

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 06.04.2023 15:41:41
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Методические указания к практическим занятиям по
дисциплине "Энергосберегающие технологии и материалы" для
студентов специальности 08.05.01

Курск 2022

УДК 624.04

Составитель: В.И. Колчунов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.Г.Колесников*

Энергосберегающие технологии и материалы:
методические указания к практическим занятиям / Юго-Зап. гос.
ун-т; сост.: В.И. Колчунов. Курск, 2022. - 12 с. -Библиогр.: 4 с.

Методические указания содержат примеры теплотехнического расчета ограждающих конструкций, выполненных с использованием энергосберегающих технологий и материалов.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Энергосберегающие технологии и материалы" предназначены для студентов специальности 08.05.01 "Строительство уникальных зданий и сооружений".

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,7 . Уч.-изд.л. 0,63 .

Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
Литература	12

ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины «Энергосберегающие технологии и материалы» является формирование у студентов компетенций, позволяющих ориентироваться и принимать самостоятельные решения в сфере формирования экономических и инженерно-технических механизмов энергосбережения в строительстве.

Полученные знания студенты используют в практической деятельности на стадиях разработки и внедрения результатов инновационной деятельности в строительстве: энергосберегающих технологий и материалов.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задача 1. Кубический образец каменного материала размером $a = 10$ см имеет в воздушно-сухом состоянии массу $m = 2,2$ кг.

Вычислить ориентировочно коэффициент теплопроводности и возможное наименование материала.

Решение. Известна формула В.П. Некрасова, связывающая теплопроводность γ [Вт/(м · °С)] с величиной относительной плотности d однородного каменного материала:

$$\gamma = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16$$

где d - относительная плотность, выражает отношение плотности материала $\rho_0^{\text{мат}}$ к плотности стандартного вещества ρ_0 при определенных физических условиях (безразмерная величина).

В качестве стандартного вещества удобно принять воду при 4 °С (точнее при $t = 3,98$ °С), имеющую при этой температуре плотность

$$\rho_0^{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ кг/м}^3 \text{ или } \rho_0^{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ г/см}^3 .$$

Средняя плотность данного кубического образца материала

$$\rho_0 = \frac{m}{V} = \frac{2200}{1000} = 2,2 \text{ г/см}^3$$

Относительная плотность

$$d = \frac{\rho_0^{\text{мат}}}{\rho_0^{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{2,2}{1,0} = 2,2$$

Ориентировочно коэффициент теплопроводности материала

$$\gamma = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22(2,2)^2} - 0,16 = 1,048 \text{ Вт/(м · °С)}$$

По справочным данным устанавливаем, что возможный вид материала - тяжелый бетон $\gamma = 0,9-1,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ (Л.Г. Комар. Строительные материалы и изделия. М., 1988 г.).

Задача 2. Определить среднюю плотность ρ_0 и коэффициент теплопроводности γ , установить примерное название материала, если образец из него имеет форму куба с ребром 3 см и массу 32,4 г.

Решение. Объем куба $V = 0,03 \times 0,03 \times 0,03 = 0,000027 \text{ м}^3$

Средняя плотность кубического образца материала

$$\rho_0^{\text{мат}} = \frac{0,0324}{0,000027} = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\gamma = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16$$

$$d = \frac{\rho_0^{\text{мат}}}{\rho_0^{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1200}{1000} = 1,2$$

$$\gamma = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22(1,2)^2} - 0,16 = 0,513 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$$

Ответ: $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$; $0,513 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; легкий бетон.

Задача 3. Образец каменного материала в форме куба со стороной 10 см имеет массу в сухом состоянии 1,7 кг. Вычислить ориентировочно коэффициент теплопроводности γ и возможное наименование этого материала.

Решение. Объем образца материала

$$V_{\text{мат}} = 0,001 \text{ м}^3 \text{ или } V_{\text{мат}} = 1000 \text{ см}^3.$$

Средняя плотность образца материала

$$\rho_0^{\text{мат}} = \frac{m}{V} = \frac{1,7}{0,001} = 1700 \text{ кг/м}^3$$

Относительная плотность

$$d = \frac{\rho_0^{\text{мат}}}{\rho_0^{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1700}{1000} = 1,7$$

Коэффициент теплопроводности материала

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16 = \\ &1,16\sqrt{0,0196 + 0,22(1,7)^2} - 0,16 = 0,779098 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \end{aligned}$$

Ответ: 0,779098 Вт/(м · °C); цементно-песчаный раствор.

Задача 4. Через наружную стену из кирпича площадью $A = 25,5 \text{ м}^2$ проходит за $\tau = 24 \text{ ч}$, $Q = 76000 \text{ кДж}$ теплоты. Толщина стены $\delta = 51 \text{ см}$. Температура внутренней (теплой) поверхности стены $t_1 = +15 \text{ °C}$, наружной (холодной) $t_2 = -12 \text{ °C}$.

Рассчитать теплопроводность γ кирпичной кладки.

Решение. Теплопроводность кирпичной стены (кладки) γ Вт/(м · °C)

$$\gamma = \frac{Q\delta}{A(t_1 - t_2)\tau}$$

где Q - количество теплоты, кДж;

δ - толщина стены, м;

A - площадь сечения, перпендикулярная направлению теплового потока, м^2 ;

t_1, t_2 - температура поверхности соответственно теплой и холодной сторон стены. $^{\circ}\text{C}$;

τ - время прохождения потока тепла, ч.

$$\gamma = \frac{76000 \cdot 0,51}{25,5 \cdot 27 \cdot 24} = 2,346 \text{ кДж}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$\text{или } 2,346 : 3,6 = 0,65157 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

Ответ: $0,65157 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Задача 5. Теплопроводность фибролита со средней плотностью $\rho_0 = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$ в сухом состоянии при $t = 25 ^{\circ}\text{C}$ $\gamma_t^{\text{сух}} = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$. Вычислить расчетное значение теплопроводности γ :

а) при $t = 0 ^{\circ}\text{C}$;

б) при $t = 25 ^{\circ}\text{C}$ и атажности по массе $W_m = 20 \%$.

Решение. Для пересчета теплопроводности к нулевой температуре используем формулу

$$\gamma_t = \gamma_0 (1 + 0,0025t)$$

где γ_0 - коэффициент теплопроводности при $0 ^{\circ}\text{C}$.

Эта формула справедлива только при температурах не выше $100 ^{\circ}\text{C}$.

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_t}{(1 + 0,0025t)} = \frac{0,1}{1 + 0,0025 \cdot 25} = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

Для учета влияния влажности на теплопроводность γ можно использовать упрощенную формулу

$$\gamma_w = \gamma_t^{\text{сух}} + \Delta\gamma W_{\text{об}},$$

где $\gamma_t^{\text{сух}}$ - коэффициент теплопроводности при температуре t ,

γ_w - коэффициент теплопроводности влажного материала;

$\Delta\gamma$ - приращение коэффициента теплопроводности на 1 % увеличения объемной влажности W_0 , которое составляет:

- для неорганических материалов при положительной температуре - 0,0025 Вт/(м · °С);

- при отрицательной - 0.0047 Вт/(м · °С);

- для органических - соответственно 0,0035 Вт/(м · °С) и 0.0047 Вт/(м · °С);

$W_{\text{об}}$ - объемная влажность (влажность материала по объему).

Влажность по объему фибролита

$$W_0 = W_m \cdot \frac{m}{\rho_B} = W_m \frac{\rho_0}{\rho_B}$$

$$W_0 = W_m \cdot d = 20 \cdot 0,4 = 8,0\%$$

Эффективная теплопроводность влажного фибролита

$$\gamma_w = 0,1 + 0,0035 \cdot 8,0 = 0,128 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$$

Ответ: 0.094 Вт/(м · °С); 0,128 Вт/(м·°С)

Задача 6. Необходимо заменить существующую теплоизоляцию из пенобетонных плит со средней плотностью $\rho_0 = 500 \text{ кг/м}^3$ и толщиной $\delta_{\text{пб}} = 100 \text{ мм}$ на теплоизоляцию из каменной ваты марки D 100.

Температура изолируемой поверхности $t_1 = 300$ °С, а температура поверхности изоляции $t_2 = 25$ °С. Вычислить толщину нового теплоизоляционного слоя из каменной ваты.

Решение. Определяем среднюю температуру теплоизоляционного слоя

$$t_{cp} = (t_1 + t_2)/2 = (300 + 25)/2 = 162,5 \text{ °С.}$$

По справочным данным вычисляем коэффициент теплопроводности изоляционного слоя из пенобетона при $\rho_0 = 500$ кг/м³ по следующей расчетной формуле:

$$\gamma_{пб}^{500} = 0,13 + 0,0003 t_{cp} = 0,13 + 0,0003 \cdot 162,5 = 0,179 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}.$$

Вычисляем коэффициент теплопроводности минераловатного утеплителя марки D 100 по расчетной формуле

$$\gamma_{мв} = 0,047 + 0,00023 t_{cp} = 0,047 + 0,00023 \cdot 162,5 = 0,0844 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}.$$

При замене теплоизоляционного материала, предусмотренного проектом на другой, необходимо обеспечить сохранение термического сопротивления запроектированного изоляционного слоя

$$R = \frac{\delta}{\gamma}$$

где R – термическое сопротивление изоляционного слоя м² ·°С/Вт;

δ - толщина слоя, м;

γ - коэффициент теплопроводности изоляционного слоя Вт/(м ·°С).

Термическое сопротивление существующей теплоизоляции из пенобетона

$$R_T = \frac{\delta_{пб}}{\gamma_{пб}^{500}} = \frac{0,1}{0,179} = 0,559 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$$

Толщина слоя из минеральной ваты при требуемом проектном термическом сопротивлении $R_T = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$.

$$\delta_{\text{МВ}} = R_T \gamma_{\text{МВ}} = 0,559 \cdot 0,0844 = 0,047 \text{ м.}$$

Принимаем $\delta_{\text{МВ}} = 5,0 \text{ см}$

Ответ : 5,0 см

Литература

1. Змачинский. Л.Э. Основы энергосбережения в строительстве. Курс лекций: учебно-методическое пособие / Л.Э. Змачинский. О.Г. Галузо. - Минск: БНТУ, 2007. - 227 с.
2. Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности: ГОСТ 409-77.
3. Трубы стальные предварительно термоизолированные пенополиуретаном. Технические условия: СТБ 1295-2001.
4. Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на сжатие: ГОСТ 23206-78.