

АДЕНТА

ТЕПЛЫЙ ДОМ



ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ФУНДАМЕНТОВ, СТЕН, ПЕРЕКРЫТИЙ,
ОКОННЫХ И ДВЕРНЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЗДАНИЙ;
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

СВОИМИ РУКАМИ

ББК 34.64

УДК 690

ТЕПЛЫЙ ДОМ

ООО “Аделант”, 2009 г., 352 с.

ISBN 978-5-93642-116-7

Настоящая книга посвящена вопросам снижения тепловых потерь домов через ограждающие конструкции, оконные и дверные проемы за счет использования современных технологий.

Правильная установка теплоизоляции позволяет экономить энергоресурсы, обеспечить требуемый комфорт проживания, свести к минимуму температурные напряжения в элементах дома. Книга содержит сведения о механизмах теплопередачи и методике их регулирования на конкретных примерах. Усвоению материала способствуют 134 рисунка и 40 таблиц.

Авторы: Самойлов В.С., Левадный В.С.

Редакторы: Рубайло В.Е., Кортес А.Р., Левадная В. А.

Художники: Панова Т. Е., Раскосова М.П.

Компьютерная верстка: Рубайло М.В., Бочаров С.А.

Ответственный за выпуск Яценко В. А.

Подписано в печать 16.08.2007 г.

Формат 84x108/32. Бумага газетная.

Печать офсетная. Тираж 30000 экз.

(1-й завод - 5000).

Заказ №_____

Отпечатано с готовых диапозитивов
в типографии ОАО Издательство “Самарский дом печати”.
443080, г. Самара, пр. К.Маркса, 201

Качество печати соответствует
качеству представленных диапозитивов

ISBN 978-5-93642-116-7

© ООО “Аделант”

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СЛОВАРЬ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕРМИНОВ	6
РАЗДЕЛ I. МАТЕРИАЛЫ	13
Классификация теплоизоляционных материалов	13
Неорганические теплоизоляционные материалы и изделия	15
Органические теплоизоляционные материалы	26
Критерии взаимозаменяемости теплоизолирующих материалов в ограждающих конструкциях	33
РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ	35
Составляющие комфорта помещений	35
Физика процессов в стеновых конструкциях здания	40
Тепловые потери различных конструктивных элементов дома	43
Теплофизическая характеристика строительных материалов и конструкций	46
Влияние климата и местности на выбор конструкции здания	59
Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции	63
Проектирование теплоизоляции	64
Надежность теплозащиты зданий и ограждающих конструкций	68
РАЗДЕЛ III. КОНДЕНСАЦИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В СТРОИ- ТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ	70
Источники влаги	70
Допустимая относительная влажность воздуха в помещении	75
Удаление лишней влаги	78
Пароизоляция	83
Методы вентилирования стеновых конструкций	86
Гидроизоляция	88
<i>Понижение уровня грунтовых вод</i>	89
<i>Защита стен от капиллярной влаги</i>	92

<i>Гидроизоляция подземных конструкций</i>	93
<i>Окрасочная гидроизоляция</i>	101
<i>Оклеенная гидроизоляция</i>	102
<i>Полимерцементная гидроизоляция</i>	105

РАЗДЕЛ IV. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ФУНДАМЕНТОВ 109

Утепление цокольного перекрытия	110
Утепление стен подвалов и фундаментов	113
Утепление фундамента по периметру дома	119

РАЗДЕЛ V. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ 122

Основные причины снижения уровня теплозащиты зданий	122
Методы установки дополнительного теплоизоляционного слоя	125
Восстановление герметизирующих стыков ограждающих конструкций	132

РАЗДЕЛ VI. ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕННЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ .. 142

Кирпичные стены с воздушными прослойками	143
Кирпичная кладка с теплоизоляционной засыпкой	145
Многослойные конструкции кирпичных стен	146
Кладка из облегченных кирпичей	150
Стены из искусственных блоков	153
Стены из полистиролбетонных блоков	159
Панельные технологии индивидуального домостроения	168

РАЗДЕЛ VII. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ЛЕГКИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ 173

Панели с утеплителем из пенопластов	173
Финские строительные технологии	178
<i>Термопрофильные стены Rannilla</i>	178
<i>Термопрофильные стены малых и рядовых домов</i>	180
<i>Сборка стеновых каркасов</i>	186
<i>Стены на базе профильных настилов</i>	195
<i>МОДУЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ RANNILLA</i>	195

РАЗДЕЛ VIII. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ОКОННЫХ И ДВЕРНЫХ СИСТЕМ 205

Стекло как ловушка тепла	207
Многослойное остекление	210
Теплосберегающие конструкции окон	219

Установка окон	227
Дверные блоки	235

РАЗДЕЛ IX. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ243

Утепление ограждающих конструкций с внутренней стороны	245
Наружное утепление стен	250
<i>Системы утепления "мокрого" типа</i>	<i>251</i>
<i>Системы с жестким закреплением утеплителя</i>	<i>256</i>
<i>Системы с подвижными элементами крепления утеплителя</i>	<i>259</i>
<i>Утепление фасадов плитным утеплителем с листовой облицовкой по деревянному каркасу</i>	<i>274</i>
Наружное утепление стен при помощи термопанелей	276
<i>Системы утепления фасадов с вентилируемым воздушным зазором</i>	<i>281</i>
<i>Навесные вентилируемые фасады</i>	<i>285</i>
Облицовочные изделия	296

РАЗДЕЛ X. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ305

Утепление перекрытий	305
Теплоизоляция перекрытий при помощи понижения потолков	319
Снижение тепловых потерь через крышу здания	323
Энергокровля	339

ПРИЛОЖЕНИЕ341

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОКУМЕНТОВ348

РАЗДЕЛ I. МАТЕРИАЛЫ

Теплоизоляционными называют неорганические и органические малотеплопроводные материалы, предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций, оборудования и трубопроводов. Ускоренное развитие производства и применения таких материалов вызвано необходимостью решения ключевой задачи — экономии топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и сооружений различного назначения.

В современном строительстве теплоизоляционные материалы занимают особое место. Применение эффективных теплоизоляционных материалов позволяет повысить степень индустриализации строительства при одновременном уменьшении материалоемкости и снижении массы зданий и сооружений. Именно поэтому в северных регионах РФ, где стоимость перевозки в несколько раз превосходит стоимость самих материалов, строят здания из легких слоистых элементов, состоящих из наружной прочной оболочки и внутреннего слоя пористого утеплителя. На Севере особенно важно повысить термическое сопротивление наружных ограждений. Ведь количество топлива, расходуемое в холодных климатических зонах в течение 4–5 лет, почти равно массе его наружных стен.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материалы малой теплопроводности и плотности относятся к теплоизоляционным и предназначены для

защиты жилых и общественных зданий от потерь тепла.

По форме и внешнему виду их подразделяют на штучные изделия (плиты, блоки, кирпичи, цилиндры, полуцилиндры, сегменты и т. п.), рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты), рыхлые и сыпучие (вата минеральная, стеклянная, вспученный перлит и т. п.).

По структуре строения материалы бывают волокнистые, ячеистые и зернистые.

По виду исходного сырья материалы могут быть неорганические (асбест, шлаки, стекло, кремнезем, перлит, вермикулит и другие вещества минерального происхождения) и органические, состоящие из растительных и животных волокон или пластмасс (древоволокнистые, пробковые, пенопласты и т. п.). Смеси материалов относятся к неорганическим, если количество последних в смеси превышает 50% по массе.

По плотности материалы делятся на группы и марки, кг/м³: особо низкой плотности (ОНП) — 25; 35; 50; 75, низкой плотности (НП) — 100; 125; 150; 175, средней плотности (СП) — 200; 225; 250; 300; 350, плотные (ПЛ) — 400; 450; 500; 600.

По жесткости теплоизоляционные материалы подразделяются на мягкие (М) — относительное сжатие при удельной нагрузке 0,002 МПа более 30%, полужесткие (П) — относительное сжатие при удельной нагрузке 0,002 МПа от 6 до 30%, жесткие (Ж) — относительное сжатие при удельной нагрузке 0,002 МПа до 6%, повышенной жесткости (ПЖ) — относительное сжатие при удельной нагрузке 0,04 МПа до 10% и твердые (Т) — относительное сжатие при удельной нагрузке 0,1 МПа до 10%.

По теплопроводности материалы и изделия подразделяют на классы:

А — низкий (до 0,06 Вт/м·К);

Б — средний (0,06 — 0,115 Вт/м·К);

В — повышенный (свыше 0,115 — 0,175 Вт/м·К)

По возгораемости материалы подразделяют на: нестгораемые, трудностгораемые и стгораемые.

Применение теплоизоляционных материалов дает возможность уменьшить толщину ограждающих конструк-

ций, повысить их теплоизоляционные качества, снизить массу сооружений и расход строительных материалов.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

К неорганическим теплоизоляционным материалам относят штучные, рулонные, шнуровые, рыхлые материалы и изделия с волокнистой и ячеистой структурой, предназначенные для утепления, главным образом, ограждающих конструкций и сооружений.

Минеральная вата состоит из тонких стекловидных волокон диаметром 5-15 мкм, которые получают из расплава легкоплавких горных пород (мергелей, доломитов, базальта и т. п.), металлургических и топливных шлаков, золы ТЭС. Расплав обычно получают в вагранке либо в другом печном агрегате. Волокна образуются при воздействии подаваемого под давлением пара или воздуха на непрерывно вытекающую из вагранки струю расплава. Принципиальная схема получения изделий из минеральной ваты показана на (рис. 1).

Изоляционные свойства минеральной ваты проявляются благодаря воздушным прослойкам, расположенным между волокнами. Поэтому в зависимости от плотности теплопроводность минеральной ваты может колебаться от 0,042 до 0,046 Вт/(м·°С). Прямо пропорционально утеплительным свойствам минеральной ваты возрастают и ее звукоизоляционные характеристики. Недостатком утеплителя из минеральной ваты является способность к уплотнению волокон со временем, что снижает эффективность утеплителя. Поэтому наиболее эффективны маты из минеральной ваты, которые имеют жесткую структуру, не подверженную уплотнению. В строительной практике используют маты минераловатные прошивные или на металлической сетке; минераловатные маты на крахмальном связующем с бумажной обкладкой; полужесткие плиты на основе синтетического, битумного или неорганического связующего и т. д. Для утепления и звукоизоляции ограждающих

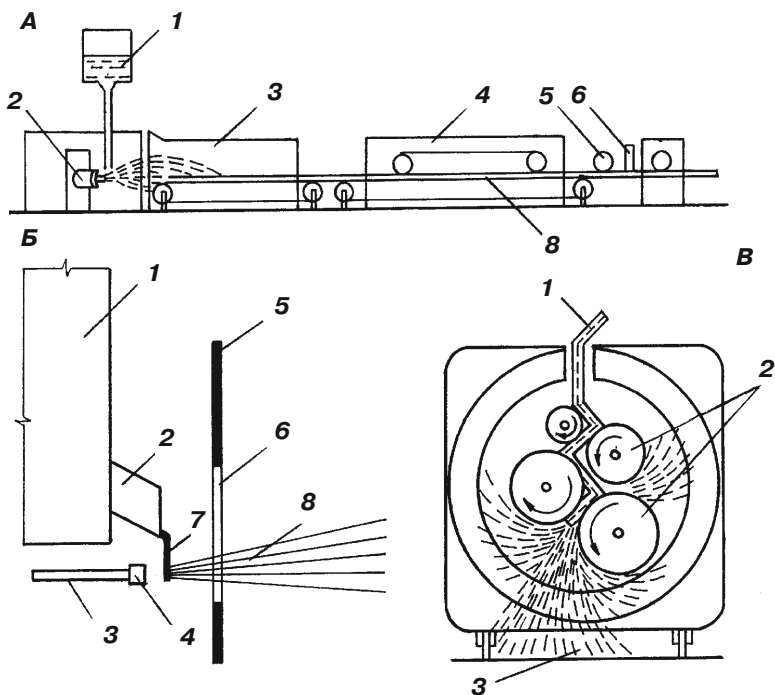


Рис. 1. Схемы получения изделий из минеральной ваты:

А — горизонтально-дутьевой способ получения минеральных плит:
 1 — вагранка; 2 — сопла дутьевые; 3 — камера волокнообразования;
 4 — камера тепловой обработки; 5 — нож продольной резки; 6 — нож
 поперечной резки; 8 — минераловатная плита;

Б — дутье: 1 — вагранка; 2 — желоб; 3 — паропроводящая труба;
 4 — дутьевое сопло; 5 — камера волокнообразования; 6 — отверстие;
 7 — струя расплава; 8 — раздув расплава минерального волокна;

В — центробежно-валковый способ: 1 — струя расплава; 2 — вращающиеся
 валки; 3 — волокна

конструкций жилых зданий рекомендуется применять минераловатные плиты на синтетическом связующем по ГОСТ 9573 и ТУ 5762-010-04001485 или стекловатные плиты на синтетическом связующем по ГОСТ 10499.

Минераловатные плиты на синтетическом связующем (фенолоспирте, растворе или дисперсии карба-

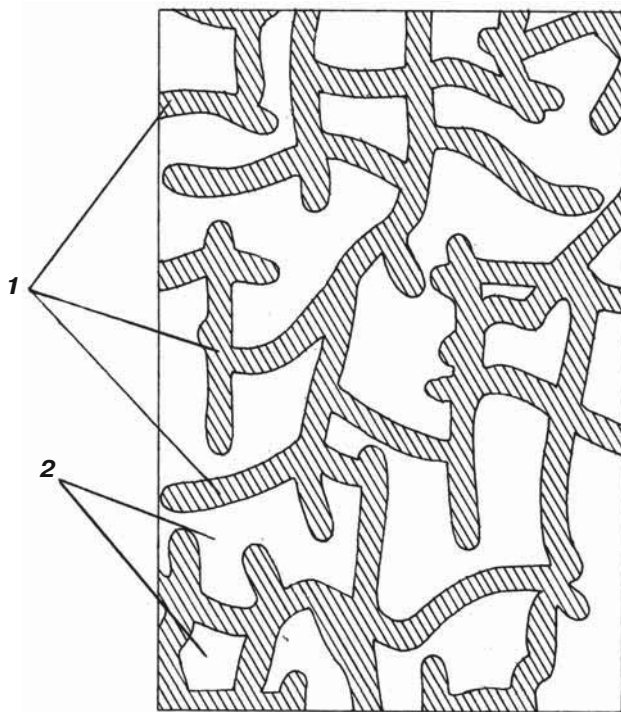
мидного полимера и др.) впервые стали изготавливать по технологии, разработанной в Уралниистройпроекте. Помимо минерального волокна и раствора полимера в гидромассу стали вводить пенообразователь. По мере совершенствования технологий стали выпускать минераловатные плиты, скорлупы и сегменты с синтетическим, битумным и неорганическим связующим (цементом, глиной, жидким стеклом и др.).

На российском строительном рынке в широком ассортименте присутствуют минераловатные изделия как отечественных, так и зарубежных производителей. В зависимости от применяемых технологий изготовления минераловатных изделий теплотехнические свойства материала могут отличаться в довольно широких пределах.

К примеру, минеральная вата компании Rockwool изготавливается по особой технологии со специальными добавками и связующими. Эта вата используется для изоляции строительных конструкций (стен, перекрытий, кровель, перегородок), трубопроводов и инженерных систем, а также для изготовления большой номенклатуры теплоизоляционных изделий. Применение минеральной ваты стало возможным благодаря ряду уникальных свойств, присущих теплоизоляционным материалам производства Rockwool. К таким свойствам можно отнести:

- высокие теплоизолирующие качества;
- высокую огнестойкость изолированных конструкций и негорючесть материала;
- высокую звукоизолирующую способность;
- малую деформативность и стабильность формы материала в конструкции:
- малую гигроскопичность;
- хорошую паропроницаемость;
- легкую обрабатываемость.

Основой всех ценных качеств теплоизоляции Rockwool является структура материала. Тончайшие волокна в изделиях расположены хаотично в горизонтальном и вертикальном направлениях, под различными уг-



*Рис. 2. Структура волокон минеральной ваты ROCKWOOL:
1 — волокна; 2 — воздушные прослойки*

лами друг к другу (**рис. 2**). Благодаря такому расположению волокна плотно сплетаются друг с другом, обеспечивая жесткость изделий и высокую их сопротивляемость механическим воздействиям. Поэтому теплоизоляционные плиты Rockwool с годами не деформируются, материал не уплотняется и толщина слоя теплоизоляции не уменьшается. Слой утеплителя из минеральной ваты Rockwool небольшой толщины обеспечивает эффективную теплозащиту: через плиту толщиной 5 см проходит столько же тепла, как и через кирпичную стену толщиной 89 см или через стенку из бруса толщиной 18 см.

При повышенных температурах теплозащитные характеристики изделий из минеральной ваты остаются очень высокими. Так как основой для минеральной ваты являются негорючие материалы, то и все теплоизоляционные изделия из нее, не плавясь, выдерживают температуру выше 1000 °С. График термостойкости изделий из минеральной ваты Rockwool приведен на **рис.3**. Благодаря высокой термостойкости теплоизоляции Rockwool можно использовать в качестве противопожарных преград для защиты элементов здания от повреждения огнем.

Изделия из минеральной ваты Rockwool обладают эффективными водоотталкивающими свойствами. Влага, попавшая на поверхность материала, не проникает в его толщу, благодаря чему он остается сухим и сохраняет свои высокие теплозащитные свойства. Кроме того, влага, содержащаяся в парах воздуха, свободно проходит через плиты и испаряется с их поверхности, не скапливаясь в толще и не снижая свойств теплоизоляционного слоя. Плиты из минеральной ваты Rockwool легко режутся ножом, им можно придать необходимые размеры и форму, контуры, установить вплотную ко всем строительным конструкциям дома и друг к другу без образования полостей и щелей. Благодаря всем перечисленным положительным качествам изделий из минеральной ваты Rockwool, они стали конкурентноспособными на обширном российском рынке.

Стеклопанельная вата — волокнистый материал, изготавливаемый в стекловаренных печах расплавлением стекольного боя и вытягиванием его в волокна. Стеклопанельные волокна бывают двух видов: штапельные (длинной от нескольких миллиметров до 1-2 см) и непрерывные (без ограничения длины). Непрерывные волокна длиннее, чем волокна минеральной ваты и отличаются большей химической стойкостью, прочностью в эксплуатации и меньшей теплопроводностью.

Диаметры штапельного стеклопанельного волокна, в зависимости от назначения бывают: супертонкие (СТВ)

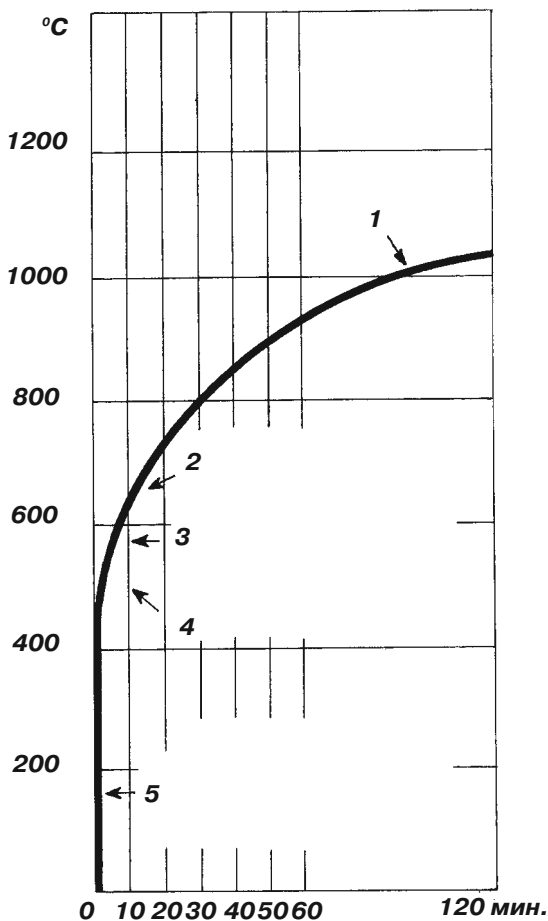


Рис. 3. График термостойкости изделий из минеральной ваты Rockwool:
 1 — температура (t) плавления волокон; 2 — t плавления алюминия;
 3 — t плавления стекла; 4 — t возгорания древесины; 5 — t плавление и
 возгорание резины и пластмассы

1-3 мкм; тонкие 4-12 мкм и утолщенные 13-25 мкм. Непрерывное стеклянное волокно выпускают диаметром 10-30 мкм. Плотность материала из такого волокна составляет 20-200 кг/м³, теплопроводность 0,04-0,05 Вт/(м·К).

Для теплоизоляции стеклянную вату применяют в виде матов, плит и полос, которые изготавливают, связывая волокна проволокой или склеивая их вяжущими веществами, а также прошивают стеклотканевыми нитками. В результате получают эластичные пластины с высокими теплоизоляционными характеристиками.

Плотность матов составляет 110, 150, 170 кг/м³, а теплопроводность при средней температуре (25±5)°С, 0,046-0,052 Вт/(м·К).

Асбест хризолитовый — горная порода волокнистого строения плотностью 2400-2600 кг/м³. После добычи порода подвергается очистке от примесей и расщеплению (распушке) на тонкие эластичные волокна. По состоянию волокон (текстуре) асбест делится на группы: жесткую, мягкую и негарантированную; по длине волокон — на сорта. Для изготовления теплоизоляционных материалов используют асбест мягкой текстуры 4-го и 5-го сортов. К эффективным теплоизоляционным материалам на основе асбеста относятся: совелит, асбозурит, известково-кремнеземистые и вулканитовые изделия. Теплопроводность асбеста в зависимости от плотности находится в пределах 0,01-0,026 Вт/(м·К). Теплоизоляционные асбестовые матрацы шьют из асбестовой ткани с наполнителем из сыпучего или волокнистого теплоизоляционного материала — совелита, минеральной или стеклянной ваты, волокнистого асбеста 4-го и 5-го сортов. Матрацы можно свободно укладывать на горизонтальные конструкции, а на профильные — пристегивать нашитыми латунными крючками или специальными дюбелями.

Теплоизоляционные легкие бетоны получают на основе портландцемента с заполнителем из пористых материалов с насыпной плотностью 1000-1200 кг/м³. К таким материалам традиционно относят гранулированный шлак, шлаковую пемзу, аглопорит, керамзит, вспученный перлит и т. д. От вида заполнителей получили свое название и бетоны. К примеру, если в качестве заполнителя применяют керамзит, то соответственно получается керамзитобетон, перлит — перлитобетон, шлак — шлакобетон и т. д.

Песок или щебень, полученные из вспученного перлита, являются одним из самых легких из известных пористых заполнителей минерального происхождения. Эти материалы получают в результате вспучивания некоторых кислых водосодержащих стекловидных пород вулканического происхождения (перлит, обсидиан и т. п.) при температуре 950-1100°C.

Вспученный перлитовый песок, в зависимости от насыпной плотности, предназначается для изготовления теплоизоляционных, акустических материалов и штукатурных растворов марок 75, 100 и 150. В зависимости от размера зерен (в мм) песок подразделяют:

— рядовой	до 5
— крупный	2,5 — 3
— средний	1,25 — 2,5
— мелкий	0,16 — 1,25
— пудра	до 0,16

Отклонения от указанных размеров песчинок в меньшую или большую сторону не должны превышать 15% от общего объема материала. В песке, применяемом для конструктивно-теплоизоляционных бетонов, содержание зерен размером менее 0,16 мм не должно превышать 10% по объему.

Пенобетон является самым дешевым из всех альтернативных видов материалов подобного типа. Применение пенобетонных блоков позволяет снизить стоимость жилищного строительства в 2-3 раза. Получают пенобетон из смеси портландцемента с имеющей устойчивую структуру пеной, взбитой из канифольного масла и животного клея. После твердения пены образуется бетон ячеистой структуры, обладающий хорошими теплоизоляционными качествами.

Теплоизоляционные блоки из пенобетона с коэффициентом теплопроводности 0,1-0,2 Вт/м·°C после твердения разрезают на плиты нужного размера.

Технология изготовления пенобетона проста и возможна в условиях строительной площадки. Для этого

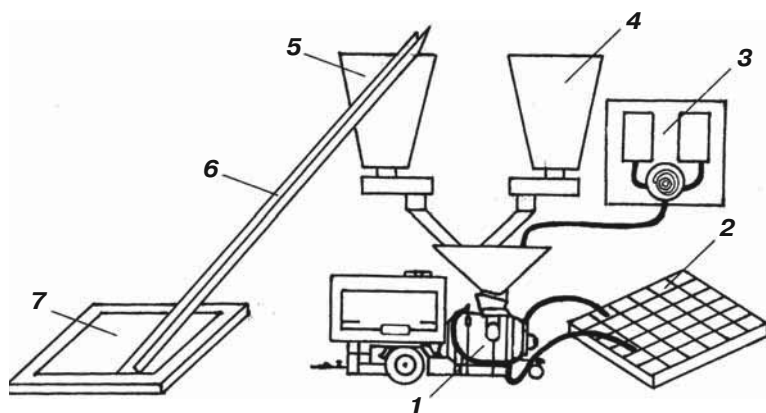


Рис. 4. Устройство для изготовления пенобетона:

- 1 — пеногенератор; 2 — металлоформа; 3 — узел приготовления пены;*
- 4 — бункер для цемента; 5 — бункер для песка; 6 — транспортер песка;*
- 7 — площадка для песка*

используется установка, показанная на **рис. 4**. В приготовленную цементно-песчаную смесь добавляется пена, которую получают в специальном агрегате — пеногенераторе. После перемешивания компонентов смесь ячеистой структуры готова для формования или заливки в строительную конструкцию. Процесс твердения пенобетона может происходить как методом пропаривания, так и на открытой площадке.

Газобетон получают из смеси портландцемента, кремнеземистого компонента и газообразователя (чаще всего алюминиевой пудры). Нередко в эту смесь добавляют воздушную известь или едкий натрий. Полученную смесь заливают в формы и обрабатывают преимущественно в автоклавах. Изделия из газобетона обычно имеют большие размеры и для более удобного пользования их разрезают на отдельные элементы.

Газосиликат автоклавного твердения получают на основе известково-кремнеземистого вяжущего с использованием местных материалов — воздушной извести, песка, золы, металлургических шлаков и т. д.

По сравнению с кирпичными стенами трудоемкость возведения газосиликатных стен значительно меньше, а их теплопроводность в четыре раза ниже. Газосиликатные дома возводят из блоков размером 0,2х0,3х0,6 м или 0,3х0,3х0,6 м, соблюдая толщину стен не менее 0,3 м.

Беспесчаный бетон изготавливают на основе портландцемента. В его состав входит гравий или щебень с размером зерен 10-20 мм. Песок в бетон не добавляют. Образовавшиеся в бетоне пустоты, заполненные воздухом, повышают теплозащитные свойства стен.

Пенополистиролбетон производят на основе поризованной цементно-песчаной смеси, в состав которой вводится в качестве наполнителя пенополистирол и добавляются модификаторы бетона. В результате этого получают материал нового поколения, который обладает значительно лучшими теплоизоляционными, звукопоглощающими, морозостойкими свойствами, чем пенобетон. Основные физико-технические характеристики пенополистиролбетона приведены в **таблице 1**.

Для получения пенополистиролбетона сначала в пенобетонной установке получают пенобетонную смесь, которую затем перегружают в смеситель, где она смешивается с пенополистиролом. Полученную смесь пенополистиролбетона транспортируют к месту укладки

Таблица 1. Основные физико-технические характеристики пенополистиролбетона

Марка блоков по средней плотности (кг/м³)	Средняя прочность на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	Звукопоглощение, Дб	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)		
				В сухом состоянии	При эксплуатационной влажности	
					4%	8%
D200	1,0	0,35	15	0,65	0,070	0,075
D300	1,8	0,50	14	0,085	0,095	0,105
D450	2,5	0,65	13	0,115	0,130	0,140

по трубопроводу помощью героторного насоса. Вертикальная высота транспортировки составляет 80 м, горизонтальная — 100 м. Смесь пенополистиролбетона можно формовать или укладывать в виде стяжки на перекрытия. Работы производятся при температуре не ниже +5°C. Нужную прочность пенополистиролбетон набирает через 2 недели после укладки, но уже через 2 — 3 дня по стяжке можно выполнять последующие строительные работы. В помещении, в котором выполняются работы с пенополистиролбетоном, не следует допускать сквозняков. Пенополистиролбетон — материал нового поколения, за которым стоит будущее. Для того чтобы в этом убедиться, достаточно посмотреть сравнительную характеристику различных строительных материалов (таблица 2).

Фольга алюминиевая представляет собой прокатный мягкий (отжигаемый) листовой материал марок А00, А0 и А1 толщиной от 5 до 40 мкм в рулонах шири-

Таблица 2. Сравнительная характеристика различных материалов и пенополистиролбетона

Материал	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Теплопотери, Вт/м ²	Толщина стен при R _{опр} =3,15 м	Масса 1 м ² стены, кг
Кирпич глиняный полнотелый	1700	0,81	54	2,55	4337,5
Кирпич глиняный пустотелый	1400	0,43	28,67	1,35	1896,3
Кирпич силикатный	1800	0,87	58	2,74	4932,9
Ячеистый бетон (автоклавный)	550	0,18	17,5	0,55	303,19
Керамзитобетон	850	0,38	26,67	1,18	1004,1
Древесина	500	0,15	33,33	0,47	236,2
ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕТОН	450	0,13	13,3	0,30	135

ной 460 мм. Для тепловой изоляции фольгу целесообразно применять в сочетании с воздушными прослойками, причем движение воздуха у поверхности должно быть минимальным. Фольгу применяют в многослойных ограждающих конструкциях для сокращения тепловых потерь за счет большой отражательной способности тепловых лучей. При использовании фольги в конструкциях следует избегать контакта с влажными металлами или щелочными материалами (цемент, штукатурка), так как это может вызвать коррозию алюминия.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Теплоизоляционные материалы на основе растительного и животного сырья. *Плиты древесноволокнистые (ДВП)* изготовляют путем горячего прессования равномерно размолотой древесной массы (чаще всего малоценной древесины), смешанной со связующим веществом. В качестве связующего вещества прислужают синтетические смолы. В зависимости от применяемой древесины и связующего вещества ДСП имеют различную плотность и гидрофобность, которые оказывают значительное влияние на их эксплуатационные качества. В зависимости от предела прочности на изгибе ДВП бывают четырех марок: М — мягкие, ПТ — полутвердые, Т — твердые и СТ — сверхтвердые. Твердые плиты выпускают с лакокрасочным покрытием, нанесенным в заводских условиях на лицевую поверхность. Мягкие плиты имеют большую пористость и используются в основном для изоляционных целей. Мягкие ДВП бывают трех марок: М-4; М-12; М-20. Основные технические характеристики мягких древесноволокнистых плит приведены в **таблице 3**.

Плиты фибролитовые на портландцементе изготовляют из смеси древесной стружки, портландцемента и химических добавок путем прессования и твердения. Сырьем для изготовления цементного фибролита служит древесная шерсть, представляющая собой ленты

Таблица 3. Технические характеристики мягких древесноволокнистых плит

Наименование характеристик	Марка плит		
	М-4	М-12	М-20
Плотность, кг/м ³	150	300	350
Предел прочности при изгибе, МПа	0,4	1,2	2,0
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,046	0,7	0,093

древесины длиной 300-500 мм, шириной 1-6 мм и толщиной 0,1-0,8 мм, портландцемент марки не ниже 400, минерализаторы — хлористый кальций и серноокислый глинозем или жидкое стекло.

Теплопроводность плит в сухом состоянии составляет 0,08 Вт/(м·°С), предел прочности при изгибе в зависимости от толщины плит (30-100 мм) колеблется от 1,1-0,7 до 1,3-1,0 МПа. Фибролитовые плиты трудногораемы и биостойки. Их применяют для тепловой изоляции ограждающих стен, утепленных покрытий с относительной влажностью воздуха в помещении не выше 75%.

Теплоизоляционные изделия из пробки получают переработкой отходов производства пробки из коры пробкового дуба. Плиты *экспанзитовые* изготавливают из пробковой крупы без связующих добавок путем термической обработки спрессованных изделий при температуре 300 °С без доступа воздуха. Пробковые плиты из *импрегнированные* изготавливают прессованием в формах пробковой крупы с добавкой связующего и с последующей сушкой в формах. В качестве связующего для пробковых плит применяют органический клей, битум или каменноугольный лак. Изделия из пробки используют для тепловой изоляции строительных конструкций с предельной температурой -50 — +100 °С.

Войлок технический грубошерстный получают в виде полотен из смеси отходов шерстеобрабатывающей,

меховой и хлопчатобумажной отраслей промышленности. Войлок применяют для изоляции стыков щитов в сборных домах, концов балок в каменных стенах, изоляции холодных трубопроводов, вентиляционных каналов, температура в которых может колебаться в пределах от -60 до $+100$ °С. Перед применением войлок обрабатывают антисептиком от моли и антипиреном от возгораний.

Теплоизоляционные материалы на основе пластмасс бывают пористые (поропласты), ячеистые или пенные (пенопласты) и сотовые (сотопласты). Их изготавливают на основе различных полимеров и в зависимости от вида полимерной основы подразделяют на полистирольные, фенолформальдегидные, карбамидные, полиуратовые и поливинилхлоридные. Возможно изготовление пенопластов на основе совмещенных композиций, а также с использованием органических и минеральных наполнителей. Теплоизоляционные пластмассы изготавливают прессовым и беспрессовым способами, заливкой и напылением на изолируемую поверхность.

Прессовый способ состоит в смешивании смолы с газообразователями и другими компонентами, прессовании полученной массы в пресс-формах при температуре $120-180$ °С и под давлением $120-180$ МПа. Выбор температуры зависит от того, какой применяют полимер и какую марку пенопласта хотят получить.

Беспрессовый способ заключается в смешивании смолы с газообразователем, отвердителем и другими добавками с последующей тепловой обработкой. В свободном состоянии (без пресс-форм) заготовки нагревают паром, водой или горячим воздухом до температуры $80-120$ °С. В результате тепловой обработки происходит вспенивание и отверждение массы.

Способ заливки состоит из смешивания массы (смола, газообразователь, отвердитель и другие добавки), заливки ее в форму, вспенивания за счет разложения газообразующих веществ в процессе твердения.

Способ напыления заключается в смешивании исходных компонентов в специальной установке и нане-

сени с помощью пистолета или форсунки тонким слоем на изолируемую поверхность. Нанесенная масса вспенивается за счет выделения газообразующих веществ и застывает в виде пористого материала, обладающего низкой теплопроводностью.

Теплоизоляционные материалы на основе пластмасс обладают малой тепло- и звукопроводностью, пониженной плотностью, незначительной гигроскопичностью, достаточными прочностью и долговечностью, а также формоустойчивостью.

Пенопласты на основе полистирола (пенополистирол) бывают марок ПС-1 и ПС-4. Их получают прессованием при температуре 150-180 °С и с последующим вспениванием монолитных заготовок в гидравлических паровых камерах при температуре 98-108 °С. Марки пенополистирола ПСБ, ПСБ-С получают спеканием гранул с последующим раздувом при температуре 95-120 °С. Сырьем для изготовления пенопластов марки ПС служит эмульсионный полистирол марки Б (порошок) и порфиры, а для марок ПСБ — суспензионный (бисерный) полистирол, состоящий из отдельных гранул.

Плиты марок ПСБ горят, а ПСБ-С не поддерживают горение. Изделия из вспененного полистирола применяют в слоистых конструкциях. Такой пенополистирол состоит из множества гранул, между которыми находится влага (по ГОСТ 15588-86 — до 15%), оказавшаяся там вследствие особенностей технологического процесса переработки исходного сырья в пенопласт. Поскольку каждый процент влаги в пенопласте существенно снижает коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, то, как следствие, эксплуатационный коэффициент теплопроводности беспрессового пенопласта, содержащего влагу в межгранульном пространстве, сильно ухудшается. При циклических знакопеременных температурных нагрузках (периоды замораживания и оттаивания) влага, находящаяся в межгранульном пространстве, постепенно разрушает связи между гранулами, в результате чего качество утеплителя со временем резко ухудшаются. Причем, чем ниже плотность такого ма-

териала, тем быстрее протекает процесс его разрушения. При этом разрушение такого многогранульного утеплителя сопровождается значительным увеличением его поверхности и, как следствие, возрастанием количества мономера, выделяющегося в окружающую среду.

Экструзионный пенополистирол — новый для отечественной строительной индустрии теплоизоляционный материал, который характеризуется равномерной микрочаеистой закрыто-пористой структурой и максимальной стабильностью теплотехнических и физико-механических свойств во времени по сравнению с другими видами утеплителей.

Уникальные физико-механические и теплотехнические свойства экструзионного пенополистирола являются следствием технологического процесса, позволяющего получать из расплава полимера жесткую пену с равномерной микрочаеистой структурой и нулевой капиллярностью. Экструзионный способ производства в данном случае предопределяет важнейшие особенности структуры получаемого полистирольного пенопласта, которые нельзя достичь никакими методами переработки полимерной композиции в пенопласт. К признакам совершенства экструзионного пенополистирола в данном случае относятся:

- отсутствие капиллярности (закрытопористая структура);
- размер ячеек пенопласта (от 80 до 180 мкм);
- степень однородности ячеек (монодисперсность по Гауссу).

Сравнительные микроскопические исследования морфологической структуры материала показывают, что отечественный экструзионный пенополистирол ни в чем не уступает своему зарубежному аналогу (продукции фирмы The Dow Chemical). Материал обладает практически нулевым водопоглощением за исключением поверхностной сорбции. Нулевая капиллярность экструзионного пенополистирола подтверждается отечественными стандартами (ГОСТ 15-588-86 и ТУ 2244-01-179530000 - 97).

Пенопласты на основе формальдегидных смол для ограждающих конструкций изготавливают в сочетании с алюминиевыми сплавами, асбоцементом и т. п. нескольких марок. Наибольшее распространение для тепловой изоляции ограждающих конструкций приобрели марки ФРП-1 — жесткие газонаполненные материалы с замкнутой ячеистой структурой. Материал получают смешиванием двух жидких компонентов резольной смолы ФРП-1 и отвердителя ВАГ-3 в соотношении 4..6 к 1. Приготовленную композиционную смесь заливают в полости многослойных ограждающих конструкций. В результате возникшей химической реакции при температуре 15-20⁰С и атмосферном давлении смесь вспенивается и отверждается в течение 6-8 минут. Такую изоляцию применяют для тепловой защиты ограждающих конструкций, которые эксплуатируются при температуре поверхностей не выше 130⁰С.

Пенопласты на основе поливинилхлорида производят прессовым (жесткие ПВХ-1, ПВХ-2 и эластичные ПЗВ-Э) и беспрессовым (жесткие ПВ-1) способами. В качестве полимера используют латексные поливинилхлориды марок ПВХ-Л5, ПВХ-Л7, а в качестве газообразователей — порофор 4х3-57, углекислый аммоний и бикарбонат натрия. В результате получают плиты теплоизолятора, которые не поддерживают горения и могут использоваться для тепловой изоляции труб и ограждающих конструкций при температуре их поверхностей от — 60 до +70⁰С.

Пенопласты на основе полиуретанов (пенополиуретан) получают в результате реакций, протекающих при смешивании простого или сложного полиэфира и воды в присутствии катализатора — вещества, регулирующего вспенивание. Если в качестве полиэфира используют диизоцианат или полиизоцианат (вещество, содержащее уретан), то после отверждения получают пенопласт марки ППУ-3, который представляет собой жесткий газонаполненный пластик с мелкочаеистой структурой и преобладанием закрытых ячеек. Его применяют в качестве заливочного материала в трехслой-

ных конструкциях, а как теплоизоляционный материал — при температуре изолируемых поверхностей от — 180 до +120°C.

ППУ-3С — жесткий материал с закрытой ячеистой структурой, который изготавливают на месте применения смешиванием исходных компонентов. Утеплитель наносят на изолируемую поверхность напылением, после чего он вспучивается и застывает. Материал может выпускаться в виде блоков размером, мм:

- длина 80 (± 15),
- ширина 600 (± 15),
- толщина 100 (± 15).

Применяют утеплитель в качестве тепловой изоляции при температуре изолируемой поверхности — 180...+60°C.

Пенопласты на основе мочевино-формальдегидных смол (карбамидные) изготавливают из мочевины, водного раствора смеси формальдегида — формалина, глицерина, пенообразователя и фосфорнокислого аммония. К этой группе материалов относится мипора — жесткий поропласт с открытой ячеистой структурой. Изготавливают мипору в виде блоков объемом не менее 0,05 м³ или плиток толщиной 10-20 мм с коэффициентом теплопроводности 0,03 Вт/(м·°C). Мипора не горит и при температуре 200°C только обугливается. Пористость мипоры повышает ее гигроскопичность, поэтому ее чаще всего используют в качестве заполнителя стен каркасных конструкций.

Сотопласты выпускают без вспенивания в виде гофрированных листов бумаги, хлопчатобумажной или стеклянной ткани, пропитанной полимером и антипиреном. Сотопласты представляют собой регулярно повторяющиеся ячейки правильной геометрической формы (наподобие пчелиных сот). Благодаря низкому коэффициенту теплопроводности ячеистой структуры сотопласты используют в качестве утеплителя в трехслойных панелях. Особенно широко применяют в строительстве соты из крафт-бумаги, пропитанной фенолформальдегидной смолой. При заполнении сот крош-