



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ИНСОЛЯЦИОННЫХ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Дусяров А.С.

Каршинский инженерно-экономический институт, г.Карши, Узбекистан

**Аннотация:** В статье рассмотрено определение тепловых потерь инсоляционных пассивных систем солнечного отопления. Приведена расчетная формула определения тепловых потерь в здании с системой прямого солнечного обогрева через остекление, общие теплопотери помещения рассматриваются как сумма двух составляющих: тепловые потери южной стены со светопроемом, как переменные в зависимости от площади светопроема; тепловые потери через остальные ограждения (западная, восточная и северные стены, пол, потолок).

**Ключевые слова:** Солнечный обогрев, потери теплоты, солнечная радиация, гелиоприемник, пассивная система солнечного отопления, инсоляция, эффективность, аккумулятор тепла.

**Annotation:** The article is considered, the definition of heat losses of insolation passive solar heating systems. The calculation expressions for determining heat losses in a building with a direct solar heating system through glazing are given and the total heat loss of the room is considered as the sum of two components: heat losses of the southern wall with a light opening, as variables depending on the area of the light opening; heat losses through other fences (western, eastern and northern walls, floor, ceiling).

**Key words:** Solar heating, heat loss, solar radiation, solar receiver, system, passive solar heating, insolation, efficiency, heat accumulator.

Потери теплоты в здании с системой прямого солнечного обогрева через остекление могут быть довольно ощутимыми. Коэффициент теплопередачи через однослойное остекление равен  $5,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , при двойном остеклении он снижается до  $3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Если температура воздуха в прослойке между стеной (система «массивная стена») и стеклом  $+35^\circ\text{C}$ , а температура снаружи  $-15^\circ\text{C}$ , то количество теряемой в 1 ч теплоты составляет при однослойном остеклении  $280 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а при двойном остеклении  $150 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Однако двойное остекление снижает также коэффициент пропускания солнечной радиации, который равен  $0,85$  для однослойного и  $0,72$  для двойного остекления. Таким образом, если солнечная радиация, достигшая поглощающей поверхности гелиоприемника, при одинарном остеклении равна  $425 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , то при двойном –  $360 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Двойное остекление можно использовать только с учетом климатических условий. Она необходима в местностях с холодным климатом, но не обязательна – в условиях мягкой зимы. В любом случае надо иметь в виду, что снижение солнечного поступления наблюдается только в дневное время, тогда как сокращение теплопотерь происходит постоянно.

Во время солнечной радиации нужно максимально использовать селективно прозрачную защиту в виде остекления, но после захода солнца, чтобы сократить потери теплоты, целесообразно применять для остекленной поверхности трансформируемую непрозрачную теплоизоляцию.

Предложены и продемонстрированы сотни разных решений [1]. Для системы прямого солнечного обогрева простейшим является использование тяжелых штор с плотно закрытым верхним торцом, чтобы перекрыть конвективный поток теплоты между шторой и стеклом. Очень эффективны наружные ставни, скользящие или на петлях. Они должны быть теплоизолированы (по крайней мере полистиролом толщиной  $50 \text{ мм}$  или его эквивалентом) и быть непроницаемыми для воздуха. В одном остроумном решении использован вентилятор от пылесоса для заполнения пространства между двумя слоями стекла маленькими сферическими гранулами (диаметром около  $5 \text{ мм}$ ) из полистирола. Утром их высасывают





обратно и содержат в контейнере в течение дня. Система очень эффективна, но недолговечна.

В необычной системе, разработанной Стивом Баером (Нью-Мексико, Америка), применены большие складывающиеся ставни. Их внутренняя поверхность отделана алюминием, так что, когда ставни закрывают стекло, повышается защитный эффект за счет дополнительного отражения излучения от стекла.

Наиболее широко используемый вариант пассивного солнечного отопления, системы с инсолируемым объемом - оранжерея. Ее можно рассматривать как видоизмененный вариант системы «массивная стена», где обычное расстояние между стеклом и стеной, равное 100-120 мм, увеличено до 2 м. Это помещение можно использовать как оранжерею - для выращивания растений, но оно служит также и источником теплоты для комнаты, расположенной за ней, за счет либо конвекции, либо замедленной теплопередачи через стену. Действие этой системы очень похоже на действие системы «массивная стена».

Оранжерея – не единственная форма системы с инсолируемым объемом. Это могут быть и остекленные крыльцо или веранда, или какой-то смешанный вариант.

В некоторых небольших зданиях учреждений в качестве инсолируемого пространства используется фойе. Фактически это может быть любое помещение, где возможны большие температурные колебания, чем в жилых помещениях.

В инсоляционных пассивных системах солнечного отопления солнечные лучи проникают в отапливаемые помещения через оконные проемы (обычно увеличенных размеров) и нагревают внутренние ограждения помещения, которые становятся приемниками излучения и аккумуляторами тепла. Несмотря на самую высокую тепловую эффективность, следует отметить ряд недостатков, свойственных инсоляционным пассивным системам – неустойчивость теплового режима, необходимость применения вспомогательных устройств, снижающих дополнительные тепловые потери в ночное время, тепловой и световой дискомфорт в дневное время.

В инсоляционных пассивных системах солнечного отопления с прямым теплопоступлением, как это следует из названия, солнечные лучи, проходящие сквозь остекление, поглощаются поверхностью внутреннего ограждения и масса всех ограждений является аккумулятором тепла. Отличительная особенность инсоляционных пассивных систем солнечного отопления по сравнению с другими заключается в том, что тепловые потери отапливаемого помещения являются функцией площади поверхности светопроема, через который солнечные лучи поступают в помещение [2,3].

Следовательно, общие тепловые потери помещения ( $Q_{mn}$ ) рассматриваются как сумма двух составляющих: тепловые потери южной стены со светопроемом, как переменные в зависимости от площади светопроема; тепловые потери через остальные ограждения (западная, восточная и северные стены, пол, потолок) [3] как постоянные ( $Q_{ТП}^o$ ), т.е.

$$Q_{mn} = Q_{mn}^{jo} + Q_{mn}^o. \quad (1)$$

В свою очередь, значение  $Q_{mn}^{jo}$  складывается из тепловых потерь через проем ( $Q_{mn,n}^{jo}$ ) и остальные глухие ограждения южной стены ( $Q_{mn,z}^{jo}$ ), т.е.

$$Q_{mn}^{jo} = Q_{mn,n}^{jo} + Q_{mn,z}^{jo}. \quad (2)$$

Расчетные значения  $Q_{mn,n}^{jo}$  и  $Q_{mn,z}^{jo}$  в (2), в свою очередь, определяются по формулам

$$Q_{mn,n}^{jo} = F_n^{jo} K_n (t_k + t_{o,p}); \quad (3)$$

$$Q_{mn,z}^{jo} = F_z^{jo} K_z (t_k + t_{o,p}), \quad (4)$$

где  $F_n^{jo}$  и  $K_n$  - площадь поверхности и коэффициент тепловых потерь через светопроем южной стены;  $F_z^{jo}$  и  $K_z$  - площадь поверхности и коэффициент тепловых потерь через





глухие ограждения южной стены;  $t_k$  и  $t_{o,p}$  - соответственно, температура воздушной среды отапливаемого помещения и расчетная температура наружного воздуха для отопления [4-5]. Очевидно, что

$$F_{\Pi}^{io} + F_{\Gamma}^{io} = F_c^{io} \quad (5)$$

В соответствии с результатами расчетов по определению постоянной составляющей теплопотерь экспериментального объекта с инсоляционной системой солнечного отопления (табл. 1) значение  $Q_{ТП}^o$ , составляет 1051,81 Вт. при  $t_k = 18^\circ\text{C}$  и  $t_{o,p} = -13^\circ\text{C}$  (для г. Карши)

При  $K_{\Pi} = 2,91 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $K_{\Gamma} = 1,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $F_c^{io} = 12,24 \text{ м}^2$  и  $a = 1,1$  формула (1) с учетом (2)-(4) может быть представлено в виде функции от  $F_n^{io}$ , т.е.

$$Q_{ТП} = 1051,81 + 99,23F_n^{io} + 34,78(F_c^{io} - F_n^{io}), \text{ Вт} \quad (6)$$

или

$$Q_{ТП} = 1051,81 + 64,45F_n^{io} + 34,78F_c^{io}, \text{ Вт} \quad (7)$$

Формула для удельных теплопотерь (отнесенных на разности температур  $t_k - t_{o,p} = 18 - (-13) = -31,0^\circ\text{C}$  для экспериментального объекта при этом имеет вид

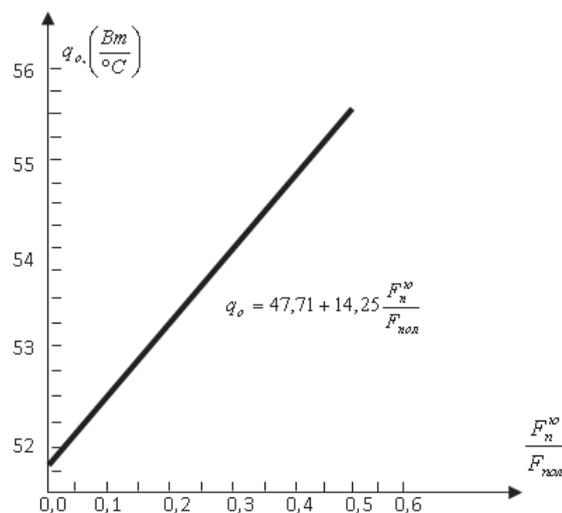
$$q_0 = \frac{Q_{ТП}}{t_k - t_{o,p}} = 33,93 + 2,08F_n^{io} + 1,12F_c^{io}, \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \quad (8)$$

Зависимость  $q_0$  от отношения  $\frac{F_n^{io}}{F_{пол}}$  при  $F_{пол} = 6,85 \text{ м}^2$  для экспериментального объекта приведена на рис. 2.

**Таблица 1**

Расчет постоянной составляющей теплопотерь опытной комнаты экспериментального объекта с пассивной системой солнечного отопления при  $t_k = 18^\circ\text{C}$

Наименование ограждения	Ориентация	Площадь, (м <sup>2</sup> )	Коэффициент теплопередачи, ( $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ )	Расчетная наружная температура (°C)	Основные теплопотери, (Вт)	Добавки к тепловым потерям, (а)	Общие расчетные теплопотери (Вт)
Наружная стена	Запад	9,18	1,02	-13	290,3	1,15	333,81
Наружная стена	Север	10,50	1,02	-13	332,0	1,2	398,41
Внутренняя стена		3,72	1,49	9,1	49,33	-	49,33
Дверь		1,62	4,65	9,1	67,04	-	67,04
Пол		6,85	0,66	-13	140,15	0,75	105,11
Потолок		6,85	0,77	-13	163,51	0,6	98,11
Итого							1051,81



**Рис.1. Зависимость удельной тепловой характеристики отопляемого помещения ( $q_0$ ) от отношения  $\frac{F_n^{10}}{F_{пол}}$ .**

Как следует из рис. 1, зависимость между  $q_0$  и  $\frac{F_n^{10}}{F_{пол}}$  линейная, что позволяет ее представить в виде уравнения прямой т.е.

$$q_0 = 47,71 + 14,25 \frac{F_n^{10}}{F_{пол}}, \frac{Вт}{м^2} \quad (9)$$

Тепловые потери экспериментального объекта за сутки ( $Z_c$ ) в зависимости от фактической температуры окружающей среды на основе (8) и (9) могут быть определены по формуле

$$Q_{ТП}^{\phi} = \left( 47,71 + 14,25 \frac{F_n^{10}}{F_{пол}} \right) (t_k - \bar{t}_{o,\phi}) \cdot Z_c \quad (10)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Shurcliffe W. A. (1980). Thermal Shutters and Shades. Brick House Publishing. Andover, Mass.
2. Дусяров А.С., Аvezов Р.Р. Оптимальный угол наклона к горизонту трансформируемого рефлектора пассивных систем солнечного отопления // Гелиотехника, 2000. –№1. –Ст. 60-63.
3. Дусяров А.С., Аvezов Р.Р. Температурный режим помещения с рефлекторной пассивной системой солнечного отопления и аккумулятором тепла // Гелиотехника, 2000. –№4. –С.50-54.
4. Дусяров А.С. Расчет теплозащитного эффекта применения шарнирно-трансформируемого рефлектора для дополнительной теплоизоляции поверхности светопроема ночью. // Гелиотехника, 2004. –№4. –С.88-91.
5. Дусяров А.С. Расчет тепловых потерь помещений с инсоляционной пассивной системой солнечного отопления. // Гелиотехника, 2002. –№4. –С.93-95.
6. Справочник по климату. Вып.19. Часть 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние.- Л.: Гидрометиздат, 1966. –76 с.
7. Аvezов Р.Р. и др. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. -М.: Стройиздат, 1990.-328с.
8. Зоколей С. Солнечная энергия и строительство. – М.: Стройиздат, 1979. -209 с.
9. Сабади П.Р. Солнечный дом. -М.: Стройиздат, 1985. -113с.
10. Зоколей С.В. Пассивные методы использования солнечной энергии. В кн. Энергоактивные здания. -М.: Стройиздат, 1988. -С. 276-305.