



ОТОПЛЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Садыков Ж.Д., Файзиев Т.А., Хамраев Т.Я., Хидиров М.М., Умарова Ф.

Каршинский инженерно-экономический институт, 180100, Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье рассмотрена пассивная система солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой для отопления и вентиляции сельскохозяйственных зданий и сооружений. Энергоэффективность пассивных систем солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой напрямую зависит от температуры внешней поверхности теплоаккумулирующей стенки. Теплоаккумулирующая стенка пассивной системы солнечного отопления изготовлена из композитного материала с высокой теплопроводностью. Это увеличивает теплопроводность стенки и приводит к уменьшению потерь тепла в окружающую среду за счет снижения температуры внешней зачерненной поверхности теплоаккумулирующей стенки.

Ключевые слова: сельскохозяйственные здания и сооружения, пассивная система солнечного отопления, теплопроводность, теплоаккумулирующая стенка, композиционный материал.

PASSIV QUYISH ISITISH TIZIMLARIDAN FOYDALANIB QISHLOQ XO‘JALIGI BINOLARI VA INSHOOTLARINI ISITISH VA ENERGIYA SAMARALIGINI OSHIRISH

Sodiqov J.D., Fayziev T.A., Xamraev T.Ya., Xidirov M.M., Umarova F.

Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti, 180100, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada qishloq xo‘jalik bino va inshootlarni isitish va shamollatish uchun issiqlik akkumulyator devorli passiv quyosh isitish tizimi ko‘rib chiqilgan. Issiqlik akkumulyator devorli passiv quyosh isitish tizimlarining energiya samaradorligi to‘g‘ridan-to‘g‘ri issiqlik akkumulyator devorini tashqi yuzasining haroratiga bog‘liq. Passiv quyosh isitish tizimining issiqlik akkumulyator devori yuqori issiqlik o‘tkazuvchanligiga ega bo‘lgan kompozit materialdan tayyorlangan. Bu issiqlik akkumulyator devorning issiqlik o‘tkazuvchanligini oshiradi hamda devorning tashqi qoraygan yuza haroratini pasayishi tufayli atrof-muhitga issiqlik yo‘qotilishining kamayishiga olib keladi.

Kalit so‘zlar: qishloq xo‘jalik bino va inshootlari, passiv quyosh isitish tizimi, issiqlik o‘tkazuvchanlik, issiqlik akkumuluatorli devor, kompozitli material.

HEATING AND INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF AGRICULTURAL BUILDINGS AND STRUCTURES USING PASSIVE SOLAR HEATING SYSTEMS

Sadykov Zh.D., Faiziev T.A., Khamraev T.Ya., Khidirov M.M., Umarova F.

Karshi Engineering Economic Institute, 180100, Karshi, Uzbekistan

Annotation: The paper considers a passive solar heating system with a heat storage wall for heating and ventilation of agricultural buildings and structures. The energy efficiency of passive solar





heating systems with a thermal storage wall is directly dependent on the temperature of the external surface of the thermal storage wall. The heat storage wall of the passive solar heating system is made of a composite material with high thermal conductivity. This increases the thermal conductivity of the wall and results in reduced heat loss to the environment by lowering the temperature of the outer blackened surface of the heat storage wall.

Key words: *agricultural buildings and structures, passive solar heating system, thermal conductivity, heat storage wall, composite material.*

Введение. Проблемы обеспечения энергией, возникшие в настоящее время, объясняются в основном ростом потребления первичной энергии на душу населения, ограниченными запасами наиболее качественного и удобного органического топлива-нефти и природного газа, неравномерностью его распределения, ухудшением природно-географических условий их добычи, глубокой диспропорцией мировой системы добычи, распределения и потребления энергии. Поэтому, по вопросам использования возобновляемых источников энергии уделяется серьезное внимание. Эти источники энергии рассматриваются как существенное дополнение к традиционным. Среди возобновляемых источников энергии солнечная энергия по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна. В будущем использования возобновляемых источников энергии, в том числе солнечной энергетике, приобретает особую актуальность.

Практическое использование солнечной энергии получило ошутимое распространение во многих странах благодаря таким ее положительным качествам, как возобновляемость, почти повсеместная распространенность, полная экологическая чистота [1-2].

Одним из потребителей топливно-энергетических ресурсов является сельское хозяйство, причем значительная их часть используется для получения теплоты, которая расходуется на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение производственных, жилых и общественных зданий, создания искусственного микроклимата в сельскохозяйственных зданиях и сооружениях. Одним из основных элементов при создании необходимого микроклимата в помещениях сельскохозяйственных зданий и сооружений является вентиляция. Наличие неорганизованного притока холодного воздуха в отапливаемое помещение приводит к необходимости дополнительного расходования 40...62 кДж теплоты на 1м³ холодного воздуха [3-7].

Эффективность практического использования солнечной энергии для теплоснабжения основывается на следующих принципах: -привязка к конкретному объекту; с учетом его назначения, конструктивных, строительных и архитектурных особенностей; -специфика тепловой нагрузки, радиационно-климатические и географические условия; -уровень экономических и технических возможностей, наличие других источников энергии; - возможность применения комбинированных, дублирующих систем теплоснабжения; - социально-бытовые условия, национальные и местные традиции.

При всем многообразии, системы солнечного теплоснабжения, можно разделить на две группы: -активные; --пассивные.

В пассивных системах роль солнечного коллектора и аккумулятора теплоты обычно выполняют сами ограждающие конструкции здания, а движение теплоносителя (воздуха) осуществляется за счет естественной конвекции без применения вентилятора. Отсутствие расходов на оборудование и незначительное удорожание здания с пассивной системой солнечного отопления по сравнению с обычным зданием делает эти системы весьма перспективными и конкурентоспособными. Поэтому в ряде стран интенсивно развивается направление, связанное с применением так называемых пассивных систем солнечного отопления.

Анализ использования пассивных систем солнечного отопления в условиях Узбекистана позволяет сделать следующие выводы: -системы с прямым поступлением солнечной радиации малоэффективны. В зимний период требуется дополнительный источник тепла, а в летнее время возникает перегрев помещения; -наиболее целесообразно использование косвенных или





изолированных методов обогрева, с массивными аккумуляторами тепла; -эффективным является применение систем отражения и экранирования, которые в летнее время снижают поступление солнечной радиации в здание; зимой - в дневное время увеличивают поступление солнечной радиации, а в ночное время снижают теплопотери; -в условиях Узбекистана пассивные системы за счет солнечной энергии могут обеспечить до 30...60% тепловой нагрузки на обогрев

Материалы и методы. При разработке пассивной солнечной системы в процессе выбора строительных материалов необходимо обратить внимание на их способность удерживать тепло. Эта величина называется объемной теплоемкостью ($\text{Дж}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$) или, другими словами, это то количество тепла, которое способен поглотить и хранить материал. Величина объемной теплоемкости для некоторых часто используемых строительных материалов:

Материал	Плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$)	Объемная теплоемкость ($\text{Дж}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$)
Вода	1000	4186
Бетон	2100	1764
Кирпич	1700	1360
Камень: мрамор	2500	2250

Пассивные системы солнечного отопления основаны на сборе энергии солнечного излучения на зачерненных поверхностях, защищенных прозрачным покрытием, их нагрев с последующей передачей тепла теплопроводностью и свободной конвекцией в обогреваемое помещение. Преимущество системы с теплоаккумулирующей стенкой по сравнению с системой прямого обогрева через остекленные проемы -это наиболее рационально организованное поступление тепла в обогреваемое помещение, которое позволяет уменьшить потери тепла за счет уменьшения сбросового тепла из-за перегрева внутри помещения и максимального поступления его в помещение в наиболее холодное время суток.

Главное преимущество пассивных систем солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой - это наиболее выгодное распределение поступления энергии во времени, уменьшение возможности перегрева и связанным с ним дополнительных потерь тепла. С помощью конструктивных решений можно уменьшить потери тепла от теплоаккумулирующей стенки и тем увеличить эффективность системы.

Большое влияние на эффективность использования солнечной энергии оказывают географическое местоположение и климатические особенности местности. Узбекистан по географическом положении и климатическим условиям являются благоприятными для использования солнечной энергии [2,6].

Одним из наиболее часто встречающихся недостатков конструкции теплоаккумулирующей стенки в проектируемых сооружениях с солнечным теплоснабжением является использование стенки малой аккумулирующей способности при большом ее термическом сопротивлении. Следствием этого становится значительное повышение температуры наружной поверхности стенки, ведущее к увеличению тепловых потерь через остекление [1-2,4,5,6,8-9].

Для расширения масштабов применения пассивных систем солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой в практике теплоснабжения, в первую очередь, необходимо устранить указанные недостатки, сохранив при этом все перечисленные преимущества.

Основная часть. В настоящее время для расчета здания с пассивной системой солнечного отопления разные авторы предлагают различные подходы и методы, которые можно с наибольшей долей условности разделить на три группы:

-к первой из них относятся простейшие способы, основанные на подсчете прихода солнечной радиации в вертикальным или наклонным стенкам, играющим роль приемников радиации, и умножения поглощенного стенкой количества солнечной радиации на один или несколько эмперических коэффициентов для определения полезной теплоты.

-другой подход состоит в расчете температурного режима остекленной коллекторноаккумулирующей стенки при заданной температуре внутри помещения без учета одновременной связи с объектом (зданием) в целом. Оба эти способа являются весьма приближенными и не отражают существа процессов распределение тепла в системе в целом.

-третий подход состоит в подробном математическом описании нестационарных процессов передачи тепла в коллекторно-аккумулирующей стенке, объеме здания и его строительных и ограждающих конструкциях.

В работе [8,9,10] авторами была установлена линейная зависимость среднего значения коэффициента замещения отопительной нагрузки за весь отопительный период от произведения состоящего из: -комплекса относительной среднемесячной осредненной за этот период температуры окружающей среды и температуры внутри объекта; -средне-месячной средней за отопительный период суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность.

Использованная для расчетов программа основывалась на ряде разработок зарубежных авторов и представлена в [2,8,10-11]. Основные ее достоинства заключаются в том, что она: -рассчитана на использование осредненных среднемесячных значений метеорологических условий, публикуемых соответствующими службами для различных районов; -является универсальной; -может быть применена для расчета различных пассивных систем (на пример прямой обогрев или сооружение с теплоаккумулирующей стенкой); -включает непосредственную или опосредованную связь, как с конструктивными особенностями самой системы, так и с архитектурно-строительными изменениями всего сооружения.

Теперь подробно будем рассматривать влияние на систему изменения толщины и теплопроводности теплоаккумулирующей стенки. Следуя электротепловой аналогии и учитывая, что принятая методика относится к квазистационарному приближению с использованием величин осредненных за месяц, количество тепла, прошедшее через теплоаккумулирующей стенки, можно определить посредством простого уравнения теплового баланса.

Для сплошной однородной стенки при отсутствии циркуляции воздуха оно будет иметь вид:

$$Q = [\alpha_{\Sigma}(T_3 - T_2) + \alpha_1(T_3 - T_1)]\Delta\tau \quad (1)$$

где: Q -тепло поглощенное наружной поверхностью теплоаккумулирующей стенки, осредненное за длительный промежуток времени, в течении времени $\Delta\tau$; T_1 -температура окружающей здание среды (осредненные значения); T_2 -температура внутри помещения; T_3 - температура наружной поверхности теплоаккумулирующей стенки. α_{Σ} и α_1 -соответственно суммарные коэффициенты теплопередачи от наружной поверхности теплоаккумулирующей стенке в помещение и к внешней среде.

$$\alpha_{\Sigma} = \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} \quad (2)$$

α_2 -коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности теплоаккумулирующей стенки к воздуху в помещении; δ, λ -толщина и коэффициент теплопроводности стенки.

Из уравнений (2) следует, что эффективность стенки будет возрастать при увеличении α_{Σ} , уменьшений α_1 и T_3 . α_{Σ} будет увеличиваться с увеличением α_2 и при уменьшении δ / λ . На основе этого провели анализ эффективности отопления сооружений с теплоаккумулирующей стенкой из материала с различной теплопроводностью, но с одинаковой плотностью и теплоемкостью. В этом случае для соблюдения подобия или условия одинакового запаздывания тепловой волны, чтобы



максимум повышения температуры внутренней поверхности теплоаккумулирующей стенке приходился на определенное время суток, необходимо соблюдать равенство безразмерного времени или критерия Фурье. Это требование относится к долгосрочным осредненным значениям при изменении температуры в стенке в течении суток.

Так как уравнение теплопроводности в безразмерной форме можно записать

$$\frac{\partial \theta}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} \quad (3)$$

где $X = \frac{x}{\delta}$; $Fo = \frac{a\tau}{\delta^2}$, то для получения одинаковых решений и одинакового запаздывания тепловой волны необходимо чтобы соблюдалось условие:

$$\frac{\lambda}{\delta^2} = \text{idem}; \quad \text{при } c\rho = \text{const.} \quad (4)$$

Обработка результатов расчета выполненных для различных пунктов с соблюдением условия (4) и для различных толщины теплоаккумулирующей стенки позволила установить эмпирическую зависимость увеличения коэффициента замещения с увеличением толщины стенки:

$$\Delta F = K \left(\frac{\delta - \delta_0}{\delta_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Зависимость коэффициента замещения отопительной нагрузки от толщины теплоаккумулирующей стенки при сохранении условия (4) и соответствии с расчетом по (5) проведена в [6]. Для этих расчетов толщина стенки из однородного бетона была принята равной 0,3 метра. Таким образом, если обозначить δ_0 такую толщину стенки, при которой постоянная a может быть принята равной нулю.

Для выполнения условия постоянства произведения плотности на теплоемкость материала стенки т.е. для анализируемых условий могут быть рассмотрены различные варианты конструкции теплоаккумулирующей стенки. Например, добавкой в основной материал, материала с хорошей проводимостью. Для такой стенки, с увеличенной теплопроводностью и аккумулирующей способностью (4), является композиция основного вещества бетона с металлическим волокном, проволокой или стружкой.

В этом случае расчет эффективной теплопроводности может быть выполнен на основе использования принципа обобщенной проводимости в предположении о параллельном соединении проводников тепла через термические сопротивления основного материала и проводников из металла. Как показывают расчеты, выполненные на основе [3,10], незначительная добавка к плохому проводнику тепла металлических волокон сильно увеличивает его теплопроводность и практически не изменяет его объемную теплоемкость.

Если принять, что расположение проводников тепла (на пример металлическая стружка) в основном материала хаотично и увеличение эффективной теплопроводности происходит одинаково по всем координатам (композиционное вещество как бы изотропно), то для расчетной модели можно представить элемент композиционного материала с расположением всей массы металла по трем координатным осям.

Результаты. Применяя по описанную методику [3,6,10-11] определили эффективную теплопроводность композиционного материала с металлическим волокном. Ее расчетные значения приведены в таблице.

Эффективная теплопроводность композиционного материала с металлическим волокном.

№	Материал	$\gamma = 0,1$		$\gamma = 0,2$	
		$\lambda_{эфф}$ Вт/м К	$\lambda_{эфф} / \lambda$	$\lambda_{эфф}$ Вт/м К	$\lambda_{эфф} / \lambda$
1	Сталь	2,60	3,0	4,59	5,3
2	Железо	3,08	3,6	5,63	6,5
3	Латунь	5,01	5,8	9,77	11,3
4	Алюминий	8,55	9,9	17,37	20,1
5	Медь	15,62	18,0	32,64	37,7

Отсюда видно, что эффективная теплопроводность композиционного материала в 3-18 раз превышает теплопроводность основного материала теплоаккумулирующей стенки. Эти цифры соответствуют хаотичному распределению в бетоне материала с высокой теплопроводностью. Для бетона и металла добавка десяти процентов по объему металла увеличивает теплопроводность композиционного материала по крайней мере на порядок. При этом произведение теплоемкости на плотность композиционного материала практически не меняется по сравнению с их произведением для основного материала теплоаккумулирующей стенки.

Для повышения теплопередающей способности теплоаккумулирующей стенки является использование перфорированной теплоаккумулирующей стенки, которые позволяют повысить интенсивность теплосъема с лучевоспринимающей поверхности теплоаккумулирующей стенки в период инсоляции и могут быть использованы как вентиляционные устройства, с естественной или принудительной подачей воздуха [6,9-18].

При измерениях температуры в двух точках модели теплоаккумулирующей стенки t_1 и t_2 в одном режиме получено распределение температуры по толщине перфорированной стенки

$$\frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r} = \frac{e^{K(x_1 - \delta)} - 1}{e^{K(x_2 - \delta)} - 1} \quad (6)$$

где $K = \frac{GC_p}{\lambda_w(1-P)}$; G - количество воздуха кг/(м²час); C_p - удельная теплоёмкость

воздуха; P - пористость стенки, отношение объема пор ко всему объему материала или площадь пор в сечении к общей площади сечения; λ_w - теплопроводность стенки; δ - толщина стенки; t_r - температура внутренней поверхности стенки.

Полученное уравнение (6-8) позволяет рассчитывать распределение температуры по толщине перфорированной стенки при различных расходах воздуха при постоянном тепловом потоке на поверхности стенки.

Полученная теоретическая модель с достаточной степенью точности согласуется с результатами эксперимента, выполненного на модели перфорированной теплоаккумулирующей стенки.

Заключение. В заключение можно сделать вывод, что, оказывается, выгодно использовать для теплоаккумулирующей стенки перфорированный и более теплопроводный материал. В этом случае уменьшается внешний коэффициент теплопередачи и средняя температура наружной поверхности стенки, что снижает потери в окружающую среду, подача воздуха через перфорированной стенки способствуют увеличению эффекта передачи тепла в помещение, а установка вентиляционного устройства в виде вытяжного вентилятора улучшает вентиляцию, обеспечивая приток в помещение подогретого свежего воздуха.



Следует также отметить, что использование солнечной энергии для теплоснабжения имеет большие перспективы и для широкого применения в большинстве индивидуальном хозяйстве Узбекистана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения.- Ташкент.: Фан. 1988.-288 с.
2. Авезова Н.Р., Садыков Ж.Д. // Гелиотехника. 2012. №1. С.47-53.
3. Васильев Л.Л., Фрайман Ю.Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла.- Минск: Наука и техника, 1967. – 176с.
4. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.-М.: Мир. 1977.-420с.
5. Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Садыков Ж.Ж. //Гелиотехника. 2003. №3. С. 57-61.
6. Садыков Ж.Д., Хайридинов Б.Э., Зияев Т.З., Халимов Г.Г. Пути повышения эффективности зданий с пассивным солнечным отоплением. «Фундаментальные и прикладные вопросы физики». Материалы IV-международной конференции. Тошкент 24-25 ноября. 2010. 139-141 с.
7. Севернев М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве.-М: Колос, 1992,-190 с.
8. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. //Гелиотехника. 1989. №4. С. 54.
9. Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. //Гелиотехника. 1992. №4. с. 54-56.
10. Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. //Гелиотехника. 1994. №1. с. 53-56.
11. Энергоактивные здания. Под ред. Э.В.Сарнацкого и Н.П. Селиванова.-М.: Стройиздат, 1988.-376 с.
12. Faiziev T.A. and Toshmamatov B.M. 2021 Mathematical model of heat accumulation in the substrate and ground of a heliogreenhouse IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 723 032006. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032006.
13. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М., Камолов Б.И. Анализ гибридных систем отопления жилых зданий, использующих ВИЭ. Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. №1 (08) 2023. 31.03.2023 г. Стр. 9-16.
14. Uzakov G.N., Davlanov X.A., Kamolov B.I., Toshmamatov B.M. Qishloq hududlarida joylashgan obyektlarning integratsiyalashgan avtonom energiya ta'minoti tizimlari. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 9-14 b.
15. Toshmamatov B.M., Raxmatov O.I., Valiyev S.T., Nurmanov Sh.X. Geotermal energiya asosidagi gibrid issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 72-83 b.
16. Toshmamatov B.M. Solar energy application in municipal solid waste: experience, results and efficiency. Muqobil energetika ilmiy-texnik jurnali. №4 23.12.2022 y. 84-97 betlar.
17. Узаков Г. Н., Базаров О. Ш., Давланов Х. А., Тошмаматов Б. М. Научно-инновационные разработки каршинского инженерно-экономического института по использованию возобновляемых источников энергии. Беларусь-Узбекистан: Формирование рынка инновационной продукции. Сборник материалов научно-практической конференции (Минск, 14–15 марта 2023 г., стр. 353-356.
18. Toshmamatov B.M., Arziev B.R., Shomuratova S.M., Valiev S.T. Flat from the reflector returner the sun integrated reflection of radiation carry on coefficient count method. International journal of advanced research in science, engineering and technology. Vol. 10, Issue 5, May 2023. 20718-20722.