптимальным» углом. Необходимо отметить что «оптимальная» величина угла наклона плоскости коллектора зависит от широты местности и периода года, в котором планируется его наибольшее использование.

Поскольку основной задачей данной работы является обоснование возможности использования проточных трубчатых вакуумных коллекторов в системах отопления, то для этого необходимо определить их оптимальное пространственное расположение. Прежде всего, необходимо оценить величины суммарной солнечной радиации приходящейся на вертикально и горизонтально расположенные поверхности. Для анализа были использованы данные, приведенные в [11]. В таблице 2 представлены величины поступления солнечной радиации для 44°с.ш. (для условий Крыма) приходящейся на вертикально расположенные поверхности, ориентированные по разным сторонам света и на горизонтальную поверхность.

Таблица 2.

Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) поступающая на вертикальные и горизонтальную поверхности, МДж/м²

месяц	Север	СВ/СЗ	В/З	ЮВ/ЮЗ	Юг	Горизонтальн.
Январь			199	467	636	261
Февраль			249	475	642	365
Март		184	390	564	661	603
Апрель	114	256	436	512	500	724
Май	163	326	485	487	383	872
Июнь	196	346	470	436	307	889

Продолжение табл. 2

Июль	188	330	478	432	343	886
Август	134	274	447	488	430	768
Сентябрь		205	374	496	536	619
Октябрь		148	314	520	625	465
Ноябрь			218	449	617	308
Декабрь			180	410	609	234
за год	795	2069	4240	5736	6289	6994

На рисунке 5 представлены графики соотношения поступления солнечной радиации на вертикальную и горизонтальную поверхности.

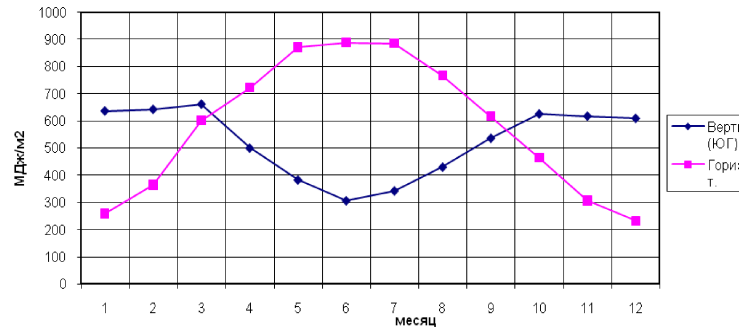


Рис. 5. Соотношение поступления солнечной радиации на вертикальную (ориентированную на юг) и горизонтальную поверхности

Как видно из рисунка 5, в холодные месяцы года на вертикальную поверхность, ориентированную в южном направлении поступает в среднем в 2 раза больше тепла, чем на горизонтально ориентированные поверхности. На рисунке 6 представлены соотношения поступлений суммарной солнечной радиации приходящейся на вертикальные поверхности ориентированные на: юг, юго-восток, (юго-запад), восток, (запад).

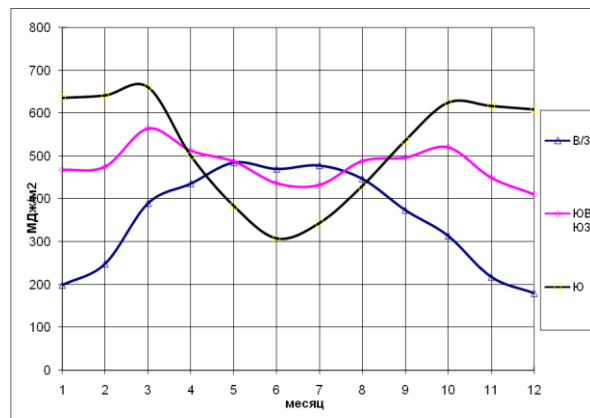


Рис. 6. Соотношения поступления солнечной радиации на вертикальную поверхность ориентированную по разным сторонам света

Как видно из рисунка 6, в холодный период года южная ориентация плоскости вертикального коллектора, также имеет неоспоримое преимущество.

Одним из наиболее эффективных направлений использования проточных вакуумированных солнечных коллекторов может стать «прямой» нагрев воздуха поступающего непосредственно из обогреваемого помещения, как это показано на рисунке 7. Отдельные коллекторы или группы коллекторов могут быть размещены вертикально, непосредственно на стенах зданий и сооружений, сориентированных преимущественно в южном направлении.

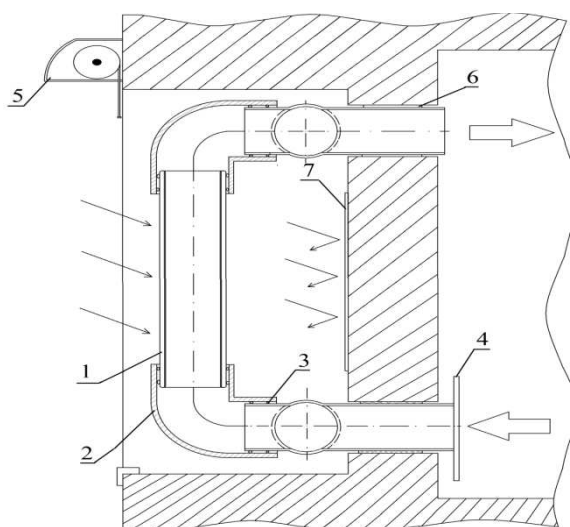


Рис. 7. Принципиальная схема размещения проточного трубчатого коллектора в нише стены здания: 1 – проточный трубчатый коллектор; 2 – колено; 3 – уплотнение; 4 – фильтр; 5 – защитный ролет; 6 – патрубок подачи теплого воздуха

Как видно на рисунке 5, летом, из-за высокого положения солнца, на вертикально расположенные коллекторы будет поступать минимальное количество солнечного излучения, что позволит снизить избыточное поступление тепла.

Для подтверждения работоспособности и эффективности функционирования предлагаемого технического решения планируется изготовление действующего макета и проведение серии натуральных экспериментов.

ВЫВОДЫ

В данной статье выявлены недостатки у получивших достаточно широкое распространение вакуумированных трубчатых коаксиальных коллекторов и представлены пути их преодоления.

В работе рассмотрена возможность и целесообразность изменения конструкции традиционных коаксиальных вакуумированных трубчатых солнечных коллекторов. Предложены изменения в конструкции коаксиальных вакуумированных трубчатых солнечных коллекторов, что позволит обеспечить движение жидкого или газообразного теплоносителя, без изменения его фазового состояния, за счет действия гравитационных сил. Предлагаемая конструкция может функционировать полностью автономно и не потребует дополнительных источников энергии для обеспечения циркуляции теплоносителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: справочник: в 4 книгах. — 4-е изд., стер. — М.: МЭИ, [б. г.]. — Книга 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник — 2007. — 632 с. ISBN 978-5-383-00019-9. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72303> (дата обращения: 28.01.2020).
2. Тельдеши, Ю. Мир ищет энергию: Пер. со словацк. / Тельдеши, Ю., Лесны Ю. — М.: Мир, 1981. — 439 с.
3. Даффи, Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Даффи, Дж.А., Бекман У.А. — М.: Мир, 1977. — 420 с.
4. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200026446>.
5. Вакуумные трубки для солнечного коллектора [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://solar-kollektor.ru/img/7830/vakuumnaya_trubka_2.jpg (дата обращения 09.03.19).
6. Вакуумные трубки для солнечного коллектора [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://teplowood.ru/wp-content/uploads/2015/02/Solnechnyj-kollektor-3-600x566.jpg> (дата обращения 10.09.19).

7. Вакуумные трубки для солнечного коллектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplowood.ru/wp-content/uploads/2015/02/Solnechnyj-kollektor-5-600x545.jpg> (дата обращения 10.03.18).

8. Вакуумные трубки для солнечного коллектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/images/search?text=вакуумные%20трубки%20для%20солнечного%20коллектора&stype=image&lr=959&source=wiz&p=2&pos=88&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fopt-1173647.ssl.ic-bitrix-cdn.ru%2Fupload%2Fmedialibrary%2Fede%2Fede9d55efa7aaca3766a2023f84a9221.jpg%3F149141852934546&rlt_url=http%3A%2F%2Fekoproekt-energo.ru%2Fimages%2Farticles%2F%25D0%25BA%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2582%25D0%25BE%25D1%2580%2520%25D1%258D%25D1%2584%25D1%2584%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2582%2F6.jpg&ogl_url=https%3A%2F%2Fopt-1173647.ssl.ic-bitrix-cdn.ru%2Fupload%2Fmedialibrary%2Fede%2Fede9d55efa7aaca3766a2023f84a9221.jpg%3F149141852934546 (дата обращения 07.02.20).

9. Вакуумные трубки для солнечного коллектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/images/search?text=вакуумные%20трубки%20для%20солнечного%20коллектора&stype=image&lr=959&source=wiz&pos=39&img_url=https%3A%2F%2Fsunenergy.com.ru%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F03%2F%25D0%25A4%25D0%25BE%25D1%2582%25D0%25BE-11-%25D0%2592%25D0%25B0%25D0%25BA%25D1%2583%25D1%2583%25D0%25BC%25D0%25BD%25D1%258B%25D0%25B9-%25D0%25BA%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2582%25D0%25BE%25D1%2580-%25D1%2581-%25D1%2582%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25BE%25D1%2582%25D1%2580%25D1%2583%25D0%25B1%25D0%25BA%25D0%25B0%25D0%25BC%25D0%25B8.-%25D0%25A2%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25BE%25D1%2582%25D1%2580%25D1%2583%25D0%25B1%25D0%25BA%25D0%25B0-%25D0%25B8-%25D0%25B5%25D0%25B5-%25D0%25BF%25D1%2580%25D0%25B8%25D0%25BD-%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25BF-%25D1%2580%25D0%25B0%25D0%25B1%25D0%25BE%25D1%2582%25D1%258B.jpg&rpt=simage (дата обращения 07.02.20).

10. Одинцов, А.Н. Заявка на выдачу патента РФ на изобретение № 2017113582.

11. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gostrf.com/norma_data/7/7001/index.htm.

ABOUT THE POSSIBILITY OF COOLANT FLOWING THROUGH THE PIPES OF THE SOLAR COLLECTOR SYSTEM FOR HEATING

Odintsov A.N., Nichkova L.A., Zaruk I.I.

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

Annotation. This article discusses the impact of anthropogenic pressure on the environment, in particular, the tendency for the average global temperature to change on the earth's surface. As one of the factors that have a significant effect on the increase in temperature should certainly include an increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. Although over the past century of instrumental observations, its concentration has increased from 0.02% to 0.03%, the effect of this change is felt in all corners of the planet. One of the ways to reduce the anthropogenic load is the search for ways to further, more efficiently use the energy of solar radiation to heat various buildings and structures. The article considers the possibility and feasibility of changing the framework of traditional coaxial vacuum tubular solar collectors. The proposed changes in the framework of traditional coaxial vacuum tubular solar collectors will allow the movement of a liquid or gaseous coolant, without changing its phase state, due to the action of gravitational forces. The proposed framework can function completely autonomously and does not require additional energy sources for ability of circulation of the coolant.

Keywords: solar radiation, phase transition, heat loss, glass tube, vacuum, convection, heat transfer agent.