

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО**  
**ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДЕНО  
на заседании кафедры  
строительных материалов  
«05» июня 2006 г.

**Методические указания**

**"Оценка основных показателей назначения и области рационального  
применения теплоизоляционных материалов" к лабораторному практикуму  
по дисциплине "Строительное материаловедение"  
для студентов строительных специальностей**

Ростов-на-Дону  
2006

УДК 691:699.86(07)

Методические указания "Оценка основных показателей назначения и области рационального применения теплоизоляционных материалов" к лабораторному практикуму по дисциплине "Строительное материаловедение" для студентов строительных специальностей. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006. - 12 с.

Даны основные сведения о теплоизоляционных материалах, приведены цель и задачи лабораторной работы, перечень требований к содержанию отчета, контрольные вопросы. В приложениях даны сведения о свойствах наиболее часто встречающихся теплоизоляционных материалах и список литературы.

Составитель д-р техн. наук Л.В. Моргун

Рецензент канд. техн. наук А.А. Тимонов

Редактор Н.Е. Гладких

Темплан 2006 г., поз. 146 в

Подписано в печать 28.06.06 г. Формат 60х84/16

Ризограф. Бумага писчая. Уч.-изд. л. 0,8.

Тираж 50 экз. Заказ 598.

Редакционно-издательский центр РГСУ

344022, Ростов н/Д, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный  
строительный университет, 2006

## ВВЕДЕНИЕ

Теплоизоляционными называют строительные материалы, обладающие малой теплопроводностью и предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций жилых, производственных и сельскохозяйственных зданий, поверхностей производственного оборудования и агрегатов (промышленных печей, турбин, трубопроводов и т.п.) [1]. Теплоизоляционные материалы характеризуются высокими показателями пористости и, как следствие, пониженной средней плотностью.

Применение в строительстве теплоизоляционных материалов позволяет весьма существенно и комплексно снижать материалоемкость объектов, влиять на энергоемкость потребления при их эксплуатации, улучшать акустические свойства и снижать требования к основаниям и фундаментам.

По показателям теплопроводности теплоизоляционные материалы делят на классы, нормируемые параметры которых определены в сухом состоянии:

А – малотеплопроводные, их теплопроводность ( $\lambda_0$ ) меньше 0,06 Вт/м·К;

Б – среднетеплопроводные,  $\lambda_0$  от 0,061 до 0,115 Вт/м·К;

В – повышенной теплопроводности,  $\lambda_0$  от 0,116 до 0,175 Вт/м·К.

Теплопроводность материалов  $\lambda_0$ , эксплуатируемых при температуре +200<sup>0</sup>С нормируется при температуре +25<sup>0</sup>С; до 500<sup>0</sup>С – при +125<sup>0</sup>С; свыше 500<sup>0</sup>С – при + 300<sup>0</sup>С [4]. На теплопроводность материалов [2] влияют температура и влажность. Зависимость теплопроводности от температуры [1] выражается уравнением О.Е. Власова:

$$\lambda_t = \lambda_1 / (1 + \beta \cdot t), \quad (1)$$

где  $\lambda_t$  – теплопроводность сухого материала при температуре  $t^0$ С;  $\lambda_1$  – теплопроводность сухого материала при 0<sup>0</sup>С;  $\beta$  – температурный коэффициент, выражающий приращение  $\lambda_0$  при повышении его температуры

на  $1^{\circ}\text{C}$  и равный 0,0025 в диапазоне температур от 0 до  $+100^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  - температура материала в  $^{\circ}\text{C}$ .

Зависимость теплопроводности от влажности описывается [2] уравнением:

$$\lambda_w = \lambda_{\text{сух}} + \eta \cdot W, \quad (2)$$

где  $\lambda_w$  – теплопроводность увлажненного материала;  $\lambda_{\text{сух}}$  – теплопроводность сухого материала;  $W$  - влажность материала в % по массе;  $\eta$  - влажностный коэффициент равный 0,0062, если вода в порах находится в жидкой фазе, а если вода в виде льда, то  $\eta = 0,0207$ , т.е. в 3,5 раза больше, так как теплопроводность льда в несколько раз выше теплопроводности воды.

Одним из важнейших компонентов, обеспечивающих теплоизоляционные свойства строительных материалов, является их пористость. При величине замкнутых пор от 0,1 до 2,0 мм воздух в них обладает минимальной теплопроводностью, равной 0,023...0,030 Вт/м·К [3]. Если поры сообщающиеся, воздух в них может обретать свойство конвективного теплообмена. В этом случае теплоизолирующие свойства материалов ухудшаются, поэтому между плотностью и пористостью материалов одного и того же вещественного состава нет однозначной зависимости, и наиболее надежным способом оценки теплоизолирующих свойств материалов является экспериментальный.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Цель настоящей лабораторной работы – научить студентов классифицировать теплоизоляционные материалы, опираясь на показатели назначения, определять рациональные области их применения и на основании полученных результатов анализировать взаимосвязь теплопроводности со структурой и вещественной природой теплоизоляционных материалов.

Для достижения поставленной цели студент должен научиться решать следующие частные задачи:

- 1) овладеть навыками, позволяющими достоверно измерять и взвешивать образцы материалов правильной геометрической формы;
- 2) научиться рассчитывать теплопроводность в зависимости от температурно-влажностных параметров теплоизоляционного материала;
- 3) овладеть навыками расчета теплового сопротивления слоев ограждающих конструкций в зависимости от вида теплоизоляционного материала;
- 4) научиться строить и анализировать зависимости "средняя плотность – коэффициент теплопроводности";
- 5) правильно назначать вид теплоизоляционного материала, учитывая соответствие его эксплуатационных свойств с областью применения.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

Для выполнения лабораторной работы необходимо подготовить весы ВЛК-500, лупу с увеличением в 5...25 раз, образцы пористых материалов размером  $100 \times 100 \times (27 \pm 3)$  мм, штангенциркуль, эксикатор с сухими образцами различных теплоизоляционных материалов, справочник по строительным материалам.

## 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 3.1. Ознакомление с основными эксплуатационно-техническими и функциональными свойствами теплоизоляционных материалов

К эксплуатационно-техническим свойствам теплоизоляционных материалов относятся:

- средняя плотность;
- прочность;
- пористость (объем и вид);

- теплопроводность;
- водопоглощение;
- водостойкость;
- предельная температура применения;
- термическая стойкость;
- горючесть.

Важнейшие из перечисленных свойств, регламентирующие область применения конкретных видов теплоизоляционных материалов [5], считают функциональными. Это теплопроводность, предельная температура применения, плотность и сжимаемость. Общая характеристика свойств теплоизоляционных материалов по функциональным признакам приведена в табл.1.

Таблица 1.

Наименование показателя	Классификационные признаки и их обозначения	Количественные параметры
Сжимаемость	По величине деформации при давлении 2 кПа: - мягкие (М); - полужесткие (ПЖ) - жесткие (Ж)	Более 30% От 6 до 30% Менее 6%
Плотность	По величине средней плотности, кг/м <sup>3</sup> : - особо легкие; - легкие; - средней плотности; - плотные.	15...75 100...175 200...350 400 и более
Тепло-проводность	По величине коэффициента теплопроводности сухого материала при температуре +25 <sup>0</sup> С, Вт/м·К: - малотеплопроводные; - средней теплопроводности - повышенной теплопроводности	Менее 0,06 от 0,061 до 0,115 Выше 0,115
Предельная температура применения	Композиционные материалы на основе полимеров Волокнистые материалы на основе неорганических расплавов Ячеистые бетоны Вспученные минеральные обжиговые материалы (перлит, вермикулит, керамзит)	От – 100 до +220 <sup>0</sup> С  От -200 до +600 <sup>0</sup> С От -200 до +700 <sup>0</sup> С  От -273 до +900 <sup>0</sup> С

Функциональные свойства материалов являются основой для классификации теплоизоляционных материалов по назначению.

### 3.2. Ознакомление с эксплуатационно-техническими свойствами теплоизоляционных материалов

Каждая бригада студентов получает по 3 образца теплоизоляционных материалов различной вещественной природы, имеющих правильную геометрическую форму. Например, пластины размером 100x100x25 мм из древесины, пенокерамики и газогипса: из минераловатной, древесно-стружечной плиты и пенобетона; из пеностекла, пенополистирола и древесно-волокнутой плиты.

Полученные образцы необходимо измерить с точностью до 0,01 см и взвесить с точностью до 0,01 г. Вычислить среднюю плотность

$$\rho_0 = m/V, \quad (3)$$

где **m** – масса образца, в г;

**V** – объем образца, в см<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопроводности измеряют в Вт/м·°К. Он зависит от средней плотности материалов и может быть рассчитан по уравнению:

$$\lambda = k [(a+b\rho_0^2)^{1/2} - 0,14], \quad (4)$$

где **k** – коэффициент, учитывающий размерность  $\lambda$ . Если  $\lambda$  вычисляется в

[Вт/м·°К], то **k**=1, а если  $\lambda$  вычисляется в [ккал/м·°С], то **k**=1,1639;

**a** и **b** – эмпирические коэффициенты: **a** = 0,0196, **b** = 0,22.

Результаты измерений и расчетов заносятся в табл. 2.

С помощью лупы следует рассмотреть и описать особенности макроструктуры представленных образцов. Опираясь на знания, полученные в лекционном курсе, обосновать связь технологии изготовления теплоизоляционного материала с особенностями его макроструктуры и показателями назначения, приведенными в справочнике или технических условиях. Установить рациональную область применения в строительстве материалов, использованных в лабораторной работе.

Свойства теплоизоляционных материалов

Наименование материала				
Результаты измерений	Масса, г			
	Размеры, см			
	a			
	b			
Результаты расчетов	h			
	Объем образца, см <sup>3</sup>			
	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>			
	Теплопроводность, Вт/м·°C			
	Теплопроводность, Ккал/м·°C			

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о выполненной лабораторной работе должен состоять из следующих частей:

1. Краткий реферат основ теории теплоизоляционных материалов (понятие, классификации по виду исходного сырья, структуре, средней плотности, внешнему виду и форме, возгораемости, теплопроводности, сжимаемости под удельной нагрузкой 0,02 МПа). Объем реферата 3-4 страницы;
2. Цель работы и методы её достижения (1-2 стр.);
3. Результаты расчетов средней плотности и показателей теплопроводности привести в табличной форме, а результаты анализа макроструктуры – в описательной. В ходе анализа макроструктуры необходимо привести следующие сведения о материалах:
  - вещественная природа;
  - способ формирования пористости;
  - средний размер, тип (сообщающиеся или замкнутые) и форма пор.



4. На основе результатов наблюдений и измерений сформулировать общие выводы по работе и определить рациональную область применения в строительстве каждого из рассмотренных материалов.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите размерность и величину важнейшего свойства, на основе которого материал относят к теплоизоляционным.
2. По каким признакам классифицируют теплоизоляционные материалы?
3. Охарактеризуйте достоинства и недостатки неорганических строительных материалов ячеистой структуры.
4. Дайте характеристику достоинств и недостатков неорганических строительных материалов волокнистой структуры.
5. Дайте характеристику достоинств и недостатков неорганических строительных материалов зернистой структуры.
6. Охарактеризуйте достоинства и недостатки органических строительных материалов ячеистой и сотовой структур.
7. Перечислите виды и дайте характеристику достоинств и недостатков органических строительных материалов зернистой структуры.
8. Какие разновидности теплоизоляционных строительных материалов имеют композиционный вещественный состав?
9. Перечислите виды структур теплоизоляционных материалов и дайте оценку их достоинств и недостатков при применении в качестве теплоизоляторов при:
  - возведении стен зданий;
  - теплоизоляции горячих (холодных) поверхностей промышленных агрегатов;
  - теплоизоляции горячих (холодных) поверхностей трубопроводов;
  - теплоизоляции кровель.

## 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ

Теплоизоляционные материалы в конструкциях утепления подвергаются температурным, влажностным, механическим, в том числе вибрационным, воздействиям, что и определяет перечень предъявляемых к ним требований. Физико-технические свойства теплоизоляционных материалов оказывают определяющее влияние на энергоэффективность, эксплуатационную надежность и долговечность конструкций тепловой изоляции, трудоемкость их монтажа, возможность ремонта в процессе эксплуатации.

Основными показателями, характеризующими физико-технические и эксплуатационные свойства теплоизоляционных материалов являются: плотность, теплопроводность, температуростойкость, сжимаемость и упругость (для мягких материалов), прочность на сжатие при 10 %-ной деформации (для жестких и полужестких материалов), вибростойкость, формостабильность, горючесть, водостойкость и стойкость к воздействию химически агрессивных сред, содержание органических веществ и биостойкость.

Теплопроводность теплоизоляционного материала при прочих равных условиях предопределяет необходимую толщину теплоизоляционного слоя, а следовательно, и нагрузки на изолируемый объект, конструктивные и монтажные характеристики теплоизоляционной конструкции. Теплопроводность возрастает с повышением температуры. Расчетные значения теплопроводности мягких и полужестких теплоизоляционных материалов в конструкции должны определяться с учетом степени их монтажного уплотнения, шовности конструкции, наличия крепежных деталей.

Температура применения теплоизоляционных материалов, оклеенных с одной или двух сторон фольгой, стеклохолстом или крафт-бумагой, ограничивается температуростойкостью материалов, применяемых для

оклейки и клеевого соединения. Должны учитываться линейная усадка при нагреве, потеря прочности на сжатие и потеря массы при нагревании, степень выгорания связующего.

При выборе теплоизоляционного материала следует учитывать прочностные и деформационные характеристики изолируемого объекта, расчетные допустимые нагрузки на опоры и другие элементы изолируемой поверхности. Например, при изоляции пластмассовых трубопроводов, следует учитывать увеличение деформативности материала трубопровода при повышенных температурах и подбирать теплоизоляционные материалы, способные работать в таких условиях без разрывов сплошности.

При выборе материалов теплоизоляционного слоя и защитного покрытия для теплоизоляционных конструкций учитывается поведение теплоизоляционной конструкции в целом в условиях пожара. Пожарная опасность теплоизоляционных конструкций наряду с другими факторами зависит от горючести и температуростойкости защитного покрытия, его механической прочности в условиях огневого воздействия.

Негорючие или трудногорючие волокнистые теплоизоляционные материалы при определенных условиях могут поглощать горючие вещества (нефтепродукты, масла и др.), которые влияют на горючесть конструкции и способны самовоспламеняться, что также следует учитывать при выборе вида теплоизоляционного материала.

Долговечность теплоизоляционного материала зависит от особенностей конструкции, месторасположения изолируемого объекта, частоты и интенсивности динамических воздействий на строительную конструкцию, агрессивности окружающей среды. Долговечность теплоизоляционного материала и теплоизоляционной конструкции в целом в значительной степени зависят от долговечности защитного покрытия.

Конструктивные решения тепловой изоляции и расчетные характеристики теплоизоляционных конструкций определяются параметрами изолируемого объекта, назначением тепловой изоляции, условиями

эксплуатации теплоизоляционных конструкций и характеристиками используемых в конструкции теплоизоляционных и защитно-покровных материалов. В конструкциях тепловой изоляции, которая эксплуатируется при температуре ниже  $+20^{\circ}\text{C}$ , допускается применение только гидрофобизированных теплоизоляционных изделий.

Энергоэффективность теплоизоляционных конструкций, их надежность и долговечность зависят от эксплуатационных характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в качестве теплоизоляционного слоя.

При выборе теплоизоляционных материалов необходимо учитывать, что значения их теплотехнических характеристик в конструкциях под воздействием монтажных и эксплуатационных факторов существенно отличаются от указанных в технических условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высш. шк. , 2003. – 701 с.
2. Перехоженцев А.Г. Вопросы теории и расчета влажностного состояния неоднородных участков ограждающих конструкций зданий. – Волгоград:: ВолГАСА, 1997. – 273 с.
3. Горчаков В.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. – М.: Стройиздат, 1986. – 686 с.
4. Строительные материалы: Учебно-справочное пособие под редакцией Г.В. Несветаева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 608 с.
5. Чернушкин О.А., Суслов А.А., Мищенко В.Я. Архитектурное материаловедение: Лабораторный практикум. – Воронеж: ВоронежГАСУ, 2003. – 224 с.
6. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 268 с.