



ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСОЛЯЦИОННЫХ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

к.т.н., доцент А.С. Дусяров, к.ф.-м.н., профессор И.Н. Кодиров
КИЭИ

Аннотация. Статей рассмотрена, исследование теплотехнических параметров инсоляционных пассивных систем солнечного отопления. Приведены расчетные выражения тепловой эффективности их светопрозрачной стены в здании с системой прямого солнечного обогрева через остекление и сглаживания суточного хода температуры воздушной среды отапливаемого с помощью инсоляционной пассивной системы солнечного отопления с краткосрочными аккумуляторами дневного излишка солнечного тепла, совмещенным с приемниками солнечного излучения и внутрикомнатным отопительным прибором, расположенным внутри помещения около светопроема.

Ключевые слова: солнечное излучение, светопроем, рефлектор излучения, краткосрочный аккумулятор тепла, солнечное отопление, инсоляционные пассивные системы, тепловая эффективность, отапливаемое помещение.

Abstract. The article considers the study of thermal parameters of insolation passive solar heating systems. The calculation expressions for the thermal efficiency of their translucent wall in a building with a system of direct solar heating through glazing and smoothing the daily variation of the temperature of the air heated with the help of an insolation passive solar heating system with short-term accumulators of daytime excess solar heat, combined with solar radiation receivers and an indoor heater, are given, located indoors near the light opening.

Keywords: solar radiation, light opening, radiation reflector, short-term heat accumulator, solar heating, insolation passive systems, thermal efficiency, heated room.

Разработка и натурные исследование теплотехнического режима объектов с инсоляционными пассивными системами солнечного отопления выполнены значительное число работ по их расчетному исследованию. Такие исследование по математического моделирования компонентов солнечного отопления с пассивными системами приведены в литературных источников. Исследователи ограничивались лишь выполнением ориентировочных расчетов по определению теплотехнического режима помещений с инсоляционными пассивными системами солнечного отопления [1,2].

Основные показатели выше изложенных систем солнечного отопления является тепловая эффективность светопрозрачной стены.

Преимуществом рассматриваемого типа является то, что преобразование энергии солнечного излучения в тепловую происходит внутри отапливаемых помещений, т.е. после поступления солнечного излучения в помещение через светопроемы. Тепловые потери с поверхности совмещенного коллектора-аккумулятора системы, установленного около вертикального светопроема с внутренней стороны, конвекцией и излучением (составляющие до 50% падающего излучения) передаются в отапливаемое помещение как полезная энергия. Тепловая эффективность таких систем может оказаться более высокой, чем у традиционных пассивных систем солнечного отопления, в которых коллектор солнечной энергии и совмещенный с ним аккумулятор тепла расположены снаружи здания.

Для определения тепловой эффективности светопрозрачной стены используется выражение [3]

$$\eta_{ec} = \tau_{ср} - \frac{K_{ст}^{co}}{\sum q_{ст,с}^{cc}} (t_{ст} - t_{в}). \quad (1)$$

Коэффициент пропускания суммарной солнечной радиации светопрозрачной стены вертикального расположения $\tau_{ср}$ в соответствии с [3] определяется из выражения





$$\tau_{\text{ср}} = \frac{\tau_{\text{пр}} q_{\text{с}}^{\text{пр}} + \tau_{\text{рр}} (q_{\text{с}}^{\text{рр}} + q_{\text{с}}^{\text{отр}})}{q_{\text{с}}^{\text{пр}} + q_{\text{с}}^{\text{рр}} + q_{\text{с}}^{\text{отр}}}, \quad (2)$$

$\tau_{\text{пр}}$ - коэффициент пропускания прямой солнечной радиации, $\tau_{\text{рр}}$ - коэффициент пропускания рассеянной солнечной радиации; $q_{\text{с}}^{\text{пр}}$ - плотности потока прямой солнечной радиации, $q_{\text{с}}^{\text{рр}}$ - плотности потока рассеянной солнечной радиации и $q_{\text{с}}^{\text{отр}}$ - плотности потоков отраженной солнечной радиации.

$\tau_{\text{пр}}$ зависит от i (угл падения луча) прямой солнечной радиации, значение $\tau_{\text{рр}}$ мало зависит от значения i .

Методы расчета $\tau_{\text{пр}}$ и $\tau_{\text{рр}}$ рассмотрена в [4, 5].

Методика расчета значений $q_{\text{с}}^{\text{пр}}$, $q_{\text{с}}^{\text{рр}}$ и $q_{\text{с}}^{\text{отр}}$ изложены в [6].

$K_{\text{ст}}^{\text{ст}}$ - коэффициент тепловых потерь светопрозрачного ограждения, которая зависит от количества слоев светопрозрачного ограждения и коэффициентов теплообмена между наружной и внутренней поверхностях светопрозрачного ограждения а также коэффициента теплопередачи через воздушную прослойку, между слоями светопрозрачного ограждения. Сколько минимальна значения $K_{\text{ст}}^{\text{ст}}$, столько максимальна значения $\eta_{\text{ст}}$. Наша задача установления критического значения толщины воздушной прослойки, между двумя слоями светопрозрачного ограждения ($\delta_{\text{ст.к}}$).

Для определения значения $\delta_{\text{ст.к}}$ двухслойного светопрозрачного ограждения используется выражение

$$\delta_{\text{ст.к}} = 1,99 H^{0,25} \left(\frac{T_{\text{в.р.}} a_{\text{в.р.}} \nu_{\text{в.р.}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{с}}} \right)^{0,25}. \quad (3)$$

H - высота ограждения; $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{с}}$ - температуры отапливаемого помещения и окружающей среды; $T_{\text{в.р.}}$ - среднее значение абсолютной температуры воздуха в воздушной прослойке светопрозрачного ограждения; $a_{\text{в.р.}}$, $\nu_{\text{в.р.}}$ - коэффициенты температуропроводности и кинематической вязкости воздуха в воздушной прослойке светопрозрачного ограждения; γ - коэффициент пропорциональности, который зависит от коэффициентов теплообмена между наружной и внутренней поверхностях светопрозрачного ограждения [7].

В теплоизоляционных пассивных системах солнечного отопления применение плоских рефлекторов позволяет увеличить плотность потока прямой солнечной радиации, падающей на поверхность светопрозрачного ограждения [8,9,10]. Экспериментальных объектах плоский рефлектор в дневное время приводится в горизонтальное положение но отсутствует информация о выборе такого расположения рефлектора. Результаты расчетов показывают что экспериментальные измерения, проведенных нами с 5 декабря по 10 января при низком стоянии Солнца, эффект применения плоского рефлектора снижается за счет уменьшения прямой солнечной радиации, а также за счет не полного освещения фронтальной поверхности светопроема отраженной от зеркальной поверхности рефлектора прямой солнечной радиации.

Эффективность применения плоского рефлектора, в теплоизоляционных пассивных системах солнечного отопления зависит от угла падения прямого солнечного излучения, отраженного от поверхности рефлектора, на поверхность светопроема ($i_{\text{ст}}$). В работах предложено выражение для определения значения $i_{\text{ст}}$

$$i_{\text{ст}} = \arccos e_x, \quad (4)$$

здесь e_x - по оси x составляющий единичного вектора e , которая определяется с помощью уравнения зеркального отражения, т.е.





$$s = c - 2n(c \cdot n), \quad (5)$$

где c и n – единичные векторы солнечного луча и нормали рефлектора [11, 12].

Уравнение (4) можно написать следующем виде

$$e_s = -\cos\delta \sin\varphi \cos\omega(\tau_s - \tau) - 2 \sin\alpha \cos i_{\text{пр}}^{\text{пр}} - \sin\delta \cos\varphi, \quad (6)$$

δ – склонение Солнца; φ – широта местности; τ_s – истинный полдень; τ – текущее время на сутки; $\omega = 1,5 \frac{\text{град}}{\text{час}}$ – угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси;

$$\cos i_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \cos\delta \cos(\varphi - \alpha) \cos\omega(\tau_s - \tau) + \sin\delta \sin(\varphi - \alpha) \quad (7)$$

где $\cos i_{\text{пр}}^{\text{пр}}$ – угол падения прямого солнечного излучения на поверхность рефлектора; α – угол наклона поверхности плоского рефлектора к горизонту.

При горизонтальном расположении плоского рефлектора ($\alpha = 0$), выражение (6) и (7) принимают вид для расчета угла падения прямого солнечного излучения соответственно на вертикальную и горизонтальную поверхности.

Основная сущность применения краткосрочных аккумуляторов тепла в инсоляционных пассивных системах солнечного отопления заключается в сглаживании суточного хода температуры воздушной среды отапливаемого помещения и, тем самым в устранении теплового дискомфорта в нем в дневное время.

Температурный режим аккумуляторов дневного излишка солнечного тепла, совмещенных с приемниками солнечного излучения и внутрикомнатным отопительным прибором, расположенных внутри помещения около светопроема в инсоляционной пассивной системы солнечного отопления является, как правило, зависит от объема аккумулирующей среды, приведенного к единице площади лучепоглощающей поверхности рассматриваемого аккумулятора. Наряду с этим, как показывают результаты анализа и обобщения опыта и эксплуатации жилых объектов с солнечными системами отопления, даже незначительное аккумулирование дневного излишка тепла солнечного излучения может существенно повысить коэффициент замещения тепловой нагрузки на отопление рассматриваемых систем. Вместе с тем, неоправданное увеличение емкости аккумулятора тепла не дает заметного роста коэффициента замещения тепловой нагрузки системы. Поэтому одной из центральных задач разработки новых и усовершенствования действующих инсоляционных пассивных систем солнечного отопления являются оптимизация удельной теплоемкости и изучение нестационарных температурных режимов их краткосрочных аккумуляторов тепла.

Сущность применения краткосрочного (суточного) аккумулятора теплоты в инсоляционных пассивных системах солнечного отопления с плоскими рефлекторами как уже констатировано выше, заключается в рациональном использовании дневного излишка, преобразованного в тепло солнечного излучения в ночные часы.

В работах отсутствует соответствующее обоснование по выбору значения удельного объема аккумулирующей среды v_a воды (которая удельная теплоемкость составляет $c_w = 4,1868 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$) к единице площади приемника (аккумулятора) солнечного излучения, равного $746,9 \text{ л/м}^2$. В таких значениях удельного объема аккумулирующей среды (воды), дневное значение потока поглощенной суммарной солнечной радиации $\sum q_{\text{пр}}$ лучепоглощающей поверхности рассматриваемого аккумулятора составляет 13600 кДж/м^2 .

Тогда используя вышесказанных данных можно определить значение ежедневного приращения температуры аккумулирующей среды, воды (когда не учитываются тепловые потери в нем),

$$\Delta t = \frac{\sum q_{\text{пр}}}{v_a \cdot c_w} = \frac{13600 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}}{746,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \cdot 4,1868 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = 4,35 \frac{^\circ\text{C}}{\text{день}}$$



Значит, результат показывает что для повышения температуры воды в аккумуляторе к началу отопительного сезона, на 4,35 выше, чем температура воздушной среды отопляемого помещения, требуется 10 суток. Если учитываем тепловые потери аккумулирующей среды, воды, этот срок может составлять до 30 суток. Видно что, параметры аккумулирующей среды, вода, использованного в [8], фактически ближе показателю сезонных аккумуляторов тепла солнечного излучения. В таком случае такая солнечная система отопления (инсоляционная пассивная система солнечного отопления) покрывает от 75 до 90 % годовой отопительной нагрузки.

Выводы. В статье приведено расчетно-теоретические и теплотехнические параметры исследования инсоляционных пассивных систем солнечного отопления в основном направлены на приближенную оценку их тепловой эффективности без учета степени оптимизированности теплотехнических параметров их отдельных элементов.

Анализ и обобщения мирового опыта эксплуатации объектов с инсоляционными пассивными системами солнечного отопления позволяют сделать предположение о возможности применения систем солнечного отопления рассматриваемого типа в климатических условиях центральноазиатских республик при условиях соответствующих (конструктивных) совершенствований и устранения указанных известных недостатков, сохраняя при этом все перечисленные их преимущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аvezов Р.Р., Дусяров А.С. Интегральный коэффициент отражения прямого солнечного излучения плоского рефлектора с тыльным отражающим слоем // Гелиотехника, 2004. –№3. –С.47-49.
2. Алимов А.К., Гунер Е.А. Защита прозрачными лаками наружной стороны зеркальных фаяет // Гелиотехника, 1986. –№3. –С.47-49.
3. Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения.- Ташкент: Фан, 1988.-288с.
4. Anderson B.N., Michael G.J. Passive Solar Design. "Annual Review of Energy", 1978, v. 3. pp.57-100.
5. Газиев У.Х., Саттарова З.С., Дыскин В.Г. Зеркала для гелиотехники и оптического приборостроения // Гелиотехника, 1997. –№2. –С.57-61.
6. Симон А. Потери энергии за счет поглощения и отражения в гелиостате и параболическом отражателе солнечной печи. / В кн.: Солнечные высокотемпературные печи. Сб. перев. под ред. В.А.Баума. –М.: 1960. –С.264-271.
7. Дусяров А.С., Аvezов Р.Р., Аvezова Н.Р. Расчет освещаемой части поверхности вертикального светопроема рефлекторных пассивных систем солнечного отопления. // Гелиотехника, 2001. –№2. –С.30-38.
8. Сабали П.Р. Солнечный дом. -М.: Стройиздат, 1985. -113с.
9. Мхитарян М.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. -Киев: Наукова Думка, 2000. -417с.
10. Бабакулов К.Б. Совмещенная пассивная система солнечного отопления и горячего водоснабжения жилого дома: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.- Ашхабад, 1986.-20с.
11. Дусяров А.С., Аvezов Р.Р., Аvezова Н.Р. Дневной ход тепловой эффективности пассивных систем солнечного отопления, снабженных плоскими рефлекторами. // Гелиотехника, 2001. –№3. –С.60-65.
12. Дусяров А.С., Аvezов Р.Р. Температурный режим помещения с рефлекторной пассивной системой солнечного отопления и аккумулятором тепла // Гелиотехника, 2000. –№4. –С.50-54.

