



# **ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический университет

## **ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Методические указания  
для студентов очной и заочной форм обучения  
по специальности 270100 "Строительство"

Тамбов  
◆ Издательство ТГТУ ◆  
2004

УДК 699.86(075)  
ББК Н307я73-5  
К70

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

**Р е ц е н з е н т**

Доцент ТГТУ  
*П.В. Монастырев*

**А в т о р ы - с о с т а в и т е л и:**

*О.А. Корчагина*  
*В.Г. Одолько*

К70 Теплоизоляционные материалы: Метод. указ. / Авторы-сост.: О.А. Корчагина, В.Г. Однолько. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 32 с.

В методических указаниях представлены различные теплоизоляционные материалы и их классификация. Даны основные свойства этих материалов, краткое описание сырья, технология изготовления.

Методические указания по проведению практических занятий по теме "Теплоизоляционные материалы" предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 270100.

УДК 699.86(075)  
ББК Н307я73-5

© Корчагина О.А., Однолько В.Г., 2004  
© Тамбовский государственный  
технический университет, 2004

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания

А в т о р ы - с о с т а в и т е л и:

КОРЧАГИНА Ольга Алексеевна  
ОДНОЛЬКО Валерий Григорьевич

Редактор Т. М. Федченко  
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 15.06.2004  
Формат 60 × 84 / 16. Бумага газетная. Печать офсетная  
Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,82 уч.-изд. л.  
Тираж 200 экз. С. 433

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Теплоизоляционные материалы** предназначены для защиты от проникновения тепла или холода. Это обычно очень пористые материалы, имеющие плотность не более  $600 \text{ кг/м}^3$  и низкую теплопроводность не более  $0,18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

*Теплопроводность* – свойство материала передавать теплоту от одной поверхности другой.

$\lambda_{\text{возд.}} = 0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  меньше твердого вещества.

### ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ

1 Механическая прочность, обеспечивающая надежность материалов при монтаже и эксплуатации.

2 Высокая биостойкость, исключающая гниение и порчу грызунами.

3 Химическая стойкость.

4 Материал в сухом состоянии должен быть негигроскопичен.

Увеличение пористости материала является основным способом уменьшения теплопроводности.

В материале стремятся создавать мелкие закрытые поры, чтобы снизить количество теплоты, передаваемой конвекцией и излучением.

На практике удобно судить о теплопроводности материала по его плотности. Для некоторых групп материалов установлена определенная связь между теплопроводностью и относительной плотностью  $\rho$  по формуле Некрасова

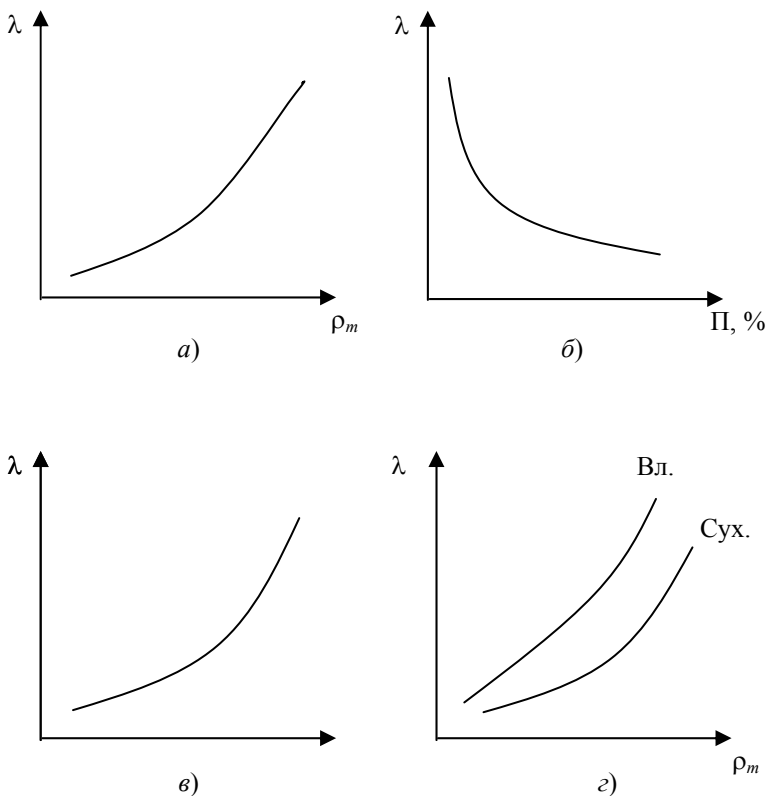
$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22\rho^2} - 0,16,$$

где  $\rho$  – плотность материала,  $\text{г/см}^3$ .

Теплопроводность  $\lambda$  ( $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ) характеризуется количеством теплоты ( $\text{Дж}$ ), проходящей через материал толщиной  $1 \text{ м}$ , площадью  $1 \text{ м}^2$  в течение  $1 \text{ с}$ , при разности температур на противоположных поверхностях материала  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  зависит от химического состава и структуры, степени и характера пористости, влажности и температуры при которых происходит процесс передачи тепла (рис. 1, а – е).

Материалы слоистого или волокнистого строения имеют различную теплопроводность в зависимости от направления потока теплоты по отношению к волокнам.



### Рис. 1 Зависимость теплопроводности материалов от:

*a* – плотности; *b* – пористости; *в, z* – влажности; *d, e* – температуры

Например, у древесины теплопроводность вдоль волокон в два раза больше, чем поперек волокон. Материал кристаллического строения более теплопроводен, чем материал того же состава, но аморфного строения.

С увеличением влажности материала теплопроводность возрастает, поскольку вода имеет теплопроводность в 25 раз больше чем воздух (рис. 1, *в*).

$$\lambda_{\text{возд.}} = 0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)},$$

$$\lambda_{\text{воды}} = 0,59 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)},$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 2,32 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Гигроскопичность – способность материала поглощать и конденсировать водяные пары из воздуха.

Гигроскопичность – это отношение массы влаги, поглощенной материалом, к массе сухого материала (в процентах). Гигроскопичность зависит от величины и характера пористости, температуры *t*, влажности  $\omega$ , дисперсности, их растворимости в воде.

Еще в большей степени возрастает теплопроводность сырого материала с понижением его температуры, особенно при замерзании воды в порах, так как  $\lambda$  льда равна 2,3 Вт/(м · К), т.е. в 4 раза больше, чем у воды  $\lambda_{\text{воды}} = 0,59 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

Теплопроводность большинства строительных материалов увеличивается с повышением температуры (рис. 1, *e*).

Теплопроводность материалов учитывается при теплотехнических расчетах толщины стен и перекрытий отапливаемых зданий, а так же при определении требуемой толщины тепловой изоляции горячих поверхностей и холодильников. Она связана с *термическим сопротивлением* слоя материала  $R$  (м<sup>2</sup> · К/Вт), которое определяется по формуле:

$$R = \delta / \lambda ,$$

где  $R$  – термическое сопротивление, м<sup>2</sup> · К/Вт;  $\delta$  – толщина слоя материала, м;  $\lambda$  – теплопроводность слоя материала, Вт/(м · К).

От термического сопротивления  $R$  зависят толщина наружных стен и расход топлива на отопление зданий. Приведем примеры значений коэффициентов теплопроводности  $\lambda$  некоторых строительных материалов в воздушно-сухом состоянии, Вт/(м · К)

Сталь	58
Гранит	2,9...3,3

Бетон тяжелый	1,55...1,85
Керамический кирпич (сплошной)	0,81...0,93
Известняк	0,52...0,98
Вода	0,59
Бетон легкий	0,35...0,8
Ячеистые конструкционно-теплоизоляционные бетоны на пористых заполнителях	0,23...0,46
Пенобетон	0,12...0,15
Фибролит	0,09...0,17
Древесноволокнистые плиты	0,08
Минеральная вата	0,06...0,09

Теплоизоляционные материалы имеют плотность не больше  $600 \text{ кг/м}^3$ , теплопроводность не больше  $0,18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

Теплоизолирующая способность материала зависит не только от количества, но и характера пор, их распределения, размеров, открыты они или замкнуты. Пористость теплоизоляционных материалов от 50 до 98 %.

Наиболее высокими теплоизоляционными свойствами обладают материалы содержащие, при всех прочих равных условиях, большое количество мелких и замкнутых пор заполненных воздухом.

Основные способы образования высокопористого строения материалов:

- способ создания волокнистого каркаса, основанный на механическом переплетении волокон (асбестовых, волокон минеральной ваты и стекловаты);
- использование естественной пористости природного материала (диатомит, трепел);
- введение пористых и волокнистых заполнителей (минераловатные изделия на синтетическом связующем, легкие жароупорные теплоизоляционные бетоны);
- введение повышенного количества воды в формовочную массу (используется при производстве известково-кремнистых, перлитцементных изделий);
- введение выгорающих добавок (керамические теплоизоляционные изделия);
- использование пены (пенобетон);
- введение воздухововлекающих добавок (перлитокерамические изделия);
- введение газообразующих добавок (газобетон, газосиликат, пеностекло, пенопласты);
- способ перекристаллизации химических солей (совелит);
- вспучивание при нагревании (керамзит, вспученный перлит, вермикулит).

При характеристике теплоизоляционных свойств материалов, применяемых в виде засыпок, большое значение имеет крупность зерен. С уменьшением размера зерен теплозащитные свойства материалов улучшаются.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

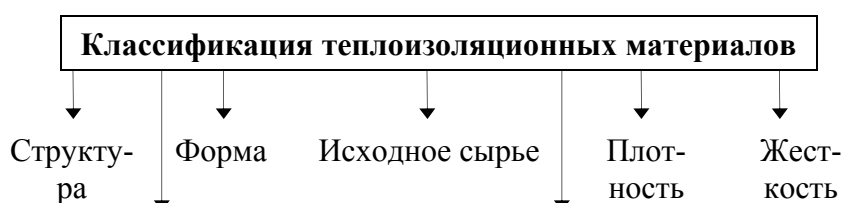
Теплоизоляционные материалы разделяют на ячеистые, зернистые (сыпучие), волокнистые, пластинчатые, смешанные.

Для *ячеистого строения* характерны однородные, обычно сферические поры, равномерно распределенные в материале (ячеистые бетоны, пеностекло и др.).

*Сыпучие* материалы имеют зернистое строение, их пористость определяют гранулометрическим составом, чем однороднее по форме и размерам зерна – тем выше пористость.

Материалы из растительных волокон, асбеста, минеральной и стеклянной ваты имеют *волокнистое строение*.

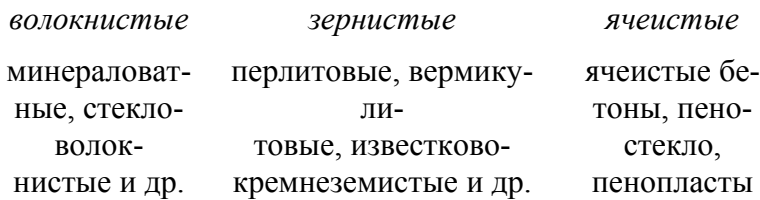
*Пластинчатое* строение имеет вспученный вермикулит.



Теплопроводность

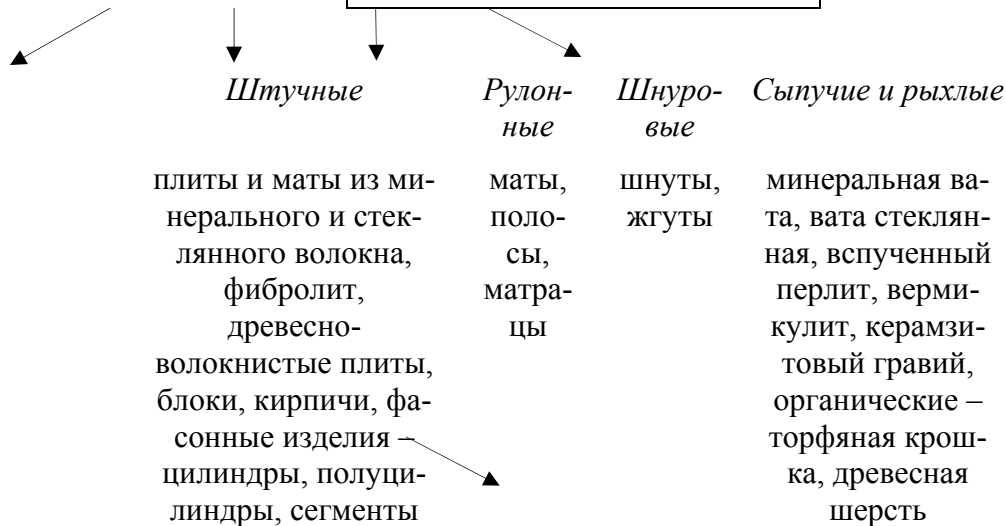
Возгораемость

**ПО СТРОЕНИЮ**

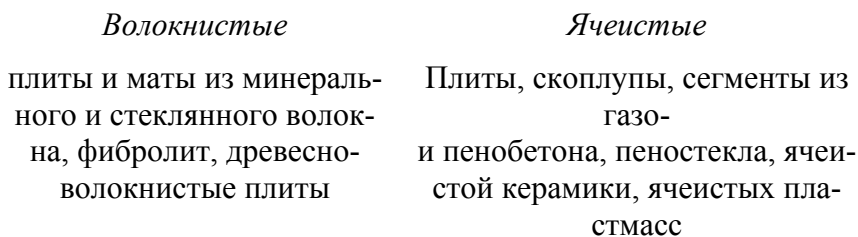


Смешанное строение имеют асбестодиатомитовые, совелитовые и другие изделия как волокна, так и зернистые порошки.

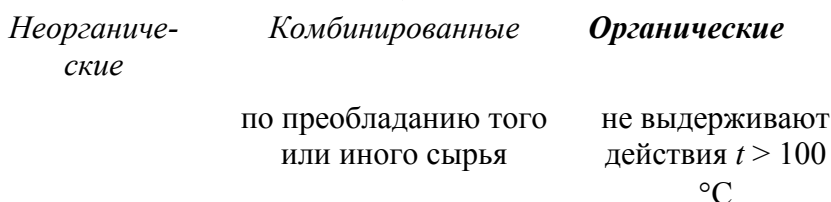
**По форме и внешнему виду**



**ШТУЧНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ**



**ПО ВИДУ СЫРЬЯ**



Фибролит – цемент и древесная шерсть (органические).

Минеральные изделия на битумных вяжущих (неорганические).

### ПО ПЛОТНОСТИ

Теплоизоляционные материалы делят на:

*особо легкие* (ОЛ),  
марки D 15, 25, 35,  
50, 75 и 100 кг/м<sup>3</sup>

*легкие* (Л), марки  
D 125, 150, 175,  
225,  
250, 300, 350 кг/м<sup>3</sup>

*тяжелые* (Т), мар-  
ки  
D 400, 450,  
500 и 600 кг/м<sup>3</sup>

Материалы и теплоизоляционные изделия, имеющие численное значение плотности, не совпадающее с вышеуказанными марками, относятся к ближайшей большей марке.

При плотности 500...700 кг/м<sup>3</sup> – материалы называют *конструктивно-теплоизоляционными*.

### ПО ЖЕСТКОСТИ

Теплоизоляционные материалы делят на:

*мягкие*  
(М) > 30  
%

*полужесткие* (П)  
6...30 %

*жесткие* (Ж)  
не > 6 %

*повышенной жесткости*  
(ПЖ)

*твердые*  
(Т)

Сжимаемость при нагрузке 2 кПа (0,002 МПа).

В зависимости от теплопроводности теплоизоляционные материалы делятся на 3 класса.

### ПО ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Класс А

*низкая*,  
 $\lambda < 0,058$  Вт/(м · К)

Класс Б

*средняя*,  
 $\lambda = 0,058...0,116$   
Вт/(м · К)

Класс В

*повышенная*,  
 $\lambda = 0,116...0,18$   
Вт/(м · К)

### ПО ВОЗГОРАЕМОСТИ

*Несгораемые*

*Трудногораемые*

*Сгораемые*

По предельной температуре теплоизоляционные материалы делят на:

Керамические до 1200...1300 °С

Трепельный кирпич до 900 °С

Ячеистый бетон и пеностекло до 400 °С



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ

Теплоизоляционные материалы и изделия должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на эти материалы и изделия.

Материалы и изделия должны обладать стабильными физико-механическими свойствами, не выделять токсичных веществ и пыли в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, иметь нормированную влажность.

## НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Неорганические теплоизоляционные материалы и изделия получают из неорганического сырья путем его переработки. Изделия этой группы характеризуются сравнительно малой теплопроводностью 0,028...0,13 Вт/(м · К) и малой плотностью 35...500 кг/м<sup>3</sup>. Они не горят, не гниют, сравнительно долговечны и поэтому широко применяются для теплоизоляции строительных конструкций и промышленного оборудования.

Сырье: горные породы, шлаки, стекло и асбест.

### МИНЕРАЛЬНАЯ ВАТА

Получают из горных пород или металлургических шлаков. Состоит из тонких и гибких стекловидных волокон диаметром 5...12 мкм и длиной 20...60 мм.

Вату, получаемую из расплава горных пород с последующим быстрым охлаждением, называют горной ватой, а из расплава шлаков – шлаковой ватой.

Высокая пористость ваты, содержащей до 95 % объема воздушных пустот, обуславливает ее хорошие теплоизоляционные свойства. Вата должна содержать не менее 80...90 % тонкого волокна диаметром менее 7 мкм. Ухудшает эти свойства также примесь "корольков" – затвердевших частиц шлака или горных пород, не превращенных в волокна.

Сырье: мергели, сланцы, смеси известняков и доломитов с глинистыми и кремнеземистыми породами, металлургические шлаки.

*Доменные шлаки* – продукт сплавления веществ, находящихся в пустой породе руды и топлива, в основном в виде глины с флюсами (плавнями), которыми обычно являются известняк и доломит. При выплавке 1 т чугуна в среднем получается 0,6-0,75 т шлака.

По своему составу *доменный шлак* напоминает цементный клинкер: CaO – 30...50 %, SiO<sub>2</sub> – 28...30 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 8...24 %, MnO – 1...3 %, MgO – 1...18 %. Их общее содержание 90...95 %.

Химический состав *портландцемента* CaO – 63...66 %, SiO<sub>2</sub> – 21...24 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2...4 %, MgO – 0,5...5 % и т.д. [SO<sub>3</sub> – 0,3...1 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – 0,4...1 %, TiO<sub>2</sub> + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,2...0,5 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,1...0,3 %].

*Мергели* – известняки (в основном из CaCO<sub>3</sub> и 20 %, а иногда и более, глинистых примесей).

*Мергелистые известняки* (известняки + глинистые примеси 6...20 %).

В известняках глины не более 6 %.

*Глинистые сланцы* – метаморфические горные породы, образовавшиеся из глин, цвет черный или темно-серый.

*Кремнеземистые породы* – диатомит (в основном SiO<sub>2</sub>), трепел – (в основном SiO<sub>2</sub> аморфный). Содержание SiO<sub>2</sub> 75...96 %.

Производство ваты состоит из двух основных процессов: расплавления сырьевой смеси и превращения расплава в волокна.

Расплав сырья получают в шахтных печах (вагранках), имеющих высоту 3...6 м и внутренний диаметр 0,75...1,5 м, при  $t = 1500...1800$  °С (зона плавления). Вытекающий из нижней части печи через отверстие 20...

30 мм расплав разбивают струей пара или сжатого воздуха на отдельные капли. Капли, пролетая вдоль камеры волокнообразователя, вытягиваются в волокна, затвердевают и падают на пол камеры, пред-

ставляющий собой движущийся с определенной скоростью конвейер. На нем образуется слой ваты в виде ленты. При выходе из камеры лента проходит через вальцы, которые ее уплотняют до нужной степени.

Минеральную вату прокладывают бумагой по всей ширине и длине ленты, свертывают в рулоны и упаковывают в картонную тару или водонепроницаемую бумагу.

Преимущества минеральной ваты: не горит, мало гигроскопична и достаточно морозостойка. Применяют при температуре изолируемой поверхности от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Плотность  $75\text{...}150\text{ кг/м}^3$ ,  
 $\lambda = 0,045\text{...}0,50\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Используют ее также для изготовления теплоизоляционной мастики, смешивая с асбестом и вяжущими веществами – жидким стеклом, портландцементом и др.

*Жидкое стекло* – калиевый  $\text{K}_2\text{O} \cdot m\text{ SiO}_2$  или натриевый силикат ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{ SiO}_2$ ), где  $n$  или  $m$  модуль стекла  $2,5\text{...}4,0$ . Жидкое стекло получают при  $t = 1300\text{...}1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  спеканием кварцевого песка с содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или поташем  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в стекловаренных печах. При смешивании его с водой образуется гель кремниевой кислоты, обладающий вяжущими свойствами.

*Асбест*  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – хризотил-асбест.

## **ГРАНУЛИРОВАННАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ ВАТА**

Вата, превращенная в рыхлые комочки – гранулы. Применяют для теплоизоляционной засыпки пустотелых стен и перекрытий.

## **МИНЕРАЛЬНЫЙ ВОЙЛОК**

Выпускают в виде листов и рулонов из минеральной ваты, слегка пропитанной дисперсиями синтетических смол и спрессованной. Плотность войлока  $100\text{...}150\text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,046\text{...}0,052\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Применение. Листы и полотнища минерального войлока применяют для утепления стен и перекрытий в кирпичных, бетонных и деревянных домах.

## **МИНЕРАЛОВАТНЫЕ МАТЫ**

Представляют собой минераловатный ковер, заключенный между битуминизированной бумагой, стеклотканью или металлической сеткой, прошитой прочными нитями или тонкой проволокой. Длина матов до  $500\text{ см}$ , ширина до  $150\text{ см}$ , толщина до  $10\text{ см}$ . Плотность матов  $75\text{...}200\text{ кг/м}^3$ , теплопроводность  $0,046\text{...}0,058\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Применение: для теплоизоляции промышленного оборудования с температурой поверхности от  $-180$  до  $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, для утепления свежесложенных бетонов и растворов при строительстве в холодное время года.

## **МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ПОЛУЖЕСТКИЕ ПЛИТЫ**

Изготавливают из минерального волокна путем распыления на него связующего (синтетических смол или битума) с последующим прессованием и термообработкой для сушки или полимеризации.

Плотность плит в зависимости от вида связующего и уплотнения  $75\text{...}300\text{ кг/м}^3$ , теплопроводность  $0,041\text{...}0,07\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , сжимаемость  $6\text{...}30\text{ \%}$ .

Применение: для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и горячих поверхностей оборудования при температуре до  $200\text{...}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , если изделия изготовлены на синтетическом связующем, и от  $-100$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  на битумном связующем.

## **МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ЖЕСТКИЕ ИЗДЕЛИЯ**

Получают смешиванием минеральной ваты с битумной эмульсией или синтетическими смолами с последующим формованием, прессованием и прогреванием отформованных изделий для их сушки или полимеризации.

Плиты имеют толщину 4...10 см, плотность 100...400 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводность 0,051...0,135 Вт/(м · К), сжимаемость не более 6 %.

*Битумные материалы* могут быть как природными, так и искусственными, получаемыми при переработке нефти.

Природные битумы – твердые и вязкие, образовались из нефти в верхних слоях земной коры в результате испарения летучих фракций и под влиянием окислительного процесса и полимеризации.

Битумы состоят из смеси высокомолекулярных углеводородов главным образом метанового (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) и нафтенового (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>) рядов и кислородных, сернистых и азотистых производных. Элементарный состав битумов – это десятки химических соединений. В битуме содержится примерно 70...87 % С, до 15 % Н, до 10 % О, до 1,5 % S (в природных до 10 %), небольшое количество азота.

**Применение:** для утепления стен, покрытий и перекрытий жилых и промышленных зданий и холодильников.

Жесткие плиты и фасонные изделия – сегменты, скорлупы на синтетическом и бентонитокolloидном связующем применяют для теплоизоляции горячих поверхностей. Плотность 100...200 кг/м<sup>3</sup>, λ ≈ 0,05 Вт/(м · К), t от – 180 до + 400 °С.

### **Стекловолоконная вата (стекловата)**

**Сырье:** те же материалы, что и для производства стекла: кварцевый песок, известняк или мел, сода или сульфат натрия, а также стеклянный бой.

Тонкое стекловолоконное волокно для текстильных материалов получают вытягиванием из расплавленной стекломассы.

Более грубое волокно, применяемое для тепловой изоляции, изготавливают дутьевым или центробежным способом. Такое волокно называют стекловолоконной ватой. Плотность ваты 125 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,052 Вт/(м · К). Промышленность выпускает супертонкое стекловолоконное волокно плотностью до 25 кг/м<sup>3</sup> и λ около 0,03 Вт/(м · К).

**Свойства:** стекловолоконная вата практически не дает усадки в конструкциях, волокна ее не разрушаются при длительных сотрясениях и вибрации. Она плохо проводит и хорошо поглощает звук, малогигроскопична, морозостойка, химически стойка. Связующими для нее являются водорастворимые синтетические смолы с пластифицирующими добавками.

Слой стекловолоконной ваты толщиной 5 см соответствует термическому сопротивлению R кирпичной стене толщиной в 1 м.

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

где δ – толщина слоя, м. Чем больше R, тем эффективнее материал.

Стекловолоконные маты, полужесткие и жесткие плиты, а также фасонные изделия на связующих из синтетических смол имеют плотность 20...200 кг/м<sup>3</sup>, λ ≈ 0,05 Вт/(м · К).

Они применяются для теплоизоляции ограждающих конструкций производственных зданий, печей, трубопроводов, оборудования, аппаратуры, различных средств транспорта при температуре изолируемых поверхностей от – 60 до + 180 °С.

### **Пеностекло (ячеистое стекло)**

Пеностекло (ячеистое стекло) получают из измельченного в порошок стекла путем спекания и вспучивания газообразователями и последующего обжига. Пеностекло в виде плит имеет плотность не более 300 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность менее 0,093 Вт/(м · К).

Пеностеклом называют стекло, имеющее пористую (ячеистую) структуру. Пористость составляет 80...95 %. Пеностекло имеет высокие теплоизоляционные качества: теплопроводность 0,058...0,128 Вт/(м · К), высокую прочность и водостойкость, полную несгораемость, морозостойкость и легкость механической обработки: легко пилится, режется, сверлится, в него можно вбивать гвозди. Температуростойкость 300...400 °С, для бесщелочного стекла – 800...1000 °С.

Размеры отдельных пор в ячеистом стекле колеблется от десятых долей миллиметра до 3 мм. Объемная масса пеностекла 100...200 кг/м<sup>3</sup>.

Стекло не тонет в воде и его называют плавающим пеностеклом. Марки D 400, 800, 1000, 1200, водопоглощение 0,05; 0,04; 0,03 г/см<sup>3</sup>, Мрз 25 – 35 циклов.

## **ЯЧЕИСТОЕ СТЕКЛО**

Ячеистое стекло изготавливают из тонкоизмельченного боя стекла с добавками порообразующих материалов (газообразователя), например, молотого известняка, угля, антрацита. Полученную смесь нагревают. При температуре 800...900 °С частицы боя стекла начинают сплавляться, а газы, выделяемые газообразователями, вспучивают стекломассу, образуя в ней большое количество замкнутых пор. При охлаждении массы получают прочный материал ячеистой структуры.

**Применение:** блоки и плиты, получаемые в формах. Для изоляции стен и перекрытий, утепления полов и кровель промышленных и гражданских зданий, а также для изоляции камер холодильников и горячих поверхностей тепловых установок.

## **СТЕКЛОПОР**

Получают путем грануляции и вспучивания жидкого стекла с минеральными добавками (мелом, молотым песком, золой ТЭС). Сначала производят гранулят, который затем вспучивают нагревом при температуре 320...360 °С, плотность 15...120 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,028...0,05$  Вт/(м · К).

В сочетании с различными связующими стеклопор используют для изготовления штучной, мастичной и заливочной теплоизоляции.

## **ВСПУЧЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Вспученные сыпучие материалы получают путем вспучивания при обжиге горных пород определенного химического состава.

Некоторые горные породы, содержащие в своем составе связанную воду, при нагреве теряют ее. Вода превращается в пар, вспучивает предварительно дробленую породу, в результате чего образуются пористые зерна (вспученный перлит) или чешуйки (вспученный вермикулит).

### **ВСПУЧЕННЫЙ ВЕРМИКУЛИТ**

Сыпучий пористый материал в виде чешуйчатых частиц золотистого цвета, получаемых ускоренным обжигом до вспучивания (900...1000 °С) вермикулита – гидрослюды, содержащей между элементарными слоями связанную воду. Пар, образующийся из этой воды, раздвигает пластинки слюды, увеличивая первоначальный объем зерен в 15 – 20 раз и более. Температура плавления вермикулита 1300 °С.

При крупности зерен 5...15 мм плотность 80...150 кг/м<sup>3</sup>, при более мелких зернах она увеличивается до 400 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность до 100 °С равна 0,048...0,10 Вт/(м · К), а при 400 °С равна 0,14...0,18 Вт/(м · К).

### **ВСПУЧЕННЫЙ ПЕРЛИТ**

Получают путем обжига перлита. Для изготовления вспученного перлита сырьем служат вулканические стеклообразные породы (перлит, обсидиан), содержащие небольшое количество гидратной воды (3...5 %). Перлит – водосодержащее кислое вулканическое стекло. При быстром нагреве 3...5 мин. до температуры 900...1200 °С вода переходит в пар и вспучивает размягченную породу; она распадается на отдельные шарообразные зерна с увеличением в объеме в 5 – 10 раз и более (пористость зерен 80...90 %). Насыпная плотность перлитового песка колеблется от 75 до 250 кг/м<sup>3</sup>, щебня до 500 кг/м<sup>3</sup>. Теплопроводность при 25 °С составляет 0,046...0,08 Вт/(м · К).

**Применение:** Вспученный вермикулит и перлит используют в виде теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемых поверхностей соответственно от минус 260 до 1100 °С (вермикулит) и 800 °С (перлит). На их основе в смеси с вяжущим веществом получают растворные и бетонные смеси, из которых формируют теплоизоляционные изделия (плиты, скорлупы, сегменты, кирпич) или выполняют

теплоизоляционные, звукопоглощающие и декоративные штукатурки. На основе перлитового песка и щебня получают конструктивно-теплоизоляционные материалы.

Изделия перлитокерамические теплоизоляционные (кирпич, плиты, полуцилиндры, сегменты) выпускают марок D250, D300, D350, D400,  $R_{сж}$  не менее 0,3...1 МПа,  $\lambda \approx 0,07...0,1$  Вт/(м · К),  $t_{пред}$  876 °С.

Плиты перлитобитумные, теплоизоляционные выпускают марок D200, D225, D250, D300,  $\lambda \approx 0,08$  Вт/(м · К),  $t_{пред}$  от – 60 до 100 °С. Изделия перлитцементные теплоизоляционные D225, 250, 300 (плиты, полуцилиндры, сегменты)  $\lambda \approx 0,06...0,08$  Вт/(м · К),  $t_{пред}$  600 °С.

## БЕЗОБЖИГОВЫЕ ПЕРЛИТОВЫЕ И ВЕРМИКУЛИТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Применяют в сочетании с минеральными и органическими связующими, изготавливают на портландцементе, жидком стекле, синтетических смолах, битуме, различных клеях.

*Безобжиговые изделия* на неорганических связующих изготавливают полусухим прессованием и формованием в формах. Изделия формируют из смесей либо пластической консистенции (без избыточной воды) – полусухое прессование, либо из гидросмесей (мокрый способ). Эти схемы отличаются способами изготовления смесей и формованием изделий. При полусухом прессовании увлажненные компоненты смешивают в растворомешалках, снабженных рыхлителем не более 50...60 с во избежание разрушения и измельчения вспученных зерен. Консистенция смеси должна обеспечить пластичность, необходимую для хорошего заполнения форм ( $V/T = 3 - 4,5$ ). Для получения изделий низкой плотности формовочные смеси готовят при  $V/T = 7 - 10$  по массе.

*Обжиговые изделия* получают на связке из огнеупорной глины или диатомита. Свойства изделий зависят от вида вяжущего. Плотность 200...500 кг/м<sup>3</sup>, при 25 °С  $\lambda$  от 0,05 до 0,2 Вт/(м · К). Изделия на битумной связке применяют при температуре эксплуатации до 60 °С, на цементном связующем и жидком стекле (стеклоперлит) – до 600 °С, на керамической связке (керамоперлит) до 900...1200 °С.

*Диатомит* – аморфный кремнезем в виде минерала опала  $SiO_2 \cdot n H_2O$  (70...95 %) и 3...8 % гидратной воды, органогенная порода, образованная из панцирей диатомитовых водорослей. Цементирующее вещество ил и глина. Пористость до 85 %.

Теплоизоляционная керамика в отличие от строительной обладает высокой пористостью до 75 %, которая достигается различными способами.

## ПЕНОКЕРАМИКА

Керамика ячеистого строения.

**Производство.** В разжиженную глину – шликер вводят пенообразующие вещества и взбивают смесь до образования пенистой массы. Затем добавляют гипсовый порошок и выливают в деревянные формы. Затвердевшие изделия освобождают из формы и обжигают.

**Сырье:** диатомиты, трепелы. Ячеистую структуру получают с помощью выгорающих добавок. Для повышения их пластичности в смесь добавляют небольшое количество глины. Пенообразователи – казеино-канифольное вещество и др. Выгорающие добавки – древесные опилки, торф. Температура обжига пенодиатомитовых изделий 800-850 °С.

**Применение:** для изоляции промышленных печей, паровых котлов и тепловых сетей.

## Асбестовые материалы

**Асбест** – основное сырье для производства теплоизоляционных материалов. Асбестовые материалы эффективно защищают поверхности с высокой температурой: котлы, автоклавы, трубопроводы и другое оборудование.

**Сырье:** хризотил-асбест  $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Асбест – минерал, имеющий волокнистое строение и при механическом воздействии способен распадаться на тончайшие волокна.

Существующие в природе виды асбеста можно разделить на две группы – кислотостойкие и не кислотостойкие.

В группу кислотостойких асбестов входят крокидолит-асбест, антофиллит-асбест, амозит-асбест, актинолит-асбест, тремолит-асбест, а в группу не кислотостойких один хризотил-асбест. Его химический состав  $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , т.е. он является гидросиликатом магния.

Молекулы асбеста прочно связаны между собой лишь в одном направлении, боковая же связь с соседними молекулами крайне слаба. Это обуславливает высокую прочность асбеста на растяжение вдоль волокон и хорошую распушиваемость – расщепление поперек волокон.

Асбест обладает большой адсорбционной способностью. При смешивании с портландцементом и водой он адсорбирует и прочно удерживает на своей поверхности продукты гидратации цемента, которые связывают волокна асбеста. Поэтому асбоцемент является как бы тонкоармированным цементным камнем. Хризотил-асбест негорюч, однако при температуре 110 °С он начинает терять адсорбционную воду.

$R_{\text{раст.}}$  снижается на 10 %, при температуре 368 °С испаряется вся адсорбционная вода, что приводит к снижению прочности на 25...30 %. После охлаждения асбест берет из воздуха потерянную воду и восстанавливает свои свойства.

При нагревании асбеста до температуры больше 550 °С удаляется химически связанная вода, теряется эластичность и прочность, асбест становится хрупким и после охлаждения свойства его не восстанавливаются.

При температуре около 1550 °С асбест плавится. Предельная температура применения 500...600 °С.

В зависимости от состава материалы разделяют на две группы: асбестовые – состоящие только из асбестового волокна; асбестосодержащие – в состав которых так же входят другие компоненты, обладающие вяжущими свойствами.

### АСБЕСТОВАЯ БУМАГА

Это листовой или рулонный материал, изготовленный из асбеста V–VI сортов с небольшой добавкой склеивающих веществ (обычно крахмала до 5 %  $(C_6H_{10}O_5)_x$  – значение  $x$  у крахмала от сотен до 5000). Объемная масса асбестовой бумаги составляет 450...950 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,128...0,174$  Вт/(м · К) при 0 °С, и  $\lambda = 0,14...0,198$  Вт/(м · К) при 100 °С.

При нагревании выше 200 °С масса и прочность бумаги уменьшается, так как происходит выгорание органических склеивающих веществ, при температуре более 500 °С волокна разрушаются – это предельная температура применения бумаги.

### АСБЕСТОВЫЙ КАРТОН

Это листовой материал, который изготавливают из асбестовой бумаги или асбестового волокна, смешанного с наполнителем (каолином) и связующим веществом (крахмалом  $(C_6H_{10}O_5)_x$  –  $x$  от сотен до 5000).

Выпускают ячеистый асбестовый картон, состоящий из чередующихся слоев гладкой и гофрированной бумаги, склеенных между собой жидким стеклом или клеем.

Объемная масса 250...600 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,052...0,093$  Вт/(м · К) при 50 °С.

**Применение:** в виде плит для теплоизоляции плоских поверхностей, в виде цилиндрических и полуцилиндрических покрышек – для изоляции трубопроводов (до 500 °С).

*Асбестовый войлок* – изготавливают из нескольких слоев асбестовой бумаги, между которыми устраивают воздушные прослойки.

*Асбестовый шнур* получают из нескольких крученых нитей, сложенных вместе в сердечник и обвитых (оплетенных) снаружи асбестовой нитью или пряжей.

### АСБЕСТОКРЕМНЕЗЕМИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ (мастичные для горячих поверхностей)

Порошкообразные смеси, состоящие из распушенного асбеста и кремнеземистые горных пород с добавлением некоторых веществ и без них.

### АСБОЗУРИТ

Асбозурит – смесь асбеста (15...30 %) с трепелом или диатомитом (85...70 %), состоящих их аморфного кремнезема в виде минерала – опала ( $SiO_2 \cdot n H_2O$ ).

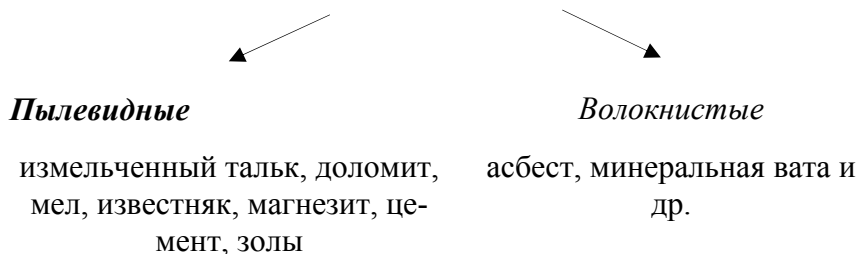
Диатомит и трепел имеют небольшую объемную массу, при смешивании с водой они образуют пластичное легко формуемое тесто, которое затвердевает при высыхании.

Асбест выполняет роль армирующего материала и способствует увеличению прочности затвердевшей асбестотрепельной (диатомитовой) массы. Порошкообразный асбозурит затворяют водой и в виде мастики наносят на теплоизолируемую поверхность.

С в о й с т в а : объемная масса  $650 \dots 850 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,186 \dots 0,256 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ . Температуростойкость до  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Мастики – смесь нефтяного битума или дегтя с минеральным наполнителем и добавкой антисептика.

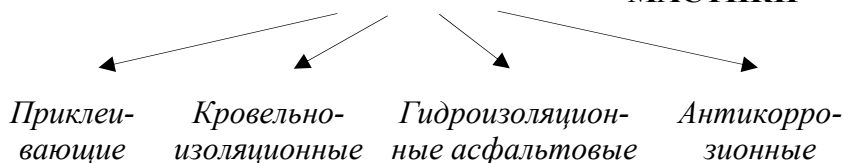
## МИНЕРАЛЬНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ



Наполнители адсорбируют на своей поверхности масла, при этом повышается теплостойкость и твердость мастики. Волокнистые наполнители, армируя материал, увеличивают его сопротивление изгибу.

Мастику разделяют по назначению.

## МАСТИКИ



Мастику наносят на горячие изолируемые поверхности тонкими слоями вручную. Во избежание появления трещин при высыхании каждый последующий слой мастики накладывают только после того, как высохнет предыдущий. После получения слоя мастики необходимой толщины ее поверхность оштукатуривают для защиты от механических повреждений, а затем оклеивают мешковиной и окрашивают.

## АСБЕСТОМАГНЕЗИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Асбестомagneзиальные материалы состоят в основном из смеси асбеста с солями магния и кальция. К ним относятся ньювель и совелит.

### НЬЮВЕЛЬ

Ньювель состоит из смеси 15 % асбеста и водной углекислой соли магния до 85 %.

П о л у ч е н и е : магнезию размалывают, смешивают с 15 % асбеста и для повторного помола пропускают через дезинтегратор. Выпускают ньювель в виде порошка (для мастичной изоляции) или в виде плит, скорлуп и сегментов. Объемная масса  $\rho = 350 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,081 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $R_{\text{изг.}}$  не менее  $0,15 \text{ МПа}$ . Температура применения до  $350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### СОВЕЛИТ

Совелит состоит из смеси асбеста 15 % с углекислыми солями магния и кальция 85 % (доломит  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ). В результате обжига доломита образуется легкий порошок, состоящий из смеси  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$ . При дальнейшем подъеме температуры образуется смесь  $\text{MgO} + \text{CaCO}_3$ . Этот порошок имеет большую объемную массу, он более температуростоек, чем ньювель.

Конечным продуктом химической переработки доломита является четырехводный основной карбонат магния  $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$ , который составляет основу совелита. Предельная температура применения не больше  $550\text{ }^\circ\text{C}$ , Марки 350, 400 (плиты, полуцилиндры, сегменты),  $\lambda = 0,08\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Порошкообразный совелит затворяют водой (гасят) и в виде мастики наносят на теплоизолируемую поверхность. Объемная масса  $\rho \leq 400\text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda$  не выше  $0,093\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  при  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $R_{\text{изг.}}$  не менее  $0,15\text{ МПа}$ .

Технология изготовления изделий: сначала порошкообразный совелит затворяют водой (гасят) и смешивают с предварительно распушенным асбестом. Затем смесь заливают в металлические формы, в которых ее прессуют при давлении до  $0,2\text{ МПа}$ . После высушивания изделия обрезают. Отходы измельчают и совелитовый порошок в смеси с водой применяют для теплоизоляции поверхностей. При изоляции поверхностей совелитовыми плитами последние укладывают на асбестовой прокладке и подмазке из мастичного совелита и прикрепляют к изолируемой поверхности туго натянутым проволочным каркасом, а швы между плитами промазывают мастикой. Всю поверхность изоляционного слоя оштукатуривают.

### АСБОТЕРМИТ

Асботермит получают из смеси  $70\%$  отходов асбестоцементных заводов,  $15\%$  доломита и  $15\%$  асбеста V–VI сортов.

### ВУЛКАНИТ

С о с т а в : асбест  $15\text{--}20\%$ , трепел  $60\text{--}65\%$ , известь  $20\%$ .

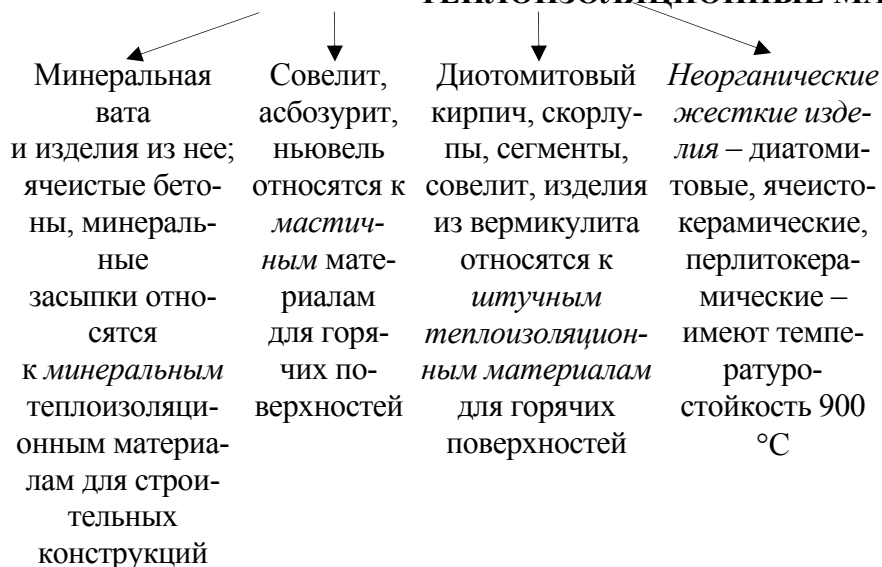
Отформованные изделия подвергаются автоклавной обработке  $P = 8\text{ атм}$  в течение семи часов, которая ускоряет химическое взаимодействие между кремнеземистым компонентом и воздушной известью, приводящее к образованию гидросиликатов кальция. Температура применения до  $900\text{ }^\circ\text{C}$ , марки D 300, 350 (плиты, полуцилиндры, сегменты).

### АСБОЗУРИТ

С о с т а в : асбест  $15\%$ , трепел  $85\%$ .

Асбозурит асбестотрепельный (диатомитовый) теплоизоляционный материал, представляет собой сухие смеси трепела (диатомита) с асбестом и некоторыми добавками. При добавлении в них воды получают пластические мастики, которые наносят на изолируемые поверхности  $\rho = 450\text{--}700\text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda = 0,08\text{--}0,18\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

### ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ





## НЕОРГАНИЧЕСКИЕ РЫХЛЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Неорганические рыхлые материалы для мастичной теплоизоляции изготавливают из смеси волокнистых материалов (асбеста, минерального волокна) с неорганическими вяжущими, затворяемыми водой. Их применяют для изоляции промышленного оборудования и трубопроводов с учетом температуры у границ теплоизоляционного слоя.

*Минераловатную смесь* приготавливают из минеральной ваты, асбеста, тонкодисперсной глины и портландцемента. Плотность изоляции в сухом состоянии  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda$  не более  $0,028 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

*Асбестодиатомитовый порошок* – смесь асбеста 15 % и молотого диатомита или трепела 85 %, иногда с добавками других веществ (отходов асбоцементных заводов, слюды). Плотность теплоизоляции  $\rho = 450 \dots 700 \text{ кг/м}^3$ ,

$\lambda = 0,093 \dots 0,21 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

*Совелитовый порошок* – смесь легкого основного карбоната магния и карбоната кальция с асбестом, применяемая при температуре  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ . Готовая совелитовая теплоизоляция имеет плотность  $\rho = 450 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda$  не более  $0,098 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

*Асбестомagneзиальный порошок* (ньювель) приготавливают в виде смеси легкого основного карбоната магния или кальция с асбестом и применяют при температуре до  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ЗЕРНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### для теплоизоляционных засыпок

При температуре до  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  применяют *вспученный перлит* в виде пористого песка  $\rho = 75 \dots 100 \text{ кг/м}^3$ , *вспученный вермикулит* в виде смеси пластинчатых зерен, измельченные и обожженные диатомиты и трепелы с крупностью зерен до 5 мм, измельченные диатомиты и трепелы с крупностью до 5 мм,  $\rho = 400 \dots 700 \text{ кг/м}^3$ .

При температуре до  $450 \dots 600 \text{ }^\circ\text{C}$  применяют гранулированную и стеклянную вату, дробленную пемзу и вулканический туф, топливные шлаки, получаемые при сжигании кускового топлива, топливные золы от сжигания пылевидного топлива, доменные гранулированные шлаки.

*Топливные шлаки* (и золы) образуются в качестве побочного продукта при сжигании антрацита, каменного угля, бурого угля и других видов твердого топлива. Топливные шлаки – пористые кусковые материалы, получающиеся в топке в результате спекания и вспучивания неорганических (в основном глинистых) примесей, содержащихся в угле.

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ

(газобетон, пенобетон  $\rho = 100 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ )

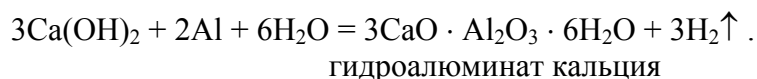
Газобетон и пенобетон имеют низкую теплопроводность, достаточно высокую марку по прочности, высокую морозостойкость, низкое водопоглощение, повышенную огнестойкость, хорошую гвоздимость.

Возгораемость определяется при воздействии температуры  $800 \dots 850 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 20 мин. Предельная температура применения не должна изменять эксплуатационные свойства материала.

## ГАЗОБЕТОН

В качестве газообразователя вводится тонкоизмельченный алюминиевый порошок (алюминиевая пудра ПАК-3).

Способ газообразования основан на введении в сырьевую смесь компонентов, которые способны вызвать химические реакции с выделением в больших количествах газовой фазы. Газы, стремясь выйти из твердеющей пластической массы, образуют пористую структуру материала – газобетона, газосиликата, газокерамики, ячеистого стекла, газонаполнителей пластмассы и др. Вступая в химическую реакцию с  $\text{Ca(OH)}_2$ , алюминий способствует выделению молекул водорода и соответствующей энергии химической связи образования из простых веществ



Выделяющийся водород вспучивает цементное тесто. Ячеистое цементное тесто затвердевает. Крупный заполнитель в нем отсутствует. Для ускорения процесса вспучивания к портландцементу добавляют примерно 10 % извести-пушонки от его массы. Процесс газообразования продолжается примерно 15...20 мин.

Другой газообразователь – пергидроль (техническая перекись водорода). В щелочной среде цементного теста или цементного раствора пергидроль разлагается с выделением кислорода



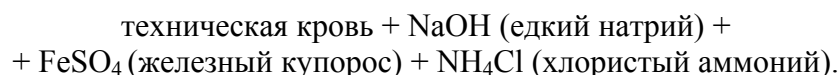
Молекулы кислорода вспучивают цементное тесто или строительный раствор в течение 7...10 мин.

## ПЕНОБЕТОН

Способ пенообразования основан на введении в воду затвердения вяжущих пенообразующих веществ. Стабилизированные пузырьки пены представляют собой воздушные поры пенобетона, пеносиликата, пенокерамики и др.

В качестве стабилизаторов пены с повышением их стойкости используют столярный клей, сернокислый глинозем, смолы и др.

*Пенообразователи* – соли жирных кислот – натриевые и калиевые мыла, клееканифольный пенообразователь, алюмосульфонафтенный пенообразователь, ГК – гидролизованная кровь, получаемая путем обработки отходов мясокомбинатов по схеме:



Изделия из ячеистых бетонов имеют марки 350, 400 по плотности ( $R_{\text{сж}} = 0,7...1$  МПа,  $R_{\text{изг}} = 0,2...0,3$  МПа),  $\lambda = 0,09...0,1$  Вт/(м·К),  $t_{\text{пред}} = 400$  °С.

## ОРГАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Теплоизоляционные материалы этой группы вырабатывают из различного растительного сырья и отходов: древесной стружки, горбыля, реек, опилок, камыша, торфа, очесов льна, конопли, а также из шерсти животных (войлок). Органические теплоизоляционные материалы изготавливают также из полимеров.

Опилки, торф, стружки не следует применять в качестве теплоизоляционных засыпок, особенно в естественном виде, так как они могут подвергаться увлажнению, быстро загнивать и могут являться источником заражения деревянных конструкций.

Кроме того, такая засыпка дает неизбежную осадку, вследствие чего верхняя часть стен оказывается лишенной теплоизоляционного слоя, что резко снижает эффективность теплоизоляции. Сырье этих видов целесообразно использовать для производства плит с применением каких-либо вяжущих веществ. В таких плитах основной материал почти полностью защищен от увлажнения, следовательно приобретает большую гнилостойкость.

Кроме того, в процессе производства его антисептируют и вводят антипиреновые добавки для повышения огнестойкости. Для уменьшения гигроскопичности вводят парафиновую эмульсию.

Все теплоизоляционные материалы из органического сырья следует хранить в сухих помещениях, укладывая их на подкладки, предохраняющие от увлажнения.

## ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫЕ ПЛИТЫ

Древесноволокнистые плиты изготавливают из неделовой древесины, отходов лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, бумажной макулатуры, а также стеблей соломы, кукурузы, хлопчатника и некоторых других растений.

Добавки: водные эмульсии синтетических смол, эмульсии из парафина, канифоли, битум, антисептики и антипирены, а также асбест, глинозем, гипс и др.

Растительное сырье измельчают в различных агрегатах в присутствии большого количества воды, смешивают со специальными добавками.

Далее жидкотекучую волокнистую массу передают на отливочную машину, состоящую из бесконечной металлической сетки и вакуумной установки. Здесь масса обезвоживается, уплотняется и разрезается на отдельные плиты заданного размера, которые затем подпрессовывают и сушат.

Плотность древесноволокнистых изоляционных плит  $\rho = 150 \dots 350 \text{ кг/м}^3$ , теплопроводность  $\lambda = 0,046 \dots 0,093 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ , прочность при изгибе не более  $0,4 \dots 2 \text{ МПа}$ .

Достоинства: большие размеры (длина до 3 м, ширина до 1,6 м).

Применение: для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, полов, перегородок и междуэтажных перекрытий, утепления кровель, акустической отделки специальных помещений.

Кроме изоляционных выпускают полутвердые, твердые и сверхтвердые древесноволокнистые плиты  $\rho = 400 \dots 1100 \text{ кг/м}^3$  и прочностью при изгибе не менее 15 МПа, используемые как отделочные и конструкционные материалы.

## ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ

Древесностружечные плиты получают горячим прессованием массы, содержащей около 90 % органического волокнистого сырья (чаще всего тонкая древесная стружка) и 8...12 % синтетических смол (мочевиноформальдегидной, фенолформальдегидной и др.).

Для теплоизоляционных целей служат легкие плиты плотностью 250-500 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью  $\lambda = 0,046 \dots 0,093 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ . Полутяжелые и тяжелые плиты, плотностью соответственно 500...800 и 800...1000 кг/м<sup>3</sup> и прочностью при изгибе 5...35 МПа, применяют как отделочный и конструкционный материал.

Применение: для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, полов, перегородок, междуэтажных перекрытий, утепления кровель и акустической отделки специальных помещений.

## ФИБРОЛИТ

Сырье: древесные стружки и неограниченные вяжущие (в основном портландцемент, реже магнезиальные вяжущие).

Получение: специальные древесные стружки (древесная шерсть) сначала минерализуют раствором хлористого кальция  $\text{CaCl}_2$ , жидкого стекла или сернокислого глинозема. Затем смешивают с цементом и водой.

Плиты формуют под давлением до 0,5 МПа и направляют для твердения в пропарочные камеры. Затем плиты сушат до влажности не более 20 %.

Размеры: длина 240 и 300 см, ширина 60 и 120 см, толщина 3...15 см.

По плотности теплоизоляционный фибролит делят на:

Ф-300,  $R_{\text{изг}} < 0,35 \text{ МПа}$ ;

Ф-400,  $R_{\text{изг}} < 0,6 \text{ МПа}$ ;

Ф-500,  $R_{\text{изг}} < 1,0 \text{ МПа}$ .

$\lambda = 0,08 \dots 0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

Фибролит не горит открытым пламенем, а тлеет, его можно пилить, сверлить, вбивать в него гвозди.

Водопоглощение цементного фибролита не более 35...45 %.

При влажности больше 35 % он может поражаться домовым грибом, следовательно его необходимо защищать от увлажнения путем оштукатуривания. Шероховатая поверхность фибролита способствует хорошему сцеплению со штукатуркой.

Применение: для утепления стен и покрытий, конструкционный – для перегородок, каркасных стен и перекрытий в сухих условиях. Стена из фибролитовых плит, толщиной 15 см по термическому сопротивлению эквивалентна кирпичной стене в два кирпича.

## АРБОЛИТ

Это разновидность легкого бетона.

Сырье: цемент, органические заполнители, химические добавки ( $\text{CaCl}_2$ , растворимое стекло или сернокислый глинозем) и вода.

Органические заполнители: дробленые отходы древесных пород, сечка камыша, подсолнечная лузга и т.д.). В качестве вяжущего применяют портландцемент, реже другие неорганические вяжущие.

Технология изготовления близка к обычным бетонам.

## АРБОЛИТ

### Теплоизоляционный

$\rho$  до 500 кг/м<sup>3</sup>,  $R_{сж} < 0,5$   
МПа

### Конструктивно-теплоизоляционный

$\rho$  до 700 кг/м<sup>3</sup>,  $R_{сж} < 3,5$  МПа

$\lambda = 0,1 \dots 0,126$  Вт/(м · К)

Арболит – труднопоражаемый грибами и трудносгораем.

Применение: для возведения навесных и самонесущих стен и перегородок, в качестве теплоизоляционного материала в стенах, перегородках и покрытиях зданий различного назначения.

## Камышит (камышитовые плиты)

Изготавливают из тростника камыша.

Производство: стебли камыша прессуют, прошивают проволокой и обрезают до стандартных размеров. Стебли камыша обязательно необходимо располагать в одном направлении.

$\rho = 175 \dots 250$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,046 \dots 0,093$  Вт/(м · К),  $R_{изг} = 0,5 \dots 1,0$  МПа.

Свойства: загнивает при увлажнении, не держит гвозди, способен возгораться, подвержен порче грызунами. Для предохранения от загрязнения плиты пропитывают антисептиками или оштукатуривают.

Применение: для заполнения стен каркасных зданий, устройства перегородок, утепления перекрытий и покрытий в малоэтажном строительстве.

## ТОРФЯНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Изготавливают в виде плит, скорлуп и сегментов.

Сырье: малоразложившийся торф из верхних слоев болот, имеющий волокнистое рыхлое строение. Добавки: антисептики, антипирены, гидрофобизаторы. Марка торфяных плит 200, 230, 260,  $t_{пред}$  100 °С.

Изготовление: путем прессования в металлических формах торфяной массы с антисептиками и другими добавками, отформованные изделия подвергают тепловой обработке, в результате чего выделяются смолистые вещества, склеивающие волокна.

Применение: для утепления стен и перекрытий зданий, холодильников и трубопроводов при температуре от – 60 до + 100 °С.

## ТОРФОПЛИТЫ

Сырье: торф и органические добавки (битум, парафин, антисептики NaF, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>).

$\rho = 170 \dots 220$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,058 \dots 0,064$  Вт/(м · К),  $R_{изг}$  не менее 0,3 МПа.

Недостатки: большая гигроскопичность и высокое водопоглощение. Предельная температура 100 °С.

Применение: то же, что и для других торфяных изделий.

## ВОЙЛОК СТРОИТЕЛЬНЫЙ

Сырье: низшие сорта шерсти животных с добавкой растительных волокон и крахмального клейстера.

После валки войлок имеет вид пластин – полотнищ длиной и шириной до 200 см.



1	2	3	4	5	6	7	8	9

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Строительные материалы:** Учебник / Под общей ред. В.Г. Микульского. М.: Изд-во АСВ, 2000.
- 2 **Горчаков Г.И., Баженов Ю.М.** Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986.
- 3 **Марголина Н.М.** Теплоизоляционные материалы: Метод. указ. 3-е изд., перераб. и доп. Н. Новгород: НАСА, 1993.
- 4 **Справочник** по производству теплоизоляционных материалов / Под ред. Ю.Л. Спирина. М.: Стройиздат, 1975.
- 5 **ГОСТ 16381–77\*.** Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования.
- 6 **ГОСТ 4.201–79.** Строительство. Материалы и изделия теплоизоляционные. Номенклатура показателей.
- 7 **ГОСТ 4640–93.** Вата минеральная. Технические условия.
- 8 **ГОСТ 21880–94.** Маты минераловатные прошивные для тепловой изоляции промышленного оборудования. Технические условия.
- 9 **ГОСТ 23307–78\*.** Маты теплоизоляционные из минеральной ваты вертикально-слоистые. Технические условия.
- 10 **ГОСТ 9573–96.** Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем. Технические условия.
- 11 **ГОСТ 22950–95.** Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем. Технические условия.
- 12 **ГОСТ 10140–80.** Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на битумном связующем. Технические условия.
- 13 **ГОСТ 23208–83.** Цилиндры и полуцилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем. Технические условия.
- 14 **ГОСТ 10499–95.** Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна. Технические условия.
- 15 **ГОСТ 9757–90.** Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.
- 16 **ГОСТ 10832–91.** Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия.
- 17 **ГОСТ 12865–67.** Вермикулит вспученный.

- 18 **ГОСТ 24748–81.** Изделия известково-кремнеземистые теплоизоляционные. Технические условия.
- 19 **ГОСТ 25485–89.** Бетоны ячеистые. Технические условия.
- 20 **ГОСТ 5742–76.** Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные.
- 21 **ГОСТ 4598–86\*.** Плиты древесно-волокнистые. Технические условия.
- 22 **ГОСТ 19222–84.** Арболит и изделия из него. Общие технические условия.
- 23 **ТУ 21-РСФСР-58–86.** Плиты теплоизоляционные "Кремнепор". Технические условия.
- 24 **ГОСТ 15588–86.** Плиты пенополистирольные. Технические условия.
- 25 **ГОСТ 20916–87.** Плиты теплоизоляционные из пенопласта на основе резольных фенолоформальдегидных смол. Технические условия.
- 26 **ГОСТ 22546–77.** Изделия теплоизоляционные из пенопласта ФРП-1. Технические условия.
- 27 **ГОСТ 190174–90.** Прокладки уплотняющие пенополиуретановые для окон и дверей. Технические условия.