

Р.З. Рахимов, Н.С. Шелихов, Т.В. Смирнова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ КАМЕННОЙ ВАТЫ



Р.З. Рахимов, Н.С. Шелихов, Т.В. Смирнова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ КАМЕННОЙ ВАТЫ

Учебное пособие

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
вузов РФ по образованию в области строительства
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по специальности 270106 «Производство строительных
материалов изделий и конструкций» направления 270100
«Строительство»*



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2010

УДК 691.699.86
ББК 38.3
Р27

Рецензенты:

академик РААСН *У.Х. Магдеев*;
заведующий кафедрой технологии отделочных и изоляционных материалов МГСУ, профессор, доктор технических наук *Б.М. Румянцев*;
заместитель генерального директора по науке ГУП «Татинвестграждан-проект», кандидат технических наук *И.С. Абдрахманов*.

Рахимов Р.З., Шелихов Н.С., Смирнова Т.В.

Теплоизоляция из каменной ваты: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 312 с.

ISBN 978–5–93093–768–8

В настоящем учебном пособии приведены общие сведения о теплоизоляционных строительных материалах; истории развития и технологии производства минераловатных теплоизоляционных материалов и изделий на основе каменных расплавов из изверженных горных пород; номенклатуре теплоизоляционных материалов на основе каменной ваты; тепловой изоляции строительных ограждающих конструкций зданий, трубопроводов и промышленного оборудования с применением теплоизоляционных материалов из каменной ваты; физико-технических основах проектирования теплозащиты зданий и сооружений; основах теплотехнических расчетов ограждающих конструкций зданий, трубопроводов и промышленного оборудования.

Для студентов высших учебных заведений строительного профиля, может быть полезно преподавателям, аспирантам, работникам строительных и проектных организаций, служб эксплуатации зданий и сооружений, предприятий по производству теплоизоляционных материалов.

ISBN 978–5–93093–768–8

© ЗАО «Минеральная вата», 2010
© Издательство АСВ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы рационального использования природных ресурсов и энергосбережения приобретают все большее значение в современном мире. Экономия топливно-энергетических ресурсов, внедрение энергоэффективных технологий и материалов, повышение эффективности тепловой защиты зданий, сооружений и промышленных объектов являются приоритетными направлениями в развитии как российской, так и мировой экономики.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Всемирном саммите ООН по окружающей среде была принята «Повестка дня на XXI в.», в которой на смену безграничному научно-техническому прогрессу в развитии цивилизации заложена концепция устойчивого развития на основе принципов ресурсосбережения и защиты окружающей среды.

В 1996 г. и в нашей стране указом президента была утверждена концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Одной из важнейших разновидностей ресурсов являются энергетические, что было осознано мировым сообществом в 70-е гг. прошлого столетия в период первого энергетического кризиса. На фоне грядущего исчерпания запасов природных топливных ресурсов и постоянного роста цены на них проблема энергосбережения является особенно актуальной, тем более что с ней связаны в определенной мере проблемы сбережения других ресурсов и охраны окружающей среды.

Одним из важнейших путей экономии топливно-энергетических ресурсов является минимизация тепловых потерь посредством обеспечения необходимой теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, сооружений, теплопроводов и технологического оборудования.

Теплоснабжение потребляет более 40% первичных энергоносителей, идущих на внутренние нужды России. Известно, что каждый примененный 1 м^3 теплоизоляции обеспечивает в среднем экономию 1,45 т условного топлива в год, а эффективность затрат на теплоизоляцию в 4–5 раз выше, чем эффективность капиталовложений на разработку новых месторождений топливно-энергетических ресурсов.

Во многих странах мира в течение последних десятилетий разрабатывались энергетические программы, направленные на экономию энергии, в которых принимались меры по ужесточению норм по теплозащите зданий и сооружений и по наращиванию объемов и

номенклатуры теплоизоляционных материалов. Законы, постановления и программы федерального правительства и субъектов РФ по энергосбережению, предусматривающие аналогичные меры, приняты и в нашей стране. На федеральном уровне создан нормативно-правовой фундамент энергосбережения. В ноябре 2009 г. принят Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный закон предусматривает ужесточение требований к энергоэффективности как новых зданий, так и зданий, прошедших капремонт; введение классов энергоэффективности и энергопаспортов для зданий; обязательную установку приборов учета энергоносителей, а также поддержку и экономическое стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В последнее десятилетие проектирование, строительство, реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений в России осуществляются в соответствии с новыми, повышенными требованиями к их энергетическим характеристикам и теплозащите ограждающих конструкций, определяемыми СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Снижение тепловых потерь в ЖКХ и промышленности регламентируется новыми, более жесткими требованиями СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

С введением новых норм по теплозащите зданий в нашей стране значительно возросло производство и потребление теплоизоляционных материалов по объемам и номенклатуре. Только за последние 8 лет потребление теплоизоляционных материалов отраслями строительства и жилищно-коммунального хозяйства возросло с 7 до 28 млн м³. Вместе с тем, чтобы не отстать от других технически развитых стран, уровень потребления теплоизоляционных материалов в нашей стране, по разным оценкам, должен увеличиться до величин от 75 до 150 млн м³.

В наибольших объемах (как в мире в целом, так и в России) для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, трубопроводов и промышленного оборудования применяются обеспечивающие их пожарную безопасность волокнистые теплоизоляционные материалы из минеральных расплавов – каменных, шлаковых и стекольных. Из них, в свою очередь, в наибольших объемах производятся и применяются материалы на основе каменных расплавов, основным сырьем для получения которых являются горные породы габбро-

базальтовой группы. Волокнистые материалы этой категории отличаются и наиболее высокой долговечностью.

И если в доперестроечные времена в нашей стране производились минераловатные материалы на основе шлаковых расплавов, то в последние два десятилетия получило преимущественное развитие их производство на основе каменных расплавов из изверженных горных пород. Очевидно, в этом направлении является целесообразным и дальнейшее развитие производства теплоизоляционных минераловатных материалов и изделий в РФ.

В настоящем учебном пособии представлены следующие сведения: общая характеристика теплоизоляционных материалов; история развития и технологии производства минераловатных теплоизоляционных материалов и изделий на основе каменной ваты; применение материалов на основе каменной ваты в строительной и промышленной теплоизоляции; физико-технические основы проектирования теплозащиты зданий, сооружений, трубопроводов и промышленного оборудования.

В приложениях учебного пособия приведены расчетные тепло-технические показатели строительных материалов, необходимые для проектирования теплозащиты зданий и оборудования, а также заполненная форма энергетического паспорта здания.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

1.1. Классификация теплоизоляционных материалов

Природные или искусственные материалы, используемые для теплоизоляции строительных конструкций, трубопроводов и промышленного оборудования и имеющие теплопроводность не более $0,175 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$, а среднюю плотность не более 500 кг/м^3 , называются теплоизоляционными материалами.

Теплоизоляционные материалы, имеющие теплопроводность менее $0,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$, принято называть эффективными теплоизоляционными материалами (в среднем $\gamma = 100\text{--}200 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,05\text{--}0,07 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$).

Теплоизоляционные материалы различают по следующим признакам:

- виду основного исходного сырья;
- структуре;
- форме;
- возгораемости (горючести);
- содержанию связующего вещества.

По виду исходного сырья все теплоизоляционные материалы подразделяют на две большие группы: неорганические и органические.

К неорганическим материалам относят каменную, стеклянную и шлаковату, пеностекло, ячеистые бетоны, вспученные перлит и вермикулит, теплоизоляционную керамику, асбестосодержащие теплоизоляционные массы и изделия.

К органическим материалам относят материалы на основе древесины, различных стеблей растений (льна, камыша и др.), а также газонаполненные пластмассы.

Существует группа материалов, изготавливаемых из смеси органического и неорганического сырья. Это, например, фибролит, получаемый из древесной шерсти и цемента, изделия из минеральной ваты на синтетическом связующем, высокопористые пластмассы, наполненные вспученным перлитом или особо легким керамзитом и другие виды материалов. Смеси из неорганических и органических материалов относятся к неорганическим, если количество последних в смеси превышает 50% по массе.

- По структуре* теплоизоляционные материалы подразделяют на:
- волокнистые (рис. 1.1, а);
 - ячеистые (рис. 1.1, б);
 - зернистые (рис. 1.1, в);

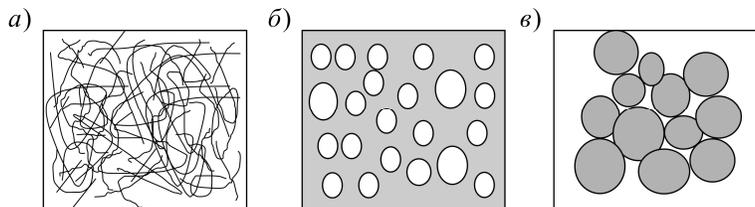


Рис. 1.1. Структура теплоизоляционных материалов:
а – волокнистые; б – ячеистые; в – зернистые

По форме и внешнему виду теплоизоляционные материалы подразделяют на:

- рыхлые (вата, перлит и др.);
- плоские (плиты, маты, войлок и др.);
- фасонные (блоки, кирпич, сегменты, полуцилиндры, цилиндры) (рис. 1.2);
- шнуровые (шнуры, жгуты).

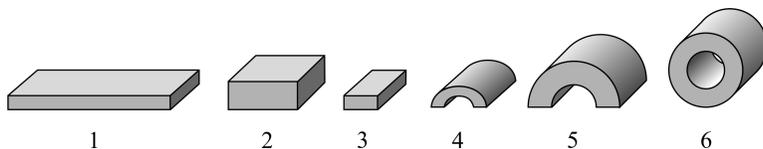


Рис. 1.2. Форма и внешний вид теплоизоляционных материалов:
1 – плита; 2 – блок; 3 – кирпич; 4 – сегмент; 5 – полуцилиндр; 6 – цилиндр

По возгораемости (горючести) материалы и изделия подразделяются на:

- несгораемые;
- трудносгораемые;
- сгораемые.

По содержанию связующего вещества:

- содержащие связующее вещество (плиты из минеральной ваты на связующем);
- не содержащие связующее вещество (минеральная вата).

По средней плотности в сухом состоянии (кг/м^3) теплоизоляционным материалам назначаются марки 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500.

Материалы с промежуточным значением средней плотности относят к ближайшей большей марке.

Теплопроводность материалов и изделий в зависимости от предельной температуры применения указывают в отечественных стандартах или технических условиях на конкретные виды материалов и изделий при температуре $25\text{ }^\circ\text{C}$ – для материалов и изделий, применяемых при температуре до $200\text{ }^\circ\text{C}$; $125\text{ }^\circ\text{C}$ – для материалов и изделий, применяемых при температуре до $500\text{ }^\circ\text{C}$; $300\text{ }^\circ\text{C}$ – для материалов и изделий, применяемых при температуре свыше $500\text{ }^\circ\text{C}$.

В зарубежных нормативных документах теплопроводность определяется при других температурах (например, при $10\text{ }^\circ\text{C}$). Для уточнения теплопроводности зарубежных теплоизоляционных материалов в соответствии с отечественными требованиями необходимо производить ее пересчет.

Также указываются расчетные значения теплопроводности А и Б, которые зависят от условий эксплуатации.

ГОСТ 552953-2008 «Материалы и изделия теплоизоляционные. Термины и определения» устанавливает следующие виды волокнистых теплоизоляционных материалов из искусственного волокна:

- минеральная вата – теплоизоляционный материал, имеющий структуру ваты и изготовленный из расплава горной породы, шлака или стекла;
- стеклянная вата – минеральная вата, изготовленная из расплава стекла;
- каменная вата – минеральная вата, изготовленная преимущественно из расплава изверженных горных пород;
- шлаковая вата – минеральная вата, изготовленная из расплава доменного шлака.

В настоящее время российский рынок располагает достаточно развитой номенклатурой теплоизоляционных материалов отечественного и зарубежного производства, применяющихся при строительстве зданий, прокладке трубопроводов и изоляции энергетического оборудования, среди них:

- каменная и стеклянная ваты и изделия из них (плиты, маты, фасонные изделия);

- ячеистое стекло и изделия из него;
- вспученный перлит и его модификации;
- вспученный вермикулит;
- легкие бетоны на пористых и органических заполнителях;
- целлюлозная вата;
- пробковая теплоизоляция;
- торфоизоляционные плиты и блоки;
- строительный войлок;
- пенополистирол и изделия из него (плиты и фасонные изделия);
- пенополиэтилен, пенопропилен (листы, рулоны, трубчатая изоляция);
- вспененные каучуки (листы и трубчатая изоляция) и др.

Дифференциация общего объема выпуска теплоизоляционных материалов в России приблизительно соответствует передовым зарубежным странам, где волокнистые утеплители составляют 60–80% от общего объема производства утеплителей.

1.2. Свойства теплоизоляционных материалов

Соответствие любого строительного материала предъявляемым к нему требованиям оценивается по его качеству, которое определяется совокупностью показателей его свойств.

В соответствии с требованиями теплоизоляционные материалы и изделия подразделяются на функциональные и общестроительные, или строительно-эксплуатационные.

Функциональные свойства – это свойства, обеспечивающие способность материала выполнять функции, определяемые его назначением.

Для теплоизоляционных материалов такими свойствами являются теплоизолирующая способность (теплопроводность), теплоемкость, температура применения.

К функциональным свойствам теплоизоляционных материалов и изделий следует отнести и пористость, величина и структурные показатели которой решающим образом влияют на качество этих материалов.

Строительно-эксплуатационные свойства характеризуют материалы с позиции их транспортирования, монтажа и эксплуатации. Важнейшими из них для теплоизоляционных материалов являются прочность, стойкость к действию воды, температуры, огня, химической и биологической агрессии.

1.2.1. Функциональные свойства теплоизоляционных материалов

Теплопроводность

Теплопроводность – важнейшая характеристика теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов, характеризующая способность пропускать через себя тепло. Единица измерения теплопроводности – Вт/(м·°С) или Вт/(м·К).

В старой системе СГС теплопроводность измеряется в ккал/(м·ч·°С). Соотношение между старыми и международными единицами теплопроводности – $1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)} = 0,86 \text{ ккал/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{°С)}$ или $1 \text{ ккал/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{°С)} = 1,163 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}$.

Теплопроводность материалов характеризуется показателем теплопроводности λ , который определяется следующим выражением:

$$\lambda = q \cdot \delta / \Delta t, \quad (1.1)$$

где q – плотность теплового потока (Вт/м²) через материал толщиной (м) δ при разности температур на противоположных поверхностях (°С) Δt .

Величина, обратная теплопроводности, называется термическим сопротивлением R (м²·°С/Вт) и определяется как

$$R = \delta / \lambda, \quad (1.2)$$

где δ – толщина слоя теплоизоляции, м.

Теплопроводность жидкости или газа определяется уравнением Дебая

$$\lambda = c\omega l, \quad (1.3)$$

где c – теплоемкость среды, Дж/(кг·°С) (см. ниже); ω – скорость распространения волны, м/с; l – длина свободного пробега волны, м.

Теплопроводность различных материалов колеблется в очень широких пределах, например:

- 0,024 Вт/(м·°С) – для воздуха в неподвижном состоянии при 0 °С и 0,075 Вт/(м·°С) при 1000 °С;
- 0,55 Вт/(м·°С) – для воды при 0 °С и 0,7 Вт/(м·°С) при 100 °С;
- 2,5 Вт/(м·°С) – для льда;
- 0,11–0,17 Вт/(м·°С) – для дерева;
- 0,45–0,8 Вт/(м·°С) – для керамического кирпича;
- 45–60 Вт/(м·°С) – для стали и чугуна;
- 418 Вт/(м·°С) – для серебра, т.е. теплопроводность воздуха почти в 18 тыс. раз ниже, чем серебра.

Установлены следующие эмпирические зависимости теплопроводности от параметров состояния материалов, влажности и температуры:

1. Теплопроводность и пористость связаны следующей зависимостью (уравнение Леба)

$$\lambda = \lambda_s(1 - p), \quad (1.4)$$

где λ – теплопроводность материала; λ_s – коэффициент теплопроводности твердой фазы; p – коэффициент пористости в сечении, перпендикулярном потоку тепла.

2. Связь теплопроводности и средней плотности для ряда теплоизоляционных материалов упрощенно выражается линейной зависимостью

$$\lambda = a + b\gamma_0, \quad (1.5)$$

где λ – теплопроводность; a и b – коэффициенты.

Эта зависимость применима для пенобетонов, пенокерамики, бетонов на пористых заполнителях. Однако ряд исследований показал, что для волокнистых (минеральная вата) и полимерных ячеистых (пенополистирол) материалов зависимость теплопроводности от плотности имеет экстремум.

При уменьшении средней плотности меньше определенного значения теплопроводность возрастает.

Причина этого явления – увеличение радиационного теплового потока в общей части теплового потока через материал. С учетом этого явления была предложена следующая зависимость:

$$\lambda = A + B\gamma_0 + C/\gamma_0, \quad (1.6)$$

где λ – теплопроводность материала; γ_0 – средняя плотность; A , B и C – коэффициенты.

Для базальтовой ваты $\lambda_{\min} = 0,033$ Вт/м·°С при $\gamma = 75,3$ кг/м³; для пенополистирола $\lambda_{\min} = 0,029$ Вт/м·°С при $\gamma = 30$ кг/м³.

3. Теплопроводность в зависимости от влажности материала можно приближенно рассчитать по следующей линейной зависимости:

$$\lambda = \lambda_c + \delta W_0, \quad (1.7)$$

где λ – теплопроводность материала; λ_c – теплопроводность сухого материала; W_0 – влажность материала, %; δ – коэффициент, равный для органических материалов $3,5 \cdot 10^{-3}$ (при положительных темпера-

турах) и $4 \cdot 10^{-3}$ (при отрицательных температурах); для неорганических материалов $2 \cdot 10^{-3}$ (при положительных температурах) и $3,5 \cdot 10^{-3}$ (при отрицательных температурах).

4. Теплопроводность материала зависит от температуры.

Рекомендуют определять расчетную теплопроводность по следующей зависимости:

$$\lambda_t = \lambda_0 + \beta T, \quad (1.8)$$

где λ_t – теплопроводность материала; λ_0 – теплопроводность при 0°C , T – температура; β – температурный коэффициент.

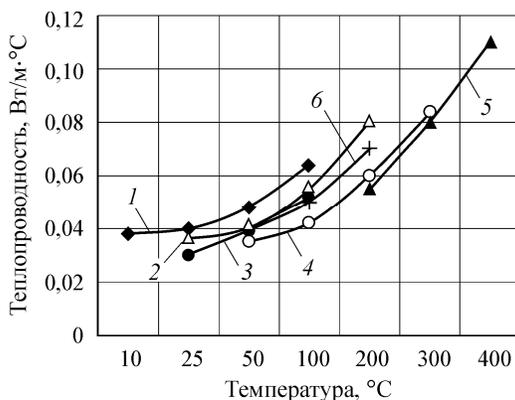


Рис. 1.3. Зависимость теплопроводности от температуры:

1 – вертикально-слоистый мат из базальтовой ваты; 2 – базальтовый мат; 3 – карбамидный пенопласт; 4 – цилиндр из базальтовой ваты; 5 – муилито-кремнеземистая вата; 6 – базальтовый прошивной мат

Для фенольных пенопластов $\beta = 0,00019-0,00023$; для изделий из каменной ваты $\beta = 0,0002-0,0003$; для изделий из стеклянной ваты $\beta = 0,00023-0,00035$; для известково-кремнеземистых изделий $\beta = 0,0001$; для вспученного перлита $\beta = 0,00012$. В действительности зависимости теплопроводности теплоизоляционных материалов от температуры несколько сложнее и обладают явно наблюдаемой кривизной, как показано на рис. 1.3.

Теплоемкость

Теплоемкость – свойство материала поглощать и сохранять теплоту при повышении температуры. Количественной характеристи-

кой этого свойства материалов является удельная теплоемкость (Дж/кг·°С):

$$c = \frac{Q}{m(t - t_1)}, \quad (1.9)$$

где c – удельная теплоемкость; m – масса; Q – количество поглощенного тепла; $(t - t_1)$ – разность температур материала и среды.

Удельная теплоемкость показывает, какое количество теплоты надо сообщить 1 кг данного материала, чтобы повысить его температуру на 1 °С.

Удельная теплоемкость материалов зависит от их природы и в значительно меньшей степени от пористости. Например, удельная теплоемкость воздуха и плотного бетона равна соответственно 1,04 и 0,92 кДж/(кг·°С). Удельная теплоемкость органических материалов значительно выше, чем минеральных.

У жидкости удельная теплоемкость больше, чем у газов и твердых тел.

Теплоемкость меняется с увлажнением материала:

$$c_w = \frac{c_0 + 0,01w}{1 + 0,01w}, \quad (1.10)$$

где c_w – теплоемкость при влажности w ; c_0 – теплоемкость в сухом состоянии; w – влажность материала в %.

Температуропроводность

Температуропроводность – это способность материала к выравниванию температуры в его объеме, если она не одинакова.

Характеризуется скоростью распространения (выравнивания) температуры в материале.

$$\alpha = \lambda / (c \cdot \gamma), \quad (1.11)$$

где α – температуропроводность, м²/с; c – удельная теплоемкость; γ – средняя плотность, кг/м³.

Температуропроводность зависит от вида материала. Например, она у стали – $2,1 \cdot 10^{-5}$; у воздуха – $1,8 \cdot 10^{-5}$; у каменной ваты – $0,055 \cdot 10^{-5}$; у стекла – $0,048 \cdot 10^{-5}$.

Предельная температура применения

Предельная температура применения – это предельная температура ($T_{пр}$), при которой материал выполняет свое функциональное назначение.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Общие сведения о теплоизоляционных материалах	6
1.1. Классификация теплоизоляционных материалов	6
1.2. Свойства теплоизоляционных материалов	9
1.2.1. Функциональные свойства теплоизоляционных материалов	10
1.2.2. Физические и строительно-технические свойства теплоизоляционных материалов	18
1.2.3. Взаимосвязь состава, структуры и свойств теплоизоляционных материалов	23
2. Каменная вата и материалы на ее основе	27
2.1. Возникновение и развитие производства каменной ваты	27
2.2. Номенклатура материалов и изделий из каменной ваты	32
2.2.1. Неформованные материалы из каменной ваты	32
2.2.2. Изделия из каменной ваты	36
2.3. Технология производства каменной ваты. Контроль качества	52
2.3.1. Физико-химические основы получения силикатных расплавов с заданными свойствами	52
2.3.2. Подготовка сырья. Входной контроль качества сырья	59
2.3.3. Получение расплавов	66
2.3.4. Переработка расплава в волокно	76
2.3.5. Волокноосаждение и формирование ковра каменной ваты	84
2.3.6. Введение связующего	87
2.3.7. Термообработка	91
2.3.8. Резка и упаковка изделий из каменной ваты	93
2.3.9. Контроль качества продукции	95
2.4. Технология производства изделий из каменной ваты	98
2.4.1. Плиты из каменной ваты на синтетическом связующем	98
2.4.2. Плиты из каменной ваты на битумном связующем	104
2.4.3. Прошивные маты	106
2.4.4. Вертикально-слоистые маты	108
2.4.5. Цилиндры и сегменты	110
3. Физико-технические основы проектирования тепловой изоляция зданий и сооружений	113
3.1. Виды теплопередачи	113
3.2. Физико-климатические воздействия на здания и сооружения	118
3.3. Микроклимат помещений	134
3.4. Требования к теплоизоляционным материалам и материалам изолируемых конструкций	140
3.4.1. Требования к материалам изолируемых конструкций	140
3.4.2. Требования к теплоизоляционным материалам	142
3.5. Теплотехнические расчеты при проектировании тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий	144

3.6. Теплотехнические расчеты при проектировании тепловой изоляции трубопроводов и оборудования	155
3.7. Энергетическая эффективность здания.....	162
4. Тепловая изоляция конструкций зданий и сооружений материалами из каменной ваты	168
4.1. Тепловая изоляция стен.....	168
4.1.1. Стены с внутренней тепловой изоляцией.....	168
4.1.2. Трехслойные каменные стены	171
4.1.3. Вентилируемые фасады.....	178
4.1.4. Тепловая изоляция стен со штукатуркой.....	189
4.1.5. Тепловая изоляция каркасных стен	197
4.1.6. Тепловая и звукоизоляция перегородок.....	207
4.2. Тепловая изоляция кровель.....	219
4.2.1. Тепловая изоляция скатных кровель и мансард.....	221
4.2.2. Тепловая изоляция плоских кровель	225
4.2.3. Тепловая изоляция эксплуатируемых кровель	232
4.3. Тепловая и звукоизоляция перекрытий.....	234
4.3.1. Тепловая изоляция чердачных перекрытий.....	237
4.3.2. Звукоизоляция чердачных перекрытий.....	240
4.3.3. Звукоизоляция междуэтажных перекрытий	241
4.3.4. Тепловая изоляция перекрытий над подвалом и холодным подпольем.....	246
5. Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования материалами из каменной ваты	251
5.1. Требования к материалам и конструкциям тепловой изоляции трубопроводов и оборудования	253
5.2. Тепловая изоляция трубопроводов.....	255
5.2.1. Тепловая изоляция трубопроводов цилиндрами из каменной ваты.....	255
5.2.2. Тепловая изоляция трубопроводов матами из каменной ваты	258
5.3. Тепловая изоляция оборудования.....	261
5.4. Материалы из каменной ваты для тепловой изоляции трубопроводов и оборудования	269
Список использованных источников.....	270
Приложение 1	275
Приложение 2	280
Приложение 3	298

Учебное пособие

Равиль Зуфарович Рахимов
Николай Сергеевич Шелихов
Татьяна Викторовна Смирнова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ КАМЕННОЙ ВАТЫ

Редактор: *В. Ш. Мерзлякова*
Компьютерная верстка: *В. Ю. Алексеев*
Компьют. дизайн обложки: *Н. С. Романова*

Диапозитивы предоставлены издательством

Подписано в печать 06.09.2010. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. 19,5 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации: оф. 511
тел., факс: (499) 183-56-83
http://www.iasv.ru, e-mail: iasv@mgsu.ru