

УДК 662.997.621

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Садыков Жамал Джаббарович - старший преподаватель, E-mail: sadikovjd57@inbox.ru

Файзиев Тулкун Амирович - кандидат технических наук, профессор,

ORCID: 0009-0005-6875-0590, E-mail: fayziyev62@inbox.ru

Хамраев Толиб Ярашевич - старший преподаватель, E-mail: txamrayev@mail.ru

Хидиров Мираббос Мирзаёрович - преподаватель, E-mail: xidirovmm1994@mail.ru

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В настоящее время, в мировой практике ведутся научные исследования и конструкторские работы по разработке и созданию пассивных систем солнечного отопления. Если теплоаккумулирующая стенка пассивной системы солнечного отопления состоит из перфорированной – теплоаккумулирующей стенки, то такая стена одновременно передает тепло в помещение и подает теплый свежий воздух. В результате в помещение поступает теплый свежий воздух, а потери тепла сокращаются за счет снижения температуры зачерненной наружной поверхности теплоаккумулирующей стенки.*

Методика расчета и теоретические исследования пассивных систем весьма сложны, что затрудняет обоснованное проектирование сооружений с такими системами. В связи с этим практически интерес приобретает задача создания простых аппроксимационных методов расчета интегральных характеристик пассивных систем солнечного отопления зданий и сооружений за отопительный сезон в целом, такой характеристики, как коэффициент замещения отопительной нагрузки, который определяет как технические, так и экономические показатели таких систем.

Теоретическое исследование и расчеты показывают, что незначительная добавка к плохому проводнику тепла металлических волокон сильно увеличивает его теплопроводность и практически не изменяет его объемную теплоемкость. Для повышения теплопередающей способности теплоаккумулирующей стенки является использование перфорированной теплоаккумулирующей стенки, которые позволяют повысить интенсивность теплосъема с поверхности теплоаккумулирующей стенки в период инсоляции.

В пассивных системах солнечного отопления оказывается выгодно использовать для теплоаккумулирующей стенки более теплопроводный материал. Перфорированная теплоаккумулирующая стенка и подача воздуха через нее способствуют увеличению эффекта передачи тепла в глубину стенки и в помещение.

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

UDC 662.997.621

INNOVATIVE APPROACHES TO THE USE OF PASSIVE SOLAR HEATING SYSTEMS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF AGRICULTURAL BUILDINGS AND STRUCTURES

Sadykov, Zhamal Jabbarovich - senior lecturer, E-mail: sadikovjd57@inbox.ru

Fayziev, Tulkun Amirovich - Candidate of Technical Sciences, professor,

ORCID: 0009-0005-6875-0590, E-mail: fayziyev62@inbox.ru

Khamraev, Tolib Yarashevich- senior lecturer, E-mail: txamrayev@mail.ru
Xidirov, Mirabbos Mirzayorovich- teacher, E-mail: xidirovmm1994@mail.ru

Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *Currently, in world practice, scientific research and design work is being carried out on the development and creation of passive solar heating systems. If the heat storage wall of a passive solar heating system consists of a perforated heat storage wall, then such a wall simultaneously transfers heat into the room and supplies warm fresh air. As a result, warm, fresh air enters the room, and heat losses are reduced by reducing the temperature of the blackened outer surface of the heat-accumulating wall.*

The calculation methods and theoretical studies of passive systems are very complex, which makes it difficult to justify the design of structures with such systems. In this regard, the task of creating simple approximation methods for calculating the integral characteristics of passive solar heating systems of buildings and structures for the heating season as a whole is gaining practical interest, such characteristics as the heating load replacement coefficient, which determines both the technical and economic indicators of such systems.

Theoretical research and calculations show that a slight addition of metal fibers to a poor heat conductor greatly increases its thermal conductivity and practically does not change its volumetric heat capacity. To increase the heat transfer capacity of the heat storage wall is the use of a perforated heat storage wall, which make it possible to increase the intensity of heat removal from the surface of the heataccumulating wall during the period of insolation..

In passive solar heating systems, it is advantageous to use a more thermally conductive material for the heat storage wall. The perforated heat-accumulating wall and air supply through it help to increase the effect of heat transfer into the depth of the wall and into the room.

Keywords: *passive solar heating system, heat accumulating wall, agricultural buildings and structures, composite material, thermal conductivity.*

UO‘K 662.997.621

QISHLOQ XO‘JALIGI BINO VA INSHOOTLARNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA PASSIV QUYOSH ISITISH TIZIMLARIDAN FOYDALANISHDA INNOVATSION YONDASHUVLAR

Sodiqov Jamol Djabborovich – katta o‘qituvchi, E-mail: sadikovjd57@inbox.ru

Fayziyev To‘lqin Amirovich - texnika fanlari nomzodi, professor,

ORCID: 0009-0005-6875-0590, E-mail: fayziyev62@inbox.ru

Xamraev Tolib Yarashevich – katta o‘qituvchi, E-mail: txamrayev@mail.ru

Xidirov Mirabbos Mirzayorovich - o‘qituvchi, E-mail: xidirovmm1994@mail.ru

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. *Hozirgi kunda, jahon amaliyotida passiv quyosh isitish tizimlarini ushlab chiqish va yaratish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot va konstruktorlik ishlari olib borilmoqda. Passiv quyosh isitish tizimining issiqlik akkumulyator devori perforatsiyalangan - issiqlik akkumulatordan devordan iborat bo‘lsa, bunday devor bir vaqtning o‘zida xonaga ham issiqlik uzatadi va toza issiq havo yetkazib beradi. Buning natijasida xona issiq toza havo bilan ta‘minlanadi va issiqlik akkumulyator devorning qoraygan tashqi yuzasining harorati pasayishi tufayli issiqlik yo‘qotilishlar kamayadi.*

Passiv tizimlarni hisoblash metodikasi va nazariy tadqiqotlari juda murakkab, bu esa bunday tizimlardan iborat inshootlarni aniqroq loyihalashni qiyinlashtiradi. Shu sababli, umuman isitish mavsumi uchun binolar va inshootlarni passiv quyosh isitish tizimlarining integral xususiyatlarini

hisoblashning oddiy taxminiy usullarini yaratish vazifasi qiziqish uyg'otmoqda, bunday tizimlarning texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlaydigan xarakteristika, bu isitish yuklamasini almashtirish koeffitsiyenti bo'lib hisoblanadi.

Hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, issiqlikni kam o'tkazuvchi moddaga ozgina metall tolalarning qo'shilishi uning issiqlik o'tkazuvchanligini sezilarli darajada oshiradi va uning hajmli issiqlik sig'imini deyarli o'zgartirmaydi, ya'ni kompozit materialning samarali issiqlik o'tkazuvchanligi issiqlik akkumulyator devorni asosiy materialining issiqlik o'tkazuvchanligidan bir necha baravar katta bo'ladi.. Issiqlik akkumulyator devorining issiqlik o'tkazuvchanligini oshirish uchun perforatsiyalangan issiqlik akkumulyator devordan foydalanish mumkin, bu insolyatsiya davrida issiqlik akkumulyator devor yuzasidan issiqlikni olish intensivligini oshirish imkonini beradi. Olingan nazariy model perforatsiyalangan issiqlik akkumuluator devor modelida o'tkazilgan tajriba natijalari bilan yetarli darajada aniqlik bilan mos keladi.

Passiv quyosh isitish tizimlarida issiqlik akkumulyator devori uchun issiqlik o'tkazuvchanligi katta bo'lgan materialdan foydalanish foydalidir. Perforatsiyalangan issiqlik akkumulyator devor va u orqali havo uzatilishi devorning issiqlik uzatish samaradorligini oshiradi hamda xonani issiq havo bilan ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: passiv quyosh isitish tizimi, issiqlik akkumulyatori, qishloq xo'jaligi binolari va inshootlari, kompozitli material, issiqlik o'tkazuvchanlik.

Введение

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 [7].

Методы и материалы

В мировой практике научные и конструкторские работы преимущественно ведутся в направлении разработки и создания пассивных систем солнечного отопления, отличающихся от активных систем своей простотой и дешевизной. Простота конструктивных решений пассивных систем солнечного отопления не требуют больших дополнительных капитальных, эксплуатационных и ремонтных затрат.

При разработке пассивной солнечной системы в процессе выбора строительных материалов необходимо обратить внимание на их способность удерживать тепло. Эта величина называется объемной теплоемкостью (Дж/м³·°С) или, другими словами, это то количество тепла, которое способен поглотить и хранить материал. Величина объемной теплоемкости для некоторых часто используемых строительных материалов:

Материал	Плотность (кг\м ³)	Объемная теплоемкость (Дж\м ³ ·°С)
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 географическому положению и климатическим условиям является благоприятным 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, 4-6, 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.

Результаты

Методика расчета и теоретические исследования пассивных систем весьма сложны, что затрудняет обоснованное проектирование сооружений с такими системами. В связи с этим практически интерес приобретает задача создания простых аппроксимационных методов расчета интегральных характеристик пассивных систем солнечного отопления зданий и сооружений за отопительный сезон в целом, например, такой характеристики, как коэффициент замещения отопительной нагрузки, который определяет как технические, так и экономические показатели таких систем. Коэффициент замещения отопительной нагрузки является сложной функцией, как метеорологических условий в месте постройки здания, так и архитектурно-планировочных и конструктивных особенностей постройки пассивной системы солнечного отопления. Отсюда в частности следует, что термическое сопротивление ограждений и отопительная нагрузка сооружений должны рассчитываться особенно тщательно с учетом метеорологических особенностей места постройки.

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; -среднемесячной средней за отопительный период суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность \bar{H} (данные многолетних наблюдений).

$$F = a - b\theta\bar{H}, \quad (1)$$

$$\theta = 1 - m \frac{T_1}{T_2}, \quad (2)$$

где T_1, T_2 - температура окружающей среды и в помещении; a, b, m - постоянные для данного сооружения коэффициенты.

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.

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:

$$Q = [\alpha_2(T_3 - T_2) + \alpha_1(T_3 - T_1)]\Delta\tau, \quad (3)$$

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_2 и α_1 -соответственно суммарные коэффициенты теплопередачи от наружной поверхности теплоаккумулирующей стенке в помещение и к внешней среде.

$$\alpha_2 = \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} \quad (4)$$

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

Из уравнений (4) следует, что эффективность стенки будет возрастать при увеличении α_2 , уменьшений α_1 и T_3 . α_2 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

$$\frac{\partial\theta}{\partial Fo} = \frac{\partial^2\theta}{\partial X^2} \quad (5)$$

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:

$$\frac{\lambda}{\delta^2} = \text{idem}; \quad \text{при } c\rho = \text{const}. \quad (6)$$

Обсуждение

Обработка результатов расчета выполненных для различных пунктов с соблюдением условия (6) и для различных толщины теплоаккумулирующей стенки позволила установить

эмпирическую зависимость увеличения коэффициента замещения с увеличением толщины стенки:

$$\Delta F = K \left(\frac{\delta - \delta_0}{\delta_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Зависимость коэффициента замещения отопительной нагрузки от толщины теплоаккумулирующей стенки при сохранении условия (6) и соответствии с расчетом по (7) 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, то выражение (1) будет иметь вид:

$$\Delta F = \hat{E} \left(\frac{\delta - \delta_i}{\delta_i} \right)^{0,5} = b \theta \bar{H} \quad (8)$$

Такие приближенные зависимости могут быть получены в случае определения эффективности применения пассивного солнечного отопления в различных климатических условиях и относительной оценке влияния архитектурно-строительных изменений в системе.

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 (6), 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.

Применяя по описанную методику [3, 6, 10,11] определили эффективную теплопроводность композиционного материала с металлическим волокном. Ее расчетные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

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, 11].

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

$$\frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r} = \frac{e^{K(x_1 - \delta)} - 1}{e^{K(x_2 - \delta)} - 1} \quad (9)$$

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

Таблица 2

Экспериментальная-расчетная температуры по толщине стенки при различных расходах воздуха

№	Расход воздуха кг/м ² час	Температура воздуха t, °C	Расположение термопары (мм): Экспериментальная-расчетная ($t_{\text{эк}}/t_{\text{рас}}$) температуры по толщине теплоаккумулирующей стенки (t, °C).					
			4,25 мм	11,7 мм	18,8 мм	26,25 мм	34,4 мм	41,6 мм
1	103,5	23,8	120,4	97,7	87,6	74,0	61,4	45,6
			101,6	92,8	84,5	75,5	60,7	45,2
2	148,0	22,8	97,9	81,4	75,4	66,4	56,9	43,1
			88,1	80,1	75,2	68,0	56,0	42,7
3	186,5	22,5	88,0	74,3	70,0	62,7	54,7	42,3
			79,3	67,8	69,4	63,5	53,6	41,3

По данным таблицы 2, расчетные данные соответствуют с экспериментальными значениями, за исключением точек, приближается к тепловоспринимающей поверхности, где температурные поля еще не выровнялись ввиду дискретности тепловых стоков к воздушным струйкам. Температура тепловоспринимающей поверхности изменяется быстро по мере увлечения расхода воздуха, а внутренней поверхности - незначительно, что объясняется, в частности, ростом коэффициента теплоотдачи при повышении скорости потока воздуха вдоль этой поверхности.

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

Выводы

В заключение можно сделать вывод, что, оказывается, выгодно использовать для теплоаккумулирующей стенки более теплопроводный материал. В этом случае уменьшается

внешний коэффициент теплопередачи и средняя температура наружной поверхности стенки, что снижает потери в окружающую среду. Перфорированная теплоаккумулирующая стенка и подача воздуха через нее способствуют увеличению эффекта передачи тепла в глубину стенки и в помещение, уменьшению потерь тепла, а установка вентиляционного устройства в виде вытяжного вентилятора улучшает вентиляцию, обеспечивая приток в помещение подогретого свежего воздуха.

Для сокращения потребления энергии, расходуемой на отопление и вентиляции, необходимо целенаправленно расширять проектирование и возведение сельскохозяйственных сооружений не только с качественной тепловой изоляцией строительных конструкций, но и системами пассивного солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой.

Литература

- [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. Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки. // Гелиотехника. 2012. №1. С.47-53.
- [3] Васильев Л.Л., Фрайман Ю.Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. - Минск: Наука и техника, 1967. – 176 с.
- [4] Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. -М.: Мир. 1977. -420 с.
- [5] Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Садыков Ж.Ж. Температурный режим воздухопроницаемой коллекторно-аккумулирующей стенки пассивной системы солнечного отопления.// Гелиотехника. 2003. №3. С. 57-61.
- [6] Садыков Ж.Д., Хайриддинов 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. Коэффициент замещения отопительной нагрузки пассивными системами солнечного отопления в различных районах СССР //Гелиотехника. 1989. №4. С. 51-55.
- [9] Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. Усовершенствования системы пассивного солнечного отопления с коллекторно-аккумулирующей стенкой. // Гелиотехника. 1992. №4. С. 54-56.
- [10] Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. Пассивная система солнечного теплоснабжения с воздухопроницаемой коллекторно-аккумулирующей стенкой. // Гелиотехника. 1994. №1. С. 53-56.
- [11] Энергоактивные здания. Под ред. Э.В.Сарнацкого и Н.П.Селиванова. -М.: Стройиздат, 1988. -376 с.