

Турсунбаев Ж.Ж., Матисаков Т.К., Эргашов М.О.

СИФОН ЭФФЕКТИСИ БАР КҮН ЖЫЛЫТУУ СИСТЕМАСЫНЫН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ

Турсунбаев Ж.Ж., Матисаков Т.К., Эргашов М.О.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ЭФФЕКТОМ СИФОНА

Zh. Tursunbaev, T. Matisakov, M. Ergashov

MATHEMATICAL MODEL FOR A SOLAR HEATING SYSTEM WITH SIPHON EFFECT

УДК: 662.997

Учурда дүйнөнүн көптөгөн өлкөлөрүндө күн радиациясын пайдалануу менен тиричилик муктаждыктары үчүн сууну жылытуу технологиялары жакшы өнүккөн жана рынокто кеңири жеткиликтүү. Ошого карабастан сууну күн жылытуу системаларын долбоорлоодо аны пайдалануунун табигый-климаттык зоналарын эсепке алуу менен дайыма өркүндөтүлүүдө. Кыргызстанда сифон эффектиси бар күн жылуулук коллекторлорунун системасын иштеп чыгуу боюнча илимий-изилдөөлөр кеңири белгилүү болуп жатат. Сифондун жардамы менен жылуулук менен камсыздоо системасынын математикалык моделин алуу үчүн макрокинетика жана химиялык газ динамикасынын моделдерин түзүү үчүн жалпы кабыл алынган принциптерди колдонуу менен идеалдуу газ үчүн негизги мамилелерди колдондук. Алардын анализинин негизинде күн коллекторлору тарабынан күндөн алынган энергия жана жылуулук жоготууларынан улам болгон энергия жоготуулары, анын ичинде күн жылытууда маанилүү аспект болуп саналган коллекторлордун бети аркылуу жылуулук жоготуулары эске алынган теңдеме түзүлдү. сифонду колдонуу системасы. Сифону жана резервуары бар системада муздаткычтын масса балансын эсепке алуу үчүн теңдемелер алынган. Алар күн жылытуу системасынын сандык моделдөө программасына киргизилиши мүмкүн

Негизги сөздөр: күн коллекторлору, сифон, суу жылытуу түзүлүштөрү, күн жылытуу, система, математикалык модел, эффект, резервуар, жылуулук жоготуу, энергия.

В настоящее время во многих странах мира технологии нагрева воды для бытовых целей солнечным излучением достаточно хорошо отработаны и широко доступны на рынке. Несмотря на это идет постоянное совершенствование конструкций системы солнечных водонагревательных установок с учетом природно-климатических зон его использования. В Кыргызстане получает популярность исследование с целью разработки системы солнечных тепловых коллекторов с эффектом сифона. Для вывода математической модели для системы теплоснабжения с использованием сифона мы воспользовались основными соотношениями для идеального газа, используя общепринятые принципы построения моделей макрокинетики и химической газодинамики. На основании их анализа составлены уравнение учитывающие получение энергии от солнца солнечными коллекторами и потери энергии из-за теплопотерь в том числе потери тепла через поверхность коллекторов, что является важным аспектом в системе солнечного теплоснабжения с использованием сифона. Получены уравнения позволяющие учитывать баланс массы теплоносителя в системе с сифоном и резервуаром. Они могут быть включены в программу для численного моделирования систе-

мы солнечного теплоснабжения.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, сифон, водонагревательные установки, солнечное теплоснабжения, система, математическая модель, эффект, резервуар, теплопотери, энергия.

Currently, in many countries around the world, technologies for heating water for domestic purposes using solar radiation are quite well developed and widely available on the market. Despite this, there is a constant improvement in the design of solar water heating systems, taking into account the natural and climatic zones of its use. In Kyrgyzstan, research is gaining popularity in order to develop a system of solar thermal collectors with a siphon effect. To derive a mathematical model for a heat supply system using a siphon, we used the basic relations for an ideal gas, using generally accepted principles for constructing models of macro kinetics and chemical gas dynamics. Based on their analysis, an equation was drawn up that takes into account the energy received from the sun by solar collectors and energy losses due to heat losses, including heat loss through the surface of the collectors, which is an important aspect in a solar heating system using a siphon. Equations have been obtained to take into account the mass balance of the coolant in a system with a siphon and a reservoir. They can be included in a program for numerical simulation of a solar heating system.

Key words: solar collectors, siphon, water heating installations, solar heating, system, mathematical model, effect, reservoir, heat loss, energy.

Введение. В настоящее время во многих странах мира технологии нагрева воды для бытовых целей солнечным излучением достаточно хорошо отработаны и широко доступны на рынке. Например, в США более 60% частных и общественных плавательных бассейнов обогреваются за счет солнечной энергии (простыми без стекловыми, без тепловой изоляции, как правило пластиковыми солнечными коллекторами). В Израиле 80% всех жилых домов обеспечены солнечными водонагревателями [1].

Несмотря на это идет постоянное совершенствование конструкций системы солнечных водонагревательных установок с учетом природно-климатических зон его использования. В Кыргызстане получает популярность исследование с целью разработки системы солнечных тепловых коллекторов с эффектом сифона [2-7].

Результаты исследования.

Для вывода математической модели для системы теплоснабжения с использованием сифона необходимо воспользоваться основными соотношениями для идеального газа [1-5].

На основании этих исследований можно констатировать, что для процессов происходящих в адиабатическом реакторе они эффективны и необходимы, но значительно отличаются от системы солнечных водонагревательных установок, которые просты и доступны для обслуживания, с широким кругом их использования.

Поэтому для разработки базовой математической модели для системы солнечного теплоснабжения с эффектом сифона, необходимо учитывать основные физические процессы, происходящие в системе, то есть:

1. Энергетический баланс солнечных коллекторов:

Энергия, поглощенная солнечными коллекторами, должна учитываться в уравнении энергетического баланса:

$$Q = A \times G \times \eta - U \times (T_k - T_o) \quad (1)$$

где: Q – полученная энергия; A – площадь солнечных коллекторов; G – солнечная радиация; η – эффективность солнечных коллекторов; U – теплопередача через поверхность коллектора; T_k – температура коллектора; T_o – температура окружающей среды.

2. Уравнение движения теплоносителя через сифон:

Для учета движения теплоносителя через сифон используем уравнение баланса массы:

$$\frac{d(mC_p T_{TH})}{dt} = m_1 C_p (T_{ВХ} - T_{ТН}) - U_{ПОТ} A_{ПОТ} (T_{ТН} - T_{ОКР}) \quad (2)$$

где: m – масса теплоносителя; m_1 – расход теплоносителя; C_p – удельная теплоемкость теплоносителя; $T_{ТН}$ – температура теплоносителя; $T_{ВХ}$ – температура входа теплоносителя; $A_{ПОТ}$ – площадь сечения сифона.

3. Уравнение для температуры теплоносителя в резервуаре:

Уравнение теплового баланса для теплоносителя в резервуаре:

$$\frac{d(mC_p T_{РЕЗ})}{dt} = m_1 C_p (T_{ТН} - T_{РЕЗ}) - U_{ПОТ} A_{РЕЗ} (T_{РЕЗ} - T_{ОКР}) \quad (3)$$

где: $T_{РЕЗ}$ – температура теплоносителя в резервуаре; $A_{РЕЗ}$ – площадь поверхности резервуара.

4. Составление система уравнений. Система уравнений будет включать уравнения энергетического баланса для солнечных коллекторов, уравнение баланса массы для теплоносителя в сифоне и резервуаре, а также уравнения теплопередачи.

Уравнение энергетического баланса для системы солнечного теплоснабжения с использованием сифона можно записать, учитывая энергию, поступающую и теряющуюся в системе. Предположим, что у нас есть солнечные коллекторы с трубопроводами, через которые циркулирует теплоноситель (например, вода), и солнечная радиация поглощается коллекторами. Энергетический баланс может быть выражен следующим уравнением:

$$Q_{эс} = Q_c - Q_n; \quad (4)$$

где: $Q_{эс}$ – энергия, получаемая системой; Q_c – энергия, поступающая от солнца; Q_n – энергия, потерянная из-за теплопотерь.

Теперь давайте разложим каждый из этих компонентов:

4.1. Энергия, поступающая от солнца (Q_c):

Эта энергия зависит от солнечной радиации, площади солнечных коллекторов и их эффективности.

$$Q_c = A_k \times G \times \eta_k; \quad (5)$$

где: A_k – площадь солнечных коллекторов; G – солнечная радиация; η_k – эффективность солнечных коллекторов.

4.2. Энергетические потери (Q_n):

Энергетические потери включают потери от теплопередачи и другие потери, такие как потери из-за теплового излучения и конвекции.

$$Q_{\Pi} = U_{\text{пк}} A_{\text{пп}} (T_{\text{к}} - T_{\text{ос}}) \quad (6)$$

где: $U_{\text{пк}}$ – теплопередача через поверхность коллектора; $A_{\text{пп}}$ – площадь поверхности потерь; $T_{\text{к}}$ – температура солнечных коллекторов; $T_{\text{ос}}$ – температура окружающей среды.

Объединяя эти компоненты, получаем уравнение энергетического баланса (см. уравнение 7):

$$Q_{\text{эс}} = Q_{\text{с}} - Q_{\text{п}} = A_{\text{к}} G \eta_{\text{к}} - U_{\text{пк}} A_{\text{пп}} (T_{\text{к}} - T_{\text{ос}}); \quad (7)$$

Это уравнение (7) учитывает получение энергии от солнца солнечными коллекторами и потери энергии из-за теплопотерь в том числе потери тепла через поверхность коллекторов, что является важным аспектом в системе солнечного теплоснабжения с использованием сифона. В случае системы с сифоном, также учитывайте энергетический баланс сифона и резервуара.

Уравнения баланса массы для теплоносителя в сифоне и в резервуаре могут быть составлены, учитывая входящий и выходящий потоки теплоносителя. Давайте обозначим массовый расход теплоносителя как (m_2), температуру как (T), удельную теплоемкость как (C_p), площадь сечения как (A), а массу как (m).

4.3. Уравнение баланса массы в сифоне:

Для сифона, предположим, что теплоноситель поступает сверху и выходит снизу. Уравнение баланса массы может быть записано следующим образом:

$$\frac{dm}{dt} = m_{2\text{вх}} - m_{2\text{вых}} \quad (8)$$

где: dm/dt – изменение массы теплоносителя в сифоне по времени, $m_{2\text{вх}}$ – массовый расход теплоносителя на входе в сифон, $m_{2\text{вых}}$ – массовый расход теплоносителя на выходе из сифона.

Если предположить, что в сифоне нет накопления массы, то ($dm/dt = 0$) и уравнение упрощается:

$$m_{2\text{вх}} = m_{2\text{вых}}; \quad (9)$$

4.4. Уравнение баланса массы в резервуаре:

Для резервуара, где теплоноситель может находиться в течение длительного времени, уравнение баланса массы принимает следующую форму:

$$\frac{dm}{dt} = m_{\text{р.вх}} - m_{\text{р.вых}} \quad (10)$$

где, теперь (dm/dt) представляет изменение массы теплоносителя в резервуаре по времени, а ($m_{\text{р.вх}}$) и ($m_{\text{р.вых}}$) – массовые расходы на входе и выходе из резервуара.

Если предположить отсутствие накопления массы в резервуаре ($dm/dt = 0$), то уравнение упрощается:

$$m_{\text{р.вх}} = m_{\text{р.вых}} \quad (11)$$

Эти уравнения позволяют учитывать баланс массы теплоносителя в системе с сифоном и резервуаром. Они могут быть включены в вашу программу для численного моделирования системы солнечного теплоснабжения.

5. Численное решение:

Используя численные методы (например, метод Эйлера, метод Рунге-Кутты) можно решить системы уравнений с учетом начальных и граничных условий. Это базовая модель, и в зависимости от конкретных характеристик системы и точности, которую мы хотим достичь, могут потребоваться дополнительные уточнения и расчеты.

Выводы:

1. Составлены уравнения учитывающие получение энергии от солнца солнечными коллекторами и потери энергии из-за тепло-потерь в том числе потери тепла через поверхность коллекторов, что является важным аспектом в системе солнечного теплоснабжения с использованием сифона.

2. Получены уравнения позволяющие учитывать баланс массы теплоносителя в системе с сифоном и резервуаром. Они могут быть включены в программу для численного моделирования системы солнечного теплоснабжения.

Литература:

1. Дибирова М.М. Об экономической целесообразности применения солнечных водонагревательных установок в Республике Дагестан [Текст] / М.М. Дибирова, М.А. Амадиева, М.Г. Дибиров. – Махачкала: / Региональные проблемы экономики, №10, 2018. – С. 156-162.
2. Турсунбаев Ж.Ж. Особенности работы солнечных установок с эффектом сифона [Текст] / Ж.Ж. Турсунбаев, А.А. Тагайматова. – Бишкек: Вестник КНУ им. Ж.Баласагына, №3(111), 2022. – С. 346-352.
3. Тагайматова А.А. Установка солнечного горячего водоснабжения с эффектом сифона [Текст]: дисс. ...канд. техн. наук: 05.14.08 / А.А. Тагайматова. – Бишкек, 2010. – 114с.
4. Турсунбаев Ж.Ж. Мощности солнечного отопления для компенсации тепловых потерь одноэтажных домов [Текст] / [Ш.И. Клычев, И.Г. Кенжаев, Ж.Ж. Турсунбаев и др.]. – Ташкент: Гелиотехника, 2023.
5. Рябинин В.К. Математическое моделирование адиабатического периода индукции для метан-кислородной смеси в широком диапазоне начальных давлений и температур [Текст] / В.К. Рябинин, Ю.М. Ковалев. – Югра: Вестник ЮУрГУ. Сер. Математическое моделирование программ. - Т.6. - №3. - 2013. - С. 3-71.
6. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике [Текст] / Д.А. Франк-Каменецкий. – М.: Наука, 1987, – 502с.
7. Зильдович Я.Б. Математическая теория горения и взрыва [Текст] / [Я.Б. Зильдович, Г.И. Баранблат, Б.Б. Либрович и др.]. – М.: Наука, 1980. – 478с.
8. Оран Э. Численное моделирование реагирующих потоков [Текст] / Э.Оран, Дж. Борис. – М.: Мир, 1980. – 660с.
9. Гурвич Л.В. Термодинамические свойства индивидуальных веществ [Текст] / Л.В. Гурвич. – М.: в 4-х томах, 1978-1982. – 641с.
10. Кенжаев И.Г., Турсунбаев Ж.Ж. Анализ термодинамических процессов происходящих в энергоустановках // Известия ВУЗов (Кыргызстан). 2011. №6. С. 16-17. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26534681>
11. Турсунбаев Ж.Ж. Определение площади миделя параболоидного концентратора для солнечной энергетической установки // Вестник Кыргызстана. 2022. №2-2. С. 148-156. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50397455>