

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Кафедра «Возобновляемые источники энергии»

**ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ СОЛНЕЧНОГО ДОМА С УЧЕТОМ
ПАССИВНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Методические указания для выполнения курсового проекта
по дисциплине «Основы теплотехники солнечных домов»
для студентов энергетического факультета по специальности
«Альтернативные источники энергии»
очной и заочной форм обучения

Бишкек – 2011

«Рассмотрено»
на заседании кафедры
«Возобновляемые источники энергии»
Протокол № 7 от 14.04.2011 г.

«Одобрено»
Методическим советом
энергетического факультета
Протокол № 1 от 3.10.2011 г.

УДК 662.997

Составитель ТАГАЙМАТОВА А.А.

Тепловой режим солнечного дома с учетом пассивной системы теплоснабжения. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Основы теплотехники солнечных домов» для студентов энергетического факультета по специальности «Альтернативные источники энергии» очной и заочной форм обучения / КГТУ им. И.Раззакова; сост. А.А. Тагайматова. – Бишкек: ИЦ «Текник», 2011. – 18 с.

Методические указания содержат методику выполнения курсового проекта, контрольные вопросы и список рекомендуемых источников. Кроме того, в настоящем указании приведены краткие теоретические сведения о тепловом режиме здания, также методики расчета теплотерь зданий, воздухопроницаемости и теплоустойчивости ограждений и теплопроизводительности пассивных систем теплоснабжения.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения.

Табл.: 1, рис.: 1, библиогр.: 7 наименов.

Рецензент к.т.н. Бердыбаева М.Т.

Тех. редактор *Субанбердиева Н.Е.*

Подписано к печати 16.11.2011 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,25 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 377. Цена 21,4 сом.
Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43
e-mail: beknur@mail.ru

Содержание

Цель и исходные данные.....	4
Характеристика климата.....	4
Тепловой режим здания.....	5
Расчет потери тепла здания.....	5
Алгоритм расчета тепловых потерь здания.....	7
Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.....	9
Подбор конструкций окон, балконов и наружных дверей.....	10
Расчет воздухопроницаемости ограждений.....	11
Расчет количества воздуха, проникающего через ограждение под действием разности давлений	11
Расчет влажностного режима ограждающих конструкций.....	12
Конденсация влаги на внутренней поверхности ограждений.....	12
Конденсация влаги в толще ограждения.....	13
Расчет теплоустойчивости ограждений.....	13
Расчет основных и добавочных теплотерь помещений.....	14
Расчет теплопроизводительности пассивных систем солнечного теплоснабжения.....	15
Контрольные вопросы.....	17
Рекомендуемая литература.....	18

Цель и исходные данные

Выполнить теплотехнический расчет, расчет воздухопроницаемости, влажностного режима и теплоустойчивости ограждающих конструкций здания, расположенного в г. Бишкек. Конструкции наружных ограждений здания:

а) наружные стены

1. керамзитобетон, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,1\text{м}$; $\lambda = 0,66$
2. маты минераловатные прошивные на синтетическом связующем, $\gamma = 125 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,064\text{м}$; $\lambda = 0,056$
3. керамзитобетон, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_3 = 0,1\text{м}$; $\lambda = 0,66$

б) перекрытие над подвалом

1. паркет дубовый, $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,02\text{м}$; $\lambda = 0,18$
2. асбестоцементная плита, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,02\text{м}$; $\lambda = 0,47$
3. маты минераловатные прошивные, $\gamma = 125 \text{ кг/м}^3$, $\delta_3 = 0,064\text{м}$; $\lambda = 0,056$
4. железобетонная плита, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4 = 0,01\text{м}$; $\lambda = 1,92$

в) бесчердачное покрытие

1. железобетонная плита, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,1\text{м}$; $\lambda = 0,92$
2. маты минераловатные, $\gamma = 125 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,064\text{м}$; $\lambda = 0,056$
3. гравий керамзитовый, $\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_3 = 0,05\text{м}$; $\lambda = 0,21$
4. битум кровельный, $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4 = 0,02\text{м}$; $\lambda = 0,27$
5. толь, $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$, $\delta_5 = 0,018\text{м}$; $\lambda = 0,17$

Характеристика климата

Расчетные параметры климата для теплотехнических расчетов ограждений выбираются по главе СНиП КР 23-02-00 «Строительная климатология». Для города Бишкек эти параметры составляют:

а) температура наружного воздуха:

- абсолютная минимальная $t_{\min} = -38^{\circ}\text{C}$,
- холодных суток $t_{\text{х.с.}} = -23^{\circ}\text{C}$,
- холодной пятидневки $t_{\text{х.п.}} = -23^{\circ}\text{C}$,
- средняя отопительного периода $t_{\text{о.п.}} = -0,9^{\circ}\text{C}$,
- среднего самого холодного месяца $t_{\text{х.м.}} = -5,6^{\circ}\text{C}$,
- средняя самого жаркого месяца $t_{\text{ж.м.}} = 24,7^{\circ}\text{C}$
- максимальная амплитуда суточных колебаний температуры в июле месяце $A_{\text{тн}}^{\max} = 24,7^{\circ}\text{C}$;

б) расчетные скорости ветра: в январе $v_{\text{ян}} = 2,2 \text{ м/с}$, в июле $v_{\text{июл}} = 1,8 \text{ м/с}$;

в) относительная влажность наружного воздуха в самом холодном месяце $\varphi = 63\%$;

г) продолжительность отопительного периода $Z_{\text{от}} = 157 \text{ сут}$;

д) влажностная зона района строительства – сухая, СНиП «Строительная теплотехника». Среднемесячная относительная влажность воздуха 13%, наиболее холодного месяца 63%.

Требуемые параметры микроклимата в зданиях различного назначения определяются по (2, табл. 1, 2), нормами проектирования этих зданий.

Теплотехническому расчету предшествует выбор теплофизических характеристик материалов отдельных слоев ограждений в зависимости от влажностного режима помещения и влажностной зоны района строительства в соответствии со СНиП 23-01-98 КР «Строительная теплотехника».

Тепловой режим здания

Тепловым режимом здания называется совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловую обстановку в его помещениях.

Помещения здания изолированы от внешней среды ограждающими конструкциями, что позволяет создать в них определенный микроклимат. Наружные ограждения защищают помещения от непосредственных атмосферных воздействий, а специальные системы поддерживают определенные заданные параметры внутренней среды.

Под действием разности наружной и внутренней температур, солнечной радиации и ветра помещение теряет тепло через ограждения зимой и нагревается летом. Гравитационные силы, действие ветра и вентиляция создают перепады давлений, приводящие к перетеканию воздуха между сообщающимися помещениями и к его фильтрации через поры материала и неплотности ограждений. Атмосферные осадки, влаговыделения в помещениях, разность влажности внутреннего и наружного воздуха приводят к влагообмену через ограждения, под влиянием которого возможно увлажнение материалов и ухудшение защитных свойств и долговечности наружных стен и покрытий.

Тепловая обстановка в помещении определяется совместным действием ряда факторов: температуры, подвижности и влажности воздуха помещения, наличием струйных течений, распределением параметров воздуха в плане и по высоте помещения, а также радиационным излучением окружающих поверхностей, зависящим от их температуры.

Расчет потери тепла здания

Для проектирования системы солнечного теплоснабжения необходимы данные о средней многолетней нагрузке отопления для каждого месяца.

Нагрузка отопления зависит от большого числа факторов, в том числе географического положения здания, его архитектурных особенностей, ориентации, качества строительных работ и т.д.

Обычно для определения тепловых потерь дома используется метод расчета основанный на СНиП.

Для решения поставленной задачи выбирается дом со следующими характеристиками:

- объем здания $V = \quad \text{м}^3$;
- расчетная высота этажа (помещения) $h = \quad \text{м}$;
- расчетная площадь здания $F = \quad \text{м}^2$.

Расчет теплопотерь здания осуществляется двумя методами: 1) классическим методом, применяемым в проектных институтах, в соответствии со СНиП; 2) методом, предложенным в данной работе: В основе классического метода коэффициенты теплоотдачи α_1 , α_2 берутся для температур рекомендуемых СНиП, при внутренней температуре помещения ($t_{вн}$) и наружной температуры окружающего воздуха ($t_{н}$) равной температуре наиболее холодной пятидневки и они считаются неизменными. (α_1 и α_2 - const).

Для определения тепловых потерь здания по среднемесячным температурам окружающей среды имеется методика и программа для расчета тепловых потерь с учетом зависимости α_2 от температуры окружающей среды.

В этой методике коэффициент теплоотдачи α_1 от воздуха к стенке внутри помещения принимается постоянным, т.к. температура внутри помещения рекомендуется СНиП и практически остается постоянной. Коэффициент теплоотдачи α_2 от наружной стенки к окружающей среде, зависит от температуры окружающего воздуха. Следовательно, α_2 не является постоянной величиной, и для других температур будет иметь другое значение, поэтому его необходимо рассчитывать, что, и предложено в данном методе расчета.

Удельная характеристика здания q_0 , Вт/м³ определяется по уравнению:

$$q_0 = \frac{Q_{от}}{V(t_{в} - t_{н})}, \text{ Вт/м}^3 \quad (1)$$

где $Q_{от}$ – потери тепла зданием, Вт;

V – объем здания, м³;

$t_{в}$ – температура воздуха внутри здания °С;

$t_{н}$ – температура воздуха окружающей среды.

Удовлетворительное совпадение удельных характеристик здания q_0 при различных температурах окружающей среды рассчитанных на основе предлагаемого и классического метода является прямым подтверждением правильности и точности предлагаемой методики.

Алгоритм расчета тепловых потерь здания

Порядок расчета тепловых потерь здания в предлагаемом методе осуществляется в следующей последовательности.

Для расчета теплопотерь здания применяется формула:

$$Q = (t_1 - t_2) \cdot F \cdot K \cdot x \cdot y \quad (2)$$

где $t_2 = t_n$ – температура наружного воздуха, не постоянная;
 $t_{вн} = t_1$ – температура внутри здания, принимается согласно СНиП.
 $F = a \cdot b$ – поверхность стены, окна, двери, пола и т.д.
 a – ширина здания, $a \neq \text{const}$;
 b – высота здания, $b \neq \text{const}$, задаются;
 x – добавки на стороны света;
 Y – коэффициент на две и более стен;
 Коэффициент теплопередачи равен:

$$K = \frac{1}{R_0} \quad (3)$$

Сопротивление теплопередачи – R_0 определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4)$$

где $R_{\lambda i} = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термическое сопротивление ограждающей конструкции 1-го слоя.

α_1 - коэффициент теплоотдачи внутри помещения;
 α_2 - коэффициент теплоотдачи снаружи помещения.

Поскольку температура внутри помещения, согласно СНиП, постоянная, то коэффициент теплоотдачи α_1 тоже постоянная величина.

Коэффициент теплоотдачи снаружи помещения определяется из уравнения т.к. температура окружающей среды не постоянна.

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} \quad (5)$$

Число Нуссельта определяется по критериальному уравнению в зависимости от режима течения воздуха:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \left(\frac{P_{гж}}{P_{rc}} \right)^{0,25}; \text{ где } \left(\frac{P_{гж}}{P_{rc}} \right)^{0,25} = 1; \quad (6)$$

Для определения критерия Нуссельта и Грасгофа выбираются физические свойства воздуха по заданной температуре, которая изменяется в течение отопительного периода.

$\lambda = f(t)$;
 $\nu = f(t)$;
 $Pr = f(t)$;

Для определения критерия Грасгофа, предварительно задается температура наружной поверхности стенки t_c , по уравнению:

$$Gr = \frac{g\beta(t_c - t_2) \cdot l^3}{\nu^2} \quad (7)$$

После определения коэффициента теплоотдачи α_2 и коэффициента теплопередачи K определяется плотность теплового потока из уравнений

$$q_a = K(t_1 - t_2) \quad (8)$$

$$q_b = \alpha_2(t_c - t_2) \quad (9)$$

Уточняется температура стенки по уравнению:

$$t_{\text{сyt.}} = t_c + q_a(1/\alpha_2) \quad (10)$$

Расчет повторяется с уточненной температурой поверхности наружной стенки до тех пор пока не выполняется условие равенства плотности теплового потока $q_a = q_b$ и условие равенства температуры наружной стенки

$$t_{\text{сyt.}} = t_{\text{ci}} \pm 0,01/^\circ\text{C}$$

Данные условия обеспечивают достаточную точность при определении коэффициентов теплоотдачи α_2 и теплопередачи K .

Тепловые потери определяются как сумма потерь через все наружные поверхности здания.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет ограждений заключается в определении необходимой толщины теплоизоляции и конструктивных слоев ограждения, обеспечивающих сопротивление теплопередаче, равное нормированному значению общего приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{Omp}}^{\text{нп}}$. Расчет производится на основании величины комплексного климатического показателя ГСОП (градусо-суток отопительного периода):

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{\text{оп}}) * Z_{\text{оп}}, \quad (11)$$

где t_b – температура воздуха внутри помещения, принимаемая в зависимости от назначения помещений, по нормам проектирования соответствующих зданий (2, табл.1), $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{оп}}$, $Z_{\text{оп}}$ - средняя температура, $^\circ\text{C}$ и продолжительность, суточного периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ (1, табл.1)

Определяется приведенное сопротивление конструкций, теряющих тепло (НС, ЧП, БП, ПП, Ок), R_{Omp}^{np} , ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт, по (2, табл.9).

Полученная величина R_{Omp}^{np} приравнивается к общему сопротивлению теплопередаче ограждения:

$$R_{Omp}^H = R_0 = R_B + \Sigma R_T + R_H, \quad (12)$$

где R_B и R_H – сопротивления теплообмену у внутренней и наружной поверхностях ограждения, определяемые по формуле:

$$R_B = 1/\alpha_B, \quad R_H = 1/\alpha_H, \quad (13)$$

где α_B и α_H – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ($Вт/м^2 \cdot ^\circ C$), определяются по (2, табл.8, 10).

ΣR_T - общее термическое сопротивление теплопередаче ограждения.

$$\Sigma R_T = \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n = \Sigma \delta_i/\lambda_i, \quad (14)$$

И из этого равенства, учитывая (12), определяется неизвестная толщина x теплоизоляционного или конструктивного слоя.

Например:

$$R_0 = 1/\alpha_B + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + x/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_H;$$
$$X = \lambda_3 * (R_0 - 1/\alpha_B + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_H), \text{ м.}$$

Аналогично определяем неизвестную толщину утепляющих слоев ПП, ЧП, (БП).

Требуемое сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и световых фонарей) определяется по (2, прил. Д).

Сопротивление теплопередаче наружных дверей и их толщина определяются по формулам (1), (2).

Подбор конструкций окон, балконных и наружных дверей

Теплозащитные свойства окон зависят от количества стекол в конструкции окна (одинарное, двойное остекление, спаренные переплеты и т.д.), качества применяемого уплотнения. Подбор заполнений световых проемов осуществляется следующим образом.

Приведенное сопротивление теплопередаче окон принимается с учетом ГСОП. Затем, руководствуясь величиной R_{Ok} , по (2, прил. Д) подбираем конструкцию заполнения светового проема, при этом $R_{Ok} \geq R^{nop}$. $R_{Ok} = 0,39 \text{ м}^2 \cdot ^\circ C/Вт$. Такое сопротивление теплопередаче оказывают окна с двойным остеклением в деревянных или пластмассовых спаренных переплетах.

Конструкция наружных дверей здания выбираются в зависимости от их необходимой пропускной способности и назначения здания. Сопротивление теплопередаче двери может определяться по формуле:

$$R_{0,дв.} = R_{в} + \delta/\lambda + R_{н} , \quad (15)$$

Расчет воздухопроницаемости ограждений

Каждый строительный материал обладает структурой, включающей определенное количество пор и капилляров, которые могут быть связаны между собой, что приводит к возможности проникания воздуха через толщу ограждения, если на поверхностях ограждения образуется перепад давлений. Свойства ограждения или материала пропускать воздух называется **воздухопроницаемостью**. Перепад давлений определяется выражением:

$$\Delta P = P_{н} - P_{в} , \quad (16)$$

Для определения количества проникающего воздуха через ограждающие конструкции (НС, Дв, Ок) необходимо знать перепад давлений ΔP , а также сопротивление воздухопроницанию рассчитываемой ограждающей конструкции: $G_1 = f(\Delta P \text{ и } H_k)$, где H_k - сопротивление воздухопроницанию, зависит от конструкции ограждений [2].

Воздухопроницаемость ограждений является одной из составляющих воздушного режима зданий, учитываются наряду с приточной и вытяжной вентиляцией в каждом помещении и перетеканием воздуха из одних помещений в другие.

Расчет количества воздуха, проникающего через ограждение под действием разности давлений

Расход инфильтрующегося воздуха помещения через неплотности наружных ограждающих конструкций следует определять по формуле:

$$\sum G_1 = \frac{0.21 * \sum \Delta P^{0.67}_1 * A_1}{R_{П1} \text{ (окна)}} + \frac{\sum \Delta P^{0.5}_2 * A_2}{R_{П2} \text{ (дверивороты)}} + \frac{\Delta P_3 * 0.5 * l}{R_{3,1} \text{ (стыки, панели)}} , \quad (17)$$

где ΔP_1 – разность давлений воздуха для окон, балконных дверей и фонарей, Па;
 ΔP_2 – для наружных дверей, ворот и открытых проемов;
 ΔP_3 – для стыков стеновых панелей;
 $\Delta P_{3,1}$ – для стыков стеновых панелей на первом этаже здания;
 $A_1, R_{П1}$ – соответственно площадь, m^2 , окон балконных дверей и фонарей, сопротивление их воздухопроницанию, $m^2 \cdot ч/кг$, определяемое по

(2, прил.К);

$A_2, R_{П2}$ – соответственно площадь, m^2 , наружных и внутренних дверей, ворот и открытых проемов, сопротивление их воздухопроницанию, $m^2ч/кг$;

$R_{П2}$ – следует принимать равным: для дверей помещений – 0,3; для дверей при входе из коридоров на открытые пожарные лестницы или лоджии – 0,47 и для ворот и проемов – по расчету; l – длина стыков панелей, м.

Воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания не должна превышать нормативную G_H $кг/ m^2ч$, определяемую по (2, табл.17).

Расчет влажностного режима ограждающих конструкций

Наряду с передачей тепла, фильтрацией воздуха в ограждающих конструкциях здания происходит процесс переноса влаги. Повышенное влагосодержание материалов приводит к потере их теплозащитных свойств и долговечности. Во влажных ограждениях интенсифицируется передача тепла, что влияет на температуру внутренних поверхностей конструкций, определяющий теплообмен и комфортность условий в помещении.

Влажностное состояние ограждений изменяется с течением времени и, в общем, может быть разделено на два периода: начальный и эксплуатационный. Начальный период, продолжительность которого зависит от влагосодержания материалов в период возведения ограждений, их влажностных свойств, тепло-влажностных воздействий внутренней среды и климата, составляет обычно – 3-5 лет. Эксплуатационный период характеризуется сравнительно постоянным среднегодовым влагосодержанием материалов, определяющим условия эксплуатации ограждений и расчетные значения тепловлажностных характеристик материалов.

Таким образом, при подборе наружных ограждающих конструкций расчет влажностного режима сводится к определению возможности конденсации влаги воздуха помещений, внутренней поверхности ограждений и в толще ограждений. Конденсация влаги на поверхности ограждений вызывает ухудшение санитарно-гигиенических условий в помещении, разрушение внутреннего отделочного слоя ограждения, конденсации влаги, перемещающейся в виде пара в толще ограждения, приводит к переувлажнению материалов внутренних слоев, снижению их теплозащитных качеств.

Конденсация влаги на внутренней поверхности ограждений

Конденсация влаги, содержащейся в воздухе помещения на поверхности ограждения, возможна в том случае, если температура поверхности (на гладкой стене $\tau_{в}, ^\circ C$ или в углах здания $\tau_{y}, ^\circ C$) будет меньше температуры точки росы

воздуха помещения t_p , °C. Определения температуры внутренней поверхности глады стены производится по формуле:

$$\tau_e = t_B - \frac{R_B}{R_{HC_o}} * (t_B - t_{xn}),^0 C , \quad (18)$$

Температуры в углах здания:

$$\tau_\gamma = \tau_B - \frac{R_{B-x}}{R_{HC_o}} * (t_B - t_{xm}) , \quad (19)$$

где R_{B-x} – сопротивление теплопередаче от внутренней среды до сечений X в толще ограждения.

На поперечное сечение ограждения, выполненное в определенном масштабе, по найденным t_x наносится кривая распределения температур и максимальных упругостей водяных паров $E_x = f(t_x)$.

Распределение действительной упругости водяного пара может быть получено по формуле:

$$e_x = e_e - \frac{H_{e-x}}{H_o} * (e_x - e_n), \quad (20)$$

где H_{B-x} – сопротивление паропроницанию от внутренней среды до сечения X в толще ограждения, м²чПа/мг;

H_o – общее сопротивление паропроницаемости ограждения.

$$H_o = H_B + \sum \frac{\delta_t}{\mu_t} + H_n , \quad (21)$$

где H_B и H_n – сопротивление влагообмену на внутренней и внешней поверхностях (могут быть приняты соответственно равными 0,027 и 0,005 м²ч; Па/мг);

μ – коэффициент паропроницаемости материалов слоев, мг/(м ч Па), принимаемые по (2, прил. Б).

Если расчет покажет возможность конденсации влаги в толще ограждения, необходимо либо увеличить толщину ограждения, либо заменить внутренние слои другими, имеющими большее сопротивление паропроницаемости.

Конденсация влаги в толще ограждения

Через ограждения, под действием разности упругостей водяного пара ($e_B - e_n$) внутреннего и наружного воздуха, происходит диффузия водяного пара. Если в отдельных слоях или сечениях ограждения упругость e_x окажется выше

максимальной упругости E_x , соответствующей температуре t_x в данном сечении, то произойдет выпадение конденсата.

Таким образом, расчет заключается в построении кривых распределения t_x , E_x , e_x и выявлении слоев или сечений, где e_x оказывается выше E_x .

Температуру в любом произвольном сечении определяют выражением:

$$t_y = t_6 - (0,18 - 0,031 * R^{hc}_o) * (t_6 - t_{x.n}), \quad (22)$$

Максимальная упругость водяного пара при температуре $t_b = 20^0C$, $E_{tb} = 2340$ Па. Внутри помещений должен поддерживаться нормальный влажностный режим, для которого $\varphi_b = 50...60\%$.

$$e_6 = E_{t_b} * \frac{\varphi_6}{100 \%}, \quad (23)$$

Если $t_y > t_p$, то следует усилить теплозащиту в углах здания (необходимо при конструировании системы отопления расположить в углах здания стояки (трубопроводы) системы отопления).

Расчет теплоустойчивости ограждений

Расчет теплоустойчивости ограждений заключается в определении амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждений $A_{тв}$ с учетом комплекса тепловых воздействий климата, теплозащитных свойств самого ограждения и сравнении ее величины с допустимой (требуемой, нормируемой) величиной амплитуды $A_{тв}^{mp}$, определяемой в зависимости от температуры наружного воздуха в наиболее жаркий месяц года.

Последовательность расчета:

1. Определяется требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждения:

$$A_{тв}^{mp} = 2,5 - 0,1(t_{ж.м.} - 21), \quad (24)$$

2. Определяется расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха:

$$A^{pac}_{t_n} = 0,5A_{t_6} + \frac{p(J_{max} - J_{cp})}{\alpha_n}, \quad (25)$$

Расчетная амплитуда $A_{тн}^{pac}$ представляет собой комплекс из двух слагаемых, первый из которых равен половине максимальной $A_{тн}$ для данного географического района в июле, принимаемой по (1), второе слагаемое представля-

ет собой так называемую радиационную добавку – увеличение амплитуды колебаний температуры за счет воздействия солнечной радиации).

J_{max} и J_{cp} – интенсивность солнечной радиации, воздействующей на ограждение;

J_{max} – определяется как сумма прямой и рассеянной солнечной радиации;

J_{cp} – среднее суточное количество поступающей радиации, определяются в зависимости от географической широты населенного пункта и ориентации рассчитываемого ограждения (2, прил. С.Т.);

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждения (2, прил. Е);

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения.

Расчет основных и добавочных теплопотерь помещений

Основные и добавочные потери теплоты следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q Вт, с округлением до 10 Вт по формуле:

$$Q_m = \frac{A}{R_k} (t_v - t_n) (1 + \sum \beta_l) \eta, \quad (26)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

R_k – сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

t_v – расчетная температура воздуха помещения, $^\circ\text{C}$;

t_n – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температуре воздуха более холодного помещения – при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения, $^\circ\text{C}$;

η – поправочный коэффициент, вводимый на разность температур, принимаемые по (2, табл. 6);

η – коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери.

Добавочные теплопотери определяются в процентах от основных теплопотерь и учитывают воздействия окружающей среды и ориентации помещения по отношению к сторонам света.

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
10	10	10	5	0	5	5	5

Наличие двух и более наружных стен приводит к увеличению теплопотерь и в зависимости от того угловое или не угловое помещение добавляется к основным теплопотерям 10% на угловые помещения.

На подогрев врывающегося холодного воздуха, если наружный воздух проникает в помещения в холодной период (инфильтрация) это ведет дополнительным расходам тепла.

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot \Sigma G_{инф} \cdot C \cdot (t_u - t_v 5g) \cdot K_1, \quad (27)$$

где $\Sigma G_{инф}$ – расход инфильтрующего воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции;

C – удельная теплоемкость воздуха, равная 1кДж /кг С.

K – коэффициент, учитывающий влияния встречного теплового потока в конструкции и равен: 0,7 – для стыков панелей стен и окон с тремя перелетами; 0,8 – для окон двумя перелетами; 1 – для одинарных окон и дверей балконов.

$Q_{инф}$ следует добавлять к основным теплотерям.

Значение действий и максимальной упругости водяного пара в зависимости от температуры

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	-30	-20	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8
$E, \text{Па}$	61,5	123	187	207	245	245	260	286	303	328
$t, ^\circ\text{C}$	-7	-6	-5	-4	-2	-2	-1	0	1	2
$E, \text{Па}$	355	383	422	450	527	527	576	611	660	708
$t, ^\circ\text{C}$	3	4	5	6	8	8	9	10	11	12
$E, \text{Па}$	757	814	872	934	1068	1068	1142	1278	1310	1405
$t, ^\circ\text{C}$	13	14	15	16	18	18	19	20	25	30
$E, \text{Па}$	1500	1598	1709	1820	2065	2065	2200	2340	3170	4255

Расчет теплопроизводительности пассивных систем солнечного теплоснабжения

Пассивными называются системы солнечного отопления, в которых в качестве элемента, воспринимающего солнечную радиацию и преобразующего ее в теплоту, служат само здание или его отдельные конструктивные элементы (рис. 1).

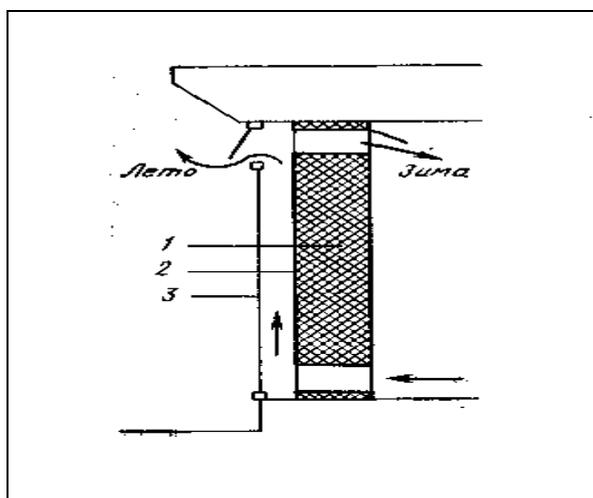


Рис. 1. Схема пассивной системы с циркуляцией теплоносителя
1 – стена; 2 – теплопринимающая поверхность; 3 – остекление

Теплопроизводительность определяется по следующей формуле:

$$Q = G c_{вз} (t_{ввых} - t_{вх}), \quad (28)$$

где G – расход воздуха;

$c_{вз}$ – удельная теплоемкость воздуха;

$t_{ввых}$ – температура воздуха на выходе;

$t_{вх}$ – температура воздуха на входе.

Расход теплоносителя определяется следующим выражением:

$$G = 3600 \delta \cdot \rho \cdot v, \quad (29)$$

где δ – толщина воздушной прослойки;

ρ – плотность воздуха;

v – скорость движения воздуха.

Результаты определения расхода воздуха позволяют рассчитать необходимую площадь живого сечения входных и выходных каналов для поступления воздуха в помещение следующим уравнением:

$$F_{жс} = \frac{G}{3600 \rho_{ср} \sqrt{\frac{2 g H (\rho_{вх} - \rho_{ввых})}{\sum \xi \cdot \rho_{ср}}}}, \quad (30)$$

где $\rho_{ср}$ – средняя плотность воздуха;

g – ускорение свободного падения;

H – высота между центрами входного и выходного отверстий;

$\rho_{вх}$ – плотность входящего в теплоприемник воздуха;

$\rho_{ввых}$ – плотность воздуха на выходе из теплоприемника;

$\sum \xi$ – сумма местных сопротивлений.

При расчете практически важно знать температуру воздуха в верхней части теплоприемника, которая определяется как:

$$t_{ввых} = 0.009969 I + 0.298 t_{н} - t_{вн}, \quad (31)$$

где I – интенсивность солнечной радиации, падающего на поверхность абсорбера;

$t_{н}$ – температура наружного воздуха;

$t_{вн}$ – температура внутреннего воздуха.

Контрольные вопросы

1. Что называется тепловым режимом здания?
2. Как определяются тепловые потери здания?
3. Как подбираются конструкции окон и дверей?
4. Как рассчитывается количество воздуха, проникающее через ограждения?
5. Что называется инфильтрирующим воздухом?
6. Как определяется теплоустойчивость ограждений?
7. В каких случаях применяются добавочные теплопотери?
8. С какой целью определяются тепловые потери здания?
9. Чем отличаются пассивные системы солнечного теплоснабжения от активных систем?
10. Принцип работы стены Тромбы-Мишеля.
11. Какие системы называются пассивными?
12. Назовите основные приемы и элементы ПССТ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.01 – 82 Строительная климатология и геофизика.
2. СНиП 11 – 3 – 79 Строительная теплофизика.
3. СНиП 2.04.05 – 86 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
4. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Часть 1. – М.: Стройиздат, 1980.
5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1982.
6. СНиП КР 23 – 02 – 00 Строительная климатология.
7. СНиП КР 23 – 01 – 98 Строительная теплотехника.

