



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 536.24

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКУУМНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Канарейкин А.И.

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)», Москва, Россия, (117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: kanareykins@mail.ru

Статья посвящена вопросам теплопередачи внутри горизонтальной теплообменной трубы. Предметом исследования является безразмерный коэффициент сопротивления при естественной циркуляции жидкости внутри горизонтальных труб теплообменника. В настоящее время многие жилые здания и предприятия используют солнечные системы водяного отопления. Это экономичный и надежный вид горячего водоснабжения. Нагрев воды для бытовых целей или отопление с использованием солнечной энергии - это естественный и простой метод экономии энергии и сохранения запасов ископаемого топлива. Использование возобновляемых источников энергии актуально для всех стран мира. В статье рассматривается вопрос повышения энергоэффективности системы солнечного теплоснабжения зданий на основе вакуумных коллекторов с естественной циркуляцией теплоносителя

Ключевые слова: Вакуумный коллектор, теплообмен, теплопроводность, естественная циркуляция, естественная конвекция, ламинарное течение.

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF VACUUM COLLECTORS THROUGH THE USE OF NATURAL CIRCULATION

Kanareykin A.I.

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia, (117485, Moscow, st. Miklukho-Maklaya 23), e-mail: kanareykins@mail.ru

The article is devoted to the issues of heat transfer inside a horizontal heat exchange pipe. The subject of the study is the dimensionless coefficient of resistance in the natural circulation of liquid inside the horizontal pipes of the heat exchanger. Currently, many residential buildings and businesses use solar water heating systems. This is an economical and reliable type of hot water supply. Heating water for domestic purposes or heating using solar energy is a natural and simple method of saving energy and preserving fossil fuel reserves. The use of renewable energy sources is relevant for all countries of the world. The article deals with the issue of increasing the energy efficiency of the solar heat supply system of buildings based on vacuum collectors with natural circulation of the coolant.

Keywords: Vacuum collector, heat exchange, thermal conductivity, natural circulation, natural convection, laminar flow.

На сегодня Солнце является самым мощным возобновляемым источником энергии для нашей планеты: количество энергии, падающей на поверхность земли от солнца в день, превышает мировое потребление в год. Солнечную энергию можно использовать как для выработки электроэнергии, так и для отопления и освещения жилых и производственных помещений, нагрева воды [1, 2]. Являясь экологически чистым возобновляемым источником энергии, который не выделяет углекислый газ и не зависит от ископаемых ресурсов, солнечная

энергия способствует диверсификации источников энергии, повышению энергоэффективности и экономии денег и ресурсов.

Существуют различные технологии преобразования и использования солнечной энергии. Солнечные системы теплоснабжения получили масштабное практическое применение для теплоснабжения жилых и общественных зданий [3, 4]. В мировой практике наиболее широко используются плоские и трубчатые вакуумированные солнечные коллекторы.

Несмотря на столь впечатляющий объем внедрения, многие вопросы проектирования и построения вакуумных коллекторов остаются нерешенными по сей день, поскольку действующие нормативные документы и руководства по их проектированию не содержат достаточной информации по их применению и расчету.

Целью работы является повышение эффективности солнечных коллекторов за счет использования естественной циркуляции.

Существуют солнечные коллекторы различных размеров и конструкций в зависимости от их применения. Они могут обеспечивать горячее водоснабжение либо использоваться для предварительного нагрева воды для существующих водонагревателей. Солнечный коллектор - устройство для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных панелей, которые вырабатывают электроэнергию напрямую, солнечный коллектор нагревает охлаждающий материал.

Основным элементом коллектора является поглотитель, представляющий собой пластину из меди или алюминия, зачерненную с одной стороны по специальной технологии. На самом деле это почернение при просмотре "на глаз" может иметь голубоватый оттенок, но способность поглощать необходимый спектр солнечного излучения у такой поверхности во много раз выше, чем при покрытии пластины самой черной из всех возможных красок или пигментов. Кроме того, зачерненная поверхность обязательно должна быть матовой.

В вакуумированных системах с прямой передачей тепла воде вакуумные трубки подсоединены к накопительному баку (рис. 1). Из контура теплообменника вода поступает непосредственно в трубки, нагревается и возвращается обратно. Такие системы также называются термосифонными. К преимуществам этих систем можно отнести прямую передачу тепла воде без участия других элементов. Термосифонные системы работают по принципу естественной конвекции, когда теплая вода поднимается вверх. В термосифонных системах резервуар должен располагаться над коллектором. По мере того как вода в коллекторных трубках нагревается, она становится легче и естественным образом поднимается к верхней части резервуара. Более холодная вода из резервуара стекает вниз по трубам, обеспечивая таким образом циркуляцию по всей системе. Такая система обладает минимальным гидравлическим сопротивлением.

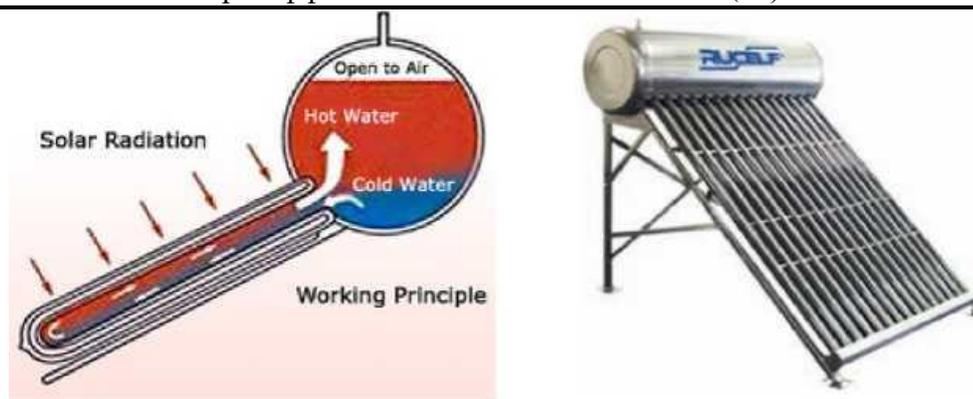


Рисунок 1 – Схема вакуумированного коллектора с прямой передачей тепла воде (а) и его внешний вид (б).

В литературных источниках приводится несколько путей повышения эффективности солнечных коллекторов. В данной работе для этой цели предлагается использовать естественную циркуляцию теплоносителя, которая возникает и развивается при наличии небольших градиентов статического давления, возникающей из-за разной плотности воды в окружающей среде и элементах теплообменника и циркуляционной системы.

Главным же условием свободно конвективного движения является неравномерность распределения плотностей, которая определяется неравномерностью температурного поля [5-11]. Если движение не является в чистом виде естественно-конвективным. В таких случаях говорят о так называемой естественной циркуляции. Её применение имеет ряд важных преимуществ: малый расход энергии на собственные нужды, отсутствие побудителя движения охлаждающей воды [12, 13].

Рассматривая природу происхождения движущей силы, следует отметить, что если ρ_{∞} - плотность холодной невозмущенной жидкости, а ρ - плотность более нагретой жидкости, то подъемная сила, действующая на единицу объема в гравитационном поле, равна $(\rho_{\infty} - \rho)g$, где g - ускорение свободного падения.

Естественная циркуляция воды возникает и развивается при наличии небольших градиентов статического давления, определяемых разницей в гидростатических давлениях, образующихся из-за различной плотности воды в окружающей среде и элементов теплообменника и системы циркуляции [14-19]. Разница в плотности может быть выражена в зависимости от теплового коэффициента объемного расширения жидкости β , который равен

$$\beta = \frac{\rho_{\infty} - \rho}{\rho(T - T_{\infty})} \quad (1)$$

Использование естественной циркуляции обеспечивает ряд важных преимуществ: отсутствие стимула для перемещения охлаждающей воды и, как следствие, отсутствие средств автоматизации, контроля и управления.

В зависимости от условий компоновки или из-за изменения пространственного положения объекта, на котором установлен теплообменник, последний часто может занимать наклонное положение. Это влияет на интенсивность теплообмена при естественной циркуляции воды, а также в случае вязко-гравитационного течения в условиях принудительной циркуляции. В горизонтальной трубе с вязко-гравитационным потоком теплообмен протекает более интенсивно, чем в вертикальной.

В то же время, когда трубы теплообменника наклонены, проекция высоты столба нагретой воды на вертикаль уменьшается, а, следовательно, и приводное давление естественной циркуляции. Результатом этого должно стать снижение скорости потока воды и интенсивности теплообмена, что скажется на энергоэффективности вакуумного коллектора.

Таким образом, в данной работе была рассмотрена возможности применения использования солнечных коллекторов для горячего водоснабжения. Это экономичный и надежный вид горячего водоснабжения. Использование солнечных коллекторов для горячего водоснабжения зданий является перспективной и экономически выгодной. Также было показано, что можно повысить эффективность солнечных коллекторов, используя естественную циркуляцию.

Список литературы

1. Лошкарева Е.А., Канарейкин А.И. Определение температурной зависимости коэффициента заполнения солнечного элемента // В сборнике: научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. материалы докладов. Сер. "Естественные и технические науки. 2022" Калуга, 2022. С. 157-162.
2. Канарейкин А.И. О влиянии температурного фактора на эффективность солнечных панелей // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности, 2023. Т. 8. № 1 (27). С. 103-107.
3. Алмаев А. Ю. Лушкин И. А. Использование солнечной энергии для теплоснабжения систем горячего водоснабжения в индивидуальном жилищном строительстве // Вестник НГИЭИ, 2014. № 12 (43). С. 5–9.
4. Петросян А. Л. Использование солнечной энергии и тепловых насосов для теплоснабжения жилых зданий // Сб научн. трудов. Ереванского гос. университета архитектуры и строительства. II том, 2003. С. 122–124.
5. Петухов Б. С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах, «Энергия», 1967. 412с.
6. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А., «Свободно – конвективный теплообмен»: справочник. Минск: Наука и техника, 1982.
7. Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Г., «Введение в теорию свободно – конвективно-го теплообмена». Л.: изд-во ЛГУ, 1982.
8. Петражицкий Г.Б., Ключников Ф.В., Бекнева Е.В. «Численные исследования свободно-конвективных циркуляционных течений и процессов переноса тепла в замкнутых полостях различной конфигурации». М.: Наука, 1975.
9. Берковский Б.М., Полевиков В.К. «Исследования теплообмена в условиях высокоинтенсивной свободной конвекции». В кн.: Теплообмен-1974. М.: Наука, 1975.
10. Петухов Б. С. и Поляков А. Ф. О влиянии свободной конвекции на теплоотдачу при вынужденном течении в горизонтальной трубе, «Теплофизика высоких температур», 1967, т. 5, № 2.
11. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) pp.152 – 157.
12. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: дис. канд. техн. наук. Калуга, 2011. 113 с.

13. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: автореф. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2011. 20 с.
14. Мильман О.О., Канарейкин А. И. Исследование теплообмена в области ламинарного течения при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой // Вестник Калужского университета. 2008. № 3. С. 9-11.
15. Канарейкин А. И. Решение задачи теплообмена при естественной циркуляции внутри теплообменника с вытяжной шахтой в ламинарной области течения // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Челябинск, 2009. №11. С.328-333.
16. Канарейкин А. И. Определение коэффициента сопротивления внутри горизонтального теплообменника при естественной циркуляции // В сборнике: Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Региональная университетская научно-практическая конференция. Сер. "Естественные науки" Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского. 2015. С. 200-202.
17. Канарейкин, А. И. Оценка влияния тангенциальной составляющей теплового потока на процесс теплообмена внутри труб при естественной циркуляции // Научный альманах Центрального Черноземья. 2022. № 3-1. С. 18-22.
18. Канарейкин, А. И. Определение сопротивления при естественной циркуляции внутри горизонтальной теплообменной трубы // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2023. Т. 8 № 5(31) ч.1 С. 80–84.
19. Канарейкин, А. И. Сравнение процесса теплообмена при естественной конвекции и при естественной циркуляции в ламинарной области течения в круглой трубе при граничных условиях второго рода // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2023. Т. 8 № 5(31) ч.1 С. 85–89.

References

1. Loshkareva E.A., Kanarekin A.I. Determination of the temperature dependence of the coefficient of filling of a solar cell // In the collection: Scientific works of Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky. Materials of the reports. Ser. "Natural and technical sciences. 2022" Kaluga, 2022. pp. 157-162.
2. Kanareykin A.I. On the influence of the temperature factor on the efficiency of solar pan-els // International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency, 2023. Vol. 8. No. 1 (27). pp. 103-107.
3. Almaev A. Yu. Lushkin I. A. The use of solar energy for heat supply of hot water supply systems in individual housing construction // Bulletin of NGIEI, 2014. No. 12 (43). pp. 5-9.
4. Petrosyan A. L. The use of solar energy and heat pumps for heat supply of residential buildings // Sb nauchn. works. Yerevan State University. University of Architecture and Construc-tion. Volume II, 2003. pp. 122-124.
5. Petukhov B. S. Heat exchange and resistance during laminar fluid flow in pipes, "Energy", 1967. 412с.
6. Martynenko O.G., Sokovishin Yu.A., "Free –convective heat exchange": reference. Minsk: Science and Technology, 1982.

7. Sokovishin Yu.A., Martynenko O.G., "Introduction to the theory of free-convective heat transfer". L.: LSU Publishing House, 1982.
 8. Petrazhitsky G.B., Klyushnikov F.V., Bekneva E.V. "Numerical studies of free-convective circulation flows and heat transfer processes in closed in areas of various configurations". Moscow: Nauka, 1975.
 9. Berkovsky B.M., Polevnikov V.K. "Studies of heat transfer in conditions of high-intensity free convection". In: Heat exchange-1974. Moscow: Nauka, 1975.
 10. Petukhov B. S. and Polyakov A. F. On the effect of free convection on heat transfer during forced flow in a horizontal pipe, "High temperature Thermophysics", 1967, vol. 5, No. 2.
 11. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) pp.152 – 157.
 12. Kanareykin A. I. Heat exchange during natural circulation inside heat exchanger tubes with exhaust shaft during laminar flow: dis. candidate of Technical Sciences. Kaluga, 2011. 113 p.
 13. Kanarekin A. I. Heat exchange during natural circulation inside the heat exchanger tubes with an exhaust shaft during laminar flow: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Yekaterinburg, 2011. 20 p.
 14. Milman O.O., Kanarekin A. I. Investigation of heat exchange in the field of laminar flow with natural circulation inside the pipes of a heat exchanger with an exhaust shaft // Bulletin of Kaluga University. 2008. No. 3. pp. 9-11.
 15. Kanareykin A. I. Solving the problem of heat exchange with natural circulation inside a heat exchanger with an exhaust shaft in the laminar flow region // Bulletin of the Chelyabinsk State Pedagogical University. Chelyabinsk, 2009. No. 11. pp. 328-333.
 16. Kanarekin A. I. Determination of the coefficient of resistance inside a horizontal heat exchanger with natural circulation // In the collection: Scientific works of K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University. Regional University scientific and practical conference. Ser. "Natural Sciences" Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky. 2015. pp. 200-202.
 17. Kanarekin, A. I. Assessment of the influence of the tangential component of the thermal current on the heat exchange process inside pipes during natural circulation // Scientific Alma-na of the Central Chernozem region. 2022. No. 3-1. pp. 18-22.
 18. Kanarekin, A. I. Determination of resistance during natural circulation inside a horizontal heat exchange pipe // International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency. 2023. Vol. 8 No. 5(31) part 1 pp. 80-84.
 19. Kanarekin, A. I. Comparison of the heat exchange process with natural convection and with natural circulation in the laminar flow region in a round tube under boundary conditions of the second kind // International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency. 2023. Vol. 8 No. 5(31) part 1 pp. 85-89.
-