



## RESEARCH OF THERMOPHYSICAL PROCESSES IN MEDAL OF A PASSIVE SOLAR HOUSE

Narzullaev Mukhiddin Nasullaevich<sup>1</sup>, Narzullaeva Zarnigor  
Mukhiddinovna<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Senior Lecturer, Department of Physics, Bukhara State University

<sup>2</sup> Master student, Bukhara State University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4731014>

### ARTICLE INFO

Received: 19<sup>th</sup> April 2021  
Accepted: 23<sup>rd</sup> April 2021  
Online: 29<sup>th</sup> April 2021

### KEY WORDS

passive solar house,  
physical model,  
mathematical model,  
thermophysical processes

### ABSTRACT

*The study describes the construction of a model of a faulty solar house, which is designed to study the thermophysical processes occurring in passive solar houses, and the works that can be studied in it.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕДЕЛИ ПАССИВНОГО СОЛНЕЧНОГО ДОМА

Нарзуллаев Мухиддин Насуллаевич<sup>1</sup>, Нарзуллаева Зарнигор Мухиддиновна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Старший преподаватель кафедры физика БухГУ

<sup>2</sup> Магистрант, БухГУ

### ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 19 апреля 2021 г.  
Утверждено: 23 апреля 2021 г.  
Опубликовано: 29 апреля 2021 г.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пассивный  
солнечный дом,  
физическая модель,  
математическая модель

### АННОТАЦИЯ

*В исследовании описывается построение модели неисправного солнечного дома, которая предназначена для изучения теплофизических процессов, происходящих в пассивных солнечных домах, и работ, которые можно изучить в нем.*

Опыт зарубежных стран показывает, что качество теплоснабжения можно в определенной степени улучшить за счет использования солнечных систем отопления в пассивной системе. Такие системы экологически безопасны и

конкурентоспособны по сравнению с обычными системами отопления. Пассивной системе солнечного отопления поглощение и накопление тепла осуществляется элементами здания, отвод тепла в отапливаемой конструкции

происходит за счет естественного движения воздуха в помещении.

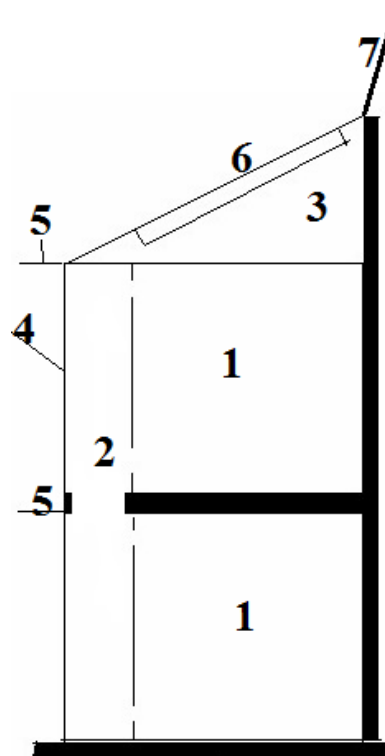
Хотя технические аспекты систем солнечного отопления изучены достаточно хорошо, в настоящее время не существует удовлетворительной обобщенной методологии для расчета таких систем. Основным используемым сегодня методом основан на подготовке базовых элементов, составляющих систему, аналогично реальному рабочему процессу, адаптированному к климатическим зонам. Моделируются различные поверхностные коллекторы, способные получать тепло с минимальным рассеиванием энергии, соответствующим диапазону других расчетных параметров системы.

Ниже мы объясняем физическую модель солнечного дома, разработанную для того, чтобы предложить энергоэффективные пассивные солнечные дома, основанные на всестороннем исследовании теплофизических процессов, происходящих в пассивных солнечных домах. Для определения параметров, влияющих на эффективность преобразования солнечной энергии в тепловую, рассмотрим математическую модель потока теплового потока в системе.

Необходимым шагом в таком подходе является моделирование тепловой нагрузки здания. Существуют разные решения этой проблемы в зависимости от типа здания и требуемого размера. Исследовательская модель солнечного дома проиллюстрирована на рисунке 1. 1 - гостиная, 2-коридора-генератора, 3 - крыши, чердаки, 4- прозрачные стены с поглотителями тепла, 5,7 - светоотражателей, 6- водонагревателей, коллекторы. Модель сделана путем изменения реального размера в соотношении 10: 1. Модель имеет 2 этажа и секцию генератора отопителя и коллектор

водонагревателя на крыше. В зоне с жарким климатом поверх прозрачной стеклянной стены устанавливают теплозащиту, чтобы исследовать возможность использования здания даже летом. Модель здания можно легко установить по сторонам света.

Хорошие утепленные стены позволяют значительно снизить тепловую нагрузку на здание. Использование пассивной системы может улучшить микроклимат в помещении, снизить температуру воздуха в помещении и увеличить зону комфорта. В зданиях с пассивной системой можно сэкономить много топлива, используемого для отопления, при очень низких затратах. Теплофизические процессы, происходящие в модели, удобнее изучать на



1-рис. Модель пассивного солнечного дома.

основе следующей математической модели.



$T_h$ -температура окружающего воздуха,  $T_x$ - температура воздуха в помещении,  $T_a$ -температура коллектора. В этом случае пространственно-временное распределение температуры при одномерном приближении к стенке характеризуется уравнением неустойчивой теплоотдачи:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \frac{d^2\theta}{dz^2} \quad (1)$$

Начальные условия:

$$\theta(\tau_1, z) = \theta_H(z) \quad (2)$$

Граничные условия:

$$\frac{d\theta}{dz} \Big|_{z=0} = -q(\tau) + Bi_a[\theta(\tau, 0) - \theta_v(\tau)]; \quad 3^a$$

$$\frac{d\theta}{dz} \Big|_{z=1} = -Bi_i[\theta(\tau, 1) - \theta_p(\tau)] \quad 3^b$$

Формулы 1-3 включали следующие безразмерные параметры и переменные:

$$z = \frac{x}{l}, \theta = \frac{T}{T_0}, \theta_v = \frac{T_v}{T_0}, \theta_p = \frac{T_p}{T_0}, \tau \equiv Fo = \frac{t}{\tau_0}$$

$$\tau_0 = \frac{l^2}{a}, Bi_i = \frac{\alpha_i l}{\lambda_w}, Bi_a = \frac{k_s l}{\lambda_w}, q = \frac{g_s E_{90} l}{\lambda_w T_0} \quad (4)$$

Здесь  $l$ -толщина стены (м), расчетная температура воздуха в помещении  $0C$ ,  $T_0$ -Расчетная температура воздуха внутри здания,  $\lambda$  - коэффициенты теплопроводности и температуропроводности материала стенки (Вт / м  $0C$ ) соответственно; (м<sup>2</sup> / с),  $Fo$ - критерий Фурье,  $\tau_0$  - характерное время изменения температуры (с),  $\alpha_i$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стен-(Вт/м<sup>2</sup>0C),  $k_s$ - теплопроводность прозрачного теплоизоляционного слоя (Вт / м<sup>2</sup>0C),  $g_s$ - коэффициент пропускания солнечного излучения через прозрачный теплоизоляционный слой (оптический КПД),  $E_{90}$ -интенсивность солнечного излучения на вертикальной поверхности (Вт / м<sup>2</sup>).

(1) Находим решение линейного уравнения теплопередачи (3а) и (3б) в неоднородных граничных условиях в следующем виде:

$$\theta(\tau, z) = U(\tau, z) + W(\tau, z) \quad (5)$$

В этом случае линейная функция координаты удовлетворяет неоднородным условиям (3а) и (3б).  $U(\tau, z) = g_0(\tau) + g_1(\tau)$

Выполняя простые алгебраические преобразования, мы получаем следующие соотношения для коэффициентов, зависящих от времени:  $g_0(\tau), g_1(\tau)$

$$g_0(\tau) = \frac{Bi_a(1 + Bi_i)\theta_v^*(\tau) + (Bi_i)\theta_p(\tau)}{Bi_a(1 + Bi_i) + Bi_i} \quad (6^a)$$

$$g_1(\tau) = \frac{Bi_a Bi_i [\theta_p(\tau) - \theta_v(\tau)]}{Bi_a(1 + Bi_i) + Bi_i} \quad (6^b)$$

Здесь  $\theta_v^*(\tau) = \theta_v(\tau) + g(\tau)/Bi_a$

$W(\tau, z)$  функция удовлетворяет уравнению теплопередачи объемного источника тепловыделения и следующим однородным граничным условиям:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{\partial U}{\partial \tau}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} \Big|_{z=0} = Bi_a W(\tau, 0); \quad (7^a)$$

$$\frac{\partial W}{\partial z} \Big|_{z=1} = -Bi_i W(\tau, 1); \quad (7^b)$$

Начальные условия:

$$W(\tau_1, z) = \theta_H(z) - U(\tau_1, z) \quad (7^c)$$

(7) Решение дифференциального уравнения (7а) - (7с) при однозначных условиях:

$$W(\tau, z) = \int_{\tau_1}^{\tau} \int_0^1 G(\tau - \xi, z, \delta) \Phi(\xi, \delta) d\xi d\delta + \int_0^1 G(\tau, z, \delta) f(\delta) d\delta \quad (8)$$

$$\text{Bunda} \quad \Phi(\xi, \delta) \equiv -\frac{\partial U(\xi, \delta)}{\partial \xi} f(\delta) \equiv \text{thH}(d) - U(d),$$

$$\text{Зеленая функция} \quad G(\tau, z, \delta) \equiv \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\|\Psi_k\|^2} \Psi_k(z) \Psi_k(\delta) \exp(-\gamma_k^2 \tau),$$

$$\text{Специальные функции выпуска-} \quad \Psi_k(z) = \text{Cos}(\gamma_k z) + \frac{Bi_a}{\gamma_k} \text{Sin}(\gamma_k z)$$



Его модуль здесь является корнем следующего трансцендентного уравнения:

$$\|\Psi_k\|^2 = \frac{Bi_i(\gamma_k^2 + Bi_a^2)}{2\gamma_k^2(\gamma_k^2 + Bi_i^2)} + \frac{Bi_a}{2\gamma_k^2} + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{Bi_a^2}{\gamma_k^2}\right) \gamma_k,$$

$$\frac{tg(\gamma)}{\gamma} = \frac{Bi_a + Bi_i}{\gamma^2 - Bi_a Bi_i} \quad (8^a)$$

Согласно формулам (3b), (5) и (7b) плотность тепла на границе «стена - воздух в помещении» составляет:

$$q_i = -\frac{\partial\theta}{\partial z}|_{z=1} = -g_1 - \frac{\partial W}{\partial z}|_{z=1} = -g_1(\tau) + Bi_i W(\tau, 1) \quad (9)$$

В уравнении (9) принято следующее соотношение знаков:

(-) - если на стену падает тепло из воздуха в помещении,

(+) - если тепло попадает в здание от стены.

В отсутствие солнечного излучения ( $q(\tau) = 0$ ):

$$q_{i0} = -\frac{\partial\theta_0}{\partial z}|_{z=1} = -g_{10} - \frac{\partial W_0}{\partial z}|_{z=1} = -g_{10} + Bi_i W_0(\tau, 1) \quad (9^a)$$

Изменение теплового потока под действием солнечной радиации выглядит следующим образом:

$$\Delta q_i = q_i - q_{i0} = \eta_{st} q(\tau) - \int_{\tau_1}^{\tau} q(\xi) \Xi(\tau - \xi) d\xi, \quad (10)$$

здесь

$$\eta_{st} = \frac{Bi_i}{Bi_a(1 + Bi_i) + Bi_i} = \frac{R_s}{R_s + R_w} = \frac{1}{1 + \frac{k_s}{k_w}} \quad (11)$$

В этом случае  $\eta_{st}$  статическая составляющая система солнечного отопления, КПД.  $k_w$  - коэффициент теплопередачи стены

Соотношение (11), записанное для статической составляющей, аналогично соотношению, полученному при квазистатическом рассмотрении процесса [3]. Интегральное ядро оператора

$$\Xi(\tau - \xi) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k \exp[\gamma_k^2(\tau - \xi)], \quad (12)$$

В этом случае систему можно интерпретировать как фокус на дельте -

изменении первого продукта с течением времени.  $C_k = \frac{Bi_i \Psi_k(1)}{\gamma_k^2 \|\Psi_k\|^2} q(\tau)$

На основе того же подхода, что и выше, можно получить следующую зависимость для потока теплотерь и дополнительного тепла, хранящегося в стене:

$$Dq_{pot} = (1 - \beta_{st}) q(\Phi) \int_{\Phi_1}^{\Phi} q(0) \Xi_{pot}(\Phi - \phi) d\phi \quad (13)$$

$$\frac{\partial \Delta Q}{\partial \tau} = \int_{\tau_1}^{\tau} q(\xi) \Xi_{\Delta Q}(\tau - \xi) d\xi \quad (14)$$

здесь

$$\Xi_{pot}(\tau - \xi) = \sum_{k=1}^{\infty} B_k \exp[-\gamma_k^2(\tau - \xi)] \quad (15)$$

$$\Xi_{\Delta Q}(\tau - \xi) = \sum_{k=1}^{\infty} D_k \exp[-\gamma_k^2(\tau - \xi)] \quad (16)$$

$$B_k = \frac{Bi_a}{\gamma_k^2 \|\Psi_k\|^2}, \quad D_k = \frac{I_0(k)}{\|\Psi_k\|^2} I_0(k) = \int_0^1 \Psi_k(z) dz$$

Три коэффициента реляционных функций взаимосвязаны:  $D_k = B_k + C_k$

Используя полученные выше формулы, рассмотрим, как происходит теплообмен между частями пассивной солнечной системы отопления. Для численных расчетов мы используем данные о потоке солнечного излучения и тепловом потоке в здании в качестве исходных величин.

Расчеты показывают, что тепло, выделяемое при обогреве генератора солнечным излучением в течение дня, может частично передаваться в здание и использоваться в полезных целях. Одна часть переносится в окружающую среду, а другая хранится внутри стены. Попадание в помещение воздуха здания за счет тепла, накопленного в коридоре, может длиться дольше, чем продолжительность ясного дня. Около 90% тепла, накопленного в материале стены, может передаваться за

период времени, определяемый следующим неравенством:

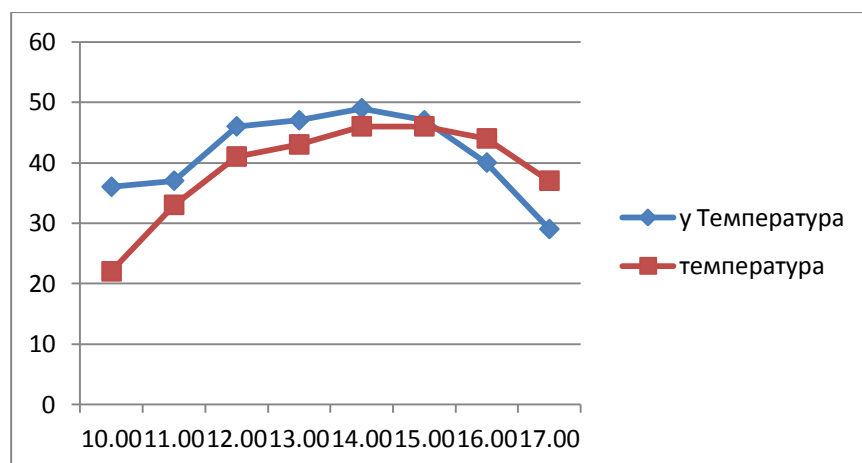
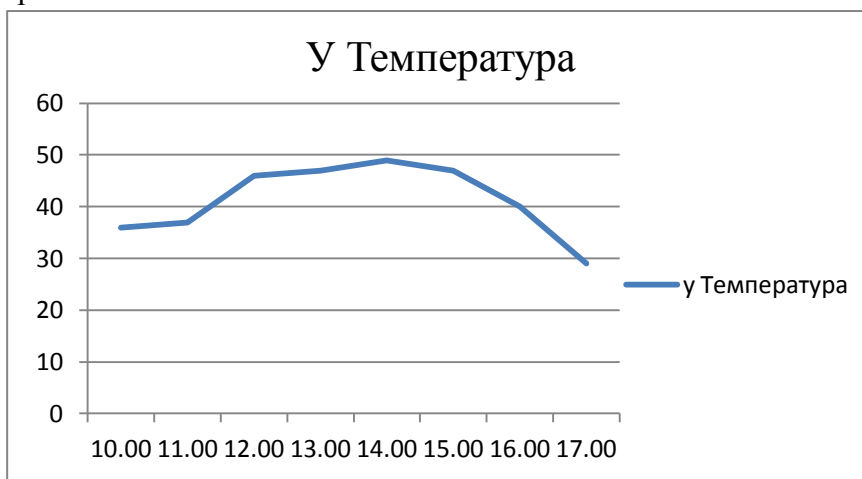
$$\Delta\tau = \tau - \tau_v < \frac{2.3}{\gamma_1^2} \quad (17)$$

Вот наименьший положительный коэффициент трансцендентного уравнения - безразмерное время восхода солнца.  $\gamma_1 (8^a)\tau_v$  -

Численный анализ показывает, что отношение потерь тепла, накопленного в стенах дома, к теплу, поступающему в дом и затем используемому для обогрева дома, зависит только от отношения прозрачной теплозащиты к сопротивлению стены. Это

позволяет снизить теплопотери за счет добавления в вечернее время дополнительных теплостойкости (жалюзи). Абсолютное значение потерь тепла зависит от температуры теплопоглощающего слоя, поэтому снижение температуры слоя за счет приема дополнительного тепла может повысить общую энергоэффективность системы.

Результаты экспериментов в модели представлены графически. 07.04.2021.



Модель, разработанная с целью исследования пассивных систем солнечного отопления рассматриваемого типа, позволяет разрабатывать наиболее

эффективные солнечные дома, а также определять факторы, влияющие на эффективность.

### Литературы:

1. Бахвалов Ю.А. Математическое моделирование [Текст]: учеб.// Пособие для вузов.



2. А.В. Шперный, С.Е. Чижев, Н.Ю. Бердышев. Низкопотенциальные и альтернативные источники энергии.// Методические указания к контрольной работе «Расчет системы солнечного теплоснабжения». — Запорожье, ЗГИА, 2003.
3. BM Ochilov, MN Narzullaev. [Increasing the efficiency of solar heat treatment of liquid foodstuffs with the help of reflecting systems.](#)// Applied solar energy 32 (3), 78-79
4. Даффи Д.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.// М.: Мир, 1977.
5. Авезов Р.Р., Самиев К.А. Тепловая эффективность сложного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления с частично лучепоглощающим слоем.// Гелиотехника. –Ташкент, 2006. -№2. -С.60-66.
6. С.С.Ибрагимов. Определение геометрических размеров теплицы и способы подбора материалов.// Молодой ученый, (2016) С 105-107.
7. С.С.Ибрагимов. Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
8. С.С.Ибрагимов. Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
9. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М., Составление программного обеспечения, алгоритм и расчет математической модели применения свойств солнечного опреснителя к точкам заправки топливом.// Молодой ученый, (2018) С 50-53.
10. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М. Изучение принципа работы устройстванасосного гелиоводоопреснителя.//Международный научный журнал «Молодой ученый», 26 (2018) С 48-49.
11. Ибрагимов С.С., Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш.. Исследование усовершенствованной сушилки фруктов и выбор поверхностей, образующих явление естественной конвекции.//Вестник науки и образования (2020)№ 20 (98). С 6-9.
12. Кодиров Ж.Р, Хакимова С.Ш, Мирзаев Ш.М. Анализ характеристик параболического и параболоцилиндрического концентраторов, сравнение данных, полученные на них.// Вестник ТашИИТ №2 2019 С 193-197.
13. Кодиров Ж.Р., Мавлонов У.М., Хакимова С.Ш. Аналитический обзор характеристик параболического и параболоцилиндрического Концентраторов.// Наука, техника и образование 2021. № 2 (77). С 15-19.
14. Назаров Э.С., Тураев О.Г. Научные основы использования минеральных ресурсов.// Международный академический вестник. 2019. № 12 (44) Уфа. С. 84-86.
15. Назаров Э.С., Тураев О.Г. Перспективные достижения в области технологии композиционных эластомерных материалов.// Наука и общество в условиях глобализации. 2016. 62-65.
16. В.КН. Razhabov, Z.M. Abdullaev, SH.M. Mirzaev. Technique for calculating geometric dimensions of a greenhouse-type solar-based one-cascade apparatus for demineralizing water.// Applied Solar Energy 46 (4), 2010. 288-291.
17. Б.Х. Ражабов, Э.С. Назаров, Ш.О. Собиров. Способ определения геометрических размеров теплицы.// Наука и образование: проблемы, идеи, инновации, 2018.67-69.
18. Б.Х. Ражабов. Анализ физических процессов в двухступенчатых солнечных опреснителях.// Вестник науки и образования. 2020.



19. Б.Х. Ражабов, Ф.Б. Ата-Курбонова. Метод выбора типов и рациональных геометрических размеров аккумуляторов энергии для солнечных опреснителей.// International Scientific and Practical Conference World science 1 (6), 2017. 53-54.

20. Н.Г. Насирова, Б.Х. Ражабов. Создание теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// World science 1, 2016.(5 (9)).

21. B. Razhabov, S. Ibragimov. Heat and mass exchange in a greenhouse sunny designer with a two roof isoled triangle.// Zbiór artykułów naukowych recenzowanych., 198.

22. Б.Х. Ражабов. Тепло-и массообмен в парниковом солнечном опреснителе с двухскатным равнобедренным треугольником.// Молодой ученый, 2017. 142-144.

23. С.С.Ибрагимов., А.А. Маликов. Исследование теплового режима инсоляционных пассивных систем.// Молодой ученый, (2016) С 27-29.

24. С.С.Ибрагимов. Результаты лабораторной модели сушки фруктов.// Молодой ученый, (2016) С 79-80.

25. С.С.Ибрагимов. Результаты испытания водоопреснителя парникового типа.// Молодой ученый, (2016) С 67-69.

26. Ахатов Ж.С., Самиев К.А., Мирзаев М.С., А.Э.Ибраимов А.Э. Исследование теплотехнических характеристик солнечной комбинированной опреснительно-сушильной установки.// Гелиотехника. 2018. № 1. С.20 -29.

27. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Экспериментальное исследование расстояния между испарителем и конденсатом наклонно-многоступенчатой опреснительной установки.// Гелиотехника. 2018. № 6. С.27 -34.

28. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Техникоэкономические показатели и оценка воздействия на окружающую среду усовершенствованной наклонной многоступенчатой солнечной установки для опреснения воды.// Путь науки Международный научный журнал. 2021. № 1 (83). С.17-23.