

**Геннадий Бадьин**

**Строительство  
и реконструкция  
МАЛОЭТАЖНОГО  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО  
ДОМА**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2011

УДК 38.3  
ББК 69  
Б15

**Бадьин Г. М.**

Б15 Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 432 с.: ил. + CD-ROM — (Строительство и архитектура)

ISBN 978-5-9775-0590-1

Обобщены и систематизированы практические рекомендации и научно-методические советы по строительству и реконструкции малоэтажного энергоэффективного дома в соответствии с отечественными и зарубежными стандартами и нормами потребления энергии. Рассмотрены архитектурно-планировочные и инженерные решения строительства коттеджей и домов загородного типа с максимально комфортными условиями проживания. Описана теплоизоляция стен и крыш, герметизация и гидропароизоляция, установка энергосберегающих окон, защита фундаментов и подвалов от промерзания, утепление стен и др. Рассмотрен монтаж солнечных коллекторов, тепловых насосов и фотогальванических установок. Уделено внимание устройству систем отопления, энергоснабжения и вентиляции. Показано использование экологически чистых строительных материалов, конструкций и технологий. Компакт-диск содержит дополнительную справочную информацию по тематике книги.

*Для специалистов строительной отрасли, студентов и учащихся строительных специальностей, а также застройщиков загородных домов и коттеджей*

Рецензент:

А. И. Шишкин, д-р техн. наук, проф., директор Института экономики Карельского научного центра РАН

УДК 38.3  
ББК 69

### Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Ольга Кокорева</i>
Компьютерная верстка	<i>Натали Каравановой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 27.04.11.

Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП "Типография "Наука"  
190034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0590-1

© Бадьин Г. М., 2011  
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2011



# Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>1</b>
Анализ существующей ситуации .....	3
Концепция пассивного дома .....	3
Концепция здания с нулевым энергопотреблением .....	5
Концепция активного дома .....	8
Ситуация с энергосберегающим строительством в России .....	8
Перспективы .....	14
 <b>Глава 1. Градостроительные и архитектурно-     планировочные решения по энергосбережению .....</b>	 <b>17</b>
Градостроительные решения, предлагаемые отечественными специалистами .....	17
Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения .....	19
Ширококорпусные дома .....	20
Жилые дома вторичной застройки .....	22
Роль ШКД и ДВЗ в реализации программы энергосбережения .....	24
Типы зданий в малоэтажном строительстве .....	32
Градостроительные решения в малоэтажном строительстве .....	33
Требования и особенности архитектурно-строительного проектирования в малоэтажном строительстве .....	35
Выбор земельного участка .....	35
Разработка архитектурного проекта .....	42
Проектирование энергосберегающих и пассивных домов .....	45
Примеры эскизных проектов пассивных домов .....	54
Куполообразные дома .....	59

Проектирование домов в соответствии с "зелеными стандартами" .....	69
Местоположение здания .....	72
Расположение площадки застройки .....	72
Возобновляемые источники энергии .....	73
Ориентация .....	75
Учет формы здания .....	78
Заключение .....	80

## **Глава 2. Общетеоретические принципы функционирования энергосберегающих и пассивных домов .....81**

Общие понятия тепловой защиты зданий .....	87
Ощущение комфорта в помещениях .....	87
Теплоизоляция здания .....	93
Расчет теплоизоляции .....	96
Тепловые мостики .....	106
Конструирование зданий без "тепловых мостиков" .....	110
Примеры решения проблемы "тепловых мостиков" .....	113
Герметичность здания .....	123
Проблемы обеспечения герметичности зданий .....	124
Обеспечение герметичности здания при строительстве новых домов .....	131
Образование плесени на стенах и перекрытиях .....	133
Диффузия пара .....	136
Принцип оптимизации теплоизоляции .....	140
Выбор теплоизолирующих материалов .....	140
Качество теплоизоляции для пассивных домов .....	145
Заключение .....	146

## **Глава 3. Обзорная информация о конструктивных решениях по теплоизоляции зданий .....147**

Типовые варианты теплоизоляции различных конструктивных элементов здания .....	150
Комплексная система термоизоляции .....	150
Навесные вентилируемые фасады .....	151

Теплоизоляция с внутренней стороны наружных стен здания.....	152
Теплоизоляция двойных стен .....	153
Теплоизоляция скатов крыши.....	154
Теплоизоляция скатов крыши под стропилами .....	155
Установка теплоизоляции поверх стропил.....	156
Утепление плоской кровли .....	157
Теплоизоляция межэтажных перекрытий .....	157
Теплоизоляция подвальных перекрытий.....	158
Выбор остекления .....	159
Выбор строительных материалов	
и их экологическая оценка.....	162
Сводная информация о строительных материалах, применяющихся в теплоизоляции.....	164
Заключение.....	179
<b>Глава 4. Подземные части зданий.....</b>	<b>181</b>
Защита фундаментов и стен подвалов от деформаций морозного пучения .....	188
Утепление оснований фундаментов.....	192
Утепление основания крыльца .....	194
Защита подъездов к гаражу от деформаций, вызванных морозным пучением грунтов .....	194
Конструкции цокольной части загородного дома .....	197
Конструкции фундаментов .....	202
Фундамент с теплым подпольем и кирпичным цоколем. ....	202
Конструкция фундамента с забиркой .....	203
Фундамент из асбоцементных труб .....	205
Конструкция плавающего фундамента.....	207
Гидроизоляция и утепление фундаментов .....	209
Утепление стен подвалов и перекрытий над ними.....	212
Утепление цоколя .....	222
Утепление стен подвалов и фундаментов .....	224
Утепление фундамента по периметру дома .....	226

Фундаменты нового поколения.....	227
Технология утепления и дренажа фундамента .....	228
Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах.....	230
Технические решения утепления стен подвала от Сен-Гобен Изовер.....	235
Заключение.....	236
 <b>Глава 5. Стены и фасады .....</b>	<b>237</b>
Классификация стен .....	238
Архитектурно-конструктивные элементы стен .....	245
Деформационные швы .....	247
Герметизация стыков, швов и трещин строительных конструкций.....	252
Теплосберегающие конструкции и технологии наружных стен .....	257
Кирпичные стены.....	262
Блоки из легких бетонов и керамические блоки.....	276
Заключение.....	306
 <b>Глава 6. Крыши .....</b>	<b>307</b>
Вопросы проектирования крыш.....	311
Скатные крыши.....	315
Плоские крыши.....	320
Материалы для кровельных покрытий.....	324
Рулонные и мастичные кровельные материалы .....	324
Черепица и волнистые кровельные материалы .....	331
Технические требования и конструктивные решения кровель .....	333
Утепление кровли .....	336
Пароизоляция кровли и гидроизоляция кровли .....	336
Схемы устройства кровельного покрытия плоской кровли ...	344
Инверсионные кровли .....	347
Зеленые кровли .....	350
Кабельная антиобледенительная система "Теплоскат" .....	354

<b>Глава 7. Окна .....</b>	<b>357</b>
Требования к современным окнам.....	358
Конструкция окон.....	359
Остекление.....	366
Стеклопакеты.....	371
Теплоизоляция (теплозащита) .....	373
Материалы для изготовления рам .....	383
Мансардные окна.....	391
Установка окон .....	391
 <b>Заключение автора.....</b>	 <b>399</b>
 <b>Список литературы.....</b>	 <b>403</b>
 <b>Приложение. Описание компакт-диска .....</b>	 <b>405</b>
 <b>Предметный указатель.....</b>	 <b>407</b>

# Благодарности

Автор выражает признательность и глубокую благодарность за содействие и реальную помощь в подготовке и выпуске данной книги зам. главного редактора Игорю Шишигину. Я также высоко ценю труд выпускающего редактора Ольги Кокоревой — за кропотливую и трудоемкую работу по подготовке, структурированию материалов, а также помощь с переводом текстов некоторых стандартов и научных статей, на которые даются ссылки в книге. Наконец, огромную помощь в сборе материала и программного обеспечения автору оказала студентка гр. ПЗ-5 СПбГАСУ Наталия Быстрова, чья дипломная работа получила высокую оценку раздела НИР своего дипломного проекта и принесла ей диплом инженера-архитектора с отличием.

Бадьин Г. М.

# Об авторе

Бадьин Геннадий Михайлович, д. т. н., профессор кафедры технологии строительного производства СПбГАСУ, заслуженный работник высшего профессионального образования РФ, лауреат государственной премии правительства России по науке и технике за 2005 г., почетный доктор Петрозаводского университета, член секции строительства Восточно-Европейского союза экспертов, член редакционного совета международного журнала по инженерным наукам International Engineering Journal Society (<http://www.iaeng.org/>), автор более 200 научных трудов, 17 изобретений и патентов, 2 учебников, 19 монографий и учебных пособий, а также 5 справочников для строителей, среди которых "Справочник по измерительному контролю качества строительных работ", "Справочник технолога-строителя" и др.

# Введение

Регулярное повышение цен на электроэнергию и энергоносители делает вопрос улучшения энергетической эффективности зданий и снижения энергопотребления особенно актуальным. Цены на энергоносители, как и на другие природные ресурсы, растут постоянно и неуклонно, и так было всегда. Например, анализ колебаний цен на нефть на протяжении почти 150 лет в зависимости от войн, эмбарго, политических и экономических мер, предпринимавшихся правительствами различных государств в ответ на экономические и политические кризисы, можно найти здесь: <http://www.wtrg.com/prices.htm>. На рис. В.1 приведены графики, отражающие динамику роста цен на нефть и природный газ за последние 11 лет (по данным Vattenfall<sup>1</sup>).

Эта общая тенденция сохраняется — так, на рис. В.2 представлены аналогичные графики, отражающие динамику роста цен на энергоносители на момент начала работы над этой книгой (ноябрь 2010 г.).

Не слишком сильно отличаются и данные, предоставляемые отечественными аналитиками (см., например,

<http://www.market-pages.ru/rinoktexanaliz/38.html>,  
<http://www.oilru.com/dynamic.phtml>).

В связи с дефицитом энергоресурсов минимизация тепловых потерь в зданиях стала важнейшей задачей в области строительства и реконструкции зданий и сооружений. Это — приоритетное направление развития технологий строительных материалов, разработки новых изделий и оборудования. Решить эту проблему

---

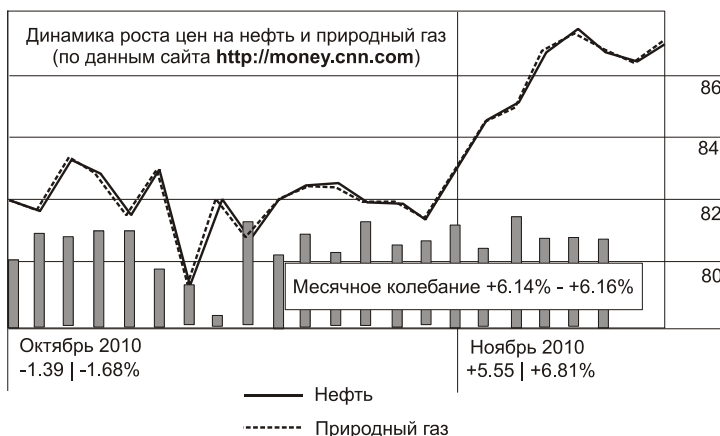
<sup>1</sup> Vattenfall — шведская энергетическая компания, полностью принадлежащая государству и являющаяся одной из ведущих в Северной Европе (см. <http://www.vattenfall.com/en/our-company.htm>).



можно за счет разработки энергетически экономичных планировочных и конструктивных решений, внедрения новых строительных материалов и изделий с высоким коэффициентом сопротивления теплопередаче, применения энергетически эффективного оборудования и экономичных систем энергообеспечения.



**Рис. В.1.** Динамика роста цен на топливную нефть и природный газ (уровень на январь 1999 = 100). Источник: Vattenfall



**Рис. В.2.** Динамика роста цен на топливную нефть и природный газ на октябрь и ноябрь 2010 года (по данным сайта <http://money.cnn.com>)

## Анализ существующей ситуации

Тема энергосбережения в строительстве получила развитие во второй половине 70-х годов XX века, вследствие осознания необходимости экономии энергетических ресурсов после мирового экономического кризиса 1974 года. Сама идея энергетически эффективного строительства зародилась на фоне кризиса строительной отрасли, который был связан с неодинаковой степенью развития строительных технологий, относящихся к ограждающим конструкциям здания и его инженерным системам.

## Концепция пассивного дома

Как раз в то время (вторая половина 70-х годов XX века) было реализовано несколько проектов энергетически эффективных зданий, но повсеместное внедрение энергосберегающих технологий ограничивалось отсутствием соответствующих строительных норм и стандартов. Однако к середине 80-х годов прошлого века в ряде стран Европы, например, в Дании, Швеции и Германии, такая нормативная база была сформирована. Примерно тогда же немецкий архитектор Вольфганг Файст (Wolfgang Feist) разработал концепцию так называемого "пассивного дома" (Passivhaus). На настоящий момент "пассивный дом" представляет собой строительный стандарт, следование которому позволяет не только экономить энергию, но и создавать максимально комфортные условия для проживания. При этом "пассивный дом" экономичен и оказывает минимальное негативное влияние на окружающую среду. В наиболее благоприятных обстоятельствах "пассивный дом" не требует дорогостоящего отопления вообще! Это достигается за счет того, что "пассивный дом" использует для отопления преимущественно внутренние тепловые ресурсы. Чтобы достичь этого, необходимо максимально утилизировать тепло выбросов, а также за счет эффективной теплоизоляции обеспечить минимизацию тепловых потерь. Надо отметить, что к принципу работы "пассивного дома" сначала относились с недоверием и в самой Германии, где эта концепция и была разработана. Однако практика показала эффективность данного метода строительства,

и все заказчики остались в высшей степени довольны полученными результатами.

Первый экспериментальный проект "пассивного дома" в истории Германии был реализован в 1991 г. в городе Дармштадт. Авторами архитектурной части проекта являются архитекторы проф. Ботт (Bott), Риддер (Ridder) и Вестермайер (Westermeyer); разработкой и реализацией проекта руководил доктор Вольфганг Файст. Здание было полностью построено в 1991 г., и с октября 1991 г. в нем проживают четыре семьи. Это здание нуждается в столь малом количестве тепла, что его жильцы действительно могли бы отказаться от отдельной системы отопления: расходы на отопление составляют менее 1 л жидкого топлива в год на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади<sup>1</sup>. В 1996 году в Дармштадте был создан Институт пассивного дома (Passivhaus Institut)<sup>2</sup>. В течение нескольких лет его сотрудники разработали эффективные проектно-конструкторские решения, которые позволили начать массовое строительство энергетически эффективных домов. Согласно статистике, к 1999 году в Германии было построено около 300 таких зданий, а к середине 2007 года — уже более 7000. Современному пассивному дому требуется на 90% энергии меньше, нежели обычному, а годовой расход тепла в нем не превышает 15 кВтч/(м<sup>2</sup>×год). Такие показатели достигаются за счет эффективной теплоизоляции ограждающих конструкций здания. По причине минимального теплообмена с окружающей средой "пассивные дома" часто называют "термосами". Не менее важную роль играют интеллектуальные системы отопления с высоким КПД, а также возврат (рекуперация) тепла в системах вентиляции в сочетании с пассивным использованием солнечной энергии за счет увеличения площади остекления с южной стороны зданий.

Помимо Германии, энергетически эффективные здания строятся и в других странах Европы — Швеции, Финляндии, Дании и Швейцарии. Хорошим примером реализации концепции пассивного дома является Исследовательский центр группы компаний ROCKWOOL в Хедехузене (Hedehusene), Дания, признанный

---

<sup>1</sup> Более подробно о конструкции этого дома, который полностью оправдал возложенные на него ожидания, можно прочесть здесь: <http://www.passiv-rus.ru/?page=54>.

<sup>2</sup> См. [http://www.passiv.de/index\\_phi.html](http://www.passiv.de/index_phi.html), <http://www.passiv-rus.ru/>.

одним из наиболее энергетически эффективных зданий не только в Европе, но и во всем мире (см. <http://tinyurl.com/355gdkf>). При его строительстве применялись решения, которые позволили исключить возможность возникновения "мостиков холода" (thermal bridges). Тепловые потери через ограждающие конструкции значительно снижены благодаря применению теплоизоляции собственного производства. Помимо этого, в здании установлены трехслойные окна VELUX с низкой теплопроводностью, а работа вентиляции оптимизируется при помощи компьютерной системы.

Приобретенный опыт успешно применяется при реализации других проектов энергетически эффективных зданий. В качестве примера можно привести проект по реконструкции жилого дома в датском городе Нестервед (Næstved)<sup>1</sup>, построенного в 70-х годах XX века. Использование теплоизоляции из минеральной ваты ROCKWOOL обеспечило снижение потребляемой на отопление энергии почти на 70%. Эксперимент особенно важен, так как доказывает наличие значительного потенциала энергосбережения в сооружениях постройки 70-х годов, что особенно актуально для нашей страны, где повышение энергетической эффективности существующих зданий является одним из наиболее приоритетных направлений.

## Концепция здания с нулевым энергопотреблением

Примерно в то же самое время, в США и Канаде получила развитие концепция "здания с нулевым энергопотреблением" (ZEB, Zero Energy Building). В целом концепция ZEB имеет ряд сходных черт со стандартом пассивного дома (Passivhaus), но существует и ряд отличий. ZEB уделяет повышенное внимание использованию альтернативных источников энергии, например, ветровых генераторов или солнечных батарей на основе фотоэлектрических преобразователей.

В рамках ZEB в США уже построено несколько экспериментальных энергетически эффективных зданий. Одно из них — жи-

---

<sup>1</sup> Подробнее об этом проекте см. <http://tinyurl.com/32cez3p>.

лой дом в городе Хоупвелл (Hopewell), штат Нью-Джерси (New Jersey). Интерес представляет тот факт, что дом этот является полностью энергонезависимым. Он практически сразу же был назван "идеальным" или "солнечно-водородным". Этот дом был построен американским инженером Майком Стризки (Mike Strizki), который и прославился на весь мир благодаря этому проекту. С технологией ему помогли компании Sharp, Swagelok (<http://www.swagelok.com/>, <http://www.swagelok.ru/landingpages/index-ru.htm>) и Proton Energy Systems (<http://www.protonenergy.com/>). Летом солнечные батареи обеспечивают на 60% больше энергии, чем необходимо для комфортного проживания. Избыток идет на расщепление воды и получение водорода, который используется для обогрева в холодные месяцы, когда солнечного тепла недостаточно<sup>1</sup>. Осенью 2006 года дом перешел на полностью автономное энергообеспечение, в результате чего Майк Стризки с тех пор не платит ни цента ни за электричество, ни за газ, ни даже за бензин. Автомобиль Майка работает на водородном двигателе и был выпущен на заводах Форда в количестве всего 10 экземпляров для проверки того, как он поведет себя в "крэш-тестах". Каждый экспериментальный экземпляр обошелся Форду в три миллиона долларов. Майк Стризки ездит на этом автомобиле, начиная с 2000 года. Автомобиль этот действительно экологически чист — на выхлопе у него чистая вода, а для заправки его водородом Майку требуется не больше 10 минут<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Подробнее об этом проекте см.

<http://tinyurl.com/2u6fvn2>,

<http://www.hopewellproject.org/pages/project.html>, <http://tinyurl.com/2vcyg6p>.

<sup>2</sup> В настоящее время экспериментальные экземпляры "водородных автомобилей" производят многие крупнейшие корпорации, включая Toyota, Honda, BMW, Renault. Что же касается крэш-тестов, то они показали, что автомобили на водороде будут безопаснее бензиновых. См. <http://www.rosinvest.com/news/36468/>. Естественно, чтобы такие автомобили получили распространение, необходимо и соответствующее развитие водородной автомобильной инфраструктуры. И такая инфраструктура уже создается — так, к концу 2006 года во всем мире функционировало более 140 водородных автомобильных заправочных станций. Из общего количества заправочных станций, построенных в 2004—2005 году, всего 8% работают с жидким водородом, остальные с газообразным. В США и Канаде развиваются так называемые "водородные шоссе" — см. <http://www.hydrogenhighway.ca.gov>. — *Прим. ред.*

Все энергетическое хозяйство этого "солнечно-водородного дома" состоит из 56 солнечных панелей, которыми оборудована крыша гаража. В том же гараже у Майка стоит электролизер: семейству Майка необходимо в среднем 10 кВтч электричества на один день, в то время как в обыкновенный летний день солнечные батареи дают до 90 кВтч. Избыточную электроэнергию Майк запасает в виде газообразного водорода и хранит его в баллонах. Батарея топливных элементов, которые соединяют водород с кислородом, вырабатывая электричество, расположена рядом с гаражом. На всякий случай, у Майка всегда есть 100 полностью заряженных аккумуляторов.

Необходимо отметить, что запуск в серию зданий с нулевым энергопотреблением сегодня сложен по причине высокой стоимости некоторых инженерных решений. Так, строительство небольшого по площади "солнечно-водородного" дома Майка Стризки в Хоупвелле обошлось ему в сумму порядка полу-миллиона долларов США (100 тыс. долл. личных накоплений + 400 тыс. долл. гранта, полученного от New Jersey Board of Public Utilities<sup>1</sup>). За последние годы более широкое распространение получила альтернатива ZEB — целевая общенациональная программа Near-Zero Energy House (NZEH), которая ставит своей целью снижение энергопотребления без перехода к самостоятельному обеспечению энергией. В рамках этой программы наибольшее внимание уделяется пассивным способам снижения энергопотребления: повышению энергетической эффективности ограждающих конструкций, сокращению утечек нагретого воздуха через системы естественной вентиляции и внедрению энергосберегающих архитектурно-планировочных решений. В процессе реализации NZEH на текущий момент построено несколько сотен энергетически эффективных зданий. Уровень потребления энергии в них снижен на 50% по сравнению с обычными домами.

Основными факторами снижения потребления энергии создатели NZEH считают эффективную теплоизоляцию ограждающих конструкций, которая должна обеспечивать минимальные утечки нагретого воздуха, а также "экономичный" дизайн. Под этим

---

<sup>1</sup> См. [http://en.wikipedia.org/wiki/New\\_Jersey\\_Board\\_of\\_Public\\_Utilities](http://en.wikipedia.org/wiki/New_Jersey_Board_of_Public_Utilities).

термином подразумевается необходимость проектирования домов с учетом ориентации фасадов по сторонам света, количества и размеров оконных проемов, формы и размеров кровельных выступов. Все эти меры в совокупности способны обеспечить экономию энергии на отоплении зданий вплоть до 60—70%.

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что зарубежное энергетически эффективное строительство на данном этапе развивается в русле использования технологий пассивного энергосбережения. Прямое доказательство — концепция *Passivhaus* и программа *Near-Zero Energy House*, в рамках которых осуществляется массовое строительство энергетически эффективных зданий.

## **Концепция активного дома**

В последнее время набирает силу концепция системы "активного дома" (*active house*). Базовым принципом "активного дома" является объединение решений, разработанных Институтом пассивного дома (Германия), технологий "Умного дома" и использования альтернативной энергетики. Здания, выстроенные в соответствии с этой концепцией, тратят на собственные нужды минимум энергии. В дополнение к этому, они еще и сами вырабатывают энергию в таких количествах, что могут не только обеспечивать собственные потребности (освещение, обеспечение энергией бытовой техники, и даже подогрев воды в бассейне), но и поставлять ее в сети центрального снабжения, за что в большинстве стран можно получать деньги. Таким образом, "активный дом" становится источником дохода, а не затрат. К примеру, в Дании разработчики первого в мире активного дома утверждают, что этот дом полностью окупит себя за 30 лет (см. <http://www.activehouse.info/>).

## **Ситуация с энергосберегающим строительством в России**

Говоря о внедрении энергетически эффективных технологий в российском строительстве, прежде всего, следует отметить, что энергопотребление в зданиях старой постройки достигает 600 кВтч/(м<sup>2</sup>×год).

В то же время, большинство домов, сданных в эксплуатацию после выхода СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий", потребляют порядка 350 кВтч/(м<sup>2</sup>×год), что незначительно превышает показатели немецких зданий постройки 70-х — начала 80-х годов XX века. В первую очередь, такая ситуация обусловлена тем, что проблемам энергосбережения в СССР уделялось недостаточно внимания: гораздо более важным считалось снижение капитальных затрат на строительство.

Строительство энергетически эффективных домов в России находится на начальной стадии развития: сказывается отсутствие механизмов стимулирования и проработанных концепций энергосбережения в строительстве, аналогов немецкого стандарта Пассивного дома (Passivhaus). Одним из главных факторов, сдерживающих внедрение энергосберегающих технологий, является то, что строительство 1 м<sup>2</sup> жилой площади в энергетически эффективном жилом доме в среднем обходится на 8—12% дороже, чем строительство 1 м<sup>2</sup> традиционного для России жилого помещения. Поэтому многим компаниям выгодно финансировать строительство "энергорасточительных" жилых домов и этим обеспечивать себе более высокую прибыль.

Несколько иной подход к энергосбережению складывается в строительстве объектов коммерческой недвижимости, где заказчик стремится к повышению теплотехнических характеристик здания и снижению эксплуатационных расходов. При этом дополнительные затраты на повышение энергетической эффективности здания окупаются в течение 7—10 лет эксплуатации. Поэтому энергосберегающие технологии получили несколько более широкое распространение в строительстве объектов коммерческой недвижимости: банков, административных, офисных и торговых сооружений.

На сегодняшний день энергопотребление существующих жилых и общественных зданий в России в среднем примерно в 3 раза превышает аналогичные показатели в технически развитых странах Скандинавии со сходными природно-климатическими условиями. Абсурдность сложившейся ситуации подчеркивается тем, что в действительности повышение энергетической эффективности зданий не только экологически целесообразно, но и экономи-



чески выгодно. Планируемое вступление России во Всемирную торговую организацию (ВТО) приведет к приближению тарифов на тепло к уровню цен в западных странах и к снижению внутренней процентной ставки, которая сейчас составляет 15—20%. Правительство РФ подтвердило, что рост тарифов ЖКХ после этого составит примерно 20% ежегодно. А с 2011 года оптовые цены на природный газ будут рассчитываться по формуле, равной доходности с его экспортными продажами. Нельзя не отметить и тот факт, что необходимость внедрения энергосберегающих технологий в отечественном строительстве обусловлена и более суровыми, чем в Европе, климатическими условиями. В подтверждение можно привести такой показатель, как градусо-сутки отопительного периода<sup>1</sup>, который является основным критерием для оценки суровости климата. Его среднее значение для стран Западной Европы составляет 2000, тогда как для европейской части России — 5000.

По этим причинам, за последние 10 лет в России все же началось строительство энергетически эффективных домов. Например, за период с 1998 по 2002 проект многоквартирного дома с низким энергопотреблением был реализован в микрорайоне Москвы Никулино-2. Его особенностью стало применение тепловой насосной установки для горячего водоснабжения, а также наружных ограждающих конструкций с повышенной теплозащитой. В данный момент похожие программы реализуются в Юго-Восточном и Северо-Западном округах Москвы.

---

<sup>1</sup> Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) — условная единица измерения превышения средней суточной температуры над заданным минимумом ("базовой температурой"). Вычисляется как сумма отклонений среднесуточной температуры от базовой температуры за заданный промежуток времени по следующей формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) \times Z_{\text{от.пер.}},$$

где:

$t_{\text{в}}$  — расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая в соответствии с нормами проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{\text{от.пер.}}$  — средняя температура, °С, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С;

$Z_{\text{от.пер.}}$  — продолжительность (в сутках) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С.

В 2000 году в Санкт-Петербурге был реализован проект реконструкции пятиэтажного панельного дома (ул. Торжковская, 16). Использование эффективной теплоизоляции ROCKWOOL для тепловой защиты ограждающих конструкций здания и применение других энергосберегающих технологий позволили сократить энергопотребление реконструированного здания за весь отопительный сезон на 51% по сравнению с другими домами данного типа. По расчетам проектировщиков, ресурс такого модернизированного здания составляет не менее 50—60 лет.

Основные причины нерационального расходования тепловой энергии:

- ❑ недостатки архитектурно-планировочных и инженерных решений отапливаемых лестничных клеток и лестнично-лифтовых блоков;
- ❑ недостаточное теплоизоляционное качество наружных стен, покрытий, потолков подвалов и прозрачных для света ограждений;
- ❑ несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;
- ❑ низкое качество и неплотности сопряжения деревянных оконных переплетов и балконных дверей;
- ❑ отсутствие приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения;
- ❑ протяженная сеть наружных теплотрасс с недостаточной или нарушенной теплоизоляцией;
- ❑ устаревшие и непроизводительные типы котельного оборудования;
- ❑ недостаточное использование нетрадиционных и вторичных источников энергии.

Устранение перечисленных недостатков, проведение энергосберегающей политики, повышение общей энергетической эффективности экономики являются одной из центральных задач современного этапа экономического развития. Позиция государства по этому вопросу отражена в Федеральном законе № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные

акты Российской Федерации", принятом в ноябре 2009 года (см. <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>). Этот закон, который в широких кругах сразу же стал известен как "закон об энергоэффективности", возлагает основную долю ответственности за его своевременную реализацию на органы местной исполнительной власти. Уже с 1 января 2011 года "не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов" (п. 6 ст. 11). Другие основные положения закона должны быть реализованы до начала 2013 года.

В свою очередь, положительным моментом является то, что в последнее время создаются целевые программы по повышению энергетической эффективности. Это Федеральная программа "Повышение эффективности энергопотребления в Российской Федерации", рассчитанная на период с 2008 по 2015, "Энергетическая стратегия России на период до 2020 года", а также Совместный проект Россия — ЕС "Энергоэффективность на региональном уровне в Архангельской, Астраханской и Калининградской областях".

Кроме того, были введены новые жесткие нормативы по теплозащите зданий и тепловым потерям трубопроводов и оборудования, определяемых СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий" и СНиП 41-03-2003 "Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов". С 1 января 2007 года введен ГОСТ 31309-2005 "Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия". В 2008-2009 годах произведено обновление стандартов по методикам определения свойств теплоизоляционных материалов. С 1 июля 2009 года введен в действие ГОСТ Р 52953-2008 (ЕН ИСО 9229:2004) "Материалы теплоизоляционные. Термины и определения". Национальный стандарт является модифицированным по отношению к европейскому стандарту ЕН ИСО 9229:2004 "Теплоизоляция — Определения терминов" (EN ISO 9229:2004 Thermal insulation — Definitions of terms).

АО "ТЕПЛОПРОЕКТ" разработало "Кадастр сырья для производства минераловатных изделий на основе горных пород". С помощью этого документа на основе отечественного сырья отрабатываются такие составы шихт, которые по своим характеристикам соответствуют шихтовым составам ведущих европейских фирм: PARTEC, ROCKWOOL, SAINT GOBAIN.

Международная организация по стандартизации (ISO) ведет разработку международного стандарта ISO 50001 Energy management systems — Requirements with guidance for use ("Системы энергоменеджмента — Требования с руководством по использованию"). В Европе формируется аналогичный стандарт EN 16001.

Как известно, действующее издание стандарта ISO 19011:2002 в России — ГОСТ Р ИСО 19011-2003) включает указания по проведению аудитов лишь двух систем: системы менеджмента качества (ISO 9001:2008) и системы экологического менеджмента (ISO 14001:2004). Предполагается, что область аудита будет расширена с учетом стандарта по энергетическому менеджменту.

Таким образом, формируется правовая и нормативная основа внедрения энергосбережения во всех областях строительства и ЖКХ. Программы по повышению энергетической эффективности призваны решить следующие задачи:

- модернизация нормативно-технической документации и системы сертификации, включая создание системы энергосберегающих стандартов в строительной отрасли;
- повышение энергетической и экологической эффективности продукции массового строительства;
- разработка и введение в действие рыночных механизмов, стимулирующих внедрение в городское строительство новых энергетически эффективных материалов, конструкций, оборудования;
- развитие экспериментального проектирования и строительства, включая создание и введение в действие механизмов инновационной стратегии строительного комплекса города, предусматривающее натурную апробацию эффективных материалов, технологий, оборудования на экспериментальных объектах;
- создание системы научно-технического обеспечения энергосберегающего домостроения и организацию научно-иссле-

тельских и опытно-конструкторских разработок энергетически эффективных материалов, конструкций, технологий и оборудования.

Стратегия энергосбережения в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений строится на системном подходе к выполнению энергосберегающих мероприятий градостроительного, архитектурно-планировочного, конструктивного, инженерного и эксплуатационного характера. Программно-целевой метод ориентирован на максимальную экономию топливных ресурсов при минимальных затратах средств и времени на достижение этой цели. По экспертным оценкам системная реализация энергосберегающих мероприятий позволяет сократить эксплуатационные энергетические затраты в жилищном секторе в 2,0—2,5 раза. При этом удельная доля энергосбережения за счет совершенствования градостроительных решений составит 10%, архитектурно-планировочных решений — 15%, конструктивных систем — 25%, инженерных систем, включая системы вентиляции — до 30%, а доля энергосбережения за счет совершенствования технологии эксплуатации, включая установку приборов учета, контроля и регулирования тепло-, водо- и электропотребления — до 20%.

## Перспективы

Анализируя перспективы внедрения энергосберегающих технологий в российском строительстве, нельзя не учитывать большой процент домов, сданных в эксплуатацию до середины 90-х годов XX века. Согласно статистике, в некоторых городах доля зданий старой постройки достигает 80—85%. Таким образом, наравне с использованием энергосберегающих технологий в строительстве новых домов, приоритетное направление — это повышение энергетической эффективности уже существующих зданий и сооружений.

К числу факторов, стимулирующих развитие энергосбережения в России, можно отнести:

- повышение цен на энергоносители;
- увеличение объемов частного домостроения (коттеджей, дач), владельцы которых платят за фактически потребленную энер-

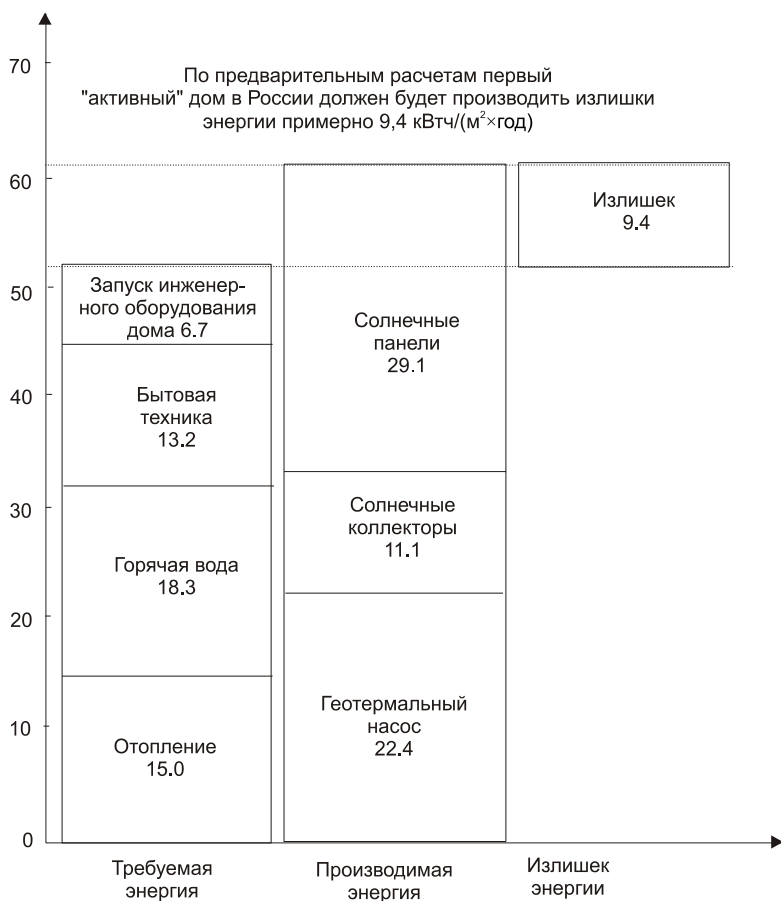
гию (водоснабжение, электричество, отопление), а не фиксированную стоимость коммунальных услуг, как владельцы квартир в многоквартирных домах;

- положительный международный опыт в сфере энергосбережения;
- появление новых энергосберегающих материалов, технологий.

Основной потенциал энергосбережения заложен в зданиях, построенных до 2000 года, до введения новых норм по энергетической эффективности зданий. В России практически 90% домов не соответствуют современным требованиям по энергопотреблению. Поэтому важным направлением в энергосбережении является модернизация существующих зданий с целью повышения их энергетической эффективности до действующих норм.

Впрочем, отдельные "прорывные" проекты есть и в России. Так, в Подмоскowie началось строительство первого в России "активного дома" — его первый камень был заложен вблизи поселков Власово и Крекшино в 20 километрах от Москвы (<http://www.smpl.ru/news/sector/546>). В соответствии с расчетными данными, этот дом должен производить энергии примерно на  $9,4 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$  больше, чем потребляет (рис. В.3).

Инициатором проекта выступила датская компания Velux, развивающая программу "Образцовый дом 2020", в рамках которой проектируются и строятся энергетически эффективные и экологически чистые экспериментальные "дома будущего" в различных странах Европы, в разных географических условиях. Первые два таких дома уже были построены в Дании в конце 2009 года, в течение 2010 года велось строительство экспериментальных домов в Великобритании, Германии, Австрии и Франции. "Активный дом" в России станет седьмым по счету. Завершиться его строительство должно в мае 2011 года. На данный проект возлагаются большие надежды, так как на его основе планируется выработать новый стандарт индивидуального жилого домостроения в России, максимально соответствующий требованиям современного общества и обеспечивающий здоровый образ жизни без ущерба для окружающей среды.



**Рис. В.3.** Проектное производство избыточной энергии первым "активным домом" в России

До ноября 2011 года построенный дом будет действовать как выставочный павильон. Информацию о ходе работ над этим проектом, новости, а также ссылки на проект в отечественной прессе можно найти на официальном сайте компании Velux: <http://tinyurl.com/6ct37le>.

Таким образом, можно констатировать определенные успехи России в области внедрения энергосберегающих технологий, хотя сделать предстоит еще очень многое.

# **Глава 1**

## **Градостроительные и архитектурно- планировочные решения по энергосбережению**

Граждане РФ практически ежедневно ощущают проблемы, вызванные кризисом теплоэнергетического комплекса страны. Тарифы на энергоносители постоянно возрастают. К сожалению, наше общество пока так и не научилось экономно использовать имеющиеся ресурсы, в России отсутствует должная координация в деятельности всех структур, причастных к этой проблеме. Поэтому неотложная задача настоящего времени заключается в том, чтобы за счет внедрения энергосберегающих технологий существенно снизить удельное энергопотребление в строительстве, на транспорте и в ЖКХ.

### **Градостроительные решения, предлагаемые отечественными специалистами**

Во второй половине XX века на территории СССР, практически во всех крупных и средних городах, велось массовое жилищное строительство по типовым проектам индустриальных серий. За истекшие 40 — 50 лет эксплуатации большая часть этих домов устарела как морально, так и физически, и в настоящее время нуждается в безотлагательной реконструкции. Эксплуатационное энергопотребление существующих жилых и общественных зданий в России примерно в 3 раза превышает аналогичные показа-



тели в технически развитых странах со сходными природно-климатическими характеристиками. Более того, многие здания, построенные в конце 50—60-х годов прошлого века, на сегодняшний день являются ветхими и аварийными.

За последние 10—15 лет осуществлялись теоретические разработки, активно обсуждались энергосберегающие программы, был построен ряд экспериментальных объектов. Изучая зарубежный опыт и отдельные примеры реконструкции жилых домов первых индустриальных серий в городах России, Белоруссии и других стран СНГ, группа ученых, архитекторов и специалистов-проектировщиков под научным руководством академика С. Н. Булгакова разработала концепцию, технические решения и социально-экономические обоснования окупаемой реконструкции жилых домов пяти- и меньшей этажности по методу вторичной застройки реконструируемых кварталов и микрорайонов без сноса или с минимальным сносом существующих зданий и 2—3-кратным приростом жилых площадей. На настоящий момент вокруг этих тем ведется оживленная полемика, в ходе которой был выработан ряд реалистичных рекомендаций, которые должны помочь снизить энергопотребление зданий и сооружений. В частности, в области градостроительной политики были выработаны следующие рекомендации, краткая сводка которых приведена в работе [1]:

- Установить мораторий на расширение границ городов на сроки 20–30 лет. В течение этого периода развитие городов должно осуществляться за счет более рационального использования территорий, уплотнения застройки до нормативного уровня без освоения новых пригородных территорий и без увеличения протяженности магистральных теплопроводов, других энергосетей и транспортных маршрутов.
- Разработать технико-экономические обоснования комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных систем теплоснабжения, в том числе локальных, с применением котельных контейнерного типа, размещаемых на крышах или вблизи отапливаемых зданий.
- Разработать программы завершения застройки жилых кварталов и микрорайонов с ликвидацией сквозных ветрообразую-

щих пространств и организацией замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий.

- Разработать генеральные планы, программы и бизнес-планы вторичной застройки реконструируемых малоэтажных жилых кварталов. Проработать вопросы, связанные с утеплением ограждающих конструкций существующих домов в соответствии с новыми теплотехническими нормативами.
- Выработать планы перехода на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты и планы реконструкции тепловых сетей.
- Осуществить переход на использование крышных котельных для отопления и горячего водоснабжения с учетом прироста жилых площадей.
- Реализовать комплекс мер по экономии электроэнергии с организацией на основе этих кварталов энергетически эффективных зон городского хозяйства.
- Разработать программы использования подземного пространства (подземная урбанизация) для размещения стоянок автомашин, складских и вспомогательных помещений с использованием естественной теплоты земли или искусственных источников подогрева воздуха до положительной температуры.

## **Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения**

Существенное влияние на удельные тепловые потери в жилых и общественных зданиях оказывают их объемно-планировочные решения и, в частности, такие показатели, как:

- соотношение площади ограждающих конструкций и общей площади зданий;
- соотношение площади оконных проемов и площади наружных стен;
- конфигурация зданий в плане, размещение их на рельефе и относительно сторон света.

В Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) разработана система так называемых ширококорпус-

ных жилых домов (ШКД) для массового строительства (авторы: акад. РААСН Рочегов А. Г., Булгаков С. Н.). Правительство РФ отметило эту работу и ее авторов премией.

## Ширококорпусные дома

Ширококорпусные дома (ШКД) представляют собой одну из последних отечественных разработок. Принципиальное их отличие от домов типовых серий, строившихся до сих пор, состоит в увеличении ширины корпуса дома до 18—20 м (теоретически до 23,6 м) с соблюдением всех норм естественной освещенности, инсоляции, воздухообмена.

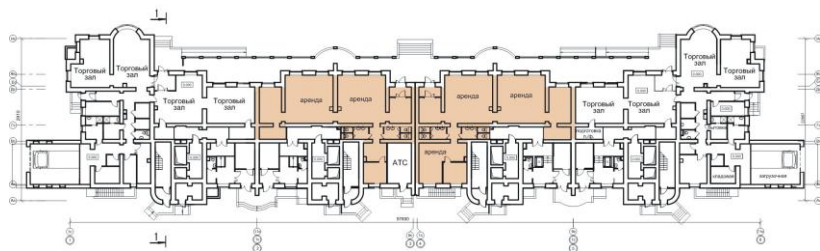
Поскольку ШКД почти в 1,5 раза шире обычных домов<sup>1</sup> (рис. 1.1), отношение полезной жилой площади к площади наружных стен увеличивается. За счет этого тепловые потери снижаются на 20—40%. По этой же причине, а также за счет возможности доведения площади жилья на один лестнично-лифтовой блок до нормативов, и более рационального использования участков застройки, стоимость квадратного метра жилья сокращается на 15—20% по сравнению с самыми экономичными сериями домов массовой застройки. Простое на первый взгляд изменение планировочных параметров ШКД обеспечивает целую гамму их преимуществ. Во-первых, повысилась планировочная маневренность — ШКД можно проектировать с любым набором квартир от 1 до 6 комнат в квартирах, расположенных как на одном, так и на двух уровнях. Во-вторых, ШКД на 20—25% экономичнее в эксплуатации, чем обычные.

На первых (нежилых) этажах таких домов без дополнительных пристроек можно размещать торговые предприятия, а в цокольных и подвальных этажах — двухрядные стоянки автомашин. Дома могут иметь любую этажность и разнообразную конфигурацию в плане (башенные, протяженные, угловые), широтную и меридиональную ориентацию, строиться на простом и сложном рельефе.

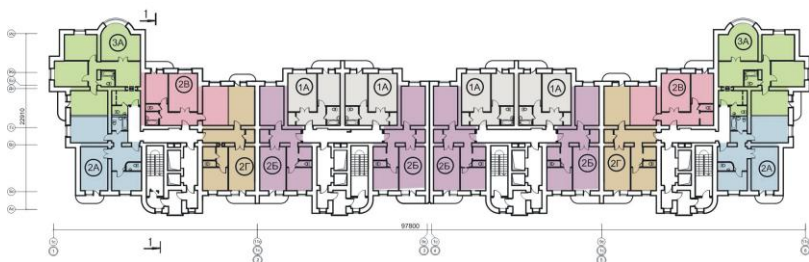
---

<sup>1</sup> Довольно полную информацию о домах различных серий (как обычных, так и ширококорпусных) см. здесь: <http://www.prime-realty.ru/tip/tip.htm>. — Прим. ред.

План первого этажа



План типового этажа

**Рис. 1.1.** Типовой план ширококорпусного жилого дома

Указанное изменение планировочных габаритов при соблюдении всех нормативов и требований к жилищу обеспечивает:

- свободную многовариантную планировку квартир на одном и двух уровнях с любым числом жилых комнат, с возможной последующей трансформацией помещений;
- снижение стоимости строительства кв. м. жилья на 15—20% по сравнению с самой экономичной серией ныне строящихся домов, возводимых из одинаковых конструкций;
- снижение расхода материалов на наружные стеновые и светопрозрачные ограждения, отнесенного к единице площади жилья, на 40% и более;
- сокращение удельного теплopotребления на отопление здания на 25—30%;
- ШКД могут возводиться в любом городе из сборных монолитных и смешанных конструкций и иметь высоту от 3 до 22 этажей.

Реализация идеи перехода к проектированию и строительству ширококорпусных домов может быть осуществлена повсеместно в городах России с использованием существующей базы кирпичного, блочного и панельного домостроения, а также при возведении домов из монолитного железобетона. К настоящему времени накоплен богатый опыт проектирования и строительства ШКД. В Москве институт МНИИТЭП<sup>1</sup> (Московский научно-исследовательский и проектный институт типологии и экспериментального проектирования) запроектировал, а фирма "Тема" построила более 20 ШКД. Такие дома возводятся в 6 городах Подмосковья, в экспериментальном порядке ШКД строятся в Орле, Белгороде, Владимире, Казани. Проектная документация ШКД, разработанная институтом МНИИТЭП, прошла всестороннюю и тщательную экспертизу и проверку на практике.

Наконец, при разработке вариантов конструктивных решений ШКД с монолитным железобетонным каркасом возникла идея использования их при реконструкции не подлежащих сносу домов первых индустриальных серий. При этом ШКД строятся на месте существующей "пятиэтажки", или домов с меньшей этажностью, которые включаются в объемно-планировочную структуру нового ширококорпусного дома. Такие дома были названы "Домами вторичной застройки" (ДВЗ).

## **Жилые дома вторичной застройки**

Объемно-планировочная и конструктивная системы домов вторичной застройки (ДВЗ) состоят из двух частей: новая часть многоэтажного ШКД в монолитном или сборно-монолитном исполнении и старая часть дома, представляющая собой пятиэтажный или меньшей этажности дом, подлежащий реконструкции, которые объединяются в единую архитектурно-строительную композицию. Инженерные системы и оборудование такого дома общие (4). Конструктивно новая часть дома опирается на самостоятельные фундаменты (5), и нагрузки от нее не передаются на реконструируемый дом. С одной стороны реконструируемого

---

<sup>1</sup> См. <http://www.mniitp.com/>.

дома на всю его высоту возводятся пилоны (1), с другой — монолитная или сборно-монолитная этажерка шириной 5—6 м (2). На уровне шестого этажа бетонируются балки-стенки, по верхнему поясу которых устраивается монолитное перекрытие-платформа, воспринимающая нагрузки от надстраиваемых этажей (4). Этажность ДВЗ может быть любой (7, 10, 17 и более этажей), как показано на рис. 1.2.

Архитектурно-планировочные решения такого дома становятся общими. Едиными для всего дома проектируются также инженерные системы и оборудование тепло-, водо-, энергоснабжения, пожаротушения, канализации, лифты и слаботочные системы телевидения, радио, телефонизации и др.



Рис. 1.2. Принципиальная схема конструктивных решений ДВЗ

Площади малометражных квартир на 1–5 этажах расширяются за счет пристраиваемой этажерки и устройства лоджий или эркеров между пилонами. На шестом этаже планировка квартир регулируется шагом несущих балок-стенок, а на всех вышележащих этажах применяется свободная планировка.

Конструкции старой части ДВЗ при необходимости усиливаются, и их жизненный цикл продлевается на время эксплуатации новой части дома. Техничко-экономические показатели ДВЗ аналогичны ШКД.

Использование проектов ширококорпусных домов при комплексной реконструкции жилых кварталов и микрорайонов, для строительства стартовых домов на свободных участках и для возведения ширококорпусных домов вторичной застройки на месте существующих домов, подлежащих реконструкции без их сноса, послужило фундаментальной основой для новой концепции реконструкции жилья методом вторичной застройки жилых территорий, ранее недостаточно плотно застроенных домами первых массовых серий.

## **Роль ШКД и ДВЗ в реализации программы энергосбережения**

Общая концепция реализации программы энергосбережения за счет перехода на проектирование ширококорпусных домов и вторичной застройки микрорайонов без сноса существующих зданий заключается в следующем:

- За объект реконструкции и вторичной застройки принимается жилой квартал или микрорайон.
- На свободных участках возводятся стартовые многоэтажные ШКД. Для возведения стартовых домов и вставок между домами на свободных участках реконструируемого квартала (микрорайона) используются проекты энерго- и ресурсоэкономичных комфортных многоэтажных ШКД (патент № 2048648)<sup>1</sup>.
- На месте существующих "пятиэтажек" без их сноса возводятся многоэтажные энергетически эффективные комфортные ШКД

---

<sup>1</sup> См. <http://ru-patent.info/20/45-49/2048648.html>. — Прим. ред.

вторичной застройки (ДВЗ). Пятиэтажные дома, включаемые в объемно-планировочную структуру ШКД вторичной застройки, реконструируются с расширением площадей и перепланировкой квартир. Для застройки участков, занятых не подлежащими сносу жилыми зданиями, которым предстоит реконструкция, используются проекты жилых ДВЗ (патент № 2112850)<sup>1</sup>.

- Этажность домов вторичной застройки (ДВЗ) определяется с учетом градостроительной ситуации и условий инсоляции. Часть пятиэтажных домов реконструируется с надстройкой мансард и расширением корпуса, часть по условиям инсоляции переводится в состав нежилых помещений.
- С учетом прироста жилых площадей и числа жителей модернизируются объекты социальной и инженерной инфраструктуры. На первых этажах ШКД и в зданиях, переводимых в разряд нежилых помещений, размещаются объекты социального назначения и малые предприятия.
- При вторичной застройке микрорайона решается проблема размещения автостоянок, в том числе под городскими автодорогами, и совершенствуется схема транспортного и пешеходного движения.
- На базе реконструируемого и вторично застроенного квартала (микрорайона) создается энергетически эффективная зона. Преимущества предложенного подхода заключаются в следующем:
  - социальная ориентация проекта реконструкции и вторичной застройки;
  - архитектурно-градостроительная совместимость вторичной застройки с окружающей, в том числе исторической застройкой;
  - гармонизация застройки и жилой среды квартала (микрорайона);
  - системное взаимосогласованное решение градостроительных, архитектурных, экологических, социальных и экономических проблем;
  - индивидуальный подход к каждому объекту при комплексной реконструкции жилого квартала или микрорайона;

<sup>1</sup> См. <http://ru-patent.info/21/70-74/2174579.html>. — Прим. ред.



- минимизация бюджетных капитальных вложений при соблюдении норм и требований к потребительским качествам реконструируемого жилья;
- минимизация эксплуатационных затрат;
- окупаемость затрат на реконструкцию.

Наиболее важные результаты, которые могут быть получены при реализации концепции в течение ближайших 15—20 лет:

- архитектурно-градостроительное преобразование и гармонизация жилой среды застройки квартала (микрорайона);
- прирост площадей жилья в 2—3 раза, жилых квартир в 2—2,5 раза при соблюдении норм плотности застройки. Осуществление основного (до 80 и более процентов) прироста площадей жилья на освоенных и обустроенных городских территориях;
- все малометражные квартиры превращаются в полнометражные. Каждый владелец квартиры (квартиросъемщик) получает комфортную квартиру площадью, соответствующей действующим социальным нормам;
- продление жизненного цикла существующего жилищного фонда до продолжительности эксплуатации нового жилья;
- восстановление потребительской стоимости реконструируемых квартир;
- сокращение удельного потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение в 2 раза;
- снижение стоимости строительства жилья на 15—20%, а с учетом аренды земли до 40%, окупаемости затрат за счет рыночной реализации дополнительных квартир, аренды нежилых помещений и снижения затрат на отопление, аренду земли и обустройство территории;
- снижение эксплуатационных затрат, в том числе затрат на ремонтные работы в течение 20 лет;
- решение социальной проблемы — расселение жителей "пятиэтажек" в благоустроенные квартиры в том же микрорайоне с доведением потребительской стоимости и качества квартир до уровня новых;
- на базе реконструируемого и вторично застроенного квартала или микрорайона создается энергетически эффективная зона с двукратным сокращением удельного теплоснабжения на 1 кв. м жилья;

□ город в течение 15–20 лет может развиваться без расширения границ, при этом администрация города получает дополнительный инвестиционный ресурс — престижные территории для жилищного строительства (ранее застроенные, но недостаточно плотно), и дополнительные средства в бюджет за счет аренды стоянок автомашин под городскими автодорогами.

Основное содержание вторичной застройки реконструируемых жилых кварталов состоит в совмещении во времени и пространстве разработки и реализации инвестиционно-строительных проектов нового строительства современных многоэтажных жилых домов и обязательной (принудительной) реконструкции существующих домов первых массовых серий в единый инвестиционный процесс реновации и развития жилищного фонда. Ведущим процессом при этом является строительство новых жилых домов на свободных территориях и на месте реконструируемых домов, соподчиненным — процесс реконструкции существующих домов и квартир с отнесением затрат на вновь создаваемые площади жилья. Концепция вторичной жилой застройки широко-корпусными экономичными домами территорий, застроенных жилыми домами, подлежащими реконструкции, предопределяет новый этап и стратегическое направление жилищного строительства в городах на несколько десятилетий вперед без расширения границ городов.

Основное содержание этого направления и прогнозируемые последствия реализации концепции вторичной застройки представляют собой комплекс крупномасштабных мер и результатов социального, градостроительного и экономического характера государственного значения.

К сожалению, основная сложность в реализации большинства этих рекомендаций связана с тем, что большинство отечественных градостроителей пользуются устаревшими понятиями. Примером такой не соответствующей современным тенденциям концепции является, например, функциональное зонирование города (необходимость которого даже закреплена в Градостроительном кодексе РФ<sup>1</sup>). Понятие функционального зонирования города ро-

<sup>1</sup> См. <http://tinyurl.com/2f7343y>. — Прим. ред.

дилось в первой половине XX века, а сегодня с точки зрения мировой урбанистической науки функциональное зонирование города крайне негативно влияет на качество жизни в городе и вступает в конфликт с такими актуальными понятиями, как связность города (*connectivity*), прозрачность (проницаемость, *permeability*), целостность (*cohesiveness*) и множеством других. Уже достаточно давно урбанисты всего мира отказались от планирования города по принципу функционального зонирования, на смену этому понятию пришло представление о смешанном использовании (*mixed-use*), которое выражается в так называемой концепции "live, work and play" ("жить, работать и отдыхать в одном месте"). Основными преимуществами такой концепции является решение двух проблем: проблемы городских пробок в дорожном движении и проблемы снижения загрязнения городского воздуха. Надо ли говорить о том, какое значение имеют эти проблемы для крупных городов России! Поэтому основным принципом градостроительного планирования должна стать так называемая концепция "умной дороги", под которой подразумевается следующее:

- грамотно решенные транспортные потоки (внимательная разработка полос, разметки, виадуков, развязок);
- организация парковок, подземных и наземных паркингов;
- стимуляция развития общественного транспорта;
- предпочтение современным технологическим решениям в общественном транспорте;
- создание пешеходных зон и велодорожек.

В течение последних лет во всем мире набирают силу такие тенденции, как "зеленое строительство" (*green construction, green buildings*) — такая практика строительства и эксплуатации зданий, цель которой заключается не только в снижении уровня потребления энергетических и материальных ресурсов, но и в повышении качества зданий и их комфортности. Практика "зеленого строительства" расширяет и дополняет классическое строительное проектирование, и основной заботой для данного подхода является сокращение общего влияния постройки на окружающую среду и человеческое здоровье за счет:

- эффективного использования энергии, воды и других ресурсов;

- внимания к поддержке здоровья обитателей и повышению продуктивности служащих;
- сокращения отходов, вредных выбросов и других воздействий на окружающую среду;
- учета интересов будущих поколений.

В большинстве промышленно развитых стран коллективными усилиями были разработаны так называемые "Зеленые стандарты строительства", представляющие собой комплексные подходы к проектированию и строительству, наиболее известными из которых являются следующие:

- LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design) — "Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании". Эта система была разработана американским Советом по экологическому строительству (USGBC) и предоставляет владельцам здания и операторам недвижимости удобный инструмент для оценки экологичности проекта, а так же соответствующие решения для управления такой недвижимостью. Кроме того, LEED является всемирно признанной системой добровольной экологической сертификации недвижимости, обеспечивающей независимую оценку таких параметров, как подход к использованию участка, экономия энергии и воды, сокращение выбросов окиси углерода, управление ресурсами, экология внутренних помещений и инновации в архитектуре.

Важно отметить, что LEED не заменяет собой требования нормативных документов, установленных в той или иной стране государственными ведомствами (в России — ГОСТы, СНИПы; призваны обеспечить необходимый минимум безопасности для людей). Она только дополняет их более совершенными, отвечающими запросам современности, критериями оценки качества. Российским инвесторам стоит обратить внимание на LEED главным образом потому, что эта система формирует у проектировщиков ответственность за эффективность решений и будущие функции систем.

- BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) — разработанный в 1990 г. британской компанией BRE Global метод оценки экологической эффективности зданий, используемый по всему миру. Система стандартов BREEAM (<http://www.breeam.org>)

является наиболее известным в мире и широко используемым методом экологической экспертизы объектов недвижимости. Она широко применяется как универсальный метод в Европе, на территории которой действуют самые разные строительные нормы и правила.

- DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) — система сертификации, разработанная немецким Советом по устойчивому строительству ([http://www.dgnb.de/\\_de/](http://www.dgnb.de/_de/)) для использования в качестве инструмента при проектировании и оценке качества зданий во всесторонней перспективе. Являясь гибкой рейтинговой системой сертификации второго поколения, система DGNB охватывает все значимые вопросы устойчивого строительства и отмечает выдающиеся здания по категориям: бронза, серебро и золото. Существует шесть аспектов, влияющих на оценку: экология, экономика, социально-культурный и функциональный аспекты, методы, процессы, а также расположение. Сертификат свидетельствует о положительном воздействии строительства на окружающую среду и общество в количественном выражении.

Разработка и внедрение стандартов зеленого строительства стимулирует развитие бизнеса, инновационных технологий и экономики, улучшает качество жизни общества и состояние окружающей среды. Сертификация по "Зеленым стандартам" и достижение высоких показателей по энергетической эффективности становится значимым конкурентным преимуществом, которое высоко ценится потенциальными инвесторами.

Преимущества строительства по "Зеленым стандартам" для окружающей среды:

- значительное сокращение выбросов парниковых газов, мусора и загрязненных вод;
- расширение и защита естественной среды обитания и биологического разнообразия;
- сохранение природных ресурсов.

Преимущества строительства по "Зеленым стандартам" для здоровья и общества:

- создание более комфортных условий в помещениях по качеству воздуха, а также тепловым и акустическим характеристикам;

- снижение уровня загрязнений, попадающих в воду, почву и воздух, и как следствие, сокращение нагрузки на городскую инфраструктуру;
- повышение качества жизни с помощью оптимального градостроительного проектирования — размещения мест приложения труда в непосредственной близости жилых районов и социальной инфраструктурой (школы, медучреждения, общественный транспорт и т. д.).

Экономических плюсов сертификации по "зеленым стандартам" тоже немало (<http://www.rugbc.org/green-building/benefits/>). Так, помимо снижения энергопотребления, уменьшается и потребление воды, наблюдается снижение затрат на обслуживание здания, снижаются издержки городского хозяйства, связанные с дорожными пробками (за счет оптимизации градостроительных решений).

Современные тенденции сбережения энергии и заботы об окружающей среде в градостроительстве сводятся к следующему:

1. В новых населенных пунктах или в новых кварталах городов этажность жилых объектов составляет не выше 5 этажей, планировочные решения учитывают создание удобной транспортной инфраструктуры, легкую доступность административных, деловых и торговых центров, социальных учреждений.
2. Застройка ведется по принципу ячеек, то есть создаются зеленые дворы, детские площадки.
3. При создании транспортной инфраструктуры предпочтение отдается наиболее приемлемому с экологической точки зрения транспорту (троллейбусы, трамваи, фуникулеры, надземные и наземные электропоезда и т. д.).
4. Выполняется достоверный расчет парковочных мест вблизи жилых массивов и административно-деловых центров.
5. Создаются искусственные водоемы (где есть возможность), парки, аллеи, устраиваются набережные и т. п.
6. При создании инженерной инфраструктуры учитывается возможность использования локальных источников возобновляемой энергии в каждом квартале в сочетании с применением внутридомовых энергосберегающих технологий (устройства для обеспечения естественной вентиляции и освещения) в привязке к возможностям региональной энергосистемы.

7. Создается эффективная система водоснабжения и водоотведения (канализация с максимальной первичной очисткой перед сбросом в водоемы) в комплексе с локальными системами рециркуляции сточных вод.
8. Реализуется комплексный подход к решению проблемы с рационализацией сортировки и переработки мусора: создается система раздельного сбора твердых бытовых отходов, максимальной рециркуляции вторичных материалов, прорабатываются удобные для населения схемы по компостированию нетвердых бытовых отходов.
9. Архитектурный облик зданий согласовывается с особенностями местного ландшафта, с имеющимися национальными архитектурными традициями.

Российский рынок, как показывает практика, адаптирует на себя западные технологии с опозданием на 2—3 года. Тем не менее, и в России уже существует Совет по экологическому строительству, действующий в сотрудничестве с Британской системой зеленых стандартов BREEAM, и появились первые проекты ("Славянка", "Театральный квартал") с использованием "зеленых" (энергетически эффективных) инженерных технологий и решений.

## Типы зданий в малоэтажном строительстве

Малоэтажное строительство характеризуется тремя типами зданий: многоквартирные дома (коттеджи), таун-хаусы — малоэтажные сблокированные дома, состоящие из двух и более квартир, имеющих смежные стены, отдельные входы и прилегающий земельный участок, и малоэтажные многоквартирные дома.

Общее качество малоэтажных домов — это наиболее приближенная к "дачной" организация жилища. С одной стороны, люди проживают в отдельных изолированных квартирах, с другой — имеют озелененный приквартирный участок, который обеспечивает им контакт с природой. К сожалению, градостроительная политика в России предусматривала в основном развитие многоэтажного жилищного строительства, и свертывание малоэтажно-

---

<sup>1</sup> Подробнее об этом проекте см. <http://tinyurl.com/39el974>.

го как нерентабельного. Развитие малоэтажного строительства в нашей стране было на долгие годы заторможено, во многом — из-за искусственного формирования завышенного спроса на панельное и монолитное жилье.

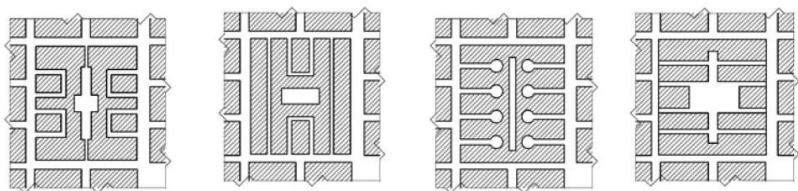
Однако сегодня все больше и больше людей отдают предпочтение не многоэтажным жилым домам, а собственным коттеджам, из которых формируются целые районы и кварталы. Несмотря на то, что такое строительство в крупных городах требует множества различных разрешений и согласований, у тех, кто избрал такой путь, будет уникальный шанс построить дом рядом с существующими инженерными коммуникациями, не тратя лишние деньги на их проведение, а просто подключившись к ним. С другой стороны, такое малоэтажное строительство необходимо вести только в определенное время суток, не допуская лишнего шума и не доставляя неприятностей жильцам соседних домов.

Во всем мире малоэтажные здания "на одну семью" являются основной разновидностью жилой недвижимости. Сегодня и в России специалистами отмечается рост интереса к малоэтажной загородной недвижимости. Малоэтажное строительство привлекает своей относительно невысокой стоимостью, возможностью жить в наиболее комфортных для человека условиях и в более благоприятной по сравнению с городской средой экологической обстановке. Во многих отношениях небольшой загородный дом оказывается удобнее и экономичнее, чем квартира в городском многоквартирном доме. В настоящее время власти предпринимают множество законодательных инициатив, направленных на повышение доступности малоэтажного загородного жилья, упрощение всех операций и процедур, связанных с оформлением права на строительство, права собственности, что также должно способствовать развитию малоэтажного строительства в России.

## **Градостроительные решения в малоэтажном строительстве**

При проектировании и строительстве малоэтажных жилых комплексов огромную помощь может оказать зарубежный опыт, особенно опыт стран с развитой экономикой, например, США и Канады.





**Рис. 1.3.** Типичная схема планировки "суперблоков" кварталов малоэтажной застройки в США

Так, одним из наиболее ценных достижений американских архитекторов является система "суперблоков" — больших длинных кварталов, лишенных сквозного транспортного движения, с внутренней озелененной зоной для отдыха, спорта, прогулок и детских игр (рис. 1.3).

Для России эта идея дает огромное преимущество в смысле безопасности пешеходного движения. Такие поселки обеспечивают уют, тишину, и очень нравятся жителям.

Интересен и опыт малоэтажной застройки в Канаде. Например, крупнейший город этой страны, Торонто, представляет собой скопление поселков площадью по 150 — 200 га, соединенных между собой автобусами. Канадский опыт привлекателен отлаженной системой комплексной застройки территорий, где компании-девелоперы выкупают на аукционе земельные участки, к которым уже подведены все инженерные коммуникации, производят инженерную подготовку участков, нарезают землю на более мелкие участки под индивидуальную застройку, разводят коммуникации, строят дороги и после этого продают эту землю строительным компаниям. Строительная компания разрабатывает проекты, строит несколько типовых домов и предоставляет проекты на выбор потенциальных покупателей. При этом строительство "под ключ" занимает не более пяти месяцев.

В России уже есть компании, которые предоставляют весь комплекс услуг по возведению малоэтажных зданий, начиная от разработки проектной документации на энергетически эффективное здание, составление предварительной сметы и заканчивая внутренней отделкой — например, Санкт-Петербургская компания "Актив Хаус" (<http://www.active-house.ru/>).

## **Требования и особенности архитектурно-строительного проектирования в малоэтажном строительстве**

Для строительства загородных домов и любых объектов недвижимости необходимо архитектурно-строительное проектирование, в ходе которого нужно принять архитектурные и инженерные решения, учитывающие все требования к возводимому объекту. Архитектурное проектирование затрагивает экономические, технические, санитарно-гигиенические, экологические, дизайнерские и иные аспекты домов и сооружений, на основе которых базируется их последующее строительство.

### **Выбор земельного участка**

Поговорка "Скупой платит дважды" справедлива и для заказчика-застройщика индивидуального строительства. На практике экономия зачастую зависит от того, насколько умело будущий домовладелец выступает в роли застройщика на собственной стройплощадке, и от финансового менеджера, отвечающего за расход личных средств.

При выборе участка следует обратить внимание, кроме стоимости, на следующие условия строительства дома:

- ☐ транспортную доступность и качество подъездных дорог;
- ☐ обеспечение необходимой инфраструктурой, как инженерной (тепло, газ, вода, электричество, канализация), так и социальной (школы, больницы, театры, стадионы и др.);
- ☐ экологическую безопасность (соседство промышленных предприятий, сельскохозяйственных производств);
- ☐ конфигурацию, рельеф, ориентацию участка по сторонам света;
- ☐ застройку на соседних участках.

На самом деле, уже при выборе участка очень важно определиться с тем, какие проблемы вам необходимо решить, чтобы в дальнейшем ваш дом, который вы планируете на этом участке

построить, не попал в разряд "самостроя" и не оказался объектом "вне закона". Помните, что при приобретении участка вся ваша деятельность не сводится только к просмотру предлагаемых вариантов и уплате денег!

## Приобретение участка

Если у вас расторопный агент по недвижимости, сделку можно совершить в течение пары месяцев, а то и быстрее. Но необходимо пользоваться услугами сертифицированного специалиста, представляющего надежное и хорошо себя зарекомендовавшее риэлтерское агентство. Агентство по недвижимости при заключении сделки должно достоверно выяснить и тщательно проверить следующую информацию:

- Вид права владения участком (право собственности/постоянного пользования/наследуемого владения/аренды). Необходимо проверить подлинность и правильность оформления правоустанавливающих документов у продавца и убедиться в том, что у продавца есть свидетельство о праве собственности на землю, дом или другие строения (если они имеются). Далее следует убедиться в том, что эти документы правильно оформлены и надлежащим образом зарегистрированы. Перечень бумаг может различаться в зависимости от категории земель и основания на право собственности.
- Необходимо удостовериться, что собственник — именно то лицо, которое отчуждает объект, что он не менял фамилию и на учете нигде не состоит.
- Следует выяснить, не находится ли участок в правовом споре, не заложен ли он, не претендуют ли на него наследники первоначального владельца.
- Кадастровый план земельного участка. Объектами купли-продажи могут быть только земельные участки, которые прошли государственный кадастровый учет и которым присвоен государственный кадастровый номер. В кадастровом плане содержатся следующие сведения: местоположение земельного участка (адрес); его площадь; описание границ; сведения о категории земель и разрешенное использование земельного уча-

стка; экономические и качественные характеристики, а также информация о наличии объектов недвижимого имущества за последние 5 лет.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Ограничения на целевое использование участка очень важны — например, под участком может проходить линия связи, электрический кабель или располагаться иной объект, в результате чего земля бывает ограничена в возможном использовании — вплоть до полного запрета возводить капитальные строения. Заранее разузайте, не находится ли выбранный участок в зоне отчуждения, поскольку рядом пролегает газопровод высокого давления (там в зоне 300 метров вообще нельзя ничего строить). Не забывайте и про охранные зоны водоемов, линий электропередач, автодорог. В пределах таких территорий использование земли, как правило, ограничено.

- Уплачены ли за участок все необходимые налоги и сборы. Если у владельца есть задолженности по платежам, то после завершения сделки все его долги перейдут к новому владельцу вместе с имуществом.
- Точность соответствия границ участка всем документам. Для сделки должны быть точно определены границы земельного участка — его точное расположение на местности, включая координаты, длины сторон, площадь, границы межевания. Участок должен быть нанесен на кадастровую карту, пройти регистрацию в "Роснедвижимости" и иметь межевое дело.
- Правильность пакета документов на приобретение. Во избежание неприятных сюрпризов нужно предпринять следующие шаги:
  - получить справки об отсутствии ограничений/обременений на участке, например, по выписке из Единого государственного реестра прав (ЕГРП). Выписка из ЕГРП, в форме, утвержденной Приказом Министерства юстиции Российской Федерации, содержит информацию об адресе объекта, правообладателе, зарегистрированных правах, обременениях и ограничениях, в том числе об арестах. В выписке из ЕГРП указываются сведения, содержащиеся в ЕГРП, на дату ее выдачи. Срок действия выписок из ЕГРП не установлен, хотя на практике, большинством банков, нотариусов, комиссий

и отделов по предоставлению субсидий льготным категориям граждан, конкурсных комиссий и других организаций, куда вам требуется представить выписку из реестра, могут устанавливаться частные требования к дате выдачи выписки (как правило, не старше 10 или 30 дней);

- установить границы участка (выезд геодезии, установка межевых знаков);
- получить кадастровый паспорт (в подтверждение того, что межевание проведено);
- убедиться в отсутствии судебных споров с соседями по границам участка;
- получить справку о подземных коммуникациях либо организовать выезд специалистов и провести топографическую съемку с указанием всех подземных коммуникаций, не относящихся к дому;
- получить все справки об отсутствии задолженностей по обязательным платежам — из налоговой инспекции, администрации или правления СНТ (садового некоммерческого товарищества);
- убедиться, что в Бюро технической информации (БТИ) не заведены инвентарные дела на строения, которых уже нет. Если к участку подведены (подключены) коммуникации, то получить от продавца все соответствующие документы и выкопировку участка.

Только после проверки всей этой информации можно оформлять сделку и платить деньги, если только вы не желаете в самом буквальном смысле этого выражения "закопать их в землю". В любом случае, после того, как подходящий участок будет найден, произведите его общую оценку и выясните возможности его дальнейшего развития:

- ☐ произведите геодезическое и геологическое исследование участка, в т. ч. проведите его экологическую экспертизу, в частности, проверку на радон;
- ☐ получите разрешение на строительство.

## **Геологическое, геодезическое и экологическое исследование участка**

Один из вопросов, который возникает перед законопослушным собственником — это проведение геологического и геодезического исследования участка. Специалисты считают, что эту процедуру нужно пройти в любом случае, хотя бы для того, чтобы выяснить, что находится под планируемым домом и подходит ли для строительства грунт. Это особенно важно, если проектом предусматривается строительство подвальных помещений. Проведя эти работы, покупатель будет знать, на каком уровне находятся грунтовые воды, каков состав почвы и т. п. Проверка поможет спроектировать правильный фундамент и оградить себя от будущих проблем, например, затопления подвала. Особенно важно геологическое обследование, если вы впоследствии собираетесь заняться прокладкой систем водоснабжения и канализации.

Наконец, не менее важную роль играет и экологическая экспертиза земельного участка. Экология участка — это тот вопрос, которому сегодня нужно уделять внимание как настоящим владельцам имущества, так и будущим. Ведь люди приобретают загородную недвижимость и занимаются строительством с тем, чтобы покинуть загазованные города с неблагоприятной экологической обстановкой. Но зачастую они даже не подозревают о том, что могут оказаться в еще более неблагоприятном месте, которое окажет крайне негативное влияние на состояние здоровья!

Экологическая экспертиза участка проводится по следующим направлениям:

- Экспертиза участка на предмет химического и бактериологического исследования воды источника водопотребления (скважина, колодец, родник). Стандартный химический и бактериологический анализ позволяет выявить большинство загрязнителей, поступающих в воду как в результате естественных природных процессов, так и в результате хозяйственной деятельности человека. Расширенный анализ включает замеры по всем параметрам стандартного и дополнительно позволяет выявить наличие в воде пестицидов, фенола, радиоактивности, поверхностно-активных веществ (возможно, на месте бывшей

свалки, при близком расположении промышленных объектов или агропромышленных комплексов, рядом с бывшими сельскохозяйственными полями или на их месте).

- **Анализы почвы, в том числе: химический, агрохимический, радиологический, паразитологический, микробиологический.** Это особенно актуально для тех, кто планирует не только строительство, но и занятия садоводством, так как позволяет выявить наличие в почве тяжелых металлов, нефтепродуктов, радионуклидов, бактерий (в том числе болезнетворных), возбудителей кишечных паразитарных заболеваний.
- **Химико-газовый и микробиологический анализ воздуха.** Вопреки распространенному мнению, воздух может быть загрязнен не только в городах. К основным источникам загрязнения атмосферного воздуха следует относить автомобильный транспорт, теплоэлектростанции, отработанный воздух различных производств, выбрасываемый в атмосферу через высокие трубы.
- **Измерение уровней электромагнитного излучения.** Превышение уровня электромагнитного излучения — это одна из самых распространенных проблем современности, и каждый современный человек ежедневно подвергается его воздействию. Причем источниками электромагнитного излучения являются не только бытовые электроприборы, компьютеры и мобильные телефоны (вряд ли вы откажетесь от всех этих благ современной техники, без которых многие просто не мыслят своей жизни). Особую опасность для здоровья представляют собой такие мощные источники электромагнитного излучения, как линии электропередач (ЛЭП), радио- и телевизионные вещательные станции, радиолокационные установки, различные системы радиосвязи, технологические установки в промышленности, трансформаторные подстанции и многое другое. Они представляют собой реальную опасность для здоровья, причем особенно чувствительны к их воздействию система кроветворения, центральная нервная и нейроэндокринная системы.
- **Радиологические измерения и измерение равновесной концентрации радона.** Радон — это тяжелый природный радиоактивный газ, прозрачный, без цвета и запаха. Радон Rn-222 образу-

ется в недрах земной коры в результате распада урана и тория, входящих в состав различных горных пород. В дома радон попадает из земли через подвалы, может выделяться из большого количества строительно-отделочных материалов. Из-за относительно низкого уровня воздухообмена внутри зданий концентрация радона гораздо выше, чем на открытом воздухе, и особенно увеличивается в зимнее время. Более того, радон очень хорошо растворим в воде и может интенсивно концентрироваться в ванной комнате и на кухне (исследования показали, что при включенной на 30 минут горячей воде концентрация Rn-222 в ванной комнате увеличивается в 20-25 раз). При использовании скважинного водоснабжения концентрирование радона идет еще более интенсивно. Суть проблемы: будучи газом, радон проникает в легкие и вызывает облучение биологических тканей, что приводит к возникновению рака. Согласно результатам многолетних исследований, частота смертности населения США от облучения радоном составляет до 20 тыс. случаев в год. Более того, по оценке Научного комитета ООН по действию атомной радиации, радон вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за 75% годовой индивидуальной эффективной дозы облучения человека.

## **Получение разрешения на строительство**

Разрешение на строительство выдается администрацией района того региона, где ведется стройка. Для получения этого документа необходимо передать в районный отдел архитектуры следующий пакет документов:

1. Заявление с просьбой разрешить строительство дома на земельном участке;
2. Копию свидетельства о регистрации права собственности на землю;
3. Копию кадастрового плана участка;
4. Копию договора купли-продажи участка;
5. Копию личного паспорта;
6. Ходатайство местной администрации;



7. Справку местной администрации об отсутствии арестов и запретов на участок;
8. Ситуационный план, заверенный в местной администрации;
9. Согласование со службами (газовая, электросеть, "Ростелеком");
10. Проект жилого дома со схемой планировочной организации земельного участка.

Срок подготовки разрешения — один месяц. Разрешение на строительство выдается в 3-х экземплярах и сроком на 10 лет. Сданные копии документов не возвращаются. Проект дома возвращают собственнику с отметкой местного управления архитектуры о проведенном согласовании.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Архитектурный проект дома должен быть выполнен фирмой, имеющей соответствующую лицензию на право проектирования зданий и сооружений. Фирма должна предоставить распечатанный проект с чертежами поэтажных планов и фасадов, с подписями всех исполнителей и синей печатью на каждом листе. К проекту прикладывается копия лицензии на проектирование, с отметкой "копия верна" и синей печатью фирмы.

## **Разработка архитектурного проекта**

Любой дом должен строиться по проекту. Практика показывает, что желание сэкономить на проекте оборачивается высокими расходами на строительство дома и дополнительными затратами на его перестройку.

Следствие строительства без проекта — не только низкое архитектурное и строительное качество и неликвидность готового дома, но и невозможность легального ведения строительства, а как следствие — невозможность оформления дома в собственность. И обратите внимание — чуть ранее уже говорилось, что копия проектной документации понадобится вам уже при подаче заявления на разрешение строительства.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

В разделе *"Получение разрешения на строительство"* был приведен перечень документов, необходимых для получения этого

разрешения. Особого внимания там заслуживает пункт 10, примечание к которому гласит, что автором проекта обязательно должно выступать лицензированное лицо или фирма. Ни одна инстанция не выдаст разрешение на строительство коттеджа, "нарисованного" без лицензии на проектные работы. К проекту, подаваемому в пакете документов для получения разрешения на строительство, должна прилагаться копия лицензии на осуществление проектной деятельности, выданная его автору. И однозначно нужны гарантии разработчика на соответствие проекта действующим нормам и правилам.

Поэтому уже на данном этапе, а лучше даже чуть заранее, не только можно, но даже и нужно обратиться в архитектурное бюро, специалисты которого помогут максимально быстро и с наименьшими потерями (как эмоциональными, так и материальными) перейти к разработке архитектурного решения будущего дома, а затем и к его строительству. Выбор архитектурного бюро — это вопрос ответственный, поэтому приведем здесь только краткий перечень того, что НЕ следует делать на данном этапе:

- ❑ Не полагайтесь только на советы друзей и знакомых. Выбранная архитектурная мастерская, ее сотрудники и стиль работы должны полностью удовлетворять вас, а не ваших знакомых.
- ❑ Не ориентируйтесь только на статьи в специализированных и модных журналах, поскольку в большей или меньшей степени они могут быть лишь рекламными материалами, а конкретные идеи нужно обсуждать со специалистами — ведь от этого зависит весь проект вашего будущего дома.
- ❑ Не полагайтесь на "первое попавшееся" архитектурное бюро (или на то, которое предложит вам "самые выгодные цены"), даже если вас полностью устроило общение с консультантами этой организации. Пообщайтесь и с представителями других фирм.

Вы решили не заниматься строительством, а сразу же купить что-то готовое? Тогда вам придется пройти только тот путь, который был указан в разделе "Приобретение участка". Но, покупая готовый загородный дом или коттедж, вы вместе с ним покупаете ошибки и просчеты предыдущих владельцев. Даже если дом совершенно новый, возникает опасность покупки "кота в мешке": возможен лишь визуальный осмотр конструкций, а их качество

проявится только в процессе эксплуатации. Выявление скрытых дефектов приобретаемого дома — целая наука. Так что и здесь лучше всего посоветоваться со специалистом-архитектором.

Итак, архитектурная мастерская, с которой вы будете сотрудничать, выбрана. Они должны заняться проектом вашего будущего дома.

## **Какими бывают архитектурные проекты**

В первую очередь, давайте разберемся с тем, какими бывают проекты:

- ❑ Типовые проекты — к ним относят проекты, предлагаемые небольшими компаниями, специализирующимися на индивидуальном строительстве. Самый большой минус этих проектов в большинстве случаев — это наличие только той документации, которая минимально необходима для получения разрешения на строительство.
- ❑ Эскизные проекты. Покупая эскизный проект, вы оплачиваете только "картинку", внешний вид дома, а все технологические расчеты (включая работу архитектора-конструктора) придется заказывать потом отдельно. И зачастую оказывается, что спроектировать дом "по картинке" исходя из общепринятых типоразмеров стройматериалов и конструкций если и можно, то за очень большие деньги.
- ❑ Готовые проекты — это самый распространенный тип архитектурных проектов. Дома, возведенные по готовым проектам, надежны, удобны для частного инвестора и ликвидны для рынка, поскольку основаны на опыте многочисленных реализаций. Кроме того, они существенно дешевле "индивидуальных" проектов. Приобретение готового проекта позволяет сэкономить время и деньги.

Полный комплект рабочей документации поставляется в пяти частях:

- ❑ архитектурно-строительная часть;
- ❑ конструкторская часть;
- ❑ теплоснабжение и вентиляция;
- ❑ водопровод и канализация;
- ❑ электрооборудование.

Проект представляет собой комплект документов, необходимых для строительства дома, на листах формата А3 и А4. Минимальным пакетом проектной документации является архитектурно-строительная и конструкторская части рабочего проекта. Ее стоимость составляет 70% от стоимости полного рабочего проекта. При строительстве сложных и дорогостоящих домов рекомендуется привлекать специалистов-проектировщиков для контроля строительства, привязки проекта к конкретной местности. Например, образцы готовых проектов можно посмотреть на сайтах <http://www.alba-stroy.ru/catalog/houses/>, <http://www.domostroy.org/faylovyiy-arhiv/proektyi.html> и многих других. А если вы не смогли подобрать для себя подходящий отечественный проект, вы можете заказать для себя индивидуальный (надо понимать, что изготовление индивидуального проекта потребует дополнительного времени и стоит будет дороже).

### **ПРИМЕЧАНИЯ**

Авторские права на проект ни при каких обстоятельствах не передаются заказчику или подрядчику и остаются собственностью авторов. Все чертежи, расчеты, спецификации, а также архитектурная идея или прием, как результат профессиональной деятельности, принадлежат разработчику. Покупая проект, вы приобретаете право на строительство объекта по проекту из данного каталога только на одном участке и не имеете права передавать проект целиком или частично третьим лицам либо осуществлять перепродажу или переуступку права строительства.

## **Проектирование энергосберегающих и пассивных домов**

Проекты энергосберегающих домов, обладающих скромными энергетическими потребностями, завоевывают все большую популярность. Но и скромность бывает разной. Для обогрева дома, который считается дешевым в эксплуатации, может понадобиться либо 70, либо всего лишь 15 кВтч/(м<sup>2</sup>×год). Дома, отвечающие первому, более высокому, уровню расхода энергии, называются энергосберегающими, а дома, уровень расхода энергии которых не превышает 15 кВтч/(м<sup>2</sup>×год) — пассивными.

Основными критериями для пассивного дома в Европе являются:

- удельное потребление тепловой энергии на отопление, определенное с помощью "Пакета проектирования пассивного дома" (PHPP, см. <http://www.passiv-rus.ru/?item=00000000042>), не должно превышать  $15 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ ;
- общее потребление первичной энергии (поставляемой из внешних источников) для всех бытовых нужд (отопление, горячее водоснабжение, освещение и работа электрических приборов), не должно превышать  $120 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ . Для сравнения, в доме, который считается просто энергетически эффективным, этот показатель составляет порядка  $250 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ .

Перспектива оплаты минимальных счетов за отопление своего дома очень соблазнительна, однако стоит тщательно проанализировать стоимость строительства энергосберегающего или пассивного дома. Разница может получиться довольно значительной.

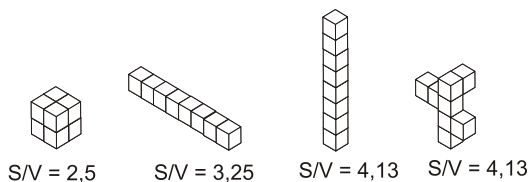
Основные принципы проектирования энергетически эффективного дома — это использование всех возможностей для сохранения тепла и применение альтернативных источников энергии:

- энергетически-рациональная ориентация здания по частям света с точки зрения расположения оконных проемов и буферных зон;
- объемно-планировочные решения:
  - энергетически эффективная форма дома, обеспечивающая минимальную площадь наружных стен;
  - оптимальная площадь остекления;
  - наличие тамбуров на входах.

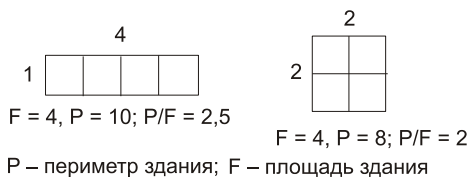
В условиях строительства для сурового климата основной концепцией является зонированное управление параметрами среды. Это выражается в ориентации жилища, построении его пространственной оболочки и остекления, в управлении внутренним климатом и потреблением энергии. Американский архитектор Ральф Ноулз (Ralph Knowles) обнаружил, что "отношение площади ограждающих конструкций к объему строения (так называемый "коэффициент подверженности"  $S/V$ ) влияет на энергетическую эффективность здания. Чем меньше отношение площади

ограждающих конструкций к объему, тем менее подвержено здание влияниям климата (рис. 1.4).

Аналогичные сравнительные соотношения можно вывести для периметра здания и его площади при одинаковой высоте (рис. 1.5). Эти соотношения между периметром здания  $P$  и его площадью  $F$  говорят в пользу ширококорпусного дома, где поверхность ограждения меньше на 20%.



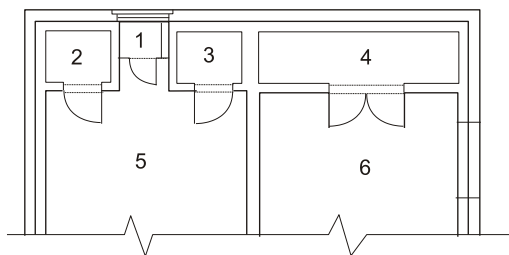
**Рис. 1.4.** Сравнительные соотношения  $S/V$



**Рис. 1.5.** Сравнительные соотношения периметра здания к его площади

Известно, что когда пространственная компоновка здания в целом образована пространствами с более или менее одинаковыми объемами, вариация температуры между помещениями уменьшается при приближении к центру объема здания. Создается температурный градиент между помещениями, расположенными у наружных стен, и внутренними пространствами, не соприкасающимися с ограждающими конструкциями. Очевидно, что полуоткрытая планировка с дифференциацией функциональных пространств характеризуется минимальной амплитудой температурных перепадов.

Концепция Ноулза об организации небольших помещений вдоль ограждающих стен была использована в проектах домов для строительства в штате Миннесота. Суровые погодные условия Миннесоты и господствующие в зимний период северные ветры (температура без ветра ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ) определяют наибольшую чувствительность северных фасадов зданий к воздействию низких температур. Поэтому размещение здесь небольших комнат, состоящих из подсобных помещений и кладовых, играет роль "толстой" стены, защищающей здание от суровых климатических условий (рис. 1.6).



**Рис. 1.6.** "Толстые" стены для северных жилищ:  
1 — входной тамбур; 2 — туалет; 3 — гардероб;  
4 — кладовая; 5 — холл; 6 — жилая комната

Все в большем числе новых проектов жилых домов используются воздушные завесы и двойные входы. Двойной вход снижает тепловые потери благодаря инфильтрации и теплопроводности. Образованный небольшим входным пространством с дверными проемами по обеим сторонам входной узел функционирует как переходная зона между холодным наружным пространством и теплым интерьером, как показано на рис. 1.6.

Важной является и возможность максимального получения тепла от солнечного излучения. Для этого применяются такие средства, как проектирование самого большого фасада с южной стороны и соответствующее расположение застекленных проемов. Конечно, как в энергосберегающем, так и в пассивном доме самые большие из них должны находиться с южной стороны,

но во втором случае рекомендуется даже полное остекление южной стороны. В то же время необходимо ограничить количество застекленных проемов с северной стороны и даже полностью "закрыть" ее. В обоих типах домов оптимальное расположение помещений одинаково. С южной стороны должны находиться гостиная и столовая. Зато гардероб, гараж и хозяйственное помещение размещают с северной стороны — чтобы они создавали буферную зону.

Проектирование северного жилища, обеспечивающего высокий комфорт проживания в суровом климате, связано с разработкой новых структурных элементов жилого дома: аванвестибюлей, защищенных коммуникаций, остекленных лоджий, холодных кладовых и т. п. Среди таких элементов наиболее интересными и концептуальными являются внутренние пространства, дворики, перекрытые светопрозрачной кровлей.

Из исторического опыта строительства многих стран видно, что дом с внутренним двором — одна из старейших форм здания. Однако именно строительная практика последних десятилетий и особенно опыт проектирования и строительства в экстремальных районах дают характерные примеры жилых зданий, в которых отдельные пространственные элементы объединены центральным крупным интегральным пространством.

Получаемый в результате такого композиционного построения многоэтажный внутренний двор, освещаемый верхним светом, становится основной характеристикой здания, являясь результатом развития и совершенствования традиционного композиционного приема на новой организационной и технической основе.

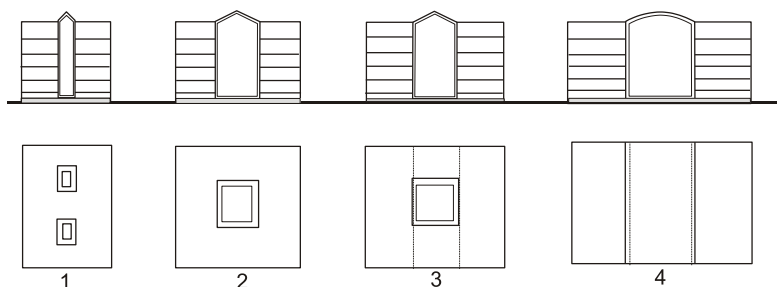
Использование объединяющих многофункциональных пространств в северном жилом доме отвечает все возрастающим требованиям к объемно-пространственному решению в качестве жилой среды. В условиях Севера такие пространства выполняют целый ряд существенных для жизнедеятельности человека и эксплуатации зданий функций:

- компенсация дискомфорта природного окружения;
- многофункциональное использование площади;
- повышение естественной освещенности;
- улучшение воздухообмена;



- роль климатического буфера;
- повышение тепловой эффективности зданий;
- "солнечное" отопление.

В зависимости от выполняемых функций и соответствующего размера такие пространства могут быть объединены в две группы: светоаэрационные шахты и атриумы. Последние в свою очередь подразделяются на световые дворики, внутренние дворики и крытые дворы (рис. 1.7).



**Рис. 1.7.** Классификация светоаэрационных шахт и атриумов по функциональному назначению и размеру: 1 — светоаэрационные шахты:  $6,0 \div 9,0 \times 6,0 \div 9,0$  м в плане при высоте 5 этажей максимум; 2 — световой дворик:  $6,0 \div 12,0 \times 6,0 \div 12,0$  м при высоте пять этажей и ниже; 3 — внутренний дворик:  $9,0 \div 20,0 \times 9,0 \div 20,0$  м; 4 — крытый двор: минимальная ширина 20,0 м

Светоаэрационные шахты, выполняющие функции освещения и вентиляции средней части дома, могут рассматриваться как следующий шаг на пути развития и расширения функционального содержания системы инженерных каналов (главным образом вентиляционных). Поэтому они могут иметь минимально возможные размеры, которые определяются исходя из требований обеспечения необходимого уровня освещенности помещений. Удовлетворение этих требований достигается при размерах шахты  $6,0 \div 9,0 \times 6,0 \div 9,0$  м в плане и максимальной высоте в пять этажей. При этом необходимо обеспечить условия для эффективного поступления светового потока до нижней зоны шахты, что предполагает создание ровных стен шахты без выступов и раз-

мещения зелени в объеме, а также использование хорошо отражающих свет материалов для облицовки стен, выходящих в шахту. Могут быть рекомендованы зеркальная или белая плитка, пластик, побелка и т. п. При выборе конструкции светопрозрачного покрытия шахты следует отдавать предпочтение покрытиям, обладающим большей световой силой с меньшим количеством переплетов и лучшими аэродинамическими качествами, уменьшающими отложение снега.

Световые дворики выполняют более широкий ряд функций, чем светоаэрационные шахты. Они предназначены для рекреационного их использования жильцами группы квартир, интегрированных вокруг дворика. В связи с этим размеры дворика могут быть несколько большими, чем у шахты, и достигать  $12,0 \times 12,0$  м при высоте в пять этажей и ниже. Во дворике устанавливается специальное оборудование, возможно озеленение. Во внутреннее пространство могут выходить небольшие балкончики жильцов при обеспечении минимального затенения ими оконных проемов. Внутренние стены облицовываются светоотражающим материалом.

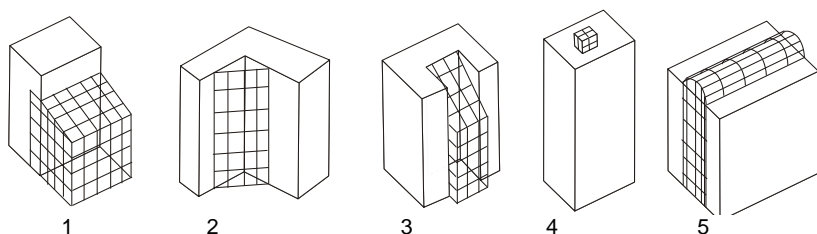
Ввиду сложности вопроса и ограниченности практического опыта размеры внутренних двориков можно рекомендовать лишь примерно:  $9,0 \div 20,0 \times 9,0 \div 20,0$  м.

Крытые дворы представляют собой пространство между близко расположенными жилыми домами, отделенное от окружающей среды светопрозрачной оболочкой. В крытых дворах наиболее удачно реализуются функции климатического буфера и полифункционального использования площади. Создание буферного пространства со смягченным микроклиматом предполагает "перенесение" во двор с улицы некоторых функций общественной жизнедеятельности. Это требует специального оборудования двора, повышения уровня его благоустройства и непосредственно отражается на решении первых этажей жилых зданий. В этой ситуации предпочтительной является ориентация окон во двор. Размеры дворов могут быть самыми различными. Основное ограничение — минимальная ширина такого двора должна составлять не менее 20 м с целью предотвращения просматриваемости из окон в окна.

Решение функциональных задач и задач, связанных с улучшением внутреннего микроклимата, непосредственно оказывает влияние на форму и размеры атриумных пространств (световые дворики, внутренние дворики и крытые дворы), на их положение в структуре здания или жилого комплекса.

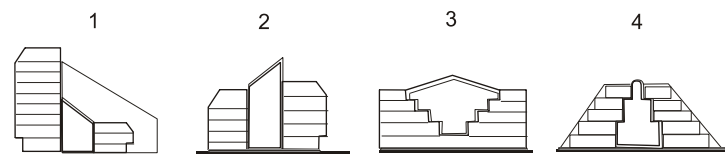
По характеру взаимосвязи атриумных пространств с окружающей природной средой и обусловленным этим формам атриумы классифицированы на одно-, двух-, трех-, четырехстенные и пассажи — линейные атриумы (рис. 1.8).

По виду разреза атриумные пространства подразделяются на атриумы с вертикальными стенами и террасные атриумы (рис. 1.9).



**Рис. 1.8.** Классификация атриумов по связи с окружением:

1 — одностенный; 2 — двухстенный; 3 — трехстенный;  
4 — четырехстенный; 5 — пассаж (линейный атриум)



**Рис. 1.9.** Типы атриумов по форме разреза:

1, 2 — атриумы с вертикальными стенами; 3, 4 — террасные атриумы

По наличию верхнего света различают атриумы с верхним светом и атриумы с боковым светом, размещение которых возможно в средней или нижней частях здания (рис. 1.10).

В северных районах, характеризующихся значительным процентом рассеянной радиации, максимум солнечного света поступает

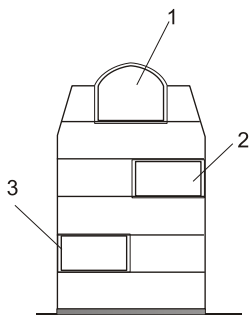
сверху, поэтому освещение атриумов через светопрозрачную кровлю — самое выгодное.

Учитывая особенности распространения света в атриумных пространствах и освещения через них жилых помещений, рациональным представляется ограничение максимальной высоты атриума пятью этажами.

Следует помнить о том, что большие застекленные площади с южной стороны

позволяют получать тепло от солнечного излучения, однако летом они могут приводить к перегреву дома. Этого не случится, если в проекте предусмотрены затеняющие элементы, например навесы, выдвинутые за пределы контура здания. Они должны препятствовать проникновению лучей, когда солнце (летом) находится высоко над горизонтом. Но они не должны являться барьером для лучей зимнего солнца, которое движется низко над горизонтом. Другое решение — применение летом подвижных штор, например, роллет или маркиз. Хороший эффект дает также разумное использование территории возле дома — естественное оформление территории и расположение насаждений. Лиственные деревья, посаженные с южной стороны, летом затенят застекленные проемы, а зимой, когда опадут листья, позволят получать тепло от солнечного излучения. С северной стороны лучше посадить растения, которые в течение всего года будут заслонять дом от ветра. С этой задачей хорошо справляются хвойные и плющи.

Как видите, построить пассивный дом намного сложнее, чем построить обычный дом. Чтобы это утверждение не было голословным, приведем пример того, как может выглядеть эскизный проект пассивного дома.



**Рис. 1.10.** Типы атриумов по наличию верхнего естественного освещения:

- 1 — атриумы с верхним светом;
- 2, 3 — атриумы с боковым светом

## Примеры эскизных проектов пассивных домов

Параметры пассивного дома были рассчитаны изобретателями технологии "пассивный дом" под руководством профессора Файста, которые утверждены и контролируются созданным ими Институтом пассивного дома в Дармштадте. Естественно, только объект, соответствующий данным параметрам, может быть обозначен как "пассивный дом".

Чуть ранее в этой главе уже говорилось, что расчетное удельное потребление тепловой энергии на отопление, определенное с помощью специализированного программного обеспечения, разработанного Институтом пассивного дома, не должно превышать  $15 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ . Фактическое соответствие построенного дома этому нормативу должно контролироваться в процессе работы, при сдаче дома в эксплуатацию. Проект пассивного дома должен удовлетворять следующим нормативам:

- герметичные ограждающие конструкции здания с коэффициентом теплопередачи  $U < 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ ;
- отсутствие "мостиков холода";
- компактность сооружения;
- пассивное использование солнечной энергии путем ориентации на юг и отсутствию затененности;
- специальное высококачественное остекление и использование специальных оконных рам с коэффициентом теплопередачи всего окна ( $U_w$ )  $< 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$  и значением энергопроницаемости ( $g$ ) около 50%;
- герметичность на уровне показателя кратности воздухообмена<sup>1</sup> при разности давлений внутреннего воздуха обследуемых помещений и наружного атмосферного воздуха  $\Delta P = 50 \text{ Па}$   $n_{50} < 0,6/\text{ч}$ ;
- рекуперация тепла при вентиляции, экономия тепла  $> 75\%$ ;
- использование бытовых приборов с низким потреблением электроэнергии;

---

<sup>1</sup> Кратность воздухообмена — это отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него в течение часа, к внутреннему объему помещения.

- подогрев питьевой воды с помощью солнечных коллекторов или теплового насоса;
- пассивный подогрев воздуха с помощью грунтового теплообменника.

Проектирование пассивного дома сложнее, чем проектирование обычного здания. Поэтому во избежание дорогостоящей перепроектировки или внесения изменений уже в процессе строительства, проекты пассивных домов (если вы решитесь покупать готовый проект пассивного дома) стоят дороже и изначально должны включать в себя следующие основополагающие составляющие:

- архитектурный проект, соответствующий европейским нормам и адаптированный под Российские условия (как нормативно-технические, так и законодательные);
- рабочий проект, соответствующий европейским стандартам, включая все расчеты конструкций на статическую прочность;
- проектирование армирования согласно статическим расчетам;
- полное проектирование всех инженерных сетей;
- описание строительства, включая составление полного списка используемых материалов и компонентов.

Строительный объект, возводящийся по инновационным технологиям, необходимо особенно внимательно проектировать, строить и эксплуатировать. Современные технологии выдвигают более высокие требования, как к производителю, так и к потребителю, идет ли речь об автомобилях, компьютерах, или, как в нашем случае, об энергосберегающих, пассивных и зеленых домах. Для этого необходима абсолютно согласованная работа всех участников проекта в одной команде как во время проектирования и строительства объекта, так и при эксплуатации здания.

И в заключение, рассмотрим пример того, как может выглядеть эскизный проект типового пассивного дома. Данный проект разработан Институтом пассивного дома и представлен как один из проектов, которые планируется адаптировать для Российских условий.

## Дом "Нордендорф" (разработка Института пассивного дома)

Основные технические параметры дома представлены в табл. 1.1.

**Таблица 1.1. Технические параметры дома "Нордендорф"**

Строительный стандарт дома	Пассивный дом
Коэффициент теплопередачи внешней стены	0,097 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)
Коэффициент теплопередачи пола	0,097 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)
Коэффициент теплопередачи крыши	0,091 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)
Теплопотребление здания согласно PHPP	14,5 кВтч/м <sup>2</sup> в год
Отапливаемая площадь	214,2 м <sup>2</sup>

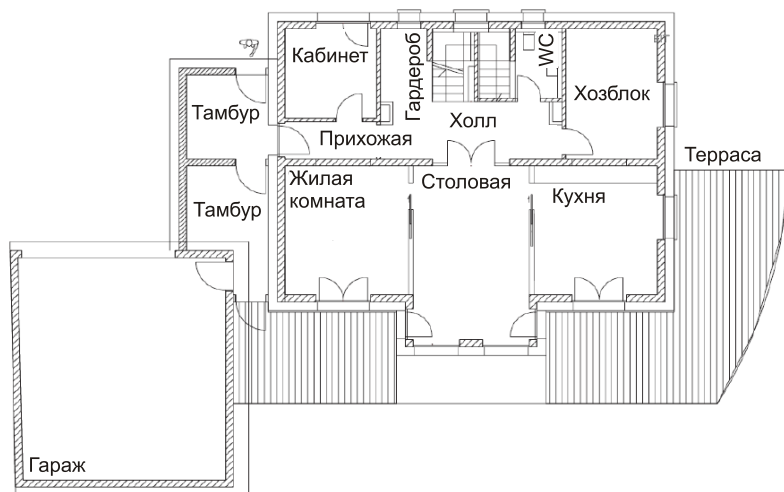
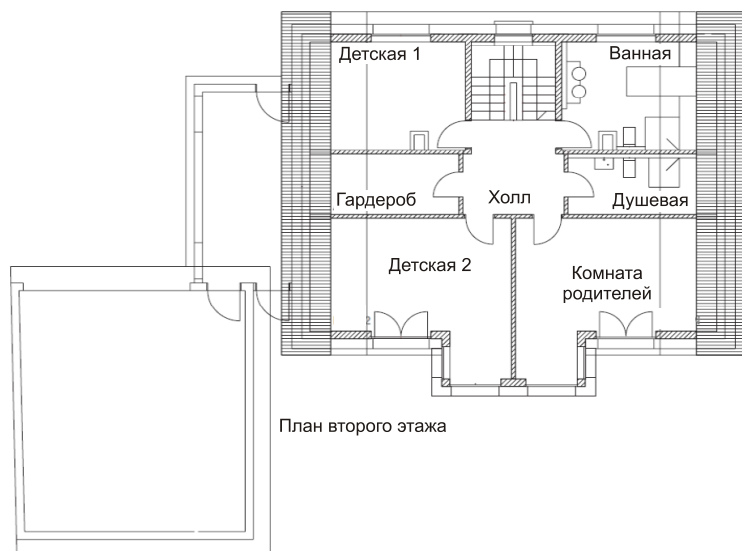
Дом "Нордендорф" спроектирован в стандарте пассивного дома для семьи из четырех-пяти человек. Он состоит из основной части, являющейся собственно домом, и примыкающего к нему неотапливаемого помещения, кладовой и гаража.

На первом этаже, прежде всего, бросается в глаза терраса, которая, разумеется, сориентирована на юго-восток. К террасе примыкают гостиная, столовая с балконом, выходящая на юг, и кухня. Эти помещения соединены между собой с помощью больших раздвижных дверей.

Коридор ведет в хозяйственные помещения и примыкающую к ним туалетную комнату, находящуюся с северо-западной стороны здания. Слева от лестницы, то есть в северо-западной части здания, расположена гардеробная, а также кабинет. Дальше по коридору находится главный вход в дом, попасть снаружи в который можно только пройдя через неотапливаемое помещение (тамбур). Далее лестница ведет на второй этаж, где располагаются две спальни для детей, спальня для родителей, гардеробная, а также две ванных комнаты. Благодаря выступающему на юг балкону, спальни для детей, а особенно спальня для родителей, очень хорошо освещены солнцем.

Позэтажный план здания, а также вид здания в разрезе представлены на рис. 1.11—1.13.

План первого этажа

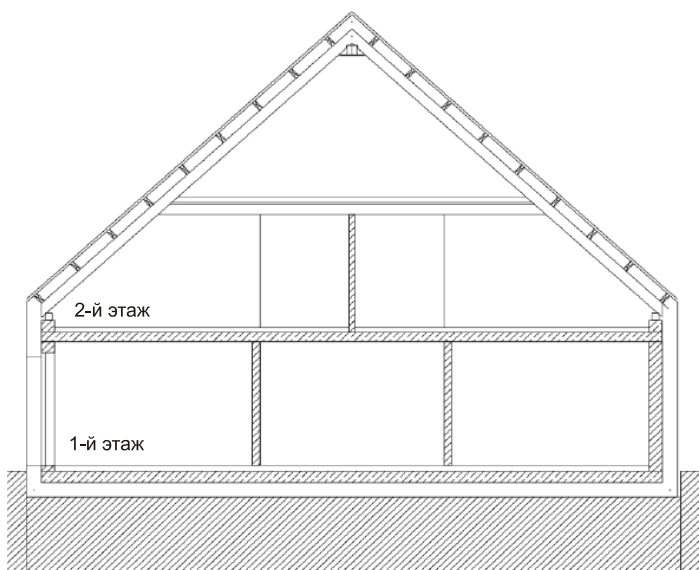
**Рис. 1.11.** План первого этажа пассивного дома по проекту "Нордендорф"

План второго этажа

**Рис. 1.12.** План второго этажа пассивного дома по проекту "Нордендорф"



Разрез



**Рис. 1.13.** Проект дома "Нордендорф" — вид здания в разрезе

Энергосберегающие дома не обязательно должны быть построены в виде прямоугольника и иметь одно- или двухскатную крышу (как пассивные дома). Конечно, наиболее предпочтительным для энергосбережения будет как можно более низкое соотношение площади наружных стен к кубатуре дома. Поэтому лучшая ситуация наблюдается в домах, которые имеют компактную форму (например, приближенную к форме куба). Но обязательно ли это должна быть кубическая форма? Совсем нет, и в следующем разделе мы рассмотрим некоторые проекты экологических домов, которые, несмотря на их экзотичность для России, тоже заслуживают внимания, с учетом того, что некоторые из этих проектов были успешно реализованы, причем в климатических условиях, ничуть не менее суровых, нежели в России. Причем нетрадиционные формы зданий позволяют с пользой задействовать каждый квадратный метр жилья.

## Куполообразные дома

Для России такие дома действительно кажутся чем-то экзотичным, не зря же у некоторых комментаторов рождаются такие вот замечания: "дом современного хоббита". Однако, при всей кажущейся несерьезности, эта идея не только красива и элегантна, она по-настоящему прогрессивна. Начнем с того, что куполообразный дом — это по-настоящему красиво и стильно (рис. 1.14—1.16).

На рис. 1.15 представлен еще один куполообразный дом, построенный владельцами компании Natural Spaces Domes, являющейся одним из лидеров "зеленого строительства", специализирующейся именно на купольных домах и накопившей более чем 40-летний опыт в данной области.



**Рис. 1.14.** Куполообразный жилой дом (фото с сайта <http://www.newagedomeconstruction.com>)



**Рис. 1.15.** Куполообразный дом "The Bear Creek Dome"  
(фото с сайта <http://www.naturalspacesdomes.com>)



**Рис. 1.16.** Экологичный дом-купол от компании Solaleya  
(<http://www.solaleya.com/>), один из лидеров выставки West Coast Green

На рис. 1.16 представлен экологичный дом-купол от компании Solaleya (<http://www.solaleya.com/>), один из домов, привлечших к себе больше всего внимания на выставке экологического строительства West Coast Green. Кстати, эти выносимые купола (см. рис. 1.15 и 1.16) построены с использованием только FSC-сертифицированного леса (лес с возобновляемых участков) и способны противостоять ураганам категории 5 и землетрясениям до 8 баллов по шкале МСК-64 (Шкала Медведева—Шпонхойера—Карника)<sup>1</sup>.

А затем поговорим и об энергетической эффективности, а также других преимуществах куполообразных домов.

### **Энергетическая эффективность купольного дома**

Начнем с того, что купольный дом позволяет экономить на энергетических ресурсах не менее 20%. Причина этого заключается в том, что сфера имеет наименьшую площадь поверхности среди всех фигур одинакового объема.

Возьмем для примера два тестовых дома жилой площадью 50 м<sup>2</sup>, прямоугольный и куполообразный в форме полусферы. Утепление этих домов будем считать одинаковым.

Схематично тестовый дом прямоугольной формы показан на рис. 1.17. Площадь поверхности его ограждающих конструкций (4 стены и плоская крыша) составит  $2,6 \times 10 + 2,6 \times 10 + 2,6 \times 5 + 2,6 \times 5 + 10 \times 5 = 128$  м<sup>2</sup>. Объем этого дома при высоте потолков 2,6 м составит  $10 \times 5 \times 2,6 = 130$  кубических метров.

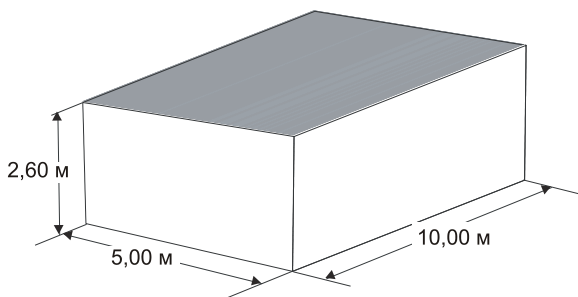
#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Высота потолков 2,6 м выбрана для того, чтобы уравнивать внутренние объемы двух объектов.

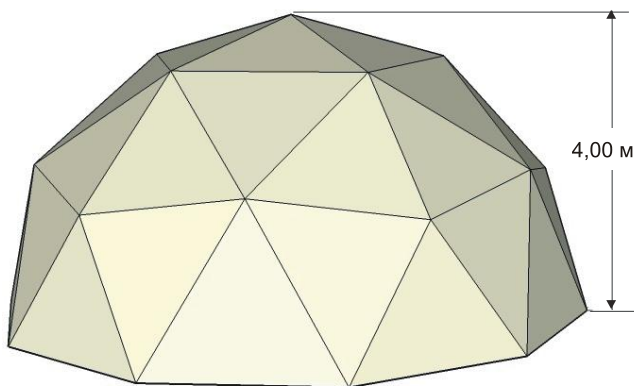
Тестовый дом в форме полусферы (геодезический купол) показан на рис. 1.18. Радиус сферы составляет 4 м. Площадь половины поверхности полусферы составляет  $S = 2\pi R^2 = 100,5$  м<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Кстати, один из куполообразных домов, построенных компанией Natural Spaces Domes, действительно выдержал землетрясение и выстоял, при том, что большинство остальных домов города Темуко (Temuko) в Чили были разрушены (см. [http://www.naturalspacesdomes.com/featured\\_domes/ChileDome.htm](http://www.naturalspacesdomes.com/featured_domes/ChileDome.htm)).



**Рис. 1.17.** Тестовый дом прямоугольной формы



**Рис. 1.18.** Тестовый дом в форме полусферы (геодезический купол)

Объем сферы составляет  $V = (4\pi R^3)/3 = 268 \text{ м}^3$ , значит, объем купольного дома (полусфера) составит  $134 \text{ м}^3$ .

Таким образом, при почти одинаковом объеме ( $130 \text{ м}^3$  против  $134 \text{ м}^3$ ) площадь поверхности прямоугольного дома составляет  $128,0 \text{ м}^2$ , а площадь поверхности купольного дома —  $100,5 \text{ м}^2$ .

Таким образом, купольный дом потребует меньше затрат на обогрев (из-за снижения потерь на рассеяние тепла), как минимум — 20%. Очевидно, что и построение системы отопления потребует меньше затрат, так как для этого потребуется меньшая

мощность. Кроме того, если меньше тепла рассеивается, то и меньше тепла проникает внутрь — следовательно, удастся снизить и расходы на кондиционирование.

На самом деле новое — это хорошо забытое старое, и купол, как архитектурная форма, известен с давних времен, поскольку представляет собой особо прочную конструкцию, способную накрывать большие площади. Конструкцию геодезического купола, о которой пойдет речь в дальнейшем, изобрел и запатентовал в 1951 году американский изобретатель Ричард Бакминстер Фуллер (Richard Buckminster "Bucky" Fuller). Над этой идеей изобретатель работал с 1947 года, искренне надеясь, что применение геодезических куполов в строительстве поможет решить послевоенный жилищный кризис.

## Преимущества купольных домов

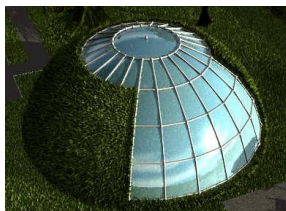
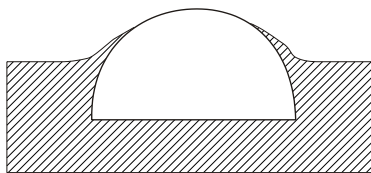
Очевидные преимущества строений на основе геодезического купола определяются свойствами сферы:

- ❑ Максимальный внутренний объем при одинаковой с "прямоугольным" строением полезной площади. В куполообразных строениях больше воздуха и света. Кроме того, куполообразная форма позволяет до 30% снизить затраты на строительные материалы.
- ❑ Минимальная площадь внешней поверхности при одинаковой с "прямоугольным" строением полезной площади. Это означает, что в зимнее время снижается рассеивание тепла, а летом — меньше тепла поглощается. Соответственно, до 30% снижаются и расходы на обогрев (зимой) и кондиционирование (летом).
- ❑ Геодезический купол — это очень легкая конструкция. Поэтому для постройки купольного дома не нужен мощный и дорогостоящий фундамент.
- ❑ Геодезический купол может иметь любое количество окон. Можно остеклить хоть весь купол, и это почти не повлияет на его прочностные характеристики.
- ❑ В конструкции купольного дома отсутствует отдельная "крыша" — нет стропильной системы и тяжелых перекрытий. Поэтому купольный дом обладает повышенной сейсмической устойчивостью, и даже если будет разрушено до 35% элементов конструкции, это не приведет к ее обрушению (см. ранее при-

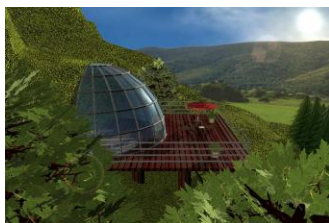
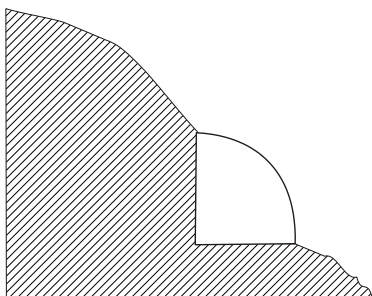
веденный пример купольного дома, выстоявшего землетрясение магнитудой 7,5 баллов).

- Недостижимая для других строений прочность, позволяет купольным строениям выдерживать большую снеговую нагрузку.
- Непревзойденная аэродинамика куполов обеспечивает отличное огибание ветрами. Купольные дома реально доказали свою непревзойденную устойчивость во время разрушительных ураганов и смерчей на побережье США.
- Небольшой купольный дом не имеет несущих стен, в большом — несущие стены можно устанавливать достаточно произвольно, что дает больше свободы при внутренней планировке.
- Через меньшую площадь поверхности проникает меньше звуков, что делает жизнь в купольном доме более комфортной.
- Симметрия сферы позволяет наиболее эффективно ориентировать в пространстве размещенные на ней солнечные батареи и модули солнечных коллекторов.
- Купольный дом можно как угодно разместить на участке — он все равно "круглый". Его можно даже построить как на равнинной, так и на холмистой местности и даже "замаскировать" (рис. 1.19), потому что купольные конструкции настолько прочны, что вполне могут выдержать нагрузку от слоя почвы с дерном. И при этом здание не будет "бункером" — о технологии строительства и внутреннего обустройства мы поговорим в следующих главах.
- И, опять же, повторимся — купольный дом, если его правильно построить, будет просто очень красив...

Геодезический купол по своей сути — конструктор, имеющий малую номенклатуру типовых элементов, поэтому для его сборки из готового комплекта не требуется высококвалифицированная рабочая сила, а сама сборка производится очень быстро. Еще одна особенность геодезического купола — для его постройки, как правило, не требуется тяжелая строительная техника, потому что все его элементы имеют малый вес и размер, их легко монтировать вручную. Идеальная аэродинамическая форма геодезического купола и быстрое возведение делают возможным возведение купольных построек в условиях действия ураганных ветров и в сложных климатических условиях.



а) Замаскированное куполообразное здание на равнинной местности



б) Замаскированное куполообразное здание на холмистой местности

**Рис. 1.19.** Примеры расположения купольных зданий на различных видах местности

Жизнь в купольном доме может быть обустроена весьма комфортно — так, на рис. 1.20 и 1.21 представлены поэтажные планы здания "The Bear Creek Dome" (см. рис. 1.15).

Для полноты картины приведем пример оформления интерьеров этого дома-купола (рис. 1.22).

Дом-купол "The Bear Creek Dome" был сертифицирован по стандарту Energy Star как имеющий рейтинг 5-Plus (наивысшая оценка) и имеет индекс HERS, равный 55 (это — выдающийся результат).

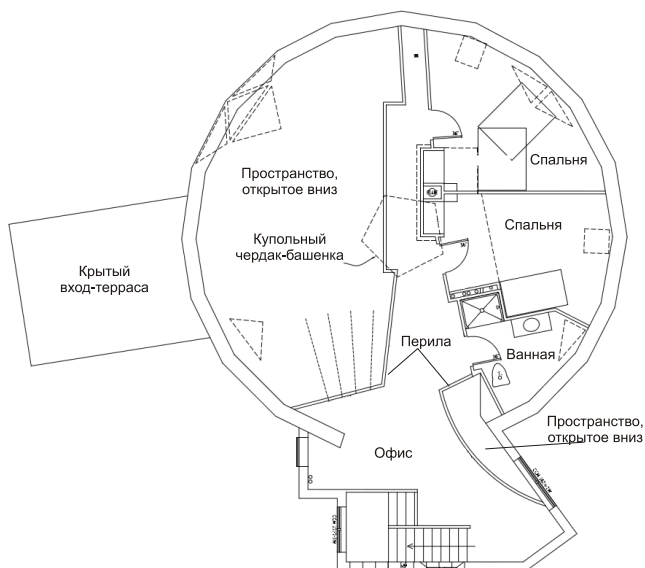
#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Energy Star — это международный стандарт для энергетически эффективных потребительских товаров, принятый в США в 1992 году. Данный стандарт был разработан на основе государственной программы, к которой впоследствии присоединились Австралия, Канада, Япония и Европейский Союз. Более подробную информацию о данном стандарте можно получить по следующим адресам: <http://www.energystar.gov/>, [http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_Star](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Star).





**Рис. 1.20.** План первого этажа дома-купола "The Bear Creek Dome"



**Рис. 1.21.** План второго этажа дома-купола "The Bear Creek Dome"



**Рис. 1.22.** Пример оформления интерьеров в доме "The Bear Creek Dome"

Анализ энергетической эффективности дома включает в себя анализ рабочего проекта дома и инспекцию "на месте". На основе плана дома организация, занимающаяся сертификацией, использует специализированное программное обеспечение, позволяющее выполнить анализ энергетического баланса конструкции дома. В результате этого анализа выводится предварительный рейтинг HERS (Home Energy Rating System). После завершения анализа плана, оценщик работает с застройщиком, с тем чтобы выявить возможности по повышению энергетической эффективности, позволяющие добиться высокого рейтинга по стандарту Energy Star. После завершения строительства сертифицирующая организация производит инспекцию объекта, в том числе проверку герметичности, включая тест давлением (blower door test) для проверки герметичности ограждающих конструкций здания и тест герметичности трубопроводов (duct test). О методике проведения этих тестов будет рассказано в *главе 2*. По результатам этого тестирования, в сочетании с информацией, полученной на основе анализа проекта дома, и выводится общий индекс HERS.

Рейтинговая система Energy Star присваивает зданию численный рейтинг, отражающий оценку эффективности или неэффективности отдельных показателей. Чем меньше сумма набранных бал-

лов, тем эффективнее дом с энергетической точки зрения, и тем выше потенциальная экономия. Рейтинги HERS распределяются следующим образом:

- 70—0 — Выдающаяся эффективность
- 85—71 — Высокая эффективность
- 90—86 — Энергетически эффективный дом
- 100—91 — Хороший уровень энергетической эффективности
- 150—101 — Энергетическая эффективность выше среднего уровня
- 200—151 — Средний уровень энергетической эффективности
- 250—201 — Энергетическая эффективность ниже среднего уровня
- 300—251 — Допустимый уровень энергетической эффективности
- 400—301 — Низкая энергетическая эффективность
- 500—401 — Очень плохой уровень энергетической эффективности

## Недостатки геодезических куполов

У купольных конструкций есть свои недостатки, и геодезический купол — не исключение. Поэтому прежде чем строить купольный дом, надо получить хорошее понимание "родимых пятен" геодезических конструкций, досконально разобраться в особенностях проектирования и строительства геодезических куполов. Здесь нет ничего безмерно сложного... Просто "квадратные" дома строятся повсеместно, и недостатки такого строительства всем известны, а купольные дома (по крайней мере, у нас) — пока еще экзотика.

Перечислим основные недостатки геодезических конструкций и способы их устранения:

- Известная сложность расчетов. Геодезический купол невозможно чертить и рассчитывать только в двух плоскостях. Необходимо иметь развитое пространственное воображение и неплохие познания в программах 3D-графики. Впрочем, хорошим решением может оказаться покупка готовых проектов. Например, жители Москвы и Санкт-Петербурга могут обратиться в компанию Geo Dome (<http://www.geo-dome.ru/>).

- Нюансы и тонкости сооружения купольных конструкций не описаны в классической литературе по строительству, с ними не сталкиваются опытные строители в повседневной практике. Обращайтесь к профессионалам куполостроителям (например, <http://www.mydome.ru/about> — Союз куполостроителей России).
- При строительстве купольного сооружения (дома, ресторана, кемпинга) возникает больше отходов строительных материалов по сравнению с количеством отходов, которые неизбежны при возведении прямоугольной постройки. Это связано с тем, что строительные материалы поставляются, как правило, в прямоугольном виде, а основной строительный "кирпич" купола — треугольник. При покупке готового комплекта отходов не будет вообще — все будет привезено в виде "конструктора" и собрано на месте.
- Необходимость применения, во многих случаях, нестандартных, специально изготовленных окон, дверей, пожарных лестниц, специальной, сделанной на заказ мебели. Особые треугольные вертикальные или мансардные окна могут изготавливаться на заказ, однако они будут стоить дорого. Дешевле приобретать нестандартные изделия у специализированных компаний, которые занимаются изготовлением комплектов куполов для сборки и производством нестандартных узлов.

## **Проектирование домов в соответствии с "зелеными стандартами"**

"Зеленое строительство" за последние годы получает все более широкое распространение и устойчиво набирает силу. Проникает оно и в Россию, поэтому актуальным представляется рассмотрение изначального проектирования целых жилых кварталов,

"Зеленое" строительство является единым творческим процессом, и в этом его отличие от традиционного процесса проектирования, когда архитекторы разрабатывают архитектурно-плани-

ровочные решения, инженеры проектируют системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, водопроводные системы, ландшафтные архитекторы занимаются ландшафтным дизайном и т. д.

Один из основополагающих принципов "зеленого" строительства — увязка объекта строительства с окружающей средой в целом. Мы рассматриваем физическое месторасположение района строительства, а также учитываем, что здание может быть интегрировано с местными или региональными транспортными сетями, подключено к городским системам водоснабжения, электроэнергетики, газа и т. д. Важную роль играют и местные климатические условия. Кроме того, необходимо учитывать и экономические вопросы — доставку, перевозку строительных материалов. За счет этого и архитекторы, и инженеры могут не только сделать строительство здания более эффективным, но также снизить отрицательные влияния строительства и эксплуатации здания на окружающую среду.

Почему мы должны быть заинтересованы в снижении воздействия здания на окружающую среду? Процесс строительства здания составляет 35–40% от общего энергопотребления. Используя альтернативные решения при проектировании, проектировщики могут создавать здания, которые потребляют меньшее количество энергии.

"Зеленые" здания, расположенные и эксплуатируемые надлежащим образом, в любом случае оказываются лучше традиционных. Исследования показали, что при меньшем использовании энергии на обогрев или охлаждение стоимость их эксплуатации ниже. Средняя продолжительность эксплуатации зданий составляет около 50 лет. За это время стоимость эксплуатации, с точки зрения потребленной энергии и стоимости оборудования (меньший износ оборудования увеличивает срок его службы), может быть значительно снижена. Кроме того, жильцы, находящиеся в более здоровой и комфортабельной среде, имеют высокую трудоспособность и довольны проживанием в здании.

В заключительной части этой вводной главы обсудим архитектурные особенности проектирования, направленные на снижение

использования энергии в здании, и их оценку двумя рейтинговыми системами "зеленого" строительства — LEED и BREEAM.

Рассматривая стратегии проектирования "зеленого" строительства, оказывающие огромное влияние на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и на энергосистемы здания, мы также обратим внимание на требования трех наиболее широко известных "зеленых" стандартов и на соответствующие документы:

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, "лидерство в области энергетического и экологического проектирования") — рейтинговая система, разработанная американским Советом по зеленым зданиям (US Green Building Council) и опубликованная впервые в 1999 году. Система LEED состоит из 7 основных разделов. Каждый раздел разбит на определенные пункты, по которым проект может получить один или более баллов. Общее количество очков строительства может попадать в одну из четырех категорий сертификации, после чего зданию присваивается итоговая оценка. В данной главе рассматривается редакция LEED 2009 года.
- BREEAM (BRE Environmental Assessment Method, "метод экологической оценки Организации по исследованию зданий") — рейтинговая система, разработанная Британской Организацией по исследованию зданий (UK Building Research Establishment), впервые была опубликована в 1990 году. Эта система оценивает характеристику здания, и баллы начисляются по каждому пункту. Конечная оценка относит здание к одной из пяти категорий, и проекту присваивается общий балл. В данной главе рассматривается редакция BREEAM Europe Commercial 2009 года.
- Система сертификации DGNB (англ. — GSBC) была разработана немецким Советом по устойчивому строительству (DGNB) для использования в качестве инструмента при проектировании и оценке качества зданий во всесторонней перспективе. Являясь наглядной и понятной рейтинговой системой, система DGNB охватывает все значимые вопросы устойчивого строительства и отмечает выдающиеся здания по категориям: бронза, серебро и золото. Существует шесть аспектов, влияющих на оценку: экология, экономика, социально-культурный

и функциональный аспекты, методы, процессы, а также расположение. Сертификат свидетельствует о положительном воздействии строительства на окружающую среду и общество в количественном выражении. В некоторых высокопрофессиональных кругах считается, что GSBC является стимулом для дальнейшего развития LEED и BREEAM, т. е. он подает им пример того, в каком направлении развиваться дальше и какие аспекты следует расширять.

## **Местоположение здания**

Анализируя процесс проектирования "зеленого" здания, вначале мы рассмотрим место его строительства. Выбирая расположение площадки для застройки, при участии инженеров мы можем определить характерные особенности проекта. Эти особенности таковы: место застройки, возможность использования возобновляемых источников энергии, ориентация здания на участке, строительный тип здания и его инсоляция. Участие в работе инженеров на раннем этапе проектирования позволит улучшить защиту окружающей среды, уменьшить потребление энергии, снизить отрицательное воздействие на окружающую среду и даже использовать (в настоящее время или в будущем) возобновляемые источники энергии.

## **Расположение площадки застройки**

Выбор площадки для застройки, как правило, не является сферой деятельности инженеров. Однако при выборе расположения застройки существует ряд моментов, которые могут повлиять на энергетические характеристики здания. Рекомендации инженеров могут помочь при выборе решения.

Во-первых, существует возможность попадания в здание загрязненного воздуха. Инженеры могут сообщить о потенциальных источниках загрязнения от близлежащих промышленных объектов, а также о качестве воздуха. Эти факторы могут оказывать существенное влияние на качество воздуха внутри здания. В частности, в пункте 8 "Качество внутреннего воздуха" (Indoor Air Quality) раздела "Здоровье и благополучие" (Health and

Wellbeing) BREEAM упоминается о близости расположения источников внешнего загрязнения. Это особенно актуально для городов, где магистрали и промышленные объекты могут находиться в непосредственной близости с воздухозаборниками здания.

Во-вторых, инженеры могут определять существующий уровень грунтовых вод на участке и его топографию. И в BREEAM, и в LEED, и в DGNB рассматриваются вопросы отвода ливневых вод и уровень почвенных вод. Для более качественного дренирования (дренажа) площадки, выбора самой площадки с разной топографией и разным дренажом, инженеры могут посоветовать наиболее предпочтительные месторасположения застройки на данном участке.

В BREEAM ливневые стоки рассматриваются в двух пунктах (оба в разделе "Загрязнение" (Pollution) данной рейтинговой системы), тогда как LEED относит почвенные воды к разделу "Устойчивый участок" (Sustainable Site), пункт 1 — "Выбор участка" (Site Selection — SS), а ливневый сток к пунктам 6.1 и 6.2 SS.

Согласно BREEAM и LEED, инженеры могут оценивать местоположения, которые не приемлемы для дренажа. Или, с учетом выбранного участка, они могут порекомендовать пути дренажа или перенаправления водных потоков в соответствии с требованиями пунктов BREEAM и LEED.

## **Возобновляемые источники энергии**

На площадках застройки возможно использование возобновляемых источников энергии. При протяженном южном направлении возможна генерация солнечной энергии, открытое пространство дает возможность получения энергии ветра. В отдельных случаях возможно получение геотермальной энергии, вода из ближайших источников может использоваться в системах теплообмена. Близлежащие фермы могут служить источником снабжения здания метаном.

Рейтинговые системы BREEAM и LEED дают баллы проектам, в которых используется получение возобновляемой энергии на месте или за пределами площадки. Система LEED — раздел "Энергия и атмосфера" (Energy and Atmosphere — EA), пункт 2



"Местные возобновляемые источники энергии" (On-site Renewable Energy) — дает от 1 до 7 баллов за использование возобновляемых источников энергии на месте. Начиная с 1 балла за 1% сокращения годовых затрат до 7 баллов за 13% сокращения годовых затрат на энергию оцениваются проекты, которые уменьшают использование ископаемого (невозобновляемого) топлива в энергопотреблении здания. Пункт 6 "Зеленая энергия" (Green Power) раздела EA системы LEED дает 2 балла проектам, которые используют, как минимум, 35% электрической энергии за счет ее поставки от внешних источников. Пункт 5 "Низкая или нулевая углеродные технологии" (Low or Zero Carbon Technologies), пункт 5 "Энергия" системы BREEAM дает до 4 очков проектам, снижающим содержание  $\text{CO}_2$  на 10, 15 или 20% за счет использования специальных низкой или нулевой углеродных технологий. Эти технологии включают: солнечную энергию, воду, ветер, биомассы, тепловые насосы (грунт, вода, воздух или геотермальные источники), когенерацию (с использованием биомассы, природного газа или биогаза в качестве источника топлива) и системы местного теплоснабжения (с использованием тепла, полученного в процессе эксплуатации здания).

В пункте 4 "Выделения  $\text{NOx}$  от источника теплоты" ( $\text{NOx}$  Emissions From Heating Source) раздела "Загрязнение" (Pollution) система BREEAM рассматривает выделение оксидов азота  $\text{NOx}$  при сжигании природного топлива. Обычно при отоплении здания от сети электроснабжения выделяется  $\text{NOx}$  в количестве, превышающем требования BREEAM. В перечне A9 BREEAM записано, что в Российской Федерации среднее значение выделения  $\text{NOx}$  от электросети составляет 2300 мг/кВтч. Использование таких возобновляемых источников энергии, как ветер или солнечная энергия, в качестве источников электроэнергии поможет проекту получить до 3 баллов по этому пункту.

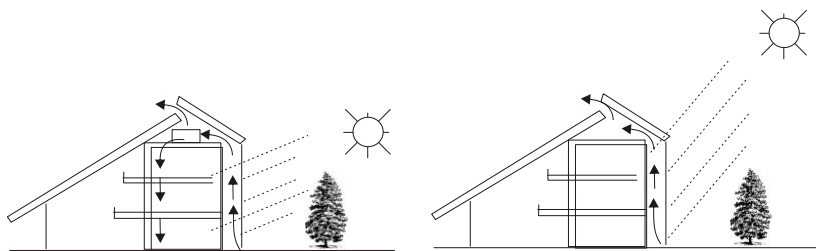
### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Налоговая нагрузка на собственника жилья снижается пропорционально количеству набранных баллов.

## Ориентация

Ориентируя основной фасад здания на южную сторону, получим дополнительную возможность обогрева здания за счет солнечной энергии в холодные месяцы года, что понизит стоимость обогрева. Южное направление также увеличит использование светового дня, следовательно, снизится потребность в электрическом освещении в течение дня. Южная ориентация здания также может использоваться для получения солнечной энергии или нагревания воды для обогрева самого здания. Любая из этих стратегий поможет снизить общее энергопотребление здания. Использование солнечной энергии на площадке не только решает вопрос ориентации здания, но и вопросы затенения, яркости освещения, анализа оболочки здания, в том числе теплоизоляции, остекления и выбора материалов.

На рис. 1.23 показан пример проектирования здания, в котором в зимний период солнечная энергия поступает через двойной фасад, благодаря чему существенно улучшается общий баланс тепловой энергии в течение всего года (уменьшение количества тепловой энергии приблизительно на 50% в год). Южная сторона должна иметь подходящую защиту от летнего перегрева и желательно, чтобы она находилась в тени деревьев, чтобы ограничить влияние солнечного излучения в наиболее жаркие месяцы.

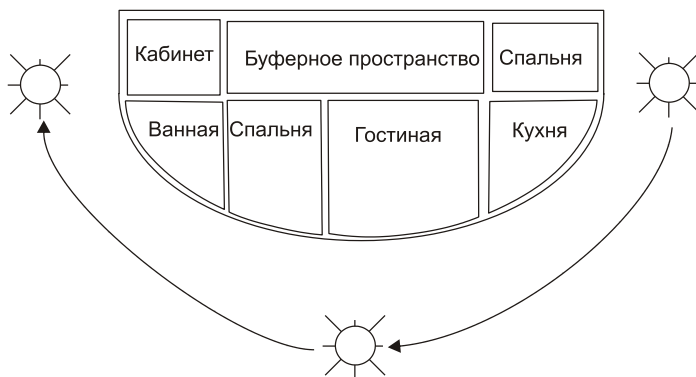


**Рис. 1.23.** Пример проектирования здания для пассивного солнечного отопления через двойной фасад

При выборе ориентации здания также учитывается и влияние климата. Преобладающие ветра, их направление и скорость, относительная влажность воздуха, растущие деревья, географиче-

ское месторасположение, в том числе холмы и находящиеся рядом строения — все это изначально влияет на энергопотребление здания.

В местности с умеренным и холодным климатом, чем длиннее стена вашего дома, обращенная на юг, тем лучше — это поможет получить максимальный выигрыш от солнечного освещения (рис. 1.24). Отличным решением в этом случае будут компактные здания, окна которых развернуты навстречу низкому зимнему солнцу, поскольку это позволит получить максимальный выигрыш по дневному освещению зимним солнцем и избежать нежелательного летнего перегрева.



**Рис. 1.24.** Планировка типичного американского "солнечного дома" для умеренного и холодного климата

Однако ветер не всегда играет отрицательную роль: определение направления ветра может помочь инженерам в правильном выборе места вентиляционных отверстий или в решении применить естественные системы вентиляции, что также снизило бы потребление энергии зданием. В более теплых климатических зонах здание может быть размещено таким образом, чтобы направление ветра в ночное время охлаждало здание.

При расчете теплового баланса здания с учетом влияния климата часто возникает необходимость поиска компромиссов между

температурными характеристиками и естественным освещением. Поэтому на инженере лежит ответственность по определению возможностей и необходимых требований, предъявляемых при строительстве здания.

В системах LEED и BREEAM есть ряд пунктов, на которые может влиять ориентация здания. В пунктах 5.1 и 5.2 "Разработка участка" (Site Development) раздела "Устойчивость участка" (Sustainable Site) системы LEED рассматривается размер площади насаждений, сохраненных после разработки, а также нарушения (беспорядок), вызванные строительством. Для уменьшения изменений микроклимата, вызванных строительством здания, пункты 7.1 и 7.2 "Эффект "теплового острова"" (Heat Island Effect), в отечественной практике используется также термин "тепловой купол", поощряют обустройство зеленых крыш и других насаждений. В системе BREEAM определение места строительства здания рассматривается в пунктах 3, 4, 5 и 6 раздела "Ландшафт и экология" (Landscape and Ecology). Здесь указывается, что при строительстве здания необходимо минимизировать влияние на существующую экологию: деревья, источники воды, животный мир. В системах LEED и BREEAM ориентация здания на участке может иметь существенное влияние для получения баллов.

Очень важно, что результат выбора ориентации может повлиять на энергопотребление здания. В системе LEED, раздел "Энергия и атмосфера" (Energy and Atmosphere, EA), необходимое условие 2 "Характеристика минимального энергопотребления" (Minimum Energy Performance), моделируется оболочка здания и инженерные системы, которые отвечают основным минимальным стандартам, затем моделируется новый строительный проект, и по стоимости энергии он должен иметь 10% усовершенствований. Следовательно, чтобы получить сертификацию LEED, необходимо выполнить это условие. В соответствии с пунктом 1 "Оптимизация характеристики энергопотребления" (Optimize Energy Performance) раздела EA, при снижении стоимости энергии до 48% сверх базовых данных дополнительно присваивается 19 баллов. Очевидно, что правильное размещение здания дает преимущества при охлаждении ветром или солнечном обогреве, что поможет заработать проекту эти дополнительные баллы.

В системе BREEAM использование энергии оценивается не по стоимости, а по затратам энергии или выделению углекислого газа. Пункт 1 "Энергоэффективность" (Energy Efficiency) раздела "Энергия" (Energy) дает 15 баллов при совершенствовании базового варианта. Проект здания должен моделироваться с использованием соответствующего программного обеспечения, и затем он сравнивается с методологией расчета, принятой в данной стране. Если такой методологии не существует, тогда инженеры могут использовать известные программные обеспечения динамического моделирования, которые соответствуют BREEAM. Кроме того, они могут соответствовать перечню стратегий энергосбережения, упомянутых в документации BREEAM, и по этому пункту можно получить до 10 баллов.

## Учет формы здания

Общая форма здания (его геометрия, объем) существенно влияет на его энергопотребление. Отношение площади здания к площади поверхности ограждений может также влиять на энергопотребление здания. Проникновение естественного света внутрь помещения не только снижает потребность в искусственном освещении, но и улучшает психологическое воздействие на людей, находящихся в здании. Размер окон, тип остекления и размещение людей по отношению к окнам — все это составные части проекта, которые влияют на количество и качество естественного освещения в здании. Появляется возможность обустройства "зеленых" крыш, сокращающих объемы ливневых стоков, увеличивающих теплозащиту и снижающих суточные колебания температуры.

Разделы BREEAM и LEED, касающиеся формы здания и светопроницаемости, в первую очередь направлены на вопросы естественного освещения, а также количества и качества воздуха в помещениях. Для снижения потребления энергии, что даст дополнительные баллы, инженеры принимают решения, связанные с общим объемом здания и его ориентацией. Кроме того, они могут дать советы при выборе формы здания, с точки зрения воздействия на него солнечной энергии и энергии ветра.

Что касается дневного освещения, то по системе LEED, пункт 8.1 "Дневной свет" (Daylight) раздела "Качество воздуха внутри помещения" (Indoor Environmental Quality — IEQ), регламентируется минимально допустимая освещенность для здания, где постоянно находятся люди. По IEQ пункт 8.2 "Виды" (Views) необходимо, чтобы по прямой линии просматривалось до 90% занимаемого пространства внутри здания. В соответствии с пунктом 1 "Дневной свет" (Daylight) раздела "Здоровье и благополучие" (Health and Wellbeing) по системе BREEAM, для различных категорий людей необходим некий фактор минимального дневного освещения (соотношение освещенности). Пункт 2 "Вид внутри помещения" (View Out) определяет, что размещение работающих людей по отношению к окну должно осуществляться в пределах 7 м. Что касается пункта 3 "Контроль бликов" (Glare Control), то здесь необходима установка затеняющих устройств на все окна, зенитные фонари и застекленные двери.

Качество воздуха внутри помещения, энергопотребление и вентиляция также напрямую связаны как с формой здания, так и со светопроницаемостью. В рейтинге LEED учитывается снижение потребления энергии в том числе за счет оптимизации использования окон и других проемов. Рассматривается объем и скорость приточного воздуха. Уделяя особое внимание вопросам ориентации здания, за счет оптимизации его формы и светопроницаемости, можно повысить уровень воздухообмена, что даст дополнительные баллы.

Система BREEAM также рассматривает естественную вентиляцию, учитывается размер и месторасположение окон, перетоки воздуха, которые проверяются посредством, например, моделирования воздушных потоков. В тех случаях, когда окна не используются или глубина здания в плане составляет более 15 м, в расчетах должны быть представлены соответствующие перетоки воздуха внутри здания. Также учитываются внешние загрязнения, уровень CO<sub>2</sub> и качество наружного воздуха, поступающего в здание. Правильно размещенные воздухозаборные устройства, наравне с окнами, способствуют получению баллов.

В рейтинге BREEAM можно получить два балла, если имеется документация, отражающая температурный анализ.

Рейтинговые системы рассматривают вопросы снижения использования хладагентов при эксплуатации здания. В новых строительных проектах, согласно LEED, запрещается использование хладагентов на основе CFC (хлор-фтор-углерод). BREEAM дает один балл тем проектам, в которых совсем не используются хладагенты или же применяются те из них, у которых потенциал разрушения озонового слоя ODP (Ozone Depleting Potential) равен 0, а потенциал глобального потепления GWP (Global Warming Potential) менее 5. За счет применения естественной вентиляции и соответствующей ориентации здания можно отказаться от применения систем кондиционирования воздуха, что также поможет получить проекту дополнительные очки.

Таким образом, участие инженеров необходимо на раннем этапе проектирования "зеленого" строительства. Рассматривая вопросы выбора местоположения здания, его формы и ориентации, инженеры могут повлиять на то, как в здании будет использоваться энергия, и помочь спроектировать его наилучшим образом с точки зрения защиты окружающей среды.

## **Заключение**

Итак, в этой первой, вводной главе мы рассмотрели градостроительные и архитектурно-планировочные решения по энергосбережению и в заключение привели пример того, как могут выглядеть эскизные проекты пассивных и "зеленых" домов. В дальнейших главах все энергосберегающие решения и технологии, направленные на их реализацию, будут рассмотрены более подробно и проиллюстрированы конкретными примерами.

## Глава 2

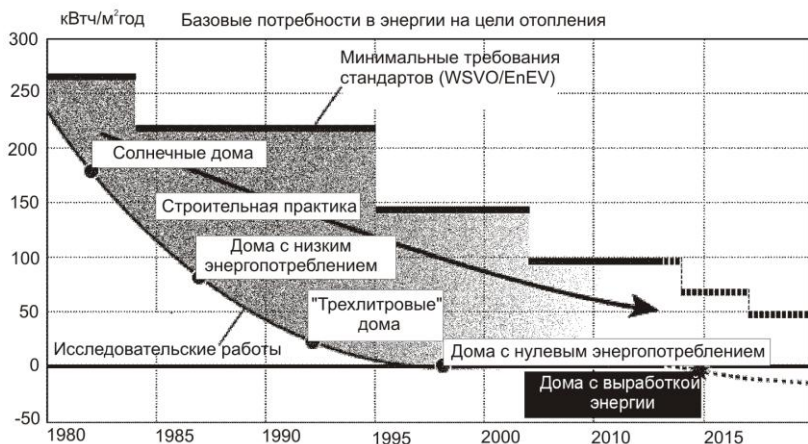
# Общетеоретические принципы функционирования энергосберегающих и пассивных домов

Пассивный дом (нем. — Passivhaus, англ. — Passive house) — это строительный стандарт, который не только позволяет строить энергетически эффективные и экономичные в эксплуатации здания, но и создает комфортные условия проживания, а также оказывает минимальное негативное влияние на окружающую среду. Пассивный дом — это не бренд, а целая строительная концепция, которая явилась результатом совершенствования технологий строительства и теплозащиты за последние 30 лет. В схематичном виде история развития строительных стандартов и технологий, начиная с 1980-х годов прошлого века и до наших дней, а также на ближайшую перспективу, представлена на рис. 2.1.

Как уже отмечалось ранее в *главе 1*, энергосбережение является лишь частью еще более общей и важной концепции — экологического, или так называемого "зеленого" строительства. Динамика развития одного из "зеленых стандартов", DGNB, который считается наиболее прогрессивным, так как является рейтинговой системой второго поколения, с момента его публикации и до настоящего времени, представлена на рис. 2.2.

При этом строительная концепция не просто пассивного, но и экологически чистого дома доступна для всех и убедительно доказала свое преимущество на практике. Под пассивным домом понимается дом, который теплоизолирован настолько эффективно, что на его отопление требуется не более  $15 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ .





**Рис. 2.1.** История развития строительных стандартов и соответствующих им законодательных актов, принятых правительством Германии, с точки зрения потребности в энергии на нужды отопления.

Цитируется по следующему источнику: "Материалы Фраунhoferовского института строительной физики" (Fraunhofer Institut für Bauphysik)



**Рис. 2.2.** Динамика развития стандарта экологического строительства DGNB с момента публикации и до настоящего времени

При таком низком потреблении энергии (фактически, это означает, что на отопление многоквартирного дома в течение года сжигается от 200 до 300 л жидкого котельного топлива) оставшиеся потребности в обогреве могут быть удовлетворены за счет подогрева свежего воздуха, поступающего в дом через управляемую вентиляционную систему. Владельцы многих пассивных домов полностью отказались от традиционных отопительных котлов и обеспечиваемых ими систем парового отопления и горячего водоснабжения. В Германии и других европейских странах стандарт на "пассивный дом" в будущем должен вытеснить строительные стандарты, действующие на текущий момент.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

В то же самое время в США действует система оценки энергетического рейтинга дома — так называемый индекс HERS (Home Energy Rating System). Индекс HERS представляет собой рейтинговую систему, разработанную сетью энергетических компаний Residential Energy Services Network (RESNET)<sup>1</sup>. В соответствии с этой рейтинговой системой дом, возведенный по спецификации типового дома HERS, построенной на основе Международного кодекса по энергосбережению (International Energy Conservation Code)<sup>2</sup>, получает рейтинг HERS, равный 100, а "нулевой дом" (Zero Energy House, ZEH) — индекс, равный нулю (рис. 2.3). Таким образом, чем ниже рейтинг HERS, тем выше энергетическая эффективность дома. Снижение индекса HERS на один пункт соответствует снижению потребления энергии на один процент по сравнению с типовым домом HERS. Для коммерческих зданий и многоквартирных домов в США действует система оценки COMNET, которую можно рассматривать в качестве аналога RESNET, только для коммерческого сектора. Система состоит из технического компонента, который занимается разработкой правил и процедур для энергетического моделирования, а также аттестацией и контролем качества среди разработчиков энергетической модели и аудиторов. Рейтинг COMNET позволяет владельцам зданий претендовать на льготное налогообложение.

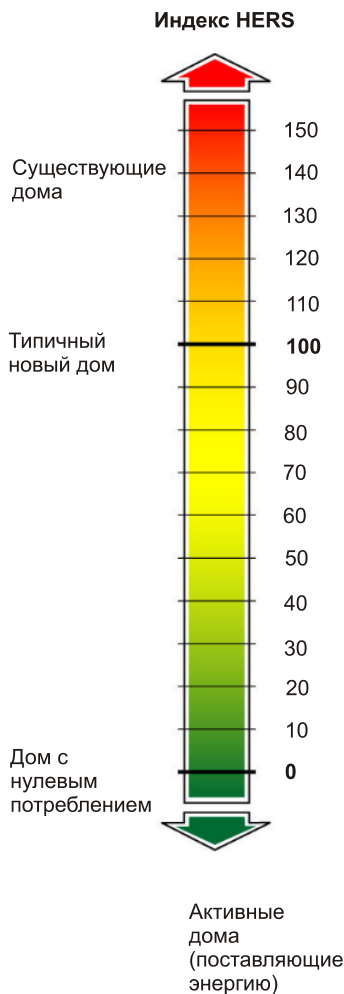
---

<sup>1</sup> Сеть энергетических служб жилого сектора (RESNET) является национальной неправительственной организацией, которая разработала стандарты и сертифицирует специалистов по энергетическому аудиту и оценке энергосбережения в жилых домах. Рейтинг RESNET включает как расчетные показатели, так и проверку с выездом на место, которую проводит сертифицированный специалист. См. <http://www.imt.org/files/FileUpload/files/Rating%20System%20Paper%20rus.pdf>.

<sup>2</sup> См. [http://reca-codes.org/pages/current\\_code.html](http://reca-codes.org/pages/current_code.html), <http://www.energycodes.gov/residential.stm>, [http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Energy\\_Conservation\\_Code](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Energy_Conservation_Code). — *Прим. ред.*

Разумеется, принципы строительства пассивных зданий в том виде, в котором они изначально были представлены Вольфгангом Файстом, справедливы для стран с умеренным климатом. Применительно к суровым климатическим условиям России некоторые из этих положений требуют пересмотра или коррекции. Естественно, "пассивный дом", оптимизированный для климатических условий Германии и Средней Европы, нельзя непосредственно и без доработки применить для той части России, где проживает большинство ее жителей. Например, согласно СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий", требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период для многоквартирных отдельно стоящих и сблокированных домов этажностью от 1 до 4 этажей, а также многоквартирных зданий, должен составлять от 95 до 195 кВтч/(м<sup>2</sup>×год). Реальный же расход, особенно для старых зданий, превышает даже эти показатели в несколько раз.

И хотя, например, такой низкий показатель, как расход энергии на отопление не более 15 кВтч/(м<sup>2</sup>×год), в наших условиях достижим со значительными оговорками, но вполне реально стремиться к таким величинам удельного расхода на ото-



**Рис. 2.3.** Оценка энергетической эффективности дома по рейтингу HERS

пление, как  $25 — 35 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ , что примерно соответствует так называемому стандарту "трехлитрового дома" (см. рис. 2.1). Даже этот показатель существенно лучше, чем требования нашего СНиП, и уже это позволит добиться значительной экономии энергии. В настоящее время в России энергетические паспорта в том виде, в котором они используются, рассматривают только нормы по теплозащите, включая ограждающие конструкции, и в целом энергетическую эффективность всей системы доставки тепла, однако не учитывают освещение и вентиляцию.

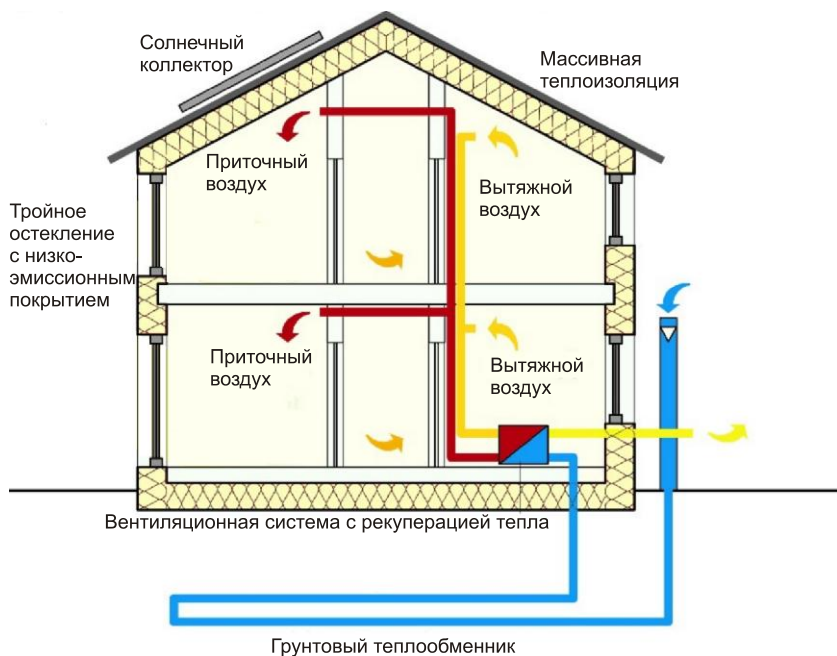
Но основные принципы энергетически эффективного строительства универсальны, и богатый опыт Института пассивного дома, безусловно, следует изучать и осваивать. На сегодняшний день в России этим занимается НП ("Некоммерческое партнерство") АВОК (<http://www.abok.ru/>), профессиональное сообщество "Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике".

Вкратце концепция пассивного дома выглядит следующим образом (рис. 2.4):

- снижение тепловых потерь за счет улучшенной теплоизоляции стандартных строительных элементов (кровля, стены, полы), уменьшение или полная ликвидация "тепловых мостиков"<sup>1</sup>, герметизация оболочки здания, формируемой его ограждающими конструкциями, применение специальных окон, предназначенных именно для пассивного дома;
- оптимизация тепловых поступлений за счет применения вентиляционной системы с рекуперацией тепла из вытяжного воздуха, а также использования альтернативных источников энергии (тепловых насосов, грунтовых теплообменников, солнечных коллекторов и др.).

---

<sup>1</sup> "Тепловые мостики" — это "слабые места" в теплоизоляции здания, где происходят наиболее масштабные утечки тепла через небольшие участки поверхности. Они будут подробно рассматриваться далее в данной главе.



**Рис. 2.4.** Разрез пассивного дома, иллюстрирующий принципы его функционирования — массивная теплоизоляция, специальные окна, сертифицированные для пассивных домов, система вентиляции с рекуперацией тепла и использование альтернативных источников энергии

Чтобы обеспечить столь жестко заданную требуемую величину удельного расхода тепловой энергии на отопление, равную  $15 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ , для пассивных домов в климате Средней Европы со временем был установлен ряд обязательных требований:

- коэффициенты теплопередачи  $U$  для наружных стен, кровли и полов первого этажа должны составлять менее  $0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$  (или  $R_0^1 \geq 6,7 \text{ (м}^2 \times \text{°C)}/\text{Вт}$ , где  $R_0 = 1/U$ );
- для остекления  $U_{\text{ост}} \leq 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$  или  $R_0 \geq 1,4 \text{ (м}^2 \times \text{°C)}/\text{Вт}$ ;
- для оконного профиля  $U_{\text{проф}} \leq 0,8 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$  или  $R_0 \geq 1,25 \text{ (м}^2 \times \text{°C)}/\text{Вт}$ ;

<sup>1</sup> Коэффициент сопротивления теплопередаче, величина, обратная коэффициенту теплопроводности  $U$ . Применяется в российских СНиП. — Прим. ред.

- приведенный коэффициент теплопередачи окна с учетом монтажа в стену  $U_{\text{окн}} \leq 0,85 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$  или  $R_0 \geq 1,2 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{С)}/\text{Вт}$ ;
- максимально возможное снижение негативного эффекта от "тепловых мостиков". Это влияние можно не учитывать, если линейный коэффициент теплопередачи  $\Psi \leq 0,01 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$ ;
- чтобы обеспечивался эффективный возврат тепла, КПД рекуператора должен составлять не менее 75% (рекомендованные значения — 80% и более);
- должна обеспечиваться герметичность наружной оболочки здания. Кратность воздухообмена<sup>1</sup> при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха должна составлять  $n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$ .

В этой главе мы рассмотрим такие важные разделы, касающиеся строительства зданий с низким потреблением энергии и пассивных домов, как:

- конструирование без "тепловых мостиков";
- воздухонепроницаемость;
- контроль уровня влажности.

## Общие понятия тепловой защиты зданий

Задачи тепловой защиты зданий не сводятся только к экономии энергии. Энергетически эффективные здания должны обеспечивать комфортные условия проживания и здоровый микроклимат в помещениях. Но что конкретно подразумевается под комфортными условиями, и каково их точное определение?

## Ощущение комфорта в помещениях

В общем случае комфорт в помещении зависит от следующих факторов:

- температуры внутреннего воздуха в помещениях;
- температуры внутренних поверхностей стен, ограждающих помещение;

---

<sup>1</sup> Кратность воздухообмена — это величина, значение которой показывает, сколько раз в течение 1 часа воздух в помещении полностью заменяется на новый. — *Прим. ред.*

- ☐ температуры поверхности пола;
- ☐ относительной влажности воздуха в помещениях;
- ☐ скорости движения воздуха;
- ☐ вида деятельности человека.

## Температурные режимы в помещении

Стандартные показатели микроклимата в помещении, обеспечивающие комфортное самочувствие человека, перечислены в табл. 2.1.

При этом под суммарной температурой помещения  $t_M$  понимается сумма температуры воздуха в помещении  $t_i$  и средней температуры внутренних ограждающих поверхностей помещения  $t_p$ :

$$t_M = t_i + t_p \quad (2.1)$$

$$t_p = \frac{t_{p1}S_1 + t_{p2}S_2 + \dots + t_{pn}S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}. \quad (2.2)$$

Здесь  $t_{p1}, t_{p2}, \dots, t_{pn}$  — температуры внутренних поверхностей отдельных строительных конструкций,  $S_1, S_2, \dots, S_n$  — площади этих конструкций, а  $n$  — количество отдельных типов строительных конструкций.

**Таблица 2.1.** *Параметры окружающей среды, обеспечивающие комфортное самочувствие человека*

Тип здания		Температура воздуха в помещении $t_i$ , °C	Суммарная температура $t_M$ , °C	Относительная влажность воздуха $\phi$ , %	Скорость воздуха, м/с
Жилые и общественные		20 — 22	38	40—60	< 0,1
Производственные (в зависимости от вида работы)	Сидячая	18—20	36	50—60	< 0,15
	Легкая	16—18	32—36	50—60	< 0,15
	Средняя	14—16	26—32	50	< 0,2
	Тяжелая	12—14	20—26	45	< 0,2

В общем случае, чтобы микроклимат в помещении воспринимался как благоприятный, там не должно быть ни слишком жарко, ни слишком холодно. Кроме того, повышенная влажность воздуха (относительная влажность воздуха свыше 70%) воспринимается как неприятные условия, и наоборот, жильцы начинают жаловаться, если воздух в занимаемых ими помещениях слишком сухой (т. е. его относительная влажность составляет менее 40%). Летом небольшой сквознячок воспринимается как приятная прохлада, в то время как в более холодные времена года он вызывает неприятное ощущение озноба. Тем не менее, до известной степени проветривать помещения необходимо и зимой — чтобы удалять из воздуха неприятные запахи и избыточную влагу. Небольшие колебания температуры способствуют кругообороту воздуха, в то время как слишком большие температурные скачки вызывают цепную реакцию простудных заболеваний.

Таким образом, условия, приведенные в табл. 2.1, являются необходимыми, но недостаточными условиями комфортности микроклимата. Важную роль играют не только эти параметры, но и разница между температурой воздуха в помещении и температурами внутренних поверхностей ограждающих конструкций. Эти значения, в зависимости от типа конструкций и их назначения, приведены в табл. 2.2.

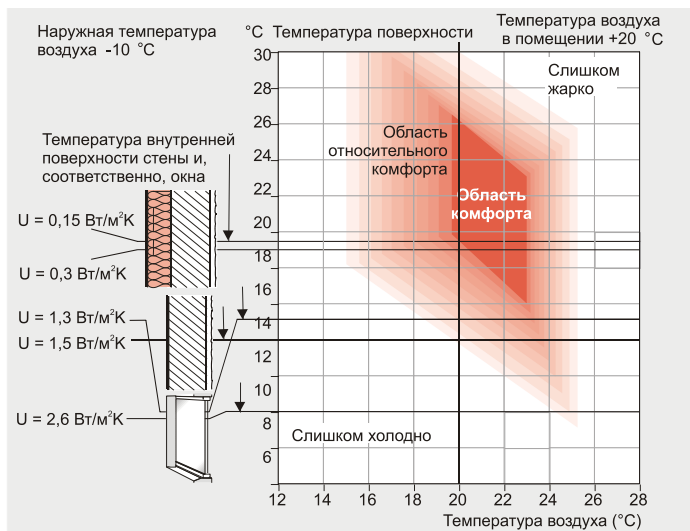
На диаграмме, представленной на рис. 2.5, показана зависимость комфортности микроклимата в жилом помещении от температур поверхностей и температуры воздуха. На диаграмму нанесены температуры внутренних поверхностей наружной стены и окна с двойным стеклопакетом в холодный зимний день. Как видите, при более высокой температуре поверхности стены (выше 18 °С) необходимый уровень комфорта достигается при более низких температурах воздуха в помещении.

Таким образом, человек и зимой и летом чувствует себя комфортно в помещении, где температура воздуха составляет от 20 до 22 °С, относительная влажность воздуха — от 40 до 60%, и температуры стен и потолков зимой не более чем на 4—6 °С ниже, а летом — не более чем на 4—6 °С выше температуры воздуха в помещении.

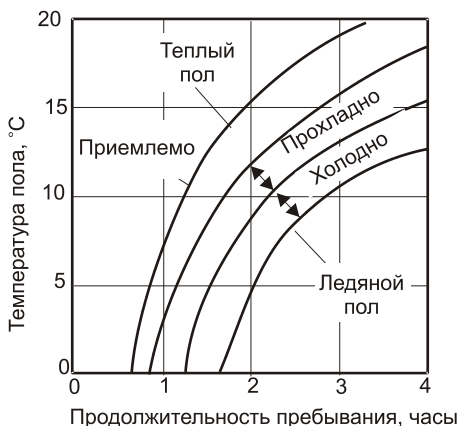


**Таблица 2.2.** Допустимые перепады температур между внутренним воздухом и поверхностями строительных конструкций

Тип здания		Конструкции					
		Наружные			Внутренние		
		Вертикальные	Горизонтальные		Вертикальные	Горизонтальные	
			Плоские кровли	Полы		Потолки	Полы
Жилые и общественные		4	2,2	3	4	4	3
Производственные (в зависимости от вида работы)	Сидячая	6	4	3	6	6	3
	Легкая	6	5	3	6	6	3



**Рис. 2.5.** Влияние температуры поверхности стен и воздуха в помещении на общую комфортность микроклимата (источник: Humm, O.: Niedrigenergie- und Passivhäuser. Stauten 1998)



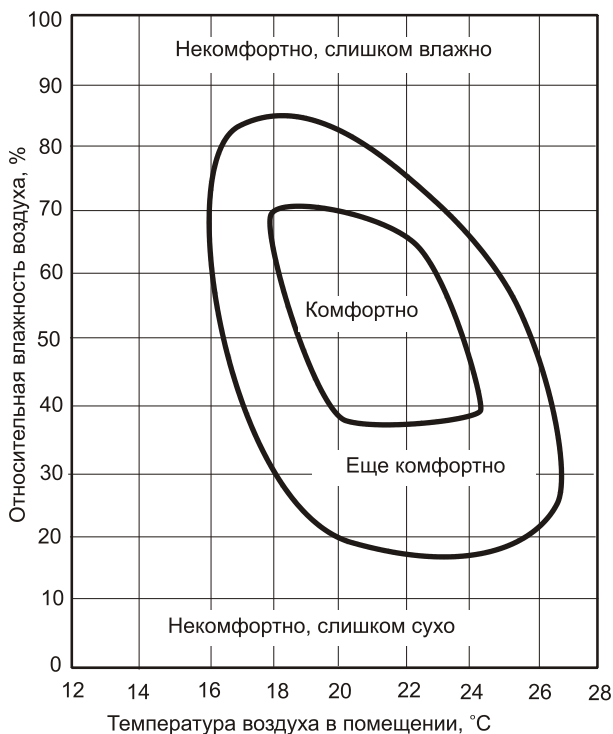
**Рис. 2.6.** График распределений комфортных температур пола в зависимости от продолжительности пребывания человека в помещении

Что касается температур полов, то, вследствие непосредственного контакта с телом человека через подошвы ног, справедливы другие значения. Чтобы не отбирать у человека слишком много тепла, температура пола не должна быть ниже 15—20 °C, а оптимальной и приятной считается температура пола от 22 до 24 °C. Согласно рис. 2.6, температура пола 15 °C ощущается еще приемлемой, если человек пребывает в помещении не более трех часов, затем пол начинает казаться прохладным, а через 3,8 часа — уже холодным.

С другой стороны, в случае применения напольного отопления (теплые полы), температура пола не должна превышать 30 °C.

## Относительная влажность воздуха в помещениях

Что касается относительной влажности воздуха, то рис. 2.7 показывает, что человек чувствует себя некомфортно, когда температура воздуха падает ниже 16 °C или возрастает выше 26 °C, независимо от относительной влажности воздуха. В пределах относительно комфортного диапазона температур мы ощущаем меньшие значения относительной влажности как более комфортные.



**Рис. 2.7.** Относительная влажность воздуха и ощущение комфорта

## Циркуляция воздуха в помещениях

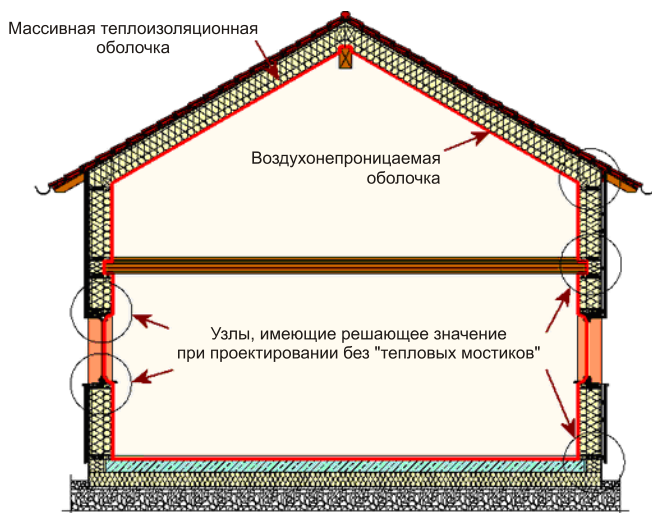
Движение воздуха в помещениях может происходить через проколы, щели и разрывы в оболочке здания (крыши, щели в окнах, негерметичные двери), а также за счет конвекции внутри здания. Если внутренние поверхности стен имеют низкие температуры, то из-за большой разницы между температурой воздуха в помещении и температурами поверхности стен, вблизи стен происходит конвекция, которая ощущается человеком как сквозняк.

## Теплоизоляция здания

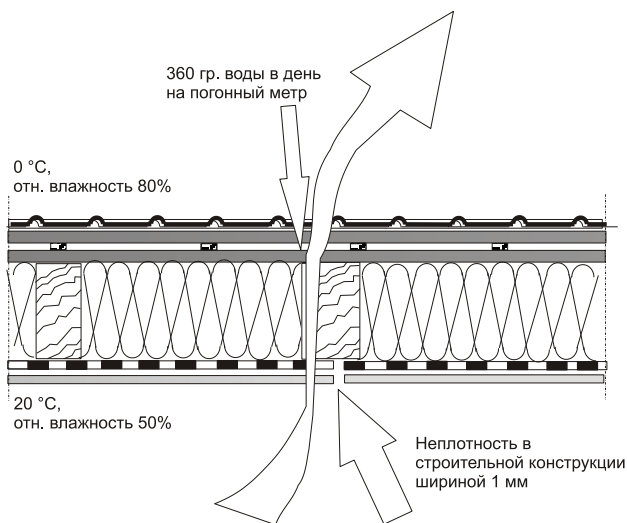
Более 70% всех тепловых потерь существующих зданий, построенных до разработки концепции энергетически эффективных и пассивных домов, приходится на утечки тепла через наружные стены и крыши. Поэтому совершенствование теплоизоляции является важнейшим мероприятием по сбережению энергии. Оно приводит к значительному повышению комфорта и прекрасно защищает от воздействия атмосферных явлений. Причем качественная и высокоэффективная теплоизоляция играет важную роль не только для пассивных домов. За счет осознанного проектирования новых домов с усиленной теплоизоляцией, а также реконструкции зданий старой постройки путем усиления существующей теплоизоляции можно добиться значительной экономии энергии.

Пассивный дом просто не смог бы функционировать, если бы тепловые потери через наружные конструкции не были сокращены до минимума. Только при этих условиях даже в самые холодные дни значение отопительной нагрузки можно будет снизить настолько, чтобы стало возможным отопление дома только с помощью нагрева приточного воздуха (либо с помощью небольших отопительных приборов). Чтобы этого добиться на практике, необходимо составление энергетического баланса здания. Такие балансы подтверждаются прямыми измерениями в сотнях зданий.

Принципиальная схема теплоизоляции энергетически эффективного здания показана на рис. 2.8. Главным принципом для энергетически эффективных зданий является то, что теплоизоляционная оболочка, устроенная вокруг всего здания, не должна иметь разрывов. Она уменьшает тепловые потери точно так же, как, например, теплое пальто, в котором человек выходит зимой на улицу. Поскольку большинство теплоизоляционных материалов не являются герметичными, кроме теплоизоляционной оболочки необходимо создавать и воздухонепроницаемую оболочку по всей внутренней поверхности ограждающих конструкций здания.



**Рис. 2.8.** Принципиальная схема устройства теплоизоляции энергетически эффективного здания



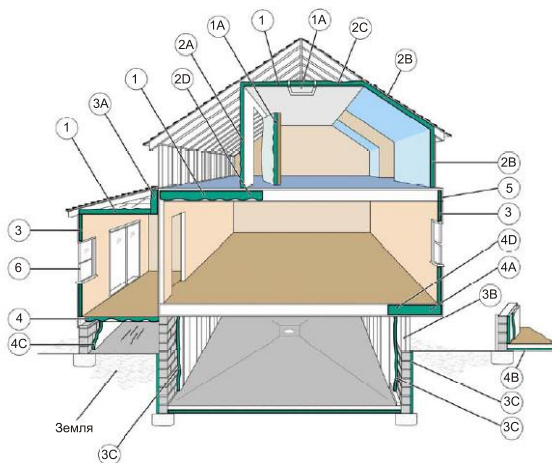
**Рис. 2.9.** Проблемный случай: направление теплого воздушного потока с водяными парами изнутри наружу через разрыв в герметичной оболочке (щель) в строительной конструкции

Наружная оболочка здания тоже должна быть, по возможности, герметичной. Это относится не только к пассивным зданиям. Лишь благодаря герметичности наружной оболочки можно предотвратить нарушения и повреждения строительных конструкций, возникающие при истечении теплого воздушного потока с водяными парами изнутри наружу (рис. 2.9). Продуваемые, негерметичные жилые помещения сегодня являются проблемными. Требуемая в настоящее время повышенная герметичность зданий должна соответствовать применяемым строительным технологиям, что является правильным и положительным явлением. А для комфорта пассивного дома эти требования должны соблюдаться тем более.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Воздухонепроницаемость (герметичность) нельзя путать с теплоизоляцией. Оба этих показателя важны для оболочки здания, но они должны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям независимо друг от друга.

На рис. 2.10 показаны ограждающие конструкции типичного сборно-щитового дома, нуждающиеся в теплоизоляции.



**Рис. 2.10.** Ограждающие конструкции типичного сборно-щитового дома, в первую очередь нуждающиеся в теплоизоляции

В неотделанных чердачных помещениях необходимо установить теплоизоляцию между балочными перекрытиями и поверх полов (1), чтобы отделить от чердака расположенные ниже жилые помещения. Дополнительно необходимо теплоизолировать двери, ведущие в чердачные помещения (1А). В отделанных (жилых) чердачных помещениях необходимо установить теплоизоляцию между стойками деревянных каркасов короткой чердачной стены (2А), между стойками деревянных каркасов наружных стен и между стропилами (2В), а также утеплить потолки, отделяющие жилое пространство от неотапливаемых помещений, расположенных выше (2С). Кроме того, необходимо продлить слой теплоизоляции между несущими балками перекрытия, чтобы избежать появления сквозняков (2D).

Далее, должны быть теплоизолированы все наружные стены (3), в том числе: стены, отделяющие жилые помещения от неотапливаемых пристроек, складских помещений, односкатных шедовых крыш (3А), фундаментные стены над уровнем земли (3В), а также все наружные стены отапливаемых подвальных помещений (3С) либо изнутри, либо снаружи. Что касается полов над неотапливаемыми пространствами (4), то теплоизолировать необходимо любые области пола, выступающие за пределы расположенной ниже несущей наружной стены (4А), полы над плитами основания, расположенными на уровне земли (4В), или несущие стены неветилируемых полупроходимых технических подполий (4С). Слой теплоизоляции должен быть продолжен в межбалочные пространства перекрытий с тем, чтобы избежать сквозняков (4D). Наконец, необходимо теплоизолировать балки (5), а также окна и двери (6).

## Расчет теплоизоляции

Чтобы самостоятельно выполнить расчет теплоизоляции, необходимо разобраться с основными понятиями, которые имеют разный физический смысл, хотя на первый взгляд означают одно и то же. Именно поэтому и следует рассмотреть их максимально внимательно.

## Коэффициент теплопроводности $\lambda$

Теплопроводность — это перенос тепловой энергии структурными частицами вещества (молекулами, атомами, электронами) в процессе их теплового движения. Явление теплопроводности подчиняется закону теплопроводности Фурье, который, если речь идет о стационарном потоке тепла от одной грани параллелепипеда к другой, выражается так:

$$P = -\lambda \frac{S \Delta T}{h}. \quad (2.3)$$

Здесь:

$P$  — полная мощность тепловых потерь;

$S$  — площадь сечения параллелепипеда;

$\Delta T$  — перепад температур граней (измеряется в градусах по шкале Кельвина). При измерении температурных перепадов 1 К приблизительно совпадает 1 градусом по шкале Цельсия (1 °C);

$h$  — длина параллелепипеда (расстояние между его гранями).

Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ) измеряется в Вт/(м×К). Коэффициент теплопроводности конкретного материала характеризует способность этого материала проводить тепло.

## Коэффициент теплопередачи $U$

Коэффициент теплопередачи  $U$  показывает, какое количество тепловой энергии (Вт×с) проходит через один квадратный метр поверхности однородной ограждающей конструкции за 1 секунду при заданной разности внешней и внутренней температур в 1 К. Размерность этого показателя: Вт/(м<sup>2</sup>×К). Коэффициент теплопередачи показывает, насколько хорошо элемент конструкции (крыша, стена, пол) проводит тепло. Чем ниже этот показатель, тем хуже пропускается тепло и тем лучше теплоизоляция. Коэффициент теплопередачи — это предпочтительный способ сравнения энергетической эффективности строительных конструкций.

### ПРИМЕР

Физический смысл коэффициента теплопередачи можно пояснить следующим примером. В начале XX века внешние стены дома строили из полнотелого кирпича. Как правило, такая стена имела толщину 24 см, с двух сторон она покрывалась слоем штукатурки



толщиной 1,5 см. Коэффициент теплопередачи такой стены составляет примерно  $2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ . При разности температур в 1 К (например,  $21^\circ \text{C}$  внутри помещения и  $20^\circ \text{C}$  — снаружи)<sup>1</sup> потеря энергии составляет 2 Вт на 1 квадратный метр поверхности. Стена площадью  $30 \text{ м}^2$  ( $12 \times 2,5$ ) теряет примерно 60 Вт. При понижении внешней температуры соответственно увеличивается и потеря энергии. При внешней температуре  $0^\circ \text{C}$ , разница составит 21 градус, а потеря тепла за 1 час будет равна  $1 \text{ ч} \times 21 \text{ К} \times 60 \text{ Вт}/\text{К} = 1260 \text{ Вт} \times \text{ч}$  или 1,26 кВтч. За 24 часа получается  $24 \text{ ч} \times 1,26 \text{ кВт} = 30 \text{ кВтч}$ , что соответствует сжиганию топлива объемом 3 литра.

## Сопротивление теплопередаче R

Сопротивление теплопередаче (R) представляет собой величину, обратную коэффициенту теплопередачи (U), и, соответственно, описывает, насколько хорошо конкретный материал сопротивляется передаче тепла. Чем выше сопротивление теплопередаче, тем лучше теплоизоляция. Размерность этого показателя:  $(\text{м}^2 \times \text{К})/\text{Вт}$ .

## Коэффициент теплообмена $\alpha$

Коэффициент теплообмена  $\alpha$  выражает количество тепла, которое за одну секунду обменивается между  $1 \text{ м}^2$  твердой поверхности и касающимся его воздухом, когда разница температур между поверхностью и воздухом составляет 1 К. Единица измерения:  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ .

## Потери тепла через ограждения помещения

Трансмиссионный поток теплоты через ограждающую конструкцию (передающаяся тепловая нагрузка) определяется следующим образом:

$$\dot{Q}_T = U \times A(t_i - t_e) = \frac{A(t_i - t_e)}{R}. \quad (2.4)$$

Здесь:

$A$  — площадь поверхности элемента здания,  $\text{м}^2$ ;

$U$  — коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ ;

---

<sup>1</sup> Напомним, что при замере температурных перепадов (разностей температур)  $1 \text{ К} \approx 1^\circ \text{C}$ . — *Прим. ред.*

$R = \frac{1}{U}$  — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м<sup>2</sup>×К)/Вт;

$t_i$  — температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_e$  — температура наружного воздуха, °С.

Коэффициент теплопередачи ( $U$ ) для элемента здания, представляющего собой многослойную конструкцию, вычисляется по следующему соотношению:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} \sum_i^n \frac{nh_i}{\lambda_i} \text{ или } R_U = R_i + R_e \sum_i^n R_{\lambda_i}. \quad (2.5)$$

$\alpha_i$  — коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения;

$\alpha_e$  — коэффициент теплообмена на внешней поверхности ограждения;

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя ограждающей конструкции;

$n$  — количество слоев в многослойной ограждающей конструкции;

$\lambda_i$  — коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя ограждающей конструкции;

$U$  — коэффициент теплопередачи элемента здания;

$R_U$  — сопротивление теплопередаче  $1/U$ ;

$R_{\lambda_i}$  — коэффициент термического сопротивления  $i$ -го слоя ограждающей конструкции.

Принятые на сегодняшний день в России стандарты не регламентируют значения коэффициента теплопередачи ( $U$ ) для различных элементов зданий. Вместо этого для каждого слоя элемента должен быть определен коэффициент термического сопротивления  $R_{\lambda_i}$ , зависящий от коэффициента теплопроводности этого слоя. На рис. 2.11 приведен пример, взятый из действующего СНиП, регламентирующий значения коэффициентов теплопередачи стен, крыш и перекрытий для различных регионов России (для внутрен-

ней температуры 19 °С). Коэффициенты теплопроводности материалов можно найти в стандартных спецификациях к зданию. Тогда, как следует из только что приведенного соотношения, сумма значений коэффициентов термического сопротивления отдельных слоев и коэффициентов сопротивления теплообмену на внутренней и внешней поверхностях ограждения  $R_i = \frac{1}{\alpha_i}$  или  $R_e = \frac{1}{\alpha_e}$  дает величину общего коэффициента сопротивления теплопередаче элемента здания  $R_U = \frac{1}{U}$ . Формула для расчета значения коэффициента теплопередачи ( $U$ ), приводимого в стандарте, выглядит следующим образом:  $U_n = U + \Delta U_A + \Delta U_S$ , где  $\Delta U_A$  и  $\Delta U_S$  характеризуют величины, связанные с изменением комфортной температуры и влиянием рассеянного солнечного излучения, соответственно.



**Рис. 2.11.** Нормированные значения коэффициента сопротивления теплопередаче для различных регионов России в соответствии с действующими СНиП

Тепловые потери через расчетные строительные конструкции, а именно наружные стены, пол, верхнее междуэтажное перекрытие или крышу, характеризуются коэффициентами теплопередачи  $U$ , Вт/(м<sup>2</sup>×К) (в действующих СНиП РФ используется обратная величина  $R_0$  (м<sup>2</sup>×°С)/Вт). Эта величина показывает, сколько тепла отдается строительной конструкцией наружу в единицу времени при изменении температуры на 1 °С (или 1 К).

Для расчета тепловых потерь через стену необходимо перемножить коэффициент  $U$ , площадь и разность температур. Например, типичный коттедж имеет снаружи площадь стен 100 м<sup>2</sup>. При суровых условиях в зимнее время в Средней Европе наружная температура составляет –12 °С, а требуемая внутренняя температура 21 °С. При различных значениях коэффициентов теплопередачи получается следующая мощность тепловых потерь (тепловой поток) через наружные стены при "расчетных условиях" (см. табл. 2.3).

**Таблица 2.3. Расчетная мощность тепловых потерь через наружные стены<sup>1</sup>**

$U$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×К) или $R_0$ , (м <sup>2</sup> ×°С)/Вт	Мощность тепловых потерь, Вт		Нормируемый годовой расход тепла на отопле- ние, КВтч/(м <sup>2</sup> ×год)
	В Средней Европе	В России	
1,00 (1,00)	3300	5100	78
0,80 (1,25)	2640	4080	62
0,60 (1,67)	1980	3060	47
0,40 (2,5)	1320	2040	31
0,20 (5,00)	660	1020	16
0,15 (6,67)	495	765	12
0,10 (10,00)	330	510	8

<sup>1</sup> По данным Института пассивного дома (см. <http://www.passiv-rus.ru/?page=87>). Следует обратить внимание, что при адаптации этих данных к суровым климатическим условиям России нужно учитывать следующее: наружные температуры опускаются ниже (а значит, перепад температур — выше), а отопительный период — продолжительнее. Методику расчетов с практическими примерами можно найти в справочных материалах на CD, прилагаемом к данной книге.

Тепловые потери являются решающей составляющей энергетического баланса здания. Любые тепловые потери необходимо компенсировать соответствующими тепловыми поступлениями. В противном случае произойдет падение температуры в доме.

С помощью компактной типовой системы отопления для пассивного дома можно выработать около 1000 Вт мощности (это мощность обычного фена для сушки волос). Так как большая часть этой мощности пойдет на компенсацию тепловых потерь от наружных стен, то, конечно же, коэффициент теплопередачи стены  $U$  должен быть действительно очень низким (или должно быть очень высокое значение сопротивления теплопередаче  $R_0$ ).

Что же это означает для теплоизоляционной оболочки здания? В первую очередь становится ясно, что достижения таких низких величин  $U$  (или высоких  $R_0$ ) возможно только благодаря материалам с высокими теплоизоляционными характеристиками. В табл. 2.4 приведена информация о том, какой толщины должны быть однослойные наружные конструкции, чтобы достичь стандартных характеристик ограждающих конструкций дома с величиной  $U \leq 0,13 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$  (или  $R_0 \geq 7,7 \text{ (м}^2 \times \text{°C)}/\text{Вт}$ ).

**Таблица 2.4.** Данные о толщине однослойных наружных конструкций, позволяющих достичь стандартных характеристик ограждающих конструкций пассивного дома<sup>1</sup>

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м <sup>2</sup> ×С)	Требуемая толщина в м для достижения $U = 0,13 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ или $R_0 = 7,7 \text{ (м}^2 \times \text{°C)}/\text{Вт}$
Стандартный бетон	2,1	15,80
Полнотелый кирпич	0,800	6,02
Пустотелый кирпич с вертикальными пустотами	0,400	3,01
Древесина хвойных пород	0,13	0,98
Пористый кирпич, ячеистый бетон	0,11	0,83

<sup>1</sup> По данным Института пассивного дома (<http://www.passiv-rus.ru/?page=87>). — Прим. ред.

Таблица 2.4 (окончание)

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м°×С)	Требуемая толщина в м для достижения $U = 0,13 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ или $R_0 = 7,7 \text{ (м}^2 \times \text{°С)/Вт}$
Тюки из соломы	0,055	0,41
Эффективный утеплитель	0,04	0,30
Высокоэффективный утеплитель	0,025	0,19
Нанопористый супер-утеплитель с нормальным давлением	0,015	0,11
Вакуумная теплоизоляция (кремнезем)	0,008	0,06
Вакуумная теплоизоляция (глубокий вакуум)	0,002	0,015

В таблице наглядно показано, что разумные границы по толщине наружной оболочки здания возможны только в том случае, если достигается существенный теплоизоляционный эффект с использованием утеплителей с низкими значениями коэффициентов теплопроводности. Для этого подходят все материалы, расположенные в табл. 2.4. Конечно же, комбинация с другими материалами не только возможна, но и во многих случаях необходима. Например: утепленная снаружи бетонная стена или монолитная стена из пенобетона с теплоизоляционными плитами из силиката кальция. Конструкция наружной оболочки будет тоньше, чем ниже коэффициент теплопроводности используемой теплоизоляции. Так, для пассивного дома (в условиях Германии) при применении в качестве наружных стен блоков из прессованной соломы необходимая толщина составит около 50 см или более. При применении более эффективных утеплителей (минеральная вата, пенополистирол, целлюлозная теплоизоляция) толщина теплоизоляции составит около 30 см. При использовании высокоэффективных утеплителей, таких как пенополиуретан, толщина

теплоизоляции снизится до 20 см. Есть и еще более эффективные виды теплоизоляции. Так, например, в Германии в настоящее время допущена к применению вакуумная теплоизоляция. С использованием вакуумных изоляционных панелей (ВИП) можно действительно получить очень эффективную и одновременно тонкую наружную оболочку. Не менее успешно зарекомендовал себя и другой вариант — "полупрозрачная теплоизоляционная оболочка". При этом суммарная солнечная радиация поглощается не на поверхности оболочки, а проходит в глубину теплоизолированной конструкции, чтобы снизить разность температур и достичь низкого значения коэффициента теплопередачи  $U$ , эквивалентного требуемым значениям.

Опыт строительства первых пассивных домов показал, что увеличение толщины эффективной теплоизоляции можно реализовать в большинстве случаев:

- Во многих случаях при строительстве предусмотрена площадь под теплоизоляцию. Если площади не хватает или это требует больших финансовых затрат, то можно применить высокоэффективные теплоизоляционные материалы.
- Увеличение толщины теплоизоляции со строительной точки зрения не представляет проблем. При правильном применении затраты на монтаж теплоизоляции не выше, чем при меньших толщинах. Остаются только повышенные затраты на закупку большего количества теплоизоляционного материала, который все же сравнительно недорог. Как на практике выглядят конструкции оболочки пассивного дома с использованием различных материалов, будет показано далее на примерах.
- Все применяемые сегодня стандартные элементы ограждающих конструкций зданий адаптированы и для пассивных домов. Существуют разнообразные варианты: кирпичные стены, двухслойные или со скрепленной теплоизоляцией (система теплоизоляции с тонким штукатурным слоем) или с навесным фасадом (фасадная система с вентилируемым зазором), сборные строительные элементы из легких бетонов, сборные железобетонные элементы, деревянные конструкции (классические или с использованием легких балок), несъемная опалубка, металлические конструкции и полупрозрачные элементы.

- Результаты измерений в построенных пассивных домах показали, что увеличение толщины теплоизоляции оправдывает ожидания. Фактические значения тепловых потерь совпадают с расчетными. Строительные элементы с увеличенным слоем теплоизоляции, применяемые в пассивных домах, имеют значительное преимущество по сравнению с традиционными.
- Благодаря низким тепловым потерям автоматически повышаются значения температур на внутренних поверхностях наружных стен зимой, даже без применения отопительных приборов. Благодаря этому снижается интенсивность конвективного теплообмена в помещении, что является хорошей предпосылкой для создания комфортного микроклимата. Высокие значения температур на внутренних поверхностях наружных стен приводят, кроме того, к снижению уровня влажности на поверхностях строительных конструкций, что практически исключает их повреждение вследствие увлажнения.
- В летнее время температуры на внутренних поверхностях наружных стен примерно совпадают с температурой воздуха в помещениях. Иначе говоря, они ниже, чем при плохо теплоизолированных строительных конструкциях. При плохой теплоизоляции в жаркое время года тепловая энергия интенсивно переносится внутрь помещения, что приводит к летнему перегреву. Хорошо утепленные конструкции имеют значительное уменьшение амплитуды колебания температуры уже при незначительном весе (например, двойной гипсокартон в качестве несущей части). Уже благодаря этому достигается оптимальный температурный режим конструкции в летний период. Очень важной является продолжительная постоянная времени здания (инерционность здания). Она получается благодаря усиленной теплоизоляции и позволяет эффективно использовать открытые (без отделки материалами с низкими значениями теплоусвоения) внутренние поверхности массивных конструкций здания (стены, полы, потолки). Вследствие этого пассивный дом можно достаточно эффективно охладить благодаря ночному проветриванию и удерживать прохладу в течение дня. "Летние условия" должны быть точно так же запроектированы, как и зимние. Для этого используется специальная рас-



четная программа "Пакет проектирования пассивного дома" (PHPP)<sup>1</sup>.

- Строительные конструкции с усиленной теплоизоляцией лучше сглаживают влияние "тепловых мостиков" (по наружным размерам), чем стандартно утепленные. Это особенно важно при капитальном ремонте и реконструкции старых зданий. Так как несущие конструкции и внутренний несущий слой ограждающих конструкций расположены за толстой теплоизоляцией, то они (за исключением стыковых и прочих соединений) находятся полностью в "теплой" области (т. е. их температуры практически равны внутренним температурам в помещениях).

## Тепловые мостики

В первую очередь, разберемся с тем, что представляют собой так называемые "тепловые мостики" (англ. — thermal bridges, нем. — Wärmebrücken), называемые также "мостиками холода". Это — такие участки в ограждающих конструкциях зданий (локальные, обширные), в которых вследствие геометрических условий, а также в результате совместного применения различных по своим параметрам материалов создаются условия для распространения тепла в двух или трех измерениях. Обобщенно говоря, такие участки являются "слабыми звеньями" в теплоизоляции, и в этих областях происходит утечка большого количества тепла через участок небольшой площади.

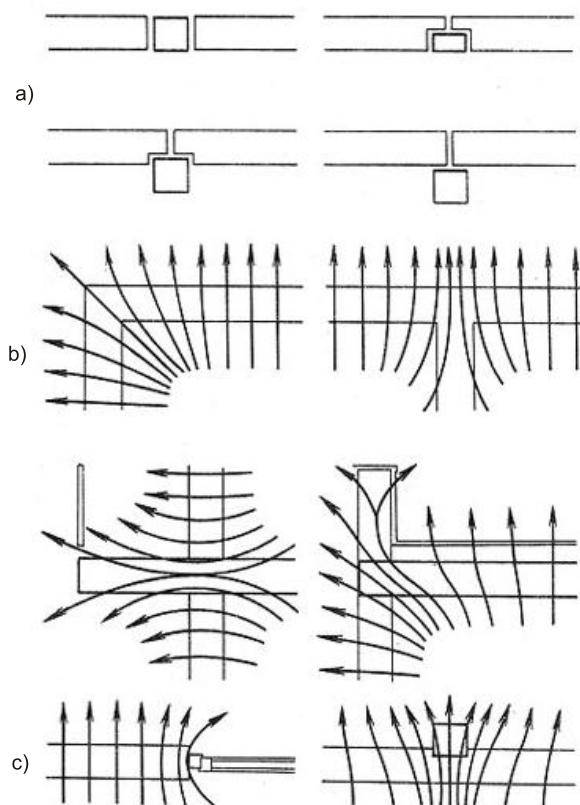
На рис. 2.12 представлены наиболее типичные "тепловые мостики", возникающие по следующим причинам:

- отдельные участки ограждающих конструкций или их частей, где имеются слои, неоднородные по материалу. В качестве примера можно привести ситуацию, когда в стену встроены колонна или железобетонное ребро жесткости (рис. 2.12, а) или же ситуации, когда теплоизоляционный слой имеет неодинаковую толщину);

---

<sup>1</sup> См. <http://www.passiv-rus.ru/?page=106>. Демонстрационную версию пакета PHPP 2007 (к сожалению, только на английском языке) с руководством пользователя можно скачать отсюда: <http://www.passive-on.org/en/cd.php>. — Прим. ред.

- исследуемая конструкция или конструктивный элемент ограничиваются непараллельными плоскостями. В качестве примеров можно привести, например, углы помещения, пересечения стен, стыки стен с перекрытиями (рис. 2.12, b);
- участки ограждающих конструкций, где на одном участке совпадают уменьшенное поперечное сечение, изменение профиля и однородности. В качестве примера можно привести, например, стыки стен из разных материалов или места стыка окон и стен (рис. 2.12, c).



**Рис. 2.12.** Типичные "тепловые мостики", изменяющиеся в зависимости от материала и формы конструкции

## **Вывод**

"Тепловые мостики" возникают там, где стыкуются друг с другом строительные материалы с различной теплопроводностью, там, где неизолированные детали входят в изолированные площади, или там, где стеновые зоны расположены структурно и, следовательно, термически слабее.

Необходимость устранения "тепловых мостиков" следует принимать во внимание не только из-за потерь тепла. На практике их наличие приводит к следующим негативным последствиям:

- температура внутренних поверхностей помещений в этих местах ниже температуры сплошных ограждающих конструкций, а понижение температур внутренних поверхностей из-за наличия холодных стыков отрицательно влияет на комфорт внутри помещения;
- ухудшается состояние конструкции, снижается ее термосопротивление, более того, возникает даже опасность. Если "тепловой мостик" находится на холодной поверхности, то в этом месте происходит конденсация влаги в форме росы. В результате появляются такие повреждения, как, например, образование трещин, рост плесени или пропитывание стен влагой в углах;
- совместное действие нескольких неблагоприятных факторов приводит к более выраженным неприятным последствиям. Например, углы здания являются не только геометрическими "тепловыми мостиками", но зачастую оказываются слабыми местами и с конструктивной и теплотехнической точек зрения. В сочетании с недостаточной вентиляцией это приводит к повреждениям, вызванным сыростью.

"Тепловые мостики", чаще всего образующиеся в жилых зданиях, показаны на рис. 2.13.

Чтобы избежать появления "тепловых мостиков", необходимо принимать следующие меры:

- Теплоизоляция должна устанавливаться так плотно, чтобы избежать утечек, причем особое внимание следует уделять утеплению стыков, где конструктивные элементы соединяются между собой или проходят друг через друга;



**Рис. 2.13.** "Тепловые мостики", наиболее часто встречающиеся в жилых домах. В этих местах требуется предпринимать особые меры предосторожности и обращать на них особое внимание при проектировании

- ❑ Взаимопроникающие и выступающие конструктивные элементы (например, балконные плиты) в любом случае должны быть покрыты изолирующим материалом со всех сторон;
- ❑ Несущие конструкции, подвергающиеся повышенной тепловой нагрузке (изготовленные из стали, бетона или древесины), должны быть снабжены дополнительной теплоизоляцией.

Чтобы добиться соответствия строящегося здания стандартам "пассивного дома", его изначально следует проектировать в соответствии с принципом конструирования зданий без "тепловых мостиков". Это обеспечивает следующие преимущества:

- ❑ позволяет экономить энергию (потери тепла можно уменьшить не менее чем на 10%);

- предотвращает ряд структурных проблем, таких как: поверхностная конденсация влаги, образование трещин и связанное с ними нарушение эстетического вида здания;
- позволяет избежать роста плесени;
- повышает комфорт.

## Конструирование зданий без "тепловых мостиков"

Считается, что оболочка здания не имеет "тепловых мостиков", если тепловые потери через наружные ограждения здания (с учетом всех имеющихся "тепловых мостиков") не превышают значения тепловых потерь, которые рассчитываются с учетом наружной площади ограждающих конструкций и коэффициентов теплопередачи этих конструкций.

Снизить тепловые потери, возникающие из-за "тепловых мостиков", поможет соблюдение следующих четырех простых правил:

- правило избегания "тепловых мостиков" — не следует делать отверстий в теплоизоляционной оболочке здания;
- правило прохождения теплоизоляции — если без отверстий в теплоизоляционном слое обойтись нельзя, то в местах нарушения целостности теплоизоляционной оболочки следует максимально повысить сопротивление теплопередаче, например, за счет применения таких материалов, как пенобетон, древесина и др.;
- правило для стыков — утеплитель следует располагать так, чтобы в стыках не было полых пространств, стремясь к полной теплоизоляции стыка;
- правило геометрии — при проектировании по возможности выбирать грани с тупыми углами.

Обычные "тепловые мостики" в расчетных строительных конструкциях должны быть учтены при этом уже в расчетных коэффициентах теплопередачи — в дальнейшем это должно учитываться в расчетных формулах.

В общем виде принцип конструирования "без тепловых мостиков" формулируется следующим образом:

$$\Delta U_{WB} \leq 0. \quad (2.6)$$

Здесь  $\Delta U_{WB}$  — это коэффициент теплопередачи, учитывающий дополнительные тепловые потери от "тепловых мостиков", вычисленные по методике EnEV 2009.

### **УПРОЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ КОНСТРУИРОВАНИЯ "БЕЗ ТЕПЛОВЫХ МОСТИКОВ"**

Подробное рассмотрение принципа "конструирования без тепловых мостиков" доказывает, что для получения точных результатов все элементы конструкции должны рассчитываться с помощью двухмерных или трехмерных математических моделей. Однако практика показала, что если линейные коэффициенты теплопередачи имеют значения

$$\Psi \leq 0,01 \text{ Вт/(м} \times \text{К)}. \quad (2.7)$$

то здания со стандартной геометрией практически всегда соответствуют критериям "конструирования без тепловых мостиков". Конечно, такие значения могут приводить к положительнымращениям тепловых потерь, но при этом такие потери действительно можно считать пренебрежимо малыми. Поэтому приведенное выражение и было принято за упрощенный критерий конструирования "без тепловых мостиков".

С помощью упрощенных критериев проектирование зданий значительно ускоряется. Для некоторых видов соединений конструкций в самом начале должен быть подтвержден факт их соответствия критерию (2.7). Это может, например, осуществляться с помощью расчетов всех важных узлов оболочки здания. Многие производители, предлагающие системные решения, уже следуют этим расчетам и проверили соблюдение критерия для изготавливаемых ими элементов. Если проектировщик использует эти решения, то при проектировании пассивного дома ему уже не нужно будет самому учитывать влияние "тепловых мостиков" и, таким образом, он экономит много времени на расчеты.

Например, на рис. 2.14 показан пример соединения каменной стены (из силикатных блоков) и утепленной фундаментной плиты с помощью термовкладышей (блоков из ячеистого бетона) таким образом, чтобы ликвидировать "тепловой мостик". Для этого узла были рассчитаны значения линейных коэффициентов теплопередачи  $\psi$  в зависимости от используемого материала термического вкладыша (согласно методике конструирования "без тепловых мостиков").



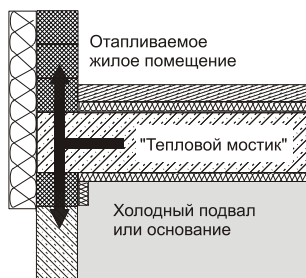
Существует зависимость линейных коэффициентов теплопередачи  $\Psi$  от коэффициента теплопроводности  $\lambda$  термовкладыша. Если  $\lambda$  меньше, чем  $0,25 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$ , то  $\Psi \leq 0,01 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$ , и конструкция может рассматриваться как не имеющая "тепловых мостиков" (рис. 2.15). На рис. 2.15 этот критерий показан жирной горизонтальной линией. Кроме того, известно, что с помощью "нормальных" блоков, коэффициент теплопроводности  $\lambda$  для которых превышает значение  $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$ , за счет возникновения линейных "тепловых мостиков" можно получить существенные тепловые потери. Этот пример наглядно демонстрирует, что принцип "конструирования без тепловых мостиков" может быть реализован за счет очень незначительных, совсем простых изменений конструктивных деталей.

## Примеры решения проблемы "тепловых мостиков"

Практика показала, что для проблемы "тепловых мостиков" всегда можно найти отличные практические решения.

### Тепловые мостики между подвальными перекрытиями или грунтом и внешними стенами

Рассмотрим пример возникновения "теплого мостика" между однооболочной наружной стеной и подвальным перекрытием или плитой основания, изолированной сверху и снизу (рис. 2.16).

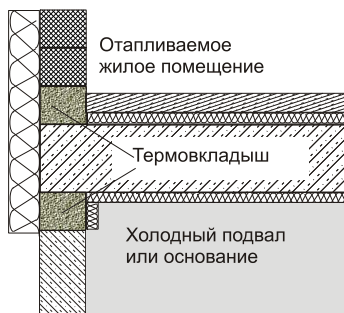


**Рис. 2.16.** "Тепловой мостик" в месте стыка наружной стены с подвальным перекрытием и подвальной стеной или с плитой основания и фундаментной стеной



Тепловая защита будет недостаточной, если в месте стыка наружной стены с подвальным перекрытием и подвальной стеной или с плитой основания и фундаментной стеной коэффициент теплопроводности материалов  $\lambda$  превышает значение  $0,12 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ .

Однако проблема может быть решена, а "тепловой мостик" ликвидирован, если в местах стыка установить термовкладыш, для которого  $\lambda < 0,12 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ , как показано на рис. 2.17 (см. также рис. 2.14).

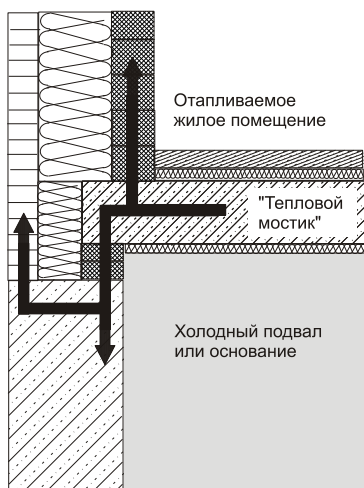


**Рис. 2.17.** Ликвидация "теплового мостика" в месте стыка наружной стены с подвальным перекрытием и подвальной стеной или с плитой основания и фундаментной стеной за счет установки термовкладыша

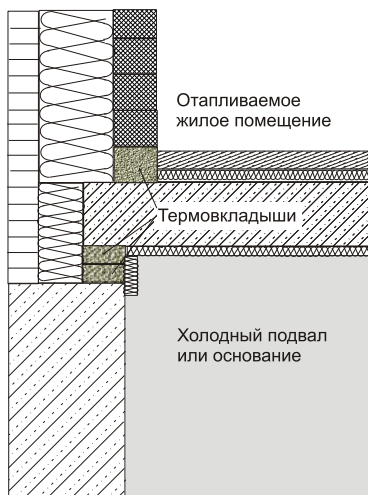
Аналогичный пример "теплового мостика", возникающего между полый (двухслойной, изначально имеющей воздушную прослойку) наружной стеной (стеной и подвальным перекрытием или плитой основания, изолированной сверху и снизу), показан на рис. 2.18.

Здесь, как и в предыдущем случае, "тепловой мостик" ликвидируется за счет того, что в местах стыка устанавливается термовкладыш, для которого  $\lambda < 0,12 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ , как показано на рис. 2.19.

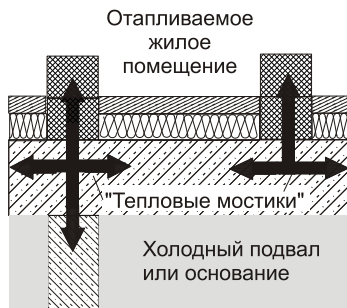
На рис. 2.20 и 2.21 показаны конструктивные решения по ликвидации "тепловых мостиков", возникающих в местах стыка внутренних стен с подвальными перекрытиями и фундаментными стенами.



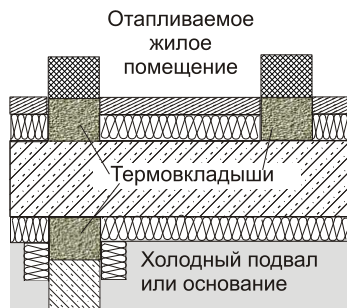
**Рис. 2.18.** "Тепловой мостик" в месте стыка пола наружной стены с подвальным перекрытием и подвальной стеной или с плитой основания и фундаментной стеной



**Рис. 2.19.** Ликвидация "теплового мостика" в месте стыка пола наружной стены с подвальным перекрытием и подвальной стеной или с плитой основания и фундаментной стеной за счет установки термовкладыша



**Рис. 2.20.** "Тепловые мостики" в местах стыка внутренних стен с плитой основания

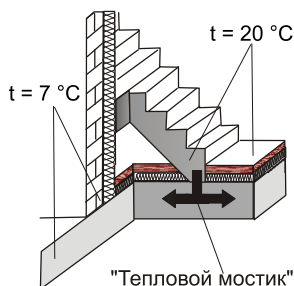


**Рис. 2.21.** "Тепловые мостики" в месте стыка внутренних стен с фундаментными стенами и подвальным перекрытием

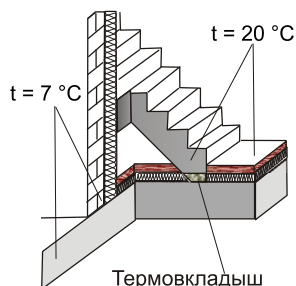
## **"Тепловые мостики" между лестничными пролетами и теплоизолированными стенами или плитой основания**

Еще один тип "тепловых мостиков" — это "тепловые мостики" между "теплым" лестничным пролетом (температура поверхности лестницы и температура воздуха в помещении лестничной клетки должна составлять не менее  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , со стороны помещения установлен слой теплоизоляции) и "холодным" подвальным перекрытием или плитой основания (температура в подвальном помещении и температура нетеплоизолированной поверхности составляет  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Этот вид "теплого мостика" показан на рис. 2.22.

Как и в предыдущем случае, устранения "теплого мостика" можно добиться за счет установки термовкладыша между несущей поверхностью "теплого" лестничного пролета и "холодной" плитой основания. В качестве термовкладыша используется фундаментный камень с низкой теплопроводностью. Далее, слой теплоизоляции между лестничным пролетом и фундаментной стеной должен быть непрерывным, с тем чтобы обеспечить полное отделение лестничного пролета от подвальной стены (рис. 2.23).



**Рис. 2.22.** Типичные "тепловые мостики" между "теплым" лестничным пролетом и "холодной" плитой основания, а также между лестничным пролетом и подвальной стеной



**Рис. 2.23.** Ликвидация "теплого мостика" между лестничным пролетом и плитой основания

### ПРИМЕЧАНИЕ

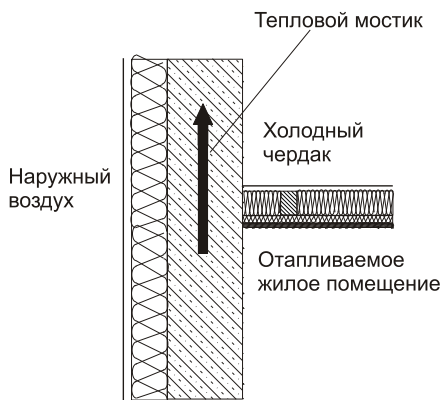
Установка термовкладышей — это весьма эффективное решение проблемы "тепловых мостиков". В этой области очень хорошо себя зарекомендовали термовкладыши Schöck Isokorb®, которые обеспечивают термическое разделение конструкций и при этом являются частью статической конструкции, поэтому они представляют собой несущие теплоизолирующие элементы (см. <http://www.schoeck.ru/ru/67/--2>).

## "Тепловые мостики" на вертикальных поверхностях пересечения теплых и холодных стен

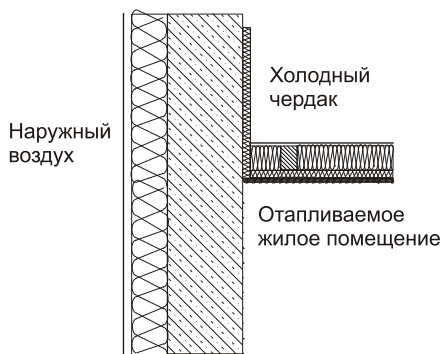
"Тепловые мостики" возникают и в местах стыка внешней стены с чердачным перекрытием, отделяющим отапливаемое жилое помещение от неотапливаемого чердака (рис. 2.24), при том условии, что теплопроводность материала наружной стены  $\lambda > 0,12 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$ .

Устранить этот "тепловой мостик" поможет либо установка термовкладышей в наружной стене с высокой теплопроводностью на уровне стыка с чердачным перекрытием (это могут быть блоки из материала с низкой теплопроводностью  $\lambda < 0,12 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$  — напри-

мер, пенобетона, пеностекла, базальтовой ваты или пурена<sup>1</sup>). Еще один вариант — установка вертикальной внутренней теплоизоляции наружной стены неотапливаемого чердака на высоту не менее 60 см (рис. 2.25).



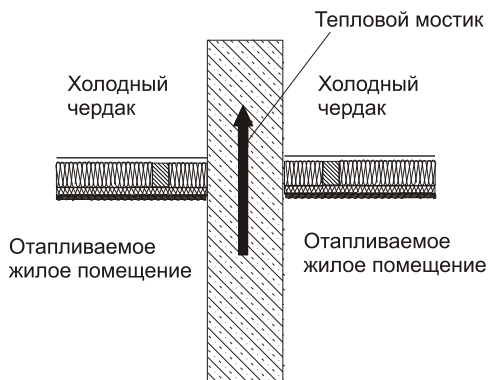
**Рис. 2.24.** "Тепловой мостик" в месте стыка внешней стены и чердачного перекрытия



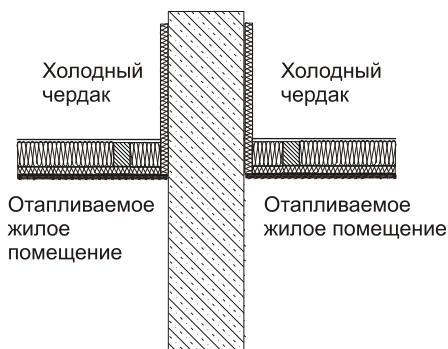
**Рис. 2.25.** Устранение "теплового мостика" в месте стыка наружной стены с чердачным перекрытием за счет установки вертикальной внутренней теплоизоляции в чердачном помещении

<sup>1</sup> Пурен (Puren) — это высококачественный теплоизоляционный материал производства Германии на основе вспененного полиуретана с интегрированной обрешеткой, структура — замкнутые ячейки. Этот материал универсален при утеплении кровель, фасадов, фундаментов. См. [http://www.p-action.ru/catalog/lagging/polyurethane\\_foam/puren/](http://www.p-action.ru/catalog/lagging/polyurethane_foam/puren/).

Такое решение справедливо не только в отношении наружных стен, но и в отношении внутренних (рис. 2.26 и 2.27). Ликвидация этого "теплового мостика" достигается аналогичными методами.



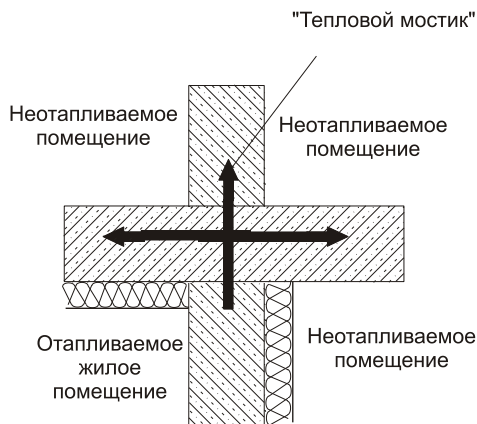
**Рис. 2.26.** "Тепловой мостик" в месте стыка внутренней стены с чердачным перекрытием возникает, если теплопроводность материала вертикальной стены  $\lambda > 0,12 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$



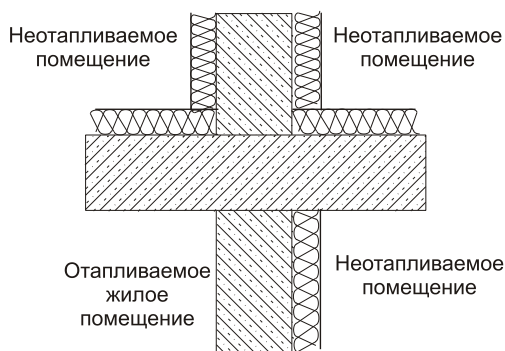
**Рис. 2.27.** Устранение "теплового мостика" в месте стыка внутренней стены с чердачным перекрытием за счет установки вертикальной внутренней теплоизоляции в чердачном помещении

## **"Тепловые мостики" на пересечениях "теплых" и "холодных" стен**

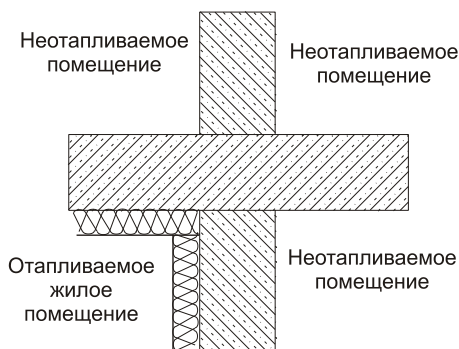
Примеры "тепловых мостиков", возникающих на пересечениях "теплых" и "холодных" стен, а также методы борьбы с ними показаны на рис. 2.28—2.30.



**Рис. 2.28.** "Тепловой мостик" на пересечении "теплых" и "холодных" стен



**Рис. 2.29.** Удовлетворительное решение проблемы "теплового мостика"

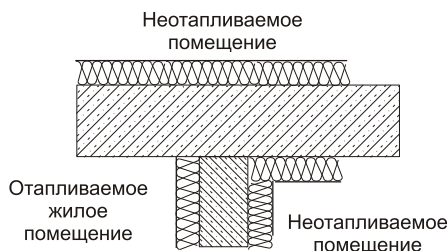


**Рис. 2.30.** Отличное решение проблемы "теплового мостика"

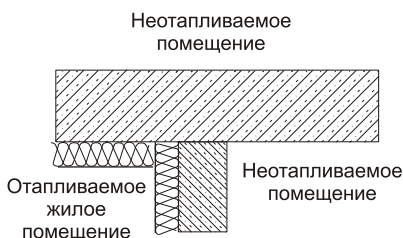
Сама проблема иллюстрируется схемой, приведенной на рис. 2.28. Стены теплоизолированы частично с теплой стороны и частично — с холодной. Однако на стыках возникают "тепловые мостики". На рис. 2.29 показано удовлетворительное решение проблемы за счет установки теплоизоляции на всех стенах с "холодной стороны". Дополнительно установлена теплоизоляция на уровень не менее 60 см на все стыки, контактирующие с "холодной стороной". Отличным можно признать решение, когда слои теплоизоляции пересекаются без разрывов.

### **"Тепловые мостики" на стыках "теплых" и "холодных" стен**

Аналогичным образом решается и проблема "тепловых мостиков" на стыках "теплых" и "холодных" стен (рис. 2.31 и 2.32). На рис. 2.31 представлено удовлетворительное решение проблемы, когда обе стены отопляемого помещения теплоизолированы, но с разных сторон. Для ликвидации "теплого мостика" слой теплоизоляции с холодной стороны стен продлен на 60 см. В идеальном же случае (рис. 2.32) слой теплоизоляции должен быть непрерывным.



**Рис. 2.31.** Удовлетворительное решение

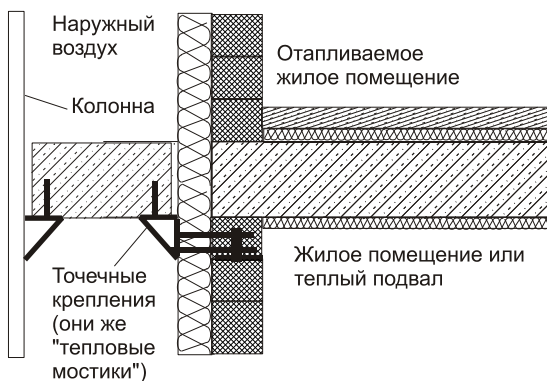


**Рис. 2.32.** Отличное решение

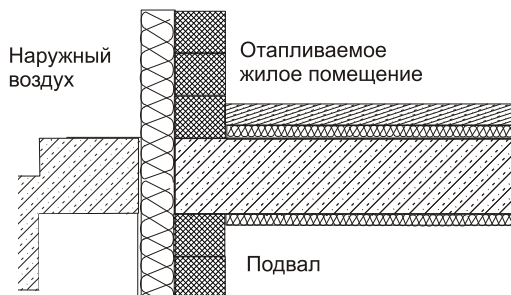


## Решение проблемы "тепловых мостиков" для балконов и выступающих элементов конструкции

Еще один распространенный источник возникновения "тепловых мостиков" — это различные выступающие строительные конструкции, такие как балконы, козырьки, ступеньки перед входом и т. п. Для их ликвидации тоже предусмотрены типовые решения, показанные на рис. 2.33 и 2.34.



**Рис. 2.33.** Удовлетворительный вариант решения проблемы "тепловых мостиков" для балкона

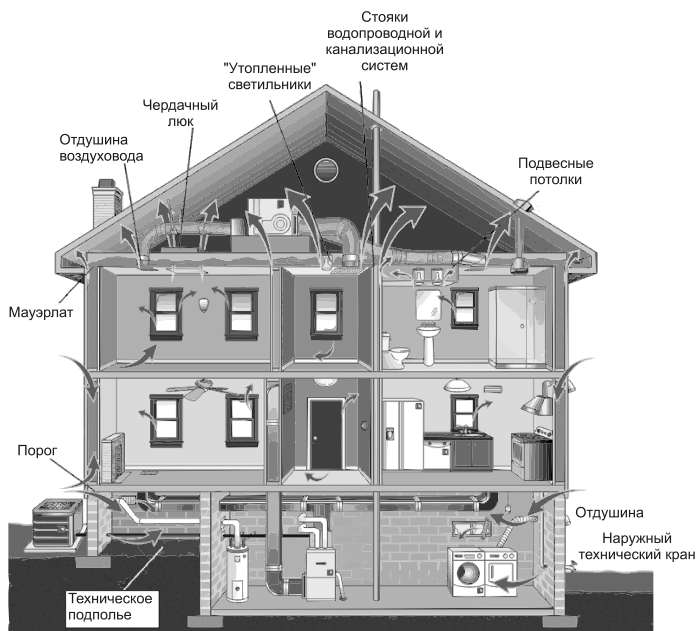


**Рис. 2.34.** Вариант решения проблемы, полностью ликвидирующий "тепловые мостики"

Вариант, представленный на рис. 2.33, заключается в точечном креплении балкона или другого выступающего элемента строительной конструкции стальными скобами и обеспечении дополнительной поддержки балкона отдельными колоннами, расположенными перед домом. Если поперечное сечение стальных крепежных элементов невелико, то количество "тепловых мостиков" будет сведено к минимуму. Но по-настоящему свободное от "тепловых мостиков" решение показано на рис. 2.34. На этой схеме конструкция, поддерживающая балкон или другой выступающий элемент, полностью изолирована от здания (рис. 2.34).

## Герметичность здания

Помимо устранения "тепловых мостиков", еще одним важным аспектом теплоизоляции здания является обеспечение его герметичности.



**Рис. 2.35.** Воздушные потоки и тепловые потери в домах за счет негерметичностей

Хорошо утепленные стены — это лишь часть того, что требуется для по-настоящему энергетически эффективного дома. Существенная доля тепловых потерь в домах приходится на всевозможные щели и дыры. Небольшая щель в перекрытии, плохо заделанные стыки между стенами, некачественная герметизация вентиляционных шахт или дымоходов могут служить скрытой причиной постоянного выхолаживания домов даже с очень "теплыми" стенами (рис. 2.35).

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Обратите внимание на то, что подсос холодного воздуха происходит через щели и негерметичности в подвалах и нижних этажах здания (стрелки, направленные внутрь дома), а вот теплый воздух "улетучивается" через крышу (стрелки, направленные наружу). Это приводит к возникновению проблемы обледенения крыш, к которой мы обязательно вернемся чуть далее.

## **Проблемы обеспечения герметичности зданий**

Часто высказывается мнение о том, что стены и другие ограждающие конструкции здания должны "дышать". При этом многие исходят из ложного представления о том, что "дышать" означает "пропускать воздух", и видят в этом противоречие с необходимостью герметизации. В реальности же ситуация такова: действительно, наружные элементы здания должны быть паропроницаемыми, чтобы избежать повреждения здания сыростью и обеспечить комфортный микроклимат. Когда речь идет о герметизации, то имеется в виду необходимость сделать оболочку здания непроницаемой для воздуха, а не для пара. Например, чтобы выполнить требование герметизации наружной стены, ее покрывают минерализованной штукатуркой. Проветривание помещений по желанию жильцов должно осуществляться не за счет воздухопроницаемости наружных элементов оболочки дома, а за счет проветривания через окна или (в домах с низким энергопотреблением) за счет механической вентиляционной установки. Негерметичности (в местах установки окон и дверей, как и в местах стыков и переходов между конструктивными элементами

здания), которые часто встречаются в старых домах, на самом деле приводят не к проветриванию, а к тому, что микроклимат в доме будет зависеть от погоды на улице. При сильном ветре и существенных перепадах температур на улице и в помещении скорость воздухообмена повышается (настолько, что это становится заметно и достаточно неприятно), в то время как в безветренные дни и при незначительных перепадах температур на улице и в помещении ощущается недостаток свежего воздуха даже при открытых окнах.

Элементы конструкции здания, где наиболее часто встречаются негерметичности, показаны на рис. 2.36.



**Рис. 2.36.** Негерметичности чаще всего встречаются на стыках и переходах между конструктивными элементами здания, особенно в тех случаях, когда не предпринимается никаких специальных мер по их уплотнению (штукатурные работы, проклеивание, изолирующие ленты и т. д.)

## Поиск утечек воздуха

Основные рекомендации по поискам негерметичностей сводятся к следующему: во-первых, начните с осмотра всех элементов конструкции, где контактируют между собой разные строительные материалы: например, кирпичная кладка и деревянная обшивка, стыки между фундаментом и стенами и т. д. Затем проинспектируйте следующие области с тем, чтобы выявить наличие щелей, трещин и зазоров:

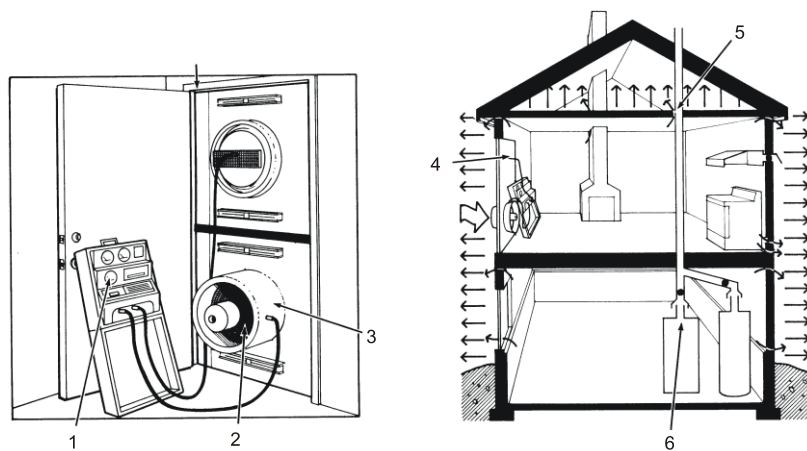
- места установки дверей и окон;
- проколы для домовых подключений (к сетям центрального электро- и газоснабжения, а также к телефонным сетям и сетям кабельного телевидения);
- водовыпускные краны;
- вентиляционные отверстия и кондиционеры;
- кирпичную кладку, сайдинг, штукатурку, фундамент;

Наиболее сильные утечки можно почувствовать руками, или же обнаружить по отклонению пламени свечи.

Однако наиболее надежным методом поиска негерметичностей является так называемый "тест давлением" (нем. — Drucktest, англ. — "Blower-Door-Test"), также известный под названием теста с помощью "ветровой двери", схема проведения которого показана на рис. 2.37.

Тест с помощью "ветровой двери" (blower door test) позволяет выявлять малейшие бреши в герметичности здания. Ветровая или вентиляторная дверь представляет собой специализированное диагностическое оборудование, предназначенное для измерения герметичности зданий. При проведении теста давлением ("Blower-Door-Test") используется специальная герметичная дверь (рис. 2.37) с встроенным в нее мощным вентилятором (3) с регулируемой скоростью вращения, которая устанавливается в проеме входной или балконной двери тестируемого здания (4). Вентилятор снабжен зондом для измерения скорости воздушного потока (2) и подключен к пульту, снабженному приборами для измерения перепадов давления (1). При этом в здании закрываются все окна и двери, каминные и печные трубы, а также вентиляционные каналы. Все устройства и приборы, подключенные к подводящим (5) и выводным трубопроводам (6), должны быть уплотнены. Путем

нагнетания или откачки воздуха через вентилятор производится поиск и обнаружение неплотностей (щелей или неплотных примыканий), через которые происходит проникновение воздуха в помещение или отток воздуха из помещения. Обнаружение неплотностей и их визуализация могут производиться при помощи дыма (применяется для выявления дефектов фасада здания), газаносителя и детектора или же с помощью ручного анемометра. Выполняется проверка, не поддувает ли воздух в районе наиболее вероятных неплотностей (оконных и дверных проемов, электрических розеток и выключателей, обогревателей и т. д.). Это можно сделать, подставив руку. Кроме того, можно использовать специальную пудру или дымогенераторы. Высота перепада давлений устанавливается за счет регулировки скорости вращения вентилятора, и производятся замеры объемов закачиваемого воздуха.



**Рис. 2.37.** Схема проведения теста давлением ("Blower-Door-Test")

При откачке воздуха в здании создается мини-вакуум (перепад давлений составляет 50 Па, что соответствует силе ветра в 5 баллов<sup>1</sup>, и замеряется объемный расход воздуха через вентилятор

<sup>1</sup> Сила ветра в баллах по шкале Бофорта, см. <http://tinyurl.com/4uuy6>. — Прим. ред.

и время, за которое был достигнут такой перепад давления. При таком перепаде будут обнаружены все критические места утечки или подсоса воздуха. Использование электронных измерительных приборов (ручных термоанемометров) позволяет измерить скорость ветра в метрах в секунду (м/с) в местах утечки или подсоса. Возможен и другой, правда, более дорогой, метод, при котором дополнительно применяется термографическая камера, с помощью которой визуализируются потоки холодного воздуха в местах протечки. В дополнение к этому, использование термографии позволяет определить и конструктивные "тепловые мостики".

Герметизации подлежат все места утечки/подсоса, где замеренная скорость ветра составляет 2 м/с или более. Разумеется, соответствующие меры по герметизации очень важны и при слишком высокой кратности воздухообмена в целом.

До последнего времени тест с помощью ветровой двери в России практически не применялся. Однако 7 октября 2010 года на выставке "Свой дом" состоялся первый в России тест энергетической эффективности дома с использованием "ветровой двери" (см. <http://tinyurl.com/4r2djxv>). В день открытия этой выставки в режиме "живого шоу" был подвергнут этому испытанию демонстрационный дом от завода "Тамак" (<http://tamak.ru/news/view/129.html>), причем одновременно с этим велась съемка дома при помощи тепловизора. Двухэтажный коттедж под названием "Лагуна" (загородный коттедж для семьи из 4—5 человек, рассчитанный на круглогодичное проживание) успешно прошел это испытание. Надо надеяться, что этот первый в России тест заложит основы новых традиций контроля качества в строительстве, поскольку подобные тесты широко используются в Европе и США и убедительно доказали свою эффективность. Рекомендации, которые даются производителям домов по итогам таких тестов, позволяют значительно повышать качество жилья.

Помимо теста вентиляторной дверью большинство программ сертификации зданий по "зеленым стандартам" требуют также проведения теста герметичности системы воздуховодов. Требования "зеленых стандартов" предписывают, чтобы общий объем утечек из системы воздуховодов составлял не более 6 кубических

футов в минуту ( $0,0238 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) на каждые 100 квадратных футов ( $1 \text{ кв. фут} \approx 0,0929 \text{ м}^2$ ).

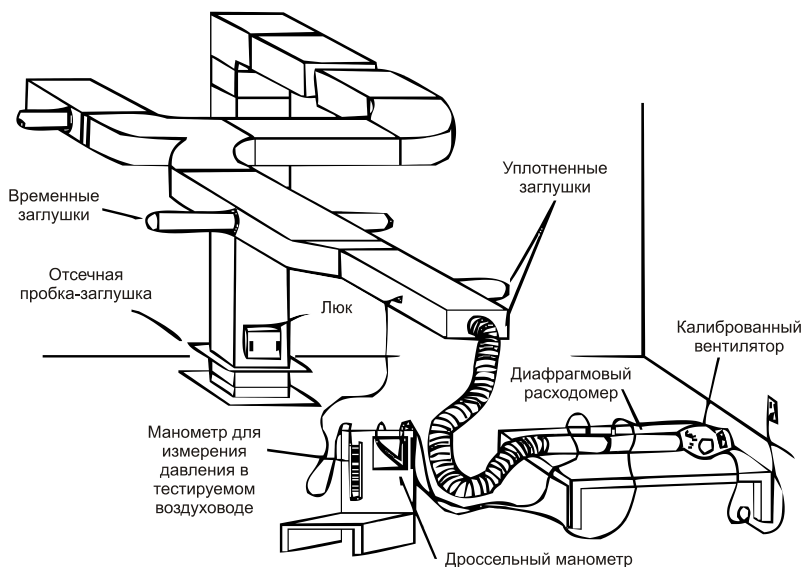
Широко применяются следующие виды тестов:

- Только с помощью вентиляторной двери — самый простой тест, при котором производится два замера. Первый замер производится обычным образом, а второй — при всех отверстиях и вентиляционных решетках, заклеенных бумагой и изолентой. Разница двух замеров дает приблизительные утечки системы воздуховодов.
- Тест с помощью вентиляторной двери и специальных диагностических заглушек (pressure pans), устанавливаемых на вентиляционные отверстия и снабженных датчиками давления (рис. 2.38). При этом вентиляторная дверь используется для откачивания воздуха из дома при выключенной системе кондиционирования, все вентиляционные отверстия в помещении поочередно закрываются диагностической заглушкой, и с них считываются показания манометра, который показывает давление воздуха, проникающего в вентиляционную систему. Обычно это бывают значения от 1 Па до 45 Па (чем выше эти показания, тем ниже герметичность воздуховодов).



**Рис. 2.38.** Диагностическая заглушка для проверки герметичности воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования





**Рис. 2.39.** Метод тестирования системы воздуховодов вентиляционной системы

- ❑ Тестирование с помощью специального калиброванного вентилятора (Duct Blaster). Диагностическая установка напоминает небольшую "вентиляторную дверь" (рис. 2.39). Проведение тестирования включает следующие шаги:
- ❑ Все приточные и вытяжные решетки запечатываются полиэтиленом и скотчем (как показано на рис. 2.40), кондиционер (если есть) выключается.
- ❑ Устанавливается диагностическое оборудование (недалеко от отопительной установки или большой рециркуляционной вентиляционной решетки).
- ❑ Датчик манометра вводится в камеру обработки воздуха.
- ❑ Калиброванный вентилятор включается и начинает нагнетать давление воздуха до 25 Па (типичное рабочее значение для систем механической вентиляции). Воздушный поток через вентилятор (отображается манометром в кубических футах в минуту) соответствует воздушному потоку, просачивающемуся через негерметичности в системе воздуховодов.

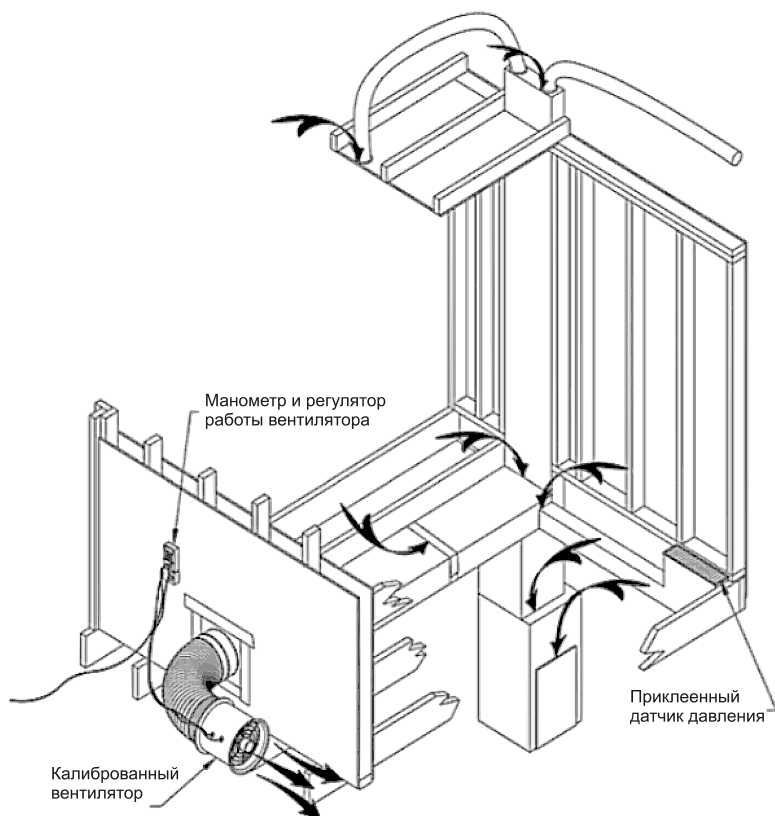


Рис. 2.40. Тестирование герметичности воздуховодов

## Обеспечение герметичности здания при строительстве новых домов

Перед выбором стратегии герметизации необходимо учесть взаимодействие между любыми герметизирующими материалами и остальными компонентами здания и его инженерных систем, в том числе:

- ☐ теплоизоляцией;
- ☐ системами по контролю уровня влажности;
- ☐ системами вентиляции.

Герметичность поверхностей лучше всего обеспечивать с внутренней стороны каждого из конструктивных элементов здания.

Для кирпичных и каменных зданий для этой цели применяется штукатурка. Для легких строительных конструкций используются древесные материалы или фанера, полиэтиленовые пленки, прессованная сухая штукатурка или армированный строительный картон, с тщательным проклеиванием соединительных швов. Для склеивания листов из полиэтиленовой пленки применяются специальные бутилкаучуковые клейкие ленты. Строительный картон обрабатывается клеем на основе акрилата или натурального каучука. Стыки между деревянными или фанерными листами можно проклеивать бутилкаучуковыми лентами или нарезать ленты из строительного картона и обработать их соответствующими клеями. Труднее всего обеспечить герметичные стыки в форме линий там, где оштукатуренная стена стыкуется с пленками или плитами:

- Если герметизируемая поверхность с одной стороны покрывается полиэтиленовой пленкой, то место стыка с оштукатуренной поверхностью следует либо армировать с помощью тянутой цельнорешетчатой металлической сетки и заштукатурить или проклеить клеем на основе акрилата или полиуретановым клеем-затиркой для швов и стыков.
- Листы из армированного строительного картона можно приклеивать каучуковым клеем к гладкому подстилающему слою.
- Стыки между деревянными или фанерными плитами и штукатуркой следует проклеивать бумажными или картонными лентами.

Особенно сложно устранять негерметичности в местах точечных проколов, иначе говоря, обеспечить герметичные подводы в местах, через которые проходят кабели или трубопроводы. Каждый элемент, проходящий через герметизируемую поверхность (к таким элементам относятся балки, вентиляционные и другие трубопроводы и т. д.), представляет собой разрыв в герметизируемой поверхности и должен быть надлежащим образом изолирован. При использовании легких строительных конструкций при проколе герметизируемых плоскостей для провода через них

проникающих элементов можно использовать манжеты из герметизирующих пленок или картона и герметизировать места стыков уже описанным методом. Можно использовать и герметизирующие клейкие ленты. Места прокола для проводки трубопроводов через оштукатуренные каменные или кирпичные стены можно герметизировать специальными круглыми резиновыми уплотняющими прокладками или герметизирующими пастами, долгое время сохраняющими эластичность.

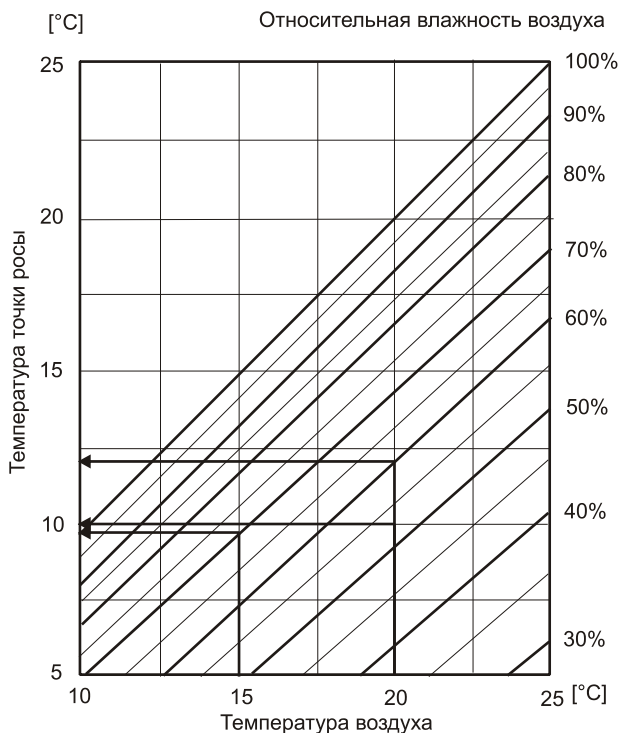
Особую проблему представляет каминные дымоходы. Пористая каменная облицовка представляет собой нарушение герметичности. Поэтому каминный дымоход должен быть полностью оштукатурен, в том числе и там, где он проходит через (неуплотненное) перекрытие из деревянных балок. Стык между герметизирующими материалами при прохождении как через внутреннее, так и через внешние стены должен быть герметизирован либо путем оштукатуривания, либо путем проклеивания. Все соединения, стыки и проколы следует тщательно планировать, и после выполнения работ обеспечивать их герметизацию. В случае обнаружения мест утечки или подсоса не существует другого варианта, кроме их проклеивания или уплотнения пастообразным герметиком.

## **Образование плесени на стенах и перекрытиях**

Образование плесени на стенах и перекрытиях, особенно в углах комнат и на откосах окон, в старых зданиях является проблемой, встречающейся довольно часто. Причины образования плесени — это не только привычки жильцов, но и недостаточная теплоизоляция наружной стены, в том числе — и образование "тепловых мостиков".

Для роста плесневых грибов необходима влага. Стены в жилищах становятся влажными из-за конденсации влаги из воздуха, когда температура поверхности стены оказывается ниже, чем температура точки росы при заданной относительной влажности воздуха. Диаграмма, представленная на рис. 2.41, показывает

общую зависимость между температурой воздуха в помещении, относительной влажностью воздуха в этом же помещении и температурой точки росы. Если температура воздуха в помещении составляет  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности воздуха  $60\%$ , то температура точки росы на поверхности стены равняется примерно  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при температуре воздуха  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности  $70\%$  —  $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В качестве других причин появления плесени можно назвать влагу, поднимающуюся из цоколя, ливневые дожди, пропитывающие наружную штукатурку внешних стен и, наконец, негерметичные водосточные трубы и желоба.

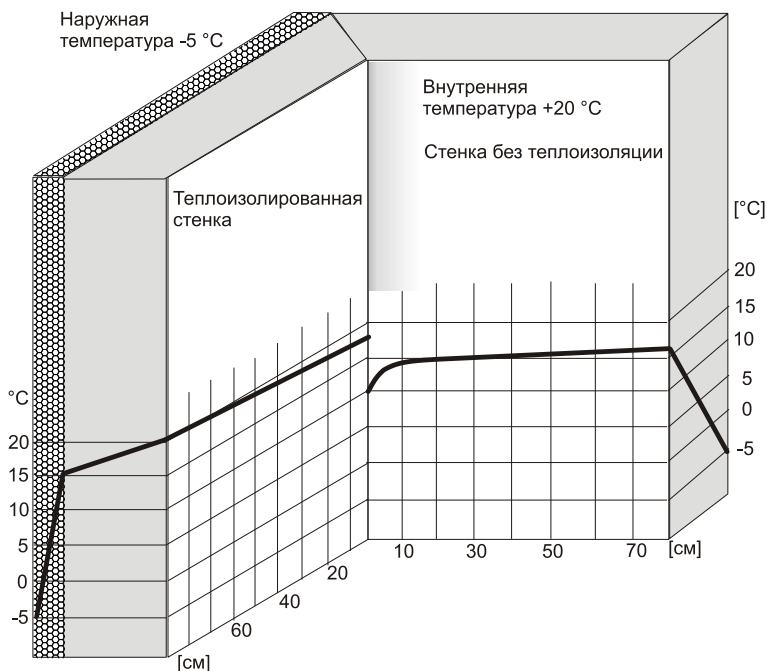


**Рис. 2.41.** Общая зависимость между температурой воздуха в помещении, относительной влажностью воздуха в этом же помещении и температурой точки росы (цитируется по книге: Recknagel-Sprenger: Handbuch der Heizungs- und Klimatechnik)

Если температура внутренней поверхности стены оказывается ниже, чем температура точки росы, вследствие недостаточной теплоизоляции, из-за наличия "тепловых мостиков" и/или вследствие недостаточной конвекции (в углах, за шторами, за шкафами и другой массивной мебелью), то избыточная влага из воздуха будет конденсироваться и осаждаться в холодной зоне. С течением времени длительное пропитывание покрытий (ковровых, лакокрасочных), содержащих питательные органические вещества, приводит к образованию плесени. Если окна в помещении герметичны, и оно недостаточно хорошо проветривается, это приведет к тому, что влажность воздуха в нем будет повышена постоянно. В результате выделение конденсата в таких холодных зонах усиливается до такой степени, что, в конце концов, конденсат появляется даже на относительно теплых поверхностях стен.

Таким образом, во многих случаях недостаточная теплоизоляция и плохое проветривание служат причинами образования плесени. В рассматриваемом примере одна из стен имеет теплоизоляцию, и ее коэффициент теплопроводности  $U = 0,25 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ , в то время как другая стена теплоизоляции не имеет, и ее коэффициент теплопроводности  $U = 1,45 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ . В результате температура поверхности в углу падает до  $10^\circ \text{C}$ , так что образование плесени начинается уже при относительной влажности воздуха 52% (см. рис. 2.42).

Средства борьбы с образованием плесени сводятся к следующему: во-первых, необходимо усилить теплоизоляцию наружной стены (или другого конструктивного элемента здания), чтобы повысить температуру внутренней поверхности стены и предотвратить образование конденсата. Во-вторых, по возможности, в хорошо теплоизолированных зданиях рекомендуется применять систему вентиляции с автоматическим управлением влажностью воздуха, что позволяет снизить относительную влажность воздуха до тех значений, когда она становится не критичной.



**Рис. 2.42.** Причины образования плесени в угловом помещении.

Цитируется по учебным материалам для сотрудников

Международного энергетического агентства (МЭА)<sup>1</sup>:

"Schulungsmaterial der Energieagentur NRW, Impuls-Programm"

## Диффузия пара

В связи с мерами по теплоизоляции часто всплывает и такое понятие, как "диффузия пара". Это явление не поддается визуализации, так как водяной пар, как и другие вещества, просачивающиеся через элементы конструкции здания, невидим. В первую очередь, в холодное полугодие (осень — зима), когда снаружи здания воздух охлаждается до низких температур, а внутри здания при комнатных температурах наблюдается высокая влажность, водяной пар конденсируется на внутренних сторонах стен. При долго-

<sup>1</sup> См. [http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale\\_Energieagentur](http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Energieagentur), <http://tinyurl.com/yby2mxx>. — Прим. ред.

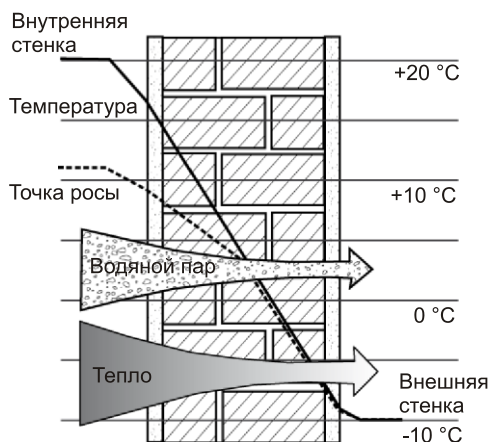
временном воздействии этот конденсат может полностью пропитать стены и привести к их повреждению. Чтобы ослабить образование конденсата или, в идеальном случае, сделать его невозможным, применяются теплоизоляционные и пароизоляционные материалы.

Большинство строительных материалов могут впитывать влагу и затем ее выделять, по этой причине они более или менее проницаемы для влаги. При этом в холодные сезоны теплый воздух внутри здания, как правило, содержит больше водяного пара, нежели холодный уличный воздух (иными словами, относительная влажность воздуха в помещениях выше, чем на улице). В результате этого перепада давления водяных паров они просачиваются наружу через массивные стены здания. Так как тепло утекает из помещений наружу, и температуры снижаются в направлении изнутри наружу, может случиться так, что в некоторых строительных материалах водяной пар будет конденсироваться. В однослойных однородных кирпичных стенах конденсат зимой образуется часто, но это не сильно заметно, потому что количество конденсата очень мало. Кроме того, в теплые сезоны (весна — лето) кирпичные стены, как правило, полностью просыхают.

Чтобы избежать повреждения конструкций вследствие пропитывания их влагой, предлагаются две стратегии:

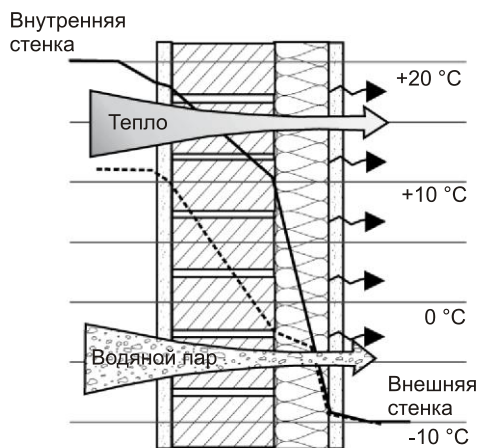
1. На теплую и влажную внутреннюю сторону наружной стены необходимо нанести пароизоляцию из строительных материалов, замедляющих диффузию, а на наружную, сухую и холодную — теплоизолирующий слой из материала, не препятствующего диффузии.
2. Утеплить внешнюю стену снаружи, тогда температура внутри стены повысится, потому что слой теплоизоляции покрывает большую часть конструктивного элемента. Поэтому, как правило, риск выпадения конденсата при внешней теплоизоляции снижается (кроме случаев установки паронепроницаемой наружной облицовки). Напротив, при установке внутренней теплоизоляции температура в расположенных за теплоизоляцией слоях снижается, и опасность выпадения конденсата возрастает, особенно если внутренняя теплоизоляция не защищена пароизолирующими слоями (например, парозащитной прокладкой).





а) Характер потоков тепла и водяного пара через однородную внешнюю стену примерно одинаков

а

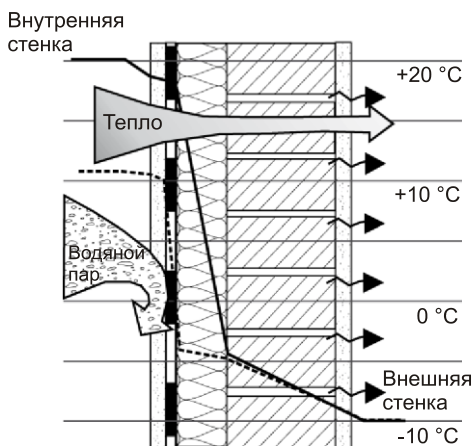


б) Внешняя теплоизоляция не создает проблем с пропитыванием влагой

б

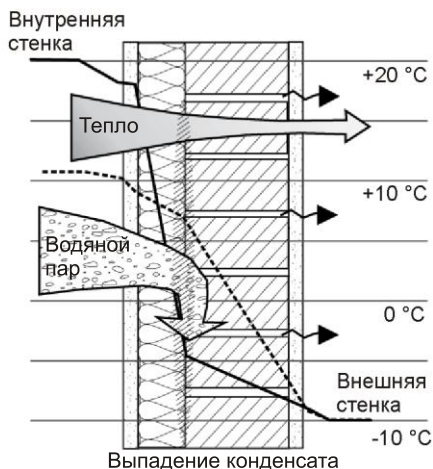
**Рис. 2.43, а и б.** Диффузия тепла и водяного пара через одно- и многослойные внешние стены здания.

Источник: Arndt, H.: "Wärme- und Feuchteschutz in der Praxis". Berlin 1996



в) Установка пароизолирующей прокладки с внутренней стороны при внутренней теплоизоляции препятствует попаданию больших количеств влаги в конструкцию

в



г) При внутренней теплоизоляции, если не предусмотрено пароизолирующей прокладки, в теплоизолирующем слое может начаться конденсация влаги

г

**Рис. 2.43, в и г.** Диффузия тепла и водяного пара через одно- и многослойные внешние стены здания.

Источник: Arndt, H.: "Wärme- und Feuchteschutz in der Praxis". Berlin 1996

### **Вывод**

Внешняя теплоизоляция не только позволяет экономить энергию, но и поддерживает здание в тепле и сухости. По этой причине внешней теплоизоляции в большинстве случаев следует отдать принципиальное предпочтение перед внутренней. Тем не менее, в некоторых случаях можно установить и внутреннюю теплоизоляцию, выполнив реконструкцию таким образом, чтобы конструктивные элементы здания не подвергались опасности выпадения конденсата.

Масштабы переноса влаги путем диффузии часто переоцениваются, и при этом совершенно не учитывается тот факт, что влагообмен возможен и через конвекцию (т. е. путем переноса с воздухом). Если в конструктивном элементе имеются полости и пустоты, то влагообмен может происходить и через них, и тогда влага в действительности переносится намного быстрее и в гораздо больших количествах.

Особенности диффузии тепла и водяного пара через одно- и многослойные внешние стены здания показаны на рис. 2.43.

## **Принцип оптимизации теплоизоляции**

Применение усиленной теплоизоляции возможно при любом строительстве: в кирпичных, деревянных зданиях, зданиях из сборных элементов, зданиях с использованием различных видов несъемных опалубок, зданиях из металлических конструкций и в смешанных вариантах.

Из опыта строительства энергетически эффективных новостроек можно вывести следующий важный принцип: при устройстве теплоизоляционной оболочки не следует экономить на толщине. Этот принцип относится в особенности к пассивным домам, так как хорошая теплоизоляционная оболочка является экономически оправданным путем по экономии энергии.

## **Выбор теплоизолирующих материалов**

Осуществление теплоизоляции и герметизации оболочки здания при реконструкции старых домов позволяет снизить энергетические затраты здания и уменьшить выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

С другой стороны, при изготовлении теплоизолирующих и уплотняющих материалов тоже расходуется энергия, а в атмосферу выбрасывается углекислота. Тем не менее, теплоизоляция и герметизация оболочки существующих зданий всегда окупается. Кроме того, необходимо уделить внимание и аспектам экологической безопасности и защиты окружающей среды. В этой книге предпочтение будет отдаваться таким теплоизолирующим материалам, использование которых с точки зрения экологии считается рекомендованным. При выборе строительных материалов рекомендуется руководствоваться следующими соображениями:

□ **Доступность сырья**

Идет ли речь о доступных видах сырья или, например, о вторичном сырье? Ограничены ли источники сырья, насколько велики их запасы? Наносит ли добыча этого сырья вред окружающей среде?

□ **Расход энергии**

Насколько высоки затраты первичной энергии на добычу сырья, его производство, транспортировку, переработку, производство конечной продукции и ее доставку потребителю? Расходуется ли дополнительная энергия в тех случаях, когда материал требуется утилизировать?

□ **Нагрузка на окружающую среду**

Какую нагрузку на окружающую среду представляют собой добыча сырья, производство продукции, ее транспортировка. Использование в строительстве и, наконец, утилизация? Происходят ли при этом выбросы вредных веществ (пыль, летучие соединения, радиоактивные вещества)? Сильно ли при этом страдает экология?

□ **Сроки эксплуатации**

Насколько долговечен продукт, в течение скольких лет он может эксплуатироваться и оставаться сохранным? Какие затраты (материалы, энергия, работа) требуются на поддержание конструкции?

□ **Оказывает ли материал вредное влияние на здоровье жильцов домов, в строительстве которых использовался данный материал? Страдает ли здоровье рабочих, занятых добычей и переработкой сырья?**

- Полностью ли раскрыт химический состав материала? Нет ли в составе стройматериала компонентов, вредное влияние которых на организм человека хорошо известно и подтверждено? Не выделяются ли при переработке и изготовлении материала вредные вещества или яды? Не происходит ли выделения летучих веществ в окружающую среду в процессе эксплуатации? Не наблюдается ли посторонних или просто неприятных запахов?

## **Об экологически вредных материалах**

Одной из причин пристального внимания к этой теме послужила медицинская статистика — участились факты обращения врачам людей с жалобами на головную боль, тошноту, раздражение глаз и другими аллергическими проявлениями. Первая острая реакция на токсичные вещества, выделяемые такими материалами, называется "жилищным синдромом", симптомы которого со временем исчезают. Если человек продолжает жить в таком жилище, состояние его здоровья может постепенно ухудшаться из-за накопления в организме вредных веществ.

Естественно, что чаще всего застройщики в нашей стране при возведении дома и выборе строительных материалов руководствуются их относительно низкой стоимостью. Ведь не секрет, что большинству приходится при строительстве экономить практически на всем. К сожалению, лишь по прошествии некоторого времени может прийти понимание того, что дешевые стройматериалы все равно "возьмут свое", нанеся вред вашему здоровью.

Поэтому предпочтение всегда следует отдавать экологически чистым строительным материалам. Для начала внимательно ознакомьтесь с характеристиками строительного материала, который собираетесь использовать при строительстве дома, узнайте его потребительские свойства и качества. В принципе, вредные вещества при большом желании можно найти почти в любом строительном материале, особенно это касается тех материалов, при изготовлении которых использовались химические добавки для придания изделию необходимых характеристик, например, прочности. Но без них в производстве, например, битума, ДВП, ДСП, полимерных материалов обойтись нельзя, поэтому подоб-

ные материалы находятся в "группе риска". Главное, что вы должны иметь в виду — любой из приобретаемых вами строительных материалов должен обладать санитарно-эпидемиологическим заключением. Это требование касается абсолютно всей продукции, реализуемой как на строительных рынках, так и в магазинах. Такой сертификат выдается после исследования материала, в ходе которого выявляется его соответствие санитарным нормам и безопасность для здоровья. С этим документом можно ознакомиться у продавца или фирмы-поставщика. Следует также отметить и то, что продукция известных фирм в этом плане более надежна.

Обычно при строительстве "каркаса" дома выбор останавливается на двух стройматериалах — кирпич или дерево. Каждый из них имеет как преимущества, так и недостатки. Дерево является одним из самых экологически чистых материалов. Но кроме вас дерево стремятся сделать своим домом множество паразитов, попутно уничтожая его, поэтому без обработки специальными составами древесина долго не продержится. Кроме того, нужно помнить, что древесина подвержена процессам гниения, это значит, что нужно позаботиться о средствах против гниения. Но ведь эти средства и составы не могут защищать дерево вечно? Они в процессе эксплуатации дома испаряются и теряют свою защищающую способность, поэтому обработка дерева носит достаточно регулярный характер.

Такой строительный материал, как кирпич, не страдает от этих проблем, но если дом возведен в условиях повышенной влажности, то даже при хорошем отоплении его стены довольно трудно прогреть. А если отопление некачественное или происходит сбой, то жители дома обречены на частые простуды.

Следующим по экологической безопасности стройматериалом является бетон, со своими производными: газобетоном и пенобетоном. Такой материал, как асбест, который используется в производстве шифера, является запрещенным во многих странах. Многие, экономя на качественном покрытии из черепицы, покрывают крышу шифером. Но, пожалуй, стоит не один раз задуматься, ведь асбест выделяет в атмосферу вредные частицы, что может вызвать болезни легких, более того, горячий шифер еще

опасней и может спровоцировать рак легких. Это же можно сказать и об изделиях из пластмассы, которая применяется при производстве канализационных труб и фитингов.

Если говорить о внутренней отделке интерьера, то здесь вред здоровью могут нанести очень много материалов. В первую очередь это относится к лакам и краскам, используемым как для наружных, так и для внутренних отделок. Краски, лаки, паркетные пропитки — все они несут опасность, как сразу после окраски, так и длительное время после нее. Самым распространенным действием этих материалов является ожог дыхательных путей. В число опасных красок входят синтетические и те, которые выпускают с растворителями. Эти краски токсичны и источают резкий запах. Металлосодержащие краски также могут быть опасны, высыхая, ее частицы могут попасть на мебель, в воздух, в пищу, и затем в организм, нанося вред здоровью.

Сегодня стремительную популярность набирают окна из ПВХ. Поливинилхлорид (ПВХ) является веществом, которое часто используется в изготовлении различных предметов отделки внутренних помещений (плинтусы, уголки, молдинги). Данное вещество при разложении может выделять в атмосферу вредные компоненты. Полистирол и пенополистирол, из которых изготавливаются многие отделочные материалы, ничем не уступают поливинилхлориду по вредности.

Очень популярный материал ДСП, широко применяется в производстве и отделке мебели. Если в помещении температура воздуха выше 20 градусов, фенол, который содержится в ДСП, активно испаряется. Часто материал, которым обклеена мебель из ДСП, не имеет достаточной пропускной способности, и фенол скапливается под ним в опасной концентрации. Фенол является признанным канцерогеном, который активно влияет на центральную нервную систему. Единственным выходом является проветривание мебели из ДСП в разобранном виде.

Экологически чистый паркет, считающийся безвредным, можно опрометчиво покрыть токсичным лаком, что делает его крайне опасным. Из этого следует, что нужно знать, какие строительные и отделочные материалы вы покупаете, их свойства, и что с ними делать можно, а что нельзя.

Общие рекомендации по выбору утеплителей могут быть сведены к следующему:

- ❑ Керамзит (керамзитовый гравий) — экологичный, долговечный, но малоэффективный и трудоемкий в работе. Не используется для внутренних помещений.
- ❑ Стекловата — эффективный утеплитель, но сильно "сыплется", кроме того, со временем она может "просесть" и оставить неутепленные участки.
- ❑ Пенопласт, пенополистирол прочны, доступны, но плохо выводят пары из помещений наружу, вследствие чего на стенах выпадает конденсат и начинается рост плесневых грибов. Кроме того, эти материалы горючи и при пожаре выделяют вредные вещества.
- ❑ Каменная вата (минеральная вата на основе базальта) хорошо защищает от жары и холода, безопасна для здоровья, рекомендована к применению в детских, оздоровительных учреждениях и жилых помещениях. Это негорючий материал, не выделяющий при пожаре токсичных газов.

Базы данных с информацией о классах экологического качества строительных материалов в виде справочных информационных карточек можно найти здесь: <http://art-con.ru/node/1016>.

## **Качество теплоизоляции для пассивных домов**

Тепловые потери зимой в пассивном доме пренебрежительно малы. Температуры на внутренней поверхности наружных стен почти равны температуре внутреннего воздуха и не зависят от вида системы отопления. Это приводит к очень комфортному микроклимату и не допускает повреждения наружных конструкций под воздействием влажного воздуха.

Летом хорошая теплоизоляция защищает от перегрева. Для комфорта внутренних помещений в летнее время необходима хорошая защита от солнца на окнах и вентиляция в достаточном количестве. Хотя в нашем климате защите от летнего перегрева уделялось крайне мало внимания, но аномальная жара, стоявшая в России летом 2010 года, заставляет учитывать и эту проблему.



Для этой цели применяются специальные отражающие изоляционные материалы (reflective insulation), которые, как правило, состоят из тонкой алюминиевой фольги на разнообразных подложках.

В пассивных домах качество теплоизоляционной оболочки и герметичность здания проверены временем. Следующий принцип — это конструирование без "тепловых мостиков". Теплоизоляционная оболочка устраивается вокруг всего здания без разрывов и без уменьшения толщины. Благодаря этому не остается ни холодных углов, ни высоких тепловых потерь.

Наиболее рациональными видами энергетически эффективных наружных ограждающих конструкций являются многослойные композитные конструкции стен и покрытий с использованием минеральных материалов.

Основные резервы экономии тепла можно реализовать при утеплении существующих жилых домов. Утепление наружных стен — самый дорогостоящий и трудоемкий процесс — обеспечивает снижение тепловых потерь примерно на 12—15%.

## Заключение

Итак, в этой главе мы рассмотрели общетеоретические принципы функционирования пассивных и энергетически эффективных домов, а также взаимосвязь аспектов энергосбережения и комфортного, экологически благоприятного микроклимата внутри помещения. В следующих главах мы рассмотрим как уже апробированные, так и инновационные решения по теплоизоляции современных домов.

## Глава 3

# Обзорная информация о конструктивных решениях по теплоизоляции зданий

Основные элементы здания можно подразделить на следующие группы:

- несущие, воспринимающие основные нагрузки, возникающие в здании;
- ограждающие, разделяющие помещения, а также защищающие их от атмосферных воздействий и обеспечивающие сохранение в здании определенной температуры;
- элементы, совмещающие и несущие, и ограждающие функции.

К основным конструктивным элементам здания относятся: фундаменты, стены, перекрытия, отдельные опоры, крыша, перегородки, лестницы, окна, двери.

Фундаментом называется подземная конструкция, основным назначением которой является восприятие нагрузки от здания и передача ее основанию.

Стены отделяют помещения от внешнего пространства (наружные стены) или от других помещений (внутренние стены), выполняя тем самым ограждающую функцию. Кроме того, стены могут нести нагрузку не только от собственного веса, но и от вышележащих частей здания (перекрытий, крыши и др.), осуществляя несущую функцию. Стены, воспринимающие, кроме собственного веса, нагрузку и от других конструкций и передающие ее фундаментам, называют несущими. Стены, опирающиеся на фундаменты и несущие нагрузку от собственного веса по всей высоте, но не воспринимающие нагрузки от других частей здания, носят название самонесущих.

Перекрытиями называют конструкции, разделяющие внутреннее пространство здания на этажи. Перекрытия ограничивают этажи и расположенные в них помещения сверху и снизу (ограждающие функции) и несут, кроме собственного веса, полезную нагрузку, т. е. вес людей, оборудования и предметов, находящихся в помещениях (несущие функции). Кроме того, перекрытия играют весьма существенную роль в обеспечении пространственной жесткости здания, т. е. неизменяемости его конструктивной схемы под действием всех возможных нагрузок. Перекрытия, в зависимости от их расположения в здании, бывают междуэтажные, разделяющие смежные по высоте этажи; чердачные, отделяющие верхний этаж от чердака; нижние, отделяющие нижний этаж от грунта, и надподвальные, отделяющие первый этаж от подвала. По верху междуэтажных перекрытий настилают полы в зависимости от назначения и режима эксплуатации помещения, а нижняя поверхность перекрытия (или покрытия) образует потолок для нижележащего помещения. Перекрытия могут опираться или непосредственно на колонны, или на уложенные по ним балки (прогоны).

Отдельными опорами называют стойки (столбы или колонны), предназначенные для поддержания перекрытий, крыши, а иногда и стен, и передачи нагрузки от них непосредственно на фундаменты. Колонны и прогоны образуют так называемый внутренний каркас здания.

Крыша является конструкцией, защищающей здание сверху от атмосферных осадков, солнечных лучей и ветра. Верхняя водонепроницаемая оболочка крыши называется кровлей. Крыша вместе с чердачным перекрытием образует покрытие здания. Мансардным этажом (или мансардой) называется этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной или ломаной крыши. В том случае, если в здании отсутствует чердак, функции чердачного перекрытия и крыши совмещаются в одной конструкции, которая называется бесчердачным покрытием.

Перегородками называют сравнительно тонкие стены, служащие для разделения внутреннего пространства в пределах одного

этажа на отдельные помещения. Перегородки опираются в каждом этаже на перекрытия и никакой нагрузки, кроме собственного веса, не несут.

Лестницы служат для сообщения между этажами. Из противопожарных соображений лестницы, как правило, заключаются в специальные, огражденные стенами, помещения, которые называются лестничными клетками.

Для освещения помещений естественным светом и для их проветривания (вентиляции) служат окна, а для сообщения между соседними помещениями или между помещением и наружным пространством — двери. В некоторых случаях, при необходимости ввоза или проноса в помещение крупногабаритного оборудования или транспортных средств, помимо дверей устраивают еще и ворота.

Кроме только что перечисленных, существует еще ряд конструктивных элементов (например, балконов, входных площадок, примысков у окон подвала и др.), которые нельзя отнести ни к одной из указанных групп.

Наиболее животрепещущий вопрос, который стоит в малоэтажном строительстве, как перед владельцами уже имеющихся домов, так и перед застройщиками, сводится к следующему: как быстро и качественно утеплить ограждающие конструкции здания, создать комфортные условия для проживания и снизить затраты на отопление загородного дома? Ведь можно много лет строить дом на массивном фундаменте со стенами метровой толщины, а можно вместо этого применить современные технологии строительства и системы теплоизоляции.

Если застройщик сделал выбор в пользу современных решений по теплоизоляции, то далее перед ним встают следующие вопросы:

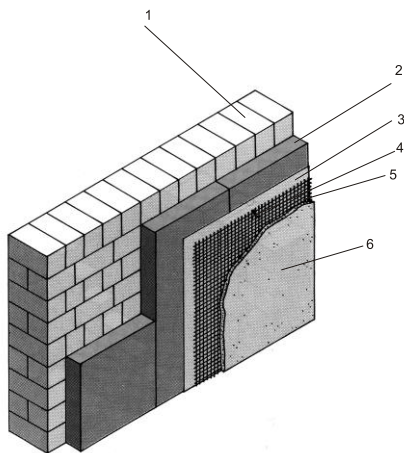
- ☐ Как правильно выбрать материал?
- ☐ Сколько материала приобрести?
- ☐ Как его правильно установить?

## Типовые варианты теплоизоляции различных конструктивных элементов здания

В данном разделе будут вкратце рассмотрены типовые решения по теплоизоляции ограждающих конструкций здания, наиболее часто применяющиеся в современной практике малоэтажного и коттеджного строительства. Типовые решения, касающиеся утепления фундаментов и цоколей, а также защиты от промерзания, рассматриваются в *главе 4*.

### Комплексная система термоизоляции

Комплексная система термоизоляции (термооболочка) (рис. 3.1) может применяться как при новом строительстве, так и при реконструкции или капитальном ремонте уже существующих зданий. Она предназначена для всех оштукатуренных фасадов, но подходит и для сильно поврежденных кирпичных фасадов,



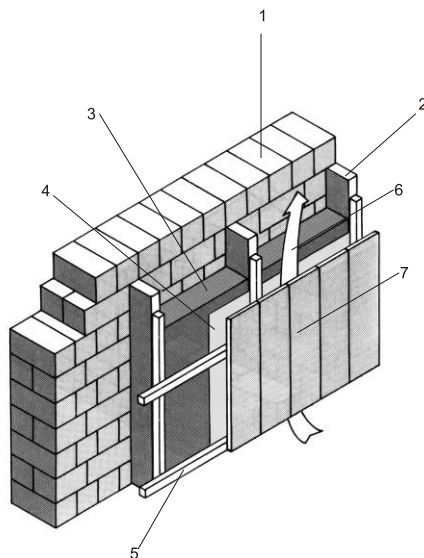
**Рис. 3.1.** Комплексная система термоизоляции (термооболочка):  
1 — наружная стена, 2 — теплоизолирующие плиты (1 или 2 слоя);  
3 — слой штукатурки; 4 — штифт или дюбель;  
5 — армирующая стеклоткань, 6 — наружная штукатурка в 2 слоя

имеющих запущенный внешний вид. На наружную поверхность стены (при реконструкции — непосредственно на старый слой наружной штукатурки) наклеивается слой термоизоляционного материала, который затем дополнительно крепится к стене на штифтах, укрепляется тканой арматурой и покрывается двумя слоями штукатурки.

Эта система утепления фасадов применяется в Германии с 1957 года. В Республике Беларусь с 1996 года к массовому применению рекомендована похожая система многослойного утепления "Термошуба" производства компании "Сармат" (<http://tinyurl.com/4r7rg65>).

## Навесные вентилируемые фасады

Навесные фасады с системой выходных вентиляционных каналов (рис. 3.2) применяются, когда кирпичные фасады подвер-

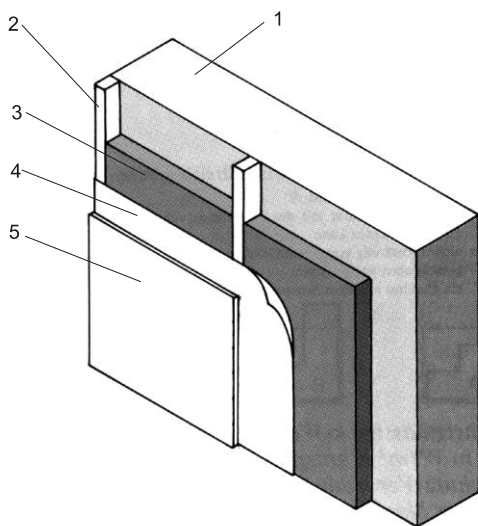


**Рис. 3.2.** Навесной фасад с системой выходных вентиляционных каналов: 1 — наружная стена; 2 — вертикальные деревянные рейки; 3 — теплоизоляционные плиты; 4 — диффузионно-проницаемый лист; 5 — деревянная обрешетка; 6 — вентилируемый воздушный зазор; 7 — наружная деревянная обшивка

гаются эрозии из-за интенсивного воздействия солнца, дождя и ветра, а также в тех случаях, когда требуется сделать акцент на художественном оформлении фасада. Навесные фасады конструктивно сложнее, их проектирование представляет собой трудоемкий процесс, и поэтому они стоят дороже, чем системы термоизоляции типа "термооболочка". Зато их преимущество заключается в том, что они предлагают большее количество разнообразных возможностей по архитектурно-художественному оформлению фасадов, нежели предыдущий вариант.

## Теплоизоляция с внутренней стороны наружных стен здания

Вариант с установкой термоизоляции с внутренней стороны наружных стен здания показан на рис. 3.3. При новом строительстве обычно предпочтение отдается наружной теплоизоляции,



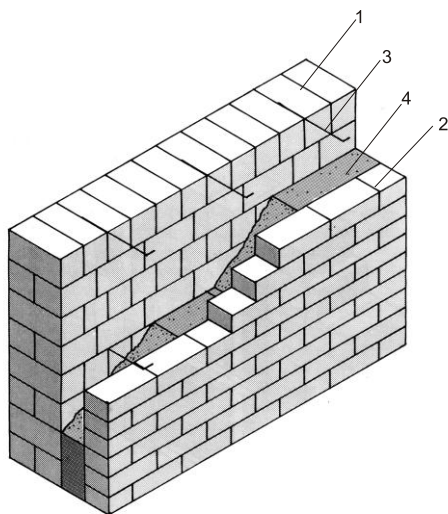
**Рис. 3.3.** Внутренняя теплоизоляция наружной стены:

- 1 — наружная стена; 2 — вертикальные деревянные рейки;  
3 — теплоизолирующие плиты; 4 — пароизоляционная прокладка;  
5 — внутренняя обшивка

поскольку установка теплоизоляции изнутри уменьшает жилую площадь. Но вариант с внутренней теплоизоляцией подходит для реконструкции зданий, являющихся памятниками старины или просто имеющих красивые, хорошо сохранившиеся фасады. Установка внутренней теплоизоляции может выполняться при масштабном ремонте внутренних помещений. Это решение следует выбирать в тех случаях, когда установка наружной теплоизоляции не представляется возможной.

## Теплоизоляция двойных стен

Двухоболочные стены — двойные стены с вертикальным воздушным зазором (рис. 3.4) часто встречаются в Северной Германии, где являются традиционным методом строительства. Применяется такой метод кладки и в России, о чем будет рассказано далее в *главе 5*. Такие двухоболочные конструкции позволяют встраивать дополнительный теплоизолирующий слой между



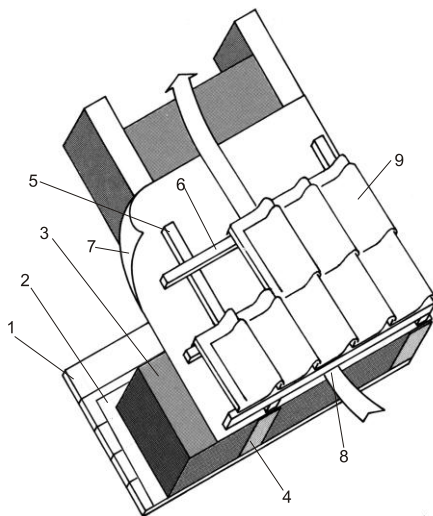
**Рис. 3.4.** Теплоизоляция в двойной наружной стене:  
1 — внутренний слой кладки; 2 — наружный слой кладки;  
3 — металлические анкеры; 4 — сыпучий утеплитель



оболочками стены путем закачивания уплотняющего материала, так, чтобы ликвидировать воздушные зазоры. При новом строительстве полости в облегченной кладке рекомендуется заполнять сыпучим утеплителем сразу же по мере строительства. При реконструкции и капитальном ремонте существующих зданий практика показала, что при сохранной наружной оболочке стены (без трещин) и диффузионно-проницаемых поверхностях (без использования облицовочного паронепроницаемого клинкерного кирпича или краски) имеющаяся вентиляция наружной оболочки стены не является строго обязательной.

## Теплоизоляция скатов крыши

Теплоизоляция скатов крыши путем установки теплоизолирующего слоя (рис. 3.5) между стропилами может быть выполнена изнутри, если чердачное помещение еще не оборудовано.

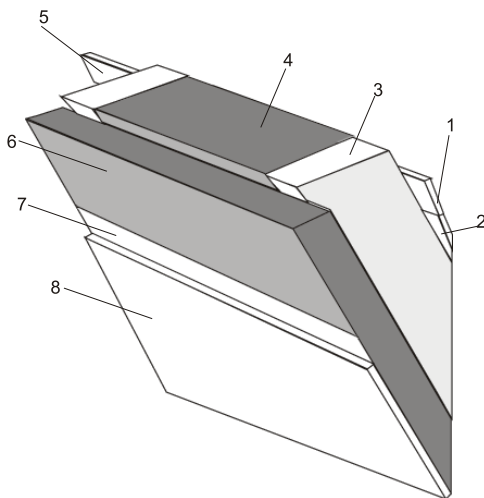


**Рис. 3.5.** Теплоизоляция скатов крыши путем установки теплоизоляции между стропилами: 1 — внутренняя обшивка; 2 — парозащитная мембрана; 3 — теплоизоляционные плиты; 4 — стропила; 5 — вертикальная обрешетка; 6 — горизонтальная обрешетка; 7 — подкровельная гидроизоляция; 8 — вентилируемый зазор; 9 — кровельное покрытие (например, черепица)

При условии, что кровельное покрытие нуждается в обновлении, установка теплоизолирующего материала может быть выполнена снаружи. Если кровельное покрытие находится в хорошем состоянии и заслуживает сохранения, как и внутренняя обшивка, можно осуществить теплоизоляцию путем вдувания насыпных теплоизолирующих материалов в межстропильное пространство из чердачного помещения над стропильной стяжкой. В любом случае должны быть сохранены выходные вентиляционные каналы между кровлей и чердаком.

## Теплоизоляция скатов крыши под стропилами

Теплоизоляция скатов крыши под стропилами (рис. 3.6) рекомендуется в качестве дополнения к теплоизоляции между стропилами по предыдущему варианту. Дополнительный слой теплоизоляции под стропилами ослабляет влияние "тепловых мостиков", которые все еще остаются после установки утеплителя между стропилами.

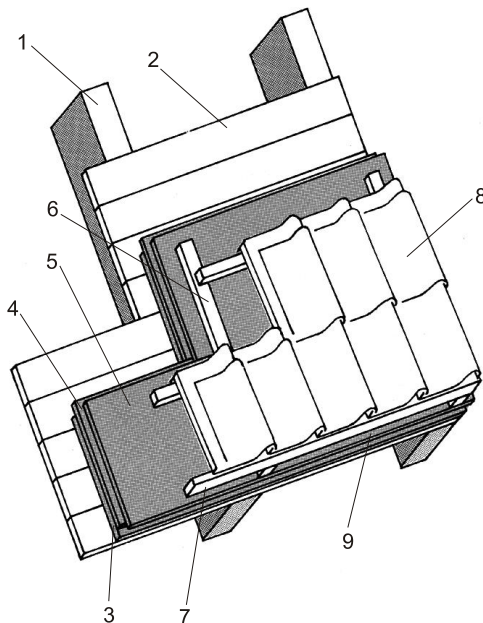


**Рис. 3.6.** Теплоизоляция скатов крыши под стропилами:

- 1 — кровельное покрытие; 2 — вентилируемый зазор; 3 — стропила;
- 4 — межстропильная теплоизоляция; 5 — подкровельная гидроизоляция; 6 — дополнительная внутренняя теплоизоляция;
- 7 — парозащитная мембрана; 8 — внутренняя обшивка

## Установка теплоизоляции поверх стропил

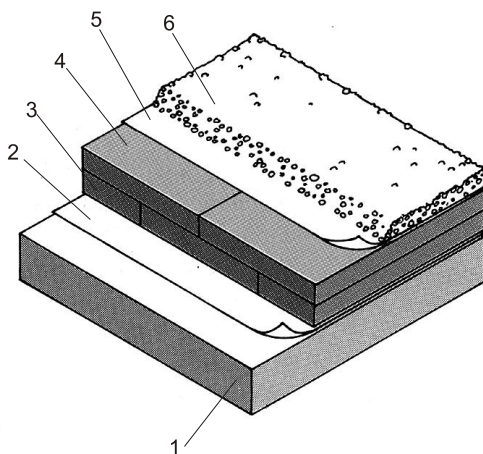
Альтернативой или дополнением к установке утеплителя в межстропильном пространстве является установка теплоизоляции поверх стропил (рис. 3.7), которая в любом случае требует разборки и перекрытия кровли. Такое решение позволяет в существенной степени устранить "тепловые мостики", и, кроме того, необшитые стропила могут использоваться в качестве декоративного элемента в дизайне интерьера чердачного помещения.



**Рис. 3.7.** Теплоизоляция скатов крыши путем установки теплоизолирующего слоя над стропилами: 1 — стропила; 2 — внутренняя обшивка; 3 — пароизоляционная прокладка; 4 — утеплитель; 5 — подкровельная гидроизоляция; 6 — вертикальная обрешетка; 7 — горизонтальная обрешетка; 8 — кровельное покрытие; 9 — вентилируемый воздушный зазор

## Утепление плоской кровли

Если в рамках реконструкции предстоит выполнить герметизацию неветилируемой плоской кровли, то неветилируемая плоская крыша тоже может быть снабжена более мощным слоем теплоизоляции (рис. 3.8). Для усиления теплоизоляции можно на герметизированную кровлю уложить дополнительный слой из теплоизолирующих плит, а затем защитить изоляцию от подсоса ветром слоем гравийной засыпки.

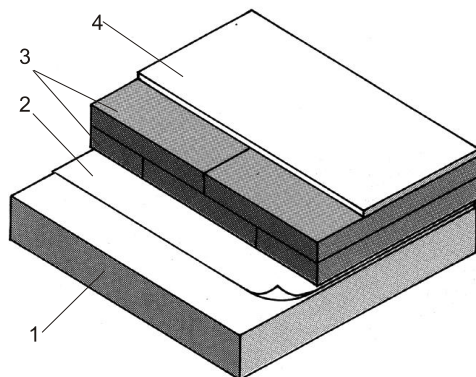


**Рис. 3.8.** Утепление плоской крыши: 1 — железобетонная плита; 2 — подкровельная гидроизоляция; 3 — теплоизолирующие плиты; 4 — дополнительная теплоизоляция; 5 — подкровельная гидроизоляция; 6 — слой гравия

## Теплоизоляция межэтажных перекрытий

При теплоизоляции межэтажных перекрытий верхних этажей и чердачных перекрытий можно без особых сложностей выполнить путем укладки теплоизолирующих матов или плит толщиной до 40 см. Утеплитель должен повсюду герметично прилегать к полу. Если чердак должен быть проходимым, этого можно добиться путем укладки простого плитного напольного покрытия,

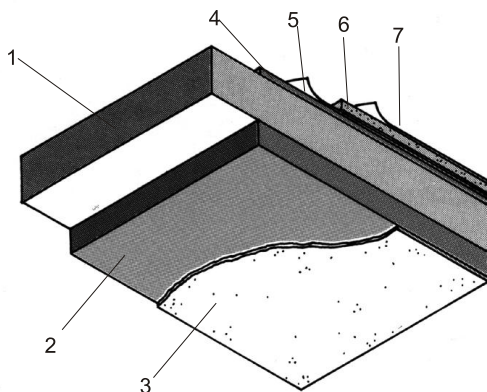
хотя, конечно, это повлечет за собой дополнительные затраты (рис. 3.9). Если оборудование чердака под полезное помещение не планируется, достаточно убедиться в том, что проходимой является хотя бы одна часть поверхности.



**Рис. 3.9.** Теплоизоляция межэтажных перекрытий верхних этажей и чердачных перекрытий: 1 — железобетонная плита; 2 — гидроизоляция; 3 — теплоизолирующие плиты или маты; 4 — напольное плитное покрытие

## Теплоизоляция подвальных перекрытий

Теплоизоляцию пола нижнего этажа (рис. 3.10) лучше всего осуществить путем теплоизоляции подвального перекрытия с внутренней стороны подвала. Тогда все перекрытие будет лежать в теплой области. Обычно бывает достаточно просто наклеить теплоизолирующие плиты. При условии, что высота помещения это позволяет, толщина теплоизолирующего слоя должна составлять не менее 10 см. Естественно, если какая-нибудь часть подвального помещения должна регулярно отапливаться, то теплоизолировать следует и стену, отделяющую отапливаемую часть подвального помещения от неотапливаемой.



**Рис. 3.10.** Теплоизоляция подвальных перекрытий:

1 — плита перекрытия; 2 — утеплитель; 3 — штукатурка; 4 — стяжка;  
5 — гидроизоляция; 6 — утеплитель; 7 — рулонное напольное покрытие

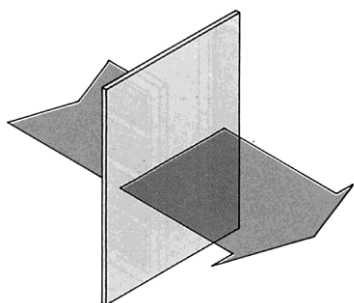
## Выбор остекления

На сегодняшний день выбор окон достаточно широк, включая окна со стеклопакетами и теплоизолирующим остеклением. Высококачественные стеклопакеты с теплоизоляцией (двойное остекление) имеют коэффициент теплоизоляции от 1,5 до 0,9 Вт/(м<sup>2</sup>×К). Поскольку по весу и толщине теплоизолирующие стеклопакеты идентичны старым стеклопакетам без теплоизоляции, можно ограничиться заменой стеклопакетов, сохранив имеющиеся рамы.

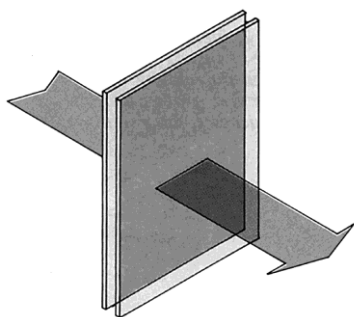
Характеристики различных видов остекления вкратце перечислены в табл. 3.1 и рис. 3.11.

Архитектурно-художественное оформление наружных стен играет особенно важную роль, более существенную, чем в отношении других элементов ограждающих конструкций здания. Следовательно, систему теплоизоляции для них следует выбирать так, чтобы были, по возможности, учтены все пожелания к архитектурному решению и, соответственно, приняты в расчет все существующие правила и технические нормы. При этом для

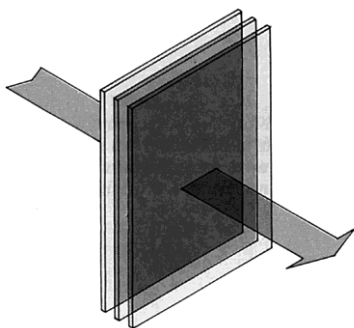
старых домов, как правило, возможны два подхода: во-первых, можно максимально сохранить стиль имеющейся постройки, а во-вторых, радикально изменить архитектурное решение, используя для этого новые материалы. Но при этом фасады всегда должны рассматриваться взаимосвязано с окнами, и их обновление должно осуществляться в комплексе.



А) Простое остекление



Б) Двойное остекление  
и двойное остекление  
с теплоизоляцией



В) Тройное остекление  
с теплоизоляцией

**Рис. 3.11.** Варианты остекления

**Таблица 3.1. Характеристики распространенных типов остекления**

	Простое остекле- ние	Двойное остекление (стеклопакет)	Двойное остекление (стеклопакет с тепло- изоляцией)	Тройное остекление (двойной стеклопакет с теплоизо- ляцией)
Коэффици- ент тепло- изоляции (остекление)	5,8 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)	3,0 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)	1,1 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)	0,4–0,7 Вт/(м <sup>2</sup> ×К)
Температура внутренней поверхности при различных наружных тем- пературах				
Наружная температу- ра: 0 °С	+6 °С	+12 °С	+17 °С	+18 °С
Наружная температура –11 °С	–2 °С	+8 °С	+15 °С	+17 °С

При планировании и осуществлении работ необходимо соблюдать все технические нормы и требования, относящиеся к несущей способности, звуко- и теплоизоляции. Далее, с учетом местных традиций и требований, необходимо решить вопросы с предельными расстояниями между соседними участками и постройками, возможностями изменения архитектурного ландшафта, а также определиться с требованиями противопожарной безопасности. С требованиями противопожарной безопасности вопрос решается проще всего — они четко определены в местных правилах застройки. В зависимости от высоты здания, использования прилегающих территорий и расстояний от расположенных по соседству зданий элементы ограждающих конструкций здания должны быть выполнены из материалов с нормальной возгораемостью (строительный класс В2), трудновозгораемых (строительный класс В1) или негорючих (строительный класс А1).



## Выбор строительных материалов и их экологическая оценка

При экологической оценке строительных материалов учитывается влияние на окружающую среду не только самого материала, но и всех процессов, сопровождающих его по жизненному циклу — от добычи сырья для его изготовления, до уничтожения, захоронения или, что намного более предпочтительно, повторного его использования для изготовления новых материалов. Это позволяет "замкнуть" жизненный цикл материала и решить экологические задачи — сократить количество отходов и обеспечить ресурсосбережение. Экологическая безопасность материалов рассматривается и оценивается не по принципу "здесь и сейчас", а по принципу "везде и всегда". При этом оцениваются не только прямые и явные негативные воздействия на окружающую среду, такие как эмиссия вредных веществ, образование отходов и т. п., но и косвенные эффекты (например, дефицит сырья). В обязательном порядке учитывается и комплекс нагрузок на окружающую среду и здоровье человека, за счет транспортировки материала. Предпочтение отдается местным строительным материалам, произведенным в непосредственной близости от добычи сырья, и т. п.

Принципиальная схема оценки экологических эффектов по жизненному циклу материала включает анализ следующих его этапов:

- ☐ добыча сырья;
- ☐ изготовление материалов и изделий;
- ☐ этап строительства (применение материала);
- ☐ эксплуатация ("жизнь" материала в объекте, необходимость ухода за ним для поддержания его качества, совместимость с материалами, которые используются для продления этапа эксплуатации — ремонта, реставрации, реконструкции);
- ☐ утилизация или повторное использование (при замене материала, сносе здания, сооружения).

На этапе строительства важно предварительно определить срок пригодности различных материалов, строительных элементов и всего здания, а также оценить долговечность материала.

Высокий показатель долговечности означает, что материал долго сохраняет все свои свойства и характеризуется длительным сроком использования до ремонта или замены изделия. Благодаря продлению периода использования материала нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному циклу всего здания. При экологической оценке материала на каждом конкретном этапе его жизненного цикла учитывается количество отходов и возможность выброса в окружающую среду вредных веществ при производстве строительных работ. Акцент при оценке отделочной продукции делается на анализ влияния материала на здоровье человека. По результатам экологической оценки нежелательными к использованию могут стать даже материалы, прошедшие гигиеническую сертификацию. Критерием для отбраковки является наличие в их составе вредных для здоровья веществ. Целесообразно избегать применения таких материалов в жилых и общественных зданиях. Под ограничение к использованию попадают древесностружечные материалы на фенолоформальдегидном связующем; материалы, в которых в качестве вяжущего применен фосфогипс, клеи и краски на органических растворителях; материалы, содержащие ПВХ (PVC) и т. д. Отказ от использования может быть основан на показателях, характеризующих качество внутренней среды в здании (эмиссия из них вредных веществ в воздух помещений, влажность и т. д.).

На этапе эксплуатации экологическая нагрузка в большой мере определена выбором, сделанным на предыдущих этапах, и здесь дополнительно необходимо определить эксплуатационные затраты на уход за материалом для сохранения его свойств.

У нас в стране пока не внедрена система экологической оценки строительных материалов по их жизненному циклу, поэтому актуальным остается тщательное экологическое исследование и оценка безопасности всех строительных материалов, могущих содержать в своем составе вещества, опасные для здоровья. Часто эта проблема незаслуженно остается вне поля зрения не только специалистов в области жилищного строительства, но даже

экологов. Отсутствие строгого экологического контроля в жилищном строительстве — пробел, который требует срочного восполнения.

## **Сводная информация о строительных материалах, применяющихся в теплоизоляции**

В данном разделе и табл. 3.2 будут вкратце рассмотрены основные строительные материалы, применяющиеся для теплоизоляции.

### **Льняное волокно**

Льняное волокно представляет собой экологически чистый и гибкий материал, легко делящийся на тончайшие волокна при чесании. К его преимуществам относятся большая прочность на разрыв и гигроскопичность. Обладает хорошими теплоизолирующими свойствами и возможностями по регуляции влажности; характеризуется умеренными возможностями по защите от летнего перегрева.

Материал хорошо держит форму, устойчив к образованию плесени; не повреждается насекомыми.

Льняное волокно изготавливается из выращиваемого сырья, при этом 8% низкокачественных волокон используется для изготовления теплоизоляционных материалов. С целью защиты от пожаров пропитывается пироборнокислым натрием (бурой) или силикатом натрия ("жидкое стекло").

Льняное волокно устойчиво к действию микроорганизмов, поэтому традиционная льняная пакля всегда являлась незаменимым средством утепления срубов. Однако чтобы льняное волокно было долговечным, оно должно быть чистым и иметь длинные волокна. Органические примеси и использование в утеплителе повторно переработанного натурального сырья резко снижает его долговечность. Этих распространенных сегодня проблем не имеет изготовленный из льняного волокна утеплитель ТермоЛЕН, так как он производится только из первичного льняного волокна высокой степени очистки — именно такое сырье сохраняет деревянные дома столетиями. Кроме того, технология так называемого

"термобондинга" позволяет еще более увеличить срок службы утеплителя, так как при термообработке погибают все микроорганизмы. Параметры процесса производства утеплителя Термо-ЛЕН контролируются компьютерами, так что человеческий фактор здесь исключен. В результате утеплитель имеет стабильно высокое качество и геометрически точные размеры полос. Исходное сырье — первичное (полученное из растительного льна, а не переработанное из мешков и т. д.) льноволокно высокой степени очистки. Под действием температуры 1500 °С волокна скрепляются, образуя пышную и упругую массу. Внешний вид готового утеплителя — чистый, однородно-золотистый — является свидетельством высокого качества исходного сырья и совершенства технологии термобондинга.

Льняное волокно применяется при утеплении крыш (заполнение межстропильного промежутка) и стен (межвенцовый утеплитель в деревянных домах, заполнение воздушного зазора между каркасными деревянными стенами). При утеплении полов используется для заполнения полых пространств (войлоком или волокнистыми матами) с целью защиты от ударного шума.

### **Пенька (лубяное волокно)**

Пенька (лубяное волокно) производится из выращиваемого сырья — конопли (в России в промышленных масштабах не производится). В настоящее время, в связи с борьбой с наркоманией, даже распространенные в советские времена пенькозаводы либо закрываются, либо перепрофилируются в льнозаводы. В настоящее время в России лубяное волокно производится из свежесобранного льна. Изначально короткий луб использовался в ткацком производстве, куда поставлялся в виде сырья для получения светлых льняных тканей. Но способ их производства по ряду причин оказался нерентабельным, поэтому с середины 90-х годов прошлого века применение этого сырья было переориентировано с текстильной промышленности на строительную.

Материал обладает хорошими теплоизолирующими свойствами и регуляцией влажности, хорошо держит форму, устойчив к образованию плесени; не повреждается насекомыми, но в нем могут поселиться грызуны.

Технология изготовления короткого луба такова, что собранный лен не лежит в поле, благодаря чему остается светлым, но само льноволокно плохо отделяется. По этим причинам засоренность короткого луба в 1,5 раза выше, чем у самого дешевого льноволокна. В результате короткий луб имеет значительную жесткость, что мешает при его укладке в процессе утеплительных работ. Основным достоинством короткого луба является его экологическая чистота. К недостаткам лубяного волокна можно отнести его легкую возгораемость: так же, как и льноватин<sup>1</sup>, он может даже самовоспламениться. К тому же, лубяное волокно способно впитывать влагу, хотя присутствие в его составе лигнина все же обеспечивает ему со временем, после уплотнения, водоотталкивающие свойства. Для противопожарной защиты лубяное волокно обрабатывается содой, в качестве поддерживающего материала используется полиэстер.

При утеплении крыш применяется для заполнения межстропильного промежутка; при утеплении стен — для заполнения воздушного зазора между каркасными деревянными стенами. Используется также при утеплении полов для заполнения полых пространств (войлоком или волокнистыми матами) с целью защиты от ударного шума.

## **Прессованные соломенные блоки**

Прессованные соломенные блоки — это экологически чистый строительный материал, который в настоящее время набирает популярность. Готовый соломенный блок имеет прямоугольную форму со стандартной шириной 450 мм, длиной от 900 до 1125 мм и высотой 350 мм. Вес одного прессованного соломенного блока

---

<sup>1</sup> Льноватин — межвенцовый утеплитель, экологически чистый продукт из 100% льняного волокна, используется в качестве прокладок между венцами стен домов из бруса и оцилиндрованных бревен, герметизации дверных и оконных блоков, утепления деревянных домов. Не продувается, не пылит, не накапливает влагу, так как после укладки стен льноватин уплотняется, его волокна склеиваются и приобретают устойчивость к воздействию ветра и влаги. Межвенцовый утеплитель льноватин менее подвержен растаскиванию птицами (в отличие от джута и других утеплителей). Кроме всех приведенных выше достоинств льноватин обладает еще и отличными звукоизоляционными качествами.

составляет 16—30 кг. Каждый соломенный блок обычно обвязан и прошит двумя-тремя полипропиленовыми шнурами. В некоторых случаях используется стальная проволока и натуральное волокно, но в строительной практике их лучше не применять, т. к. проволока подвержена ржавчине, а натуральные волокна обладают невысоким пределом прочности и подвержены гниению. Требования к соломенным блокам сводятся к следующему:

- Солому для строительства лучше брать ржаную либо рисовую;
- Ржаную солому лучше брать озимую: она более высокая, плотная, у нее полный цикл и ее убирают немного раньше;
- Солома для строительства должна быть совершенно сухой, поэтому при сборе и хранении это надо обязательно учитывать. Совершенно сухой соломенный блок довольно легкий, поэтому его можно поднять рукой. Проверить соломенные блоки на влажность тоже несложно — при прощупывании их пальцем влажность не должна ощущаться, и не должен чувствоваться запах гнили;
- Соломенные блоки должны быть хорошо спрессованы — блок мало деформируется, когда его поднимают за шнур, при этом под шнур трудно просунуть больше 2—3 пальцев.

При использовании в строительстве прессованные соломенные блоки могут укладываться на раствор или использоваться в качестве самонесущего наполнителя каркасных стен. Стены из прессованных соломенных блоков толщиной 40—45 см обладают такой же теплоизолирующей способностью, как кирпичные толщиной 0,7 м, кроме того, они решают проблему радона, не испускают вредных веществ, связанных с тепловой обработкой, и т. д. Если говорить о долговечности, то в Германии такие дома стоят по 300 — 400 лет, и при сносе не создают проблем с утилизацией строительного мусора. Энергии для строительства таких домов тратится в тысячи раз меньше по сравнению с кирпичными, а эксплуатационные затраты на их отопление — значительно ниже. При строительстве с применением соломенных блоков применяются две технологии — "мокрая" немецкая, обобщающая опыт фахверкового строительства за более чем 400-летний период, и более современная "сухая" американская. Если гово-

рить об огнестойкости, то согласно международным стандартам DIN 4102 и DIN 18951(21/51) глиносоломенные смеси являются негорючими материалами вплоть до 5% содержания глины при условии, что минеральное связующее (глина) равномерно распределено по объему. Объяснить это легко: глины содержат большое количество калийных соединений, являющихся антипиренами. По международным нормам оштукатуренные стены, построенные по технологии "straw-bale"<sup>1</sup>, можно отнести к классу F45, т. е. сопротивляемость огню не менее 45 минут. Соломенные блоки, положенные на цементный раствор с последующим оштукатуриванием, имеют еще более высокий класс, вплоть до F120<sup>2</sup>.

Если все только что сказанное вас не убеждает, прочтите статью о распространенных мифах и предубеждениях против применения соломы в строительстве: <http://tinyurl.com/2ee784n>.

## **Древесная стружка**

Древесные стружки и опилки представляют собой отходы лесопильных работ. Как материал они характеризуются крайне малым расходом энергии на производство, для пропитки используется сода, для противопожарной защиты применяется цемент.

Материал характеризуется средними теплоизоляционными свойствами, но очень хорошей защитой от летнего перегрева и хорошей регуляцией влажности. Может применяться для утепления стен, полов, потолков путем засыпания или вдувания в полые пространства.

## **Аморфный древесно-волокнистый теплоизолятор**

Сырье доступно в достаточных количествах; используются отходы переработки древесины пихты, ели, сосны, борная кислота. Затраты энергии на производство невысоки.

Материал характеризуется хорошими теплоизоляционными свойствами и защитой от ударного шума; хорошей регуляцией влажности, обеспечивает хорошую защиту от летнего перегрева.

---

<sup>1</sup> См. <http://www.strawbale.com/>. — *Прим. ред.*

<sup>2</sup> О стандартах огнестойкости см. [http://www.derevodom.com/show\\_1488.html](http://www.derevodom.com/show_1488.html). — *Прим. ред.*

С его помощью можно утеплять стены, полы, потолки методом заполнения конструктивных полостей, засыпания или дувания в полые пространства.

## **Древесно-волокнистые плиты**

Сырье доступно в достаточных количествах; используется вторсырье из древесины. Энергетические затраты на производство довольно высоки. Для производства древесно-волокнистых плит используются отходы переработки древесины пихты, ели, сосны, с добавлением или без добавления латекса, парафина, органических смол. Теплоизоляционные свойства — от средних до хороших, очень хорошая защита от летнего перегрева, хорошая регуляция влажности, защита от ударного шума, хорошая формоустойчивость, способность выдерживать нагрузку давлением. Материал устойчив к образованию плесени, не подвержен повреждению насекомыми, но возможно поселение грызунов.

При утеплении крыши используется для заполнения межстропильного промежутка и теплоизоляции поверх стропил. При утеплении перекрытий возможно свободное укладывание плит. При утеплении стен плиты могут привинчиваться и применяться в комплексных системах теплоизоляции.

## **Легкие строительные древесно-стружечные плиты**

Сырье доступно в достаточных количествах; используется вторсырье из древесины (в основном, отходы переработки ели и пихты), цемент, магнезит. Отличительные свойства этого материала — незначительные теплоизоляционные свойства, очень хорошая защита от летнего перегрева, хорошая защита от ударного шума, хорошая регуляция влажности, высокая формоустойчивость, долговечность, способность выдерживать нагрузку давлением. Материал устойчив к образованию плесени и повреждению насекомыми, защищен от грызунов.

При утеплении стен и крыши легкие древесно-стружечные плиты в основном применяются в качестве обшивки под штукатурку для обшивки перекрытий и потолка чердачного помещения (звукопоглощающие изоляционные плиты).



## **Силикатно-кальциевые плиты**

Сырье доступно в достаточных количествах, в том числе применяются отходы строительных материалов, кварцевый песок, известь, целлюлозное волокно.

Для материала характерны средние теплоизолирующие свойства, очень хорошая регуляция влажности, хорошая защита от ударного шума, хорошая формоустойчивость, высокий показатель РН (предотвращает образование плесени). Материал устойчив против гниения, не поддается старению.

Применяется для внутренней отделки с целью теплоизоляции и борьбы с сыростью; шпаклюется замазкой по проклеенной поверхности.

## **Кокосовое волокно**

Сырье доступно в достаточных количествах и представляет собой ценный материал. Однако его применение связано с большими транспортными расходами. Для изготовления применяются лубяной слой кожуры кокосовых орехов, сульфат аммония.

Для материала характерны теплоизоляционные свойства — от средних до хороших, хорошая регуляция влажности, защита от ударного шума. Материал устойчив к воздействию влаги, хорошо держит форму; не подвержен повреждению насекомыми, долговечен; устойчив против плесени; но в нем могут поселиться грызуны.

Основные области применения: при теплоизоляции крыши — укладка теплоизоляции между стропилами; при утеплении стен — установка теплоизоляции в полостях стен; при утеплении перекрытий — укладка в полых пространствах.

## **Пробка**

Кора пробкового дуба представляет собой исключительно ценное сырье, ресурсы которого ограничены. Пробковый дуб произрастает в 7 странах Средиземноморья: Португалии (более 50% всех мировых запасов), Испании, Италии, Франции, Марокко, Алжире и Тунисе. Так, производство изделий из пробки дает Португалии около 30% национального дохода и примерно 35% всего объема экспорта. Технология снятия с деревьев этого цен-

ного материала, "пробки", уникальна. Первый раз кору можно получить через 25 лет после посадки желудя в землю, а второй и последующий "урожаи" получают один раз в девять лет. Снятие коры — наиболее деликатная из всех проводимых над пробкой операций, которая существенно и, главное, положительно влияет на жизнеспособность дерева и дает ему новый импульс роста. Таким образом, пробковый дуб является возобновляемым источником сырья.

Процесс выращивания пробковых дубов, рекультивация их плантаций, создание и совершенствование высоких технологий производства финансируются должным образом (в том числе и властями, несмотря на то, что все пробковые дубы находятся в частной собственности). В бюджете Португалии, а также Евросоюза предусмотрены для этих целей специальные статьи расходов.

Общий объем ежегодно снимаемой пробки невелик — "всего" 160—170 тыс. тонн сырья (в зависимости от урожая). Поэтому изделия из пробки очень высоко ценятся во всем мире, ведь аналогов этому материалу практически не существует. Недостаток сырьевых ресурсов ограничивает применение пробки в теплоизоляции. Основным поставщиком теплоизоляционных пробковых панелей является португальская компания Amorim Group (<http://www.amorim.com/en/home.php>).

Материал обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, обеспечивает защиту от летнего перегрева, характеризуется хорошей регуляцией влажности. Кроме того, изделия из натуральной пробки долговечны, устойчивы к образованию плесени, не подвержены повреждению насекомыми.

Пробковые материалы для теплоизоляции получают следующим образом:

- ☐ пробка получается путем крошения;
- ☐ вспенивается под давлением при температуре 300 °С, при этом могут выделяться вредные для здоровья вещества;
- ☐ прессуется с добавлением синтетических смол.

Пробковая крошка может вдуваться в полости при утеплении крыш, перекрытий, стен. Пробковые плиты могут привинчиваться или закрепляться на шпонках и штифтах, либо прибиваться гвоздями при утеплении крыш (между стропилами и поверх

стропил), перекрытий. При утеплении стен пробковые плиты применяются в комплексных системах теплоизоляции и навесных вентилируемых фасадах.

## Минеральное волокно

Сырье имеется в достаточных количествах. На изготовление минерального волокна идут:

- силикаты, бакелитовая смола, стеклянное вторсырье;
- базальтовые горные породы.

Для материала характерны высокие энергетические затраты на производство. В процессе производства при высоких температурах (1200 °С) наблюдается пылеобразование.

Минеральное волокно — влагуустойчивый, долговечный материал, характеризующийся хорошими теплоизолирующими свойствами и умеренной защитой от летнего перегрева (регуляция влажности отсутствует). Для материала характерна хорошая формоустойчивость, он не подвержен повреждению насекомыми и устойчив к образованию плесени.

Области применения:

- крыша: теплоизоляция между стропилами и поверх стропил;
- перекрытия: защита от ударного шума;
- стены: комплексные системы теплоизоляции (WDVS), навесные фасады с вентиляционными каналами. Плиты крепятся к фасаду на штифтах или приклеиваются к нему

## Экспандированный (вспененный) перлит

Перлит — это природный материал, горная порода, представляющая собой вулканическое стекло, в состав которого входят 70—75%  $\text{SiO}_2$ , 12—14%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3-5%  $\text{NaO}$ , примерно столько же  $\text{K}_2\text{O}$ , до 1%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . Отличительной особенностью перлитовой породы является содержание в ней от 2 до 5% связанной воды.

В силу своей природы и химического состава перлит инертен, химически и биологически стоек. При резком нагреве до температур 1100—1150 °С частицы этой породы поризуются. Резко увеличивается объем внутренних пор, приобретающих сферо-

видную форму. Легкий пористый песок в насыпанном слое может достигать плотности 50 и менее  $\text{кг/м}^3$ . Ресурсы доступны в достаточном количестве. Наиболее крупными производителями вспененного перлита в мире являются США, Германия, Франция, Италия, Греция, Испания, Израиль, Китай и Россия. Иногда вспененный перлит дополнительно пропитывается синтетическими смолами или битумами.

Для материала характерны хорошие теплоизолирующие свойства и защита от ударного шума; он обеспечивает хорошую защиту от летнего перегрева. Кроме того, материал устойчив против гниения и не подвержен повреждению насекомыми. Применяется в качестве заполняющего утеплителя в труднодоступных местах при утеплении крыши, перекрытий и стен.

## Полистирол

Сырье для изготовления полистирола (сырая нефть) является ограниченно доступным; в процессе производства выделяются опасные продукты реакции — бензол и стирол; кроме того, производство этого материала сопряжено с высокими энергетическими затратами.

Материалу присущи очень хорошие теплоизолирующие свойства; хорошая защита от ударного шума; умеренная защита от летнего перегрева. Регуляция влажности отсутствует.

Это долговечный материал с хорошей формоустойчивостью, хорошо держит нагрузку давлением, обладает хорошей влагостойкостью и устойчивостью к образованию плесени.

Области применения:

- ☐ крыша: уплотнение поверх стропил;
- ☐ перекрытия: защита от ударного шума;
- ☐ стены: теплоизоляция в составе комплексных систем (WDVS), теплоизолирующие плиты закрепляются на штифтах или наклеиваются на стены; в качестве заполняющего теплоизолятора применяется для теплоизоляции полостей;
- ☐ уплотнение по периметру: например, подвалы и подвальные перекрытия.

## Полиуретан

Сырье для производства полиуретана (сырая нефть) является ограниченно доступным. Импортная продукция может содержать галогенизированные фторхлоруглеводороды (H-FCKW). Процесс производства сопряжен с высокими энергетическими затратами.

Материалу присущи очень хорошие теплоизолирующие свойства, он обеспечивает хорошую защиту от ударного шума и умеренную защиту от летнего перегрева. Регуляция влажности отсутствует.

Это долговечный материал с хорошей формоустойчивостью, он хорошо держит нагрузку давлением, обладает хорошей влагостойкостью и устойчивостью к образованию плесени.

Области применения:

- крыша: уплотнение поверх стропил;
- перекрытия: защита от ударного шума (свободная укладка плит);
- стены: применяется в комплексных системах теплоизоляции (WDVS), плиты крепятся к стенам на штифтах либо приклеиваются.

## Овечья шерсть

Доступный в достаточных количествах натуральный продукт; иногда может содержать остаточные пестициды; производится обработка бурой (Borax).

Для этого материала характерны хорошая теплоизоляция и защита от ударного шума, очень хорошая регуляция влажности (может впитывать до 30% влаги), умеренная защита от летнего перегрева, хорошая формоустойчивость. Материал защищен от повреждения грызунами и насекомыми, устойчив к образованию плесени.

Области применения:

- крыша: укладка теплоизоляции в межстропильных промежутках;
- стены: заполнение конструктивных полостей;
- перекрытия: защита от ударного шума (свободная укладка), заполнение полостей;
- теплоизоляция трубопроводов, теплоизоляция стыков и швов.

## Пеностекло

Сырье (силикаты и/или стеклянное вторсырье) доступно в достаточных количествах. Производственный процесс протекает при температурах свыше 1600 °С и отличается высокой энергоемкостью.

Для данного материала характерны хорошая теплоизоляция, надежная защита от летнего перегрева; паронепроницаемость. Материал влагоустойчив и хорошо выдерживает нагрузки давлением. Пеностекло отличается хорошей формоустойчивостью, герметичностью, устойчиво к гниению, не подвержено повреждению насекомыми и грызунами, механически долговечно.

Материал применяется для теплоизоляции плоских крыш и теплоизоляции по периметру, используется в виде плит, наклеиваемых битумом. При утеплении подошвы здания укладывается в песок или строительный раствор.

## Целлюлозный теплоизолятор

В обиходе на территории стран СНГ этот материал получил известность под названием "эковата". По структуре целлюлозный утеплитель представляет собой рыхлый, легкий волокнистый изоляционный материал серого или светло-серого цвета. Этот материал предоставляет хорошие возможности по утилизации макулатуры. Применяется пропитка солями бора, благодаря чему достигаются очень высокий уровень противопожарной защиты.

Материал характеризуется хорошими теплоизоляционными свойствами; обладает очень хорошей влагорегуляцией<sup>1</sup>, обеспечивает хорошую защиту от летнего перегрева и надежную защиту от ударного шума.

---

<sup>1</sup> Увлажнение "эковаты" до 20% несущественно снижает ее теплоизолирующие свойства. Это объясняется тем, что волокна целлюлозы (древесные волокна) являются капиллярными, а не сплошными, как у утеплителей из стеклянного или минерального волокна. Капилляры "эковаты" всасывают в себя пары, образующиеся в помещении, пропускают их через себя и выталкивают их наружу в атмосферу (капиллярный эффект). Пары не скапливаются между волокнами целлюлозы, поэтому пространство остается сухим, тогда как между сплошными волокнами минеральных утеплителей накапливается конденсатная влага и поры минерального утеплителя постепенно заполняются водой. Подробнее см. <http://www.ecovata-spb.ru/svoistva.html>. — Прим. ред.

Таблица 3.2. Сводная информация о свойствах теплоизолирующих материалов

Материал	Теплопроводность $\lambda$ , [Вт/м*К]	Плотность сырья [кг/м³]	Сопровождающее диффузии μ	Класс пожаробезопасности	Толщина [см]	Стоимость [€/м²]	Расход первичной энергии [кВтч/м³]
Льняное волокно	0,040	20—40	1	B2	20	25—30	70—80
Пенька, лубяное волокно	0,045	20—25	1—2	B2	22,5	20—30	Нет данных
Деревянная стружка	0,055	90—110	1	B2	27,5	15—23	50
Древесно- волокнистый теплоизолятор, аморфный	0,045	30—60	1—2	B2	22,5	15—23	600—785
Древесно- волокнистые плиты	0,040—0,060	170—230	5—10	B2	20—30	40—50	600—785
Легкие строитель- ные древесно- стружечные плиты	0,093	360	2—5	B1	45	79—95	35
Силикатно- кальциевые плиты	0,065	300	5—10	A1	См. сноску*	≈ 25 (50 мм)	Данные отсутствуют

Кокосовое волокно						
А) в виде рулонов	А) 0,050	А) 75				
Б) в виде матов	Б) 0,045	Б) 125	1	В2	22,5—25	44—50
Пробка						
А) гранулят		А) 55—60	А) 1—2			А) 2—25
Б) экспандированная гранулированная пробка		Б) 80—500	Б) 5—10			Б) 35—65
В) Пробковые плиты	0,040—0,050	В) 80—500		В2	20—25	В) 40—50
Минеральное волокно:						
А) Стекловата						
Б) Минеральная вата	0,032—0,040	15—80	1	А2	17,5—25	1—30
Экспандированный (вспененный) перлит						
А) Теплоизоляция	А) 0,045—0,050	А) 50—100	А) 2—3			
Б) Защита от ударного шума	Б) 0,060—0,073	Б) 130—490	Б) 4—5	А2	22,5—30	10—40
						90—235

\* Для внутренней теплоизоляции чаще всего используется толщина изолирующего слоя от 50 до 100 мм.



Таблица 3.2 (окончание)

Материал	Теплопроводность $\lambda$ , [Вт/м×К]	Плотность сырья [кг/м³]	Сопротивление диффузии $\mu$	Класс пожаробезопасности	Толщина [см]	Стоимость [€/м²]	Расход первичной энергии [кВтч/м³]
Жесткий вспененный полистирол					Для $U = 0,3$ [Вт/м²×К]		
А) EPS, вспененный полистирол с частицами		А) 5—30	А) 30—70			А) 10—15	А) 530—1050
Б) XPS, экструдированный полистирол	0,025—0,04	Б) 25—40	Б) 80—300	В1 или В2	12,5—20	Б) 40—50	Б) 400—600
Полиуретан (твердые плиты из вспененного материала)	0,020	30	30—100	В1 или В2	10—12,5	20—30	840—1330
Овечья шерсть	0,040	20—25	1—2	В2	20	35—60	70—80
Пеностекло	0,040—0,055	110—160	Практическая паронепроницаемость	А2	20—22,5	75—100	320—975
Целлюлозный теплоизолятор							
А) Аморфный	0,040—0,045	А) 25—60				А) 15—20	
Б) Плиты		Б) 70—100	1—2	В2	20—22,5	Б) 25—30	55—80

Возможно монолитное строительство; материал устойчив к повреждениям плесенью и грызунами.

Применяется для теплоизоляции крыш, стен, перекрытий. Заполнение конструктивных полостей выполняется специализированными фирмами.

Краткая сводка информации о свойствах перечисленных теплоизолирующих материалов приведена в табл. 3.1.

## **Заключение**

В данной главе была приведена обзорная информация о конструктивных решениях по теплоизоляции в малоэтажном строительстве. В следующих главах эти решения, а также применение современных энергосберегающих технологий в строительстве будут рассмотрены более подробно и в комплексе.

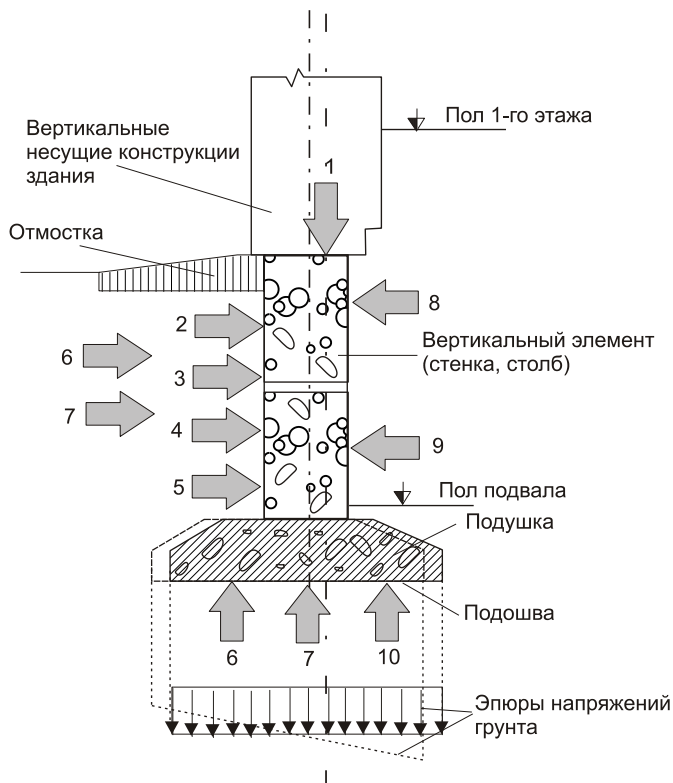
## Глава 4

# Подземные части зданий

Подземные части здания (конструкции нулевого цикла) располагаются ниже нулевой отметки, за которую принимают перекрытие первого этажа. К этим конструкциям относятся фундаменты и стены подвальных или цокольных этажей, которые должны отвечать требованиям по обеспечению прочности, устойчивости и долговечности — в том числе, требованиям по обеспечению морозостойкости и сопротивления воздействию грунтовых и агрессивных вод и др.

Долговечность, надежность, прочность и устойчивость здания во многом зависят от качества фундаментов. Фундаменты подвергаются влиянию разнообразных внешних воздействий (рис. 4.1). Нагрузки от массы здания и грунта, отпор грунта, силы пучения, сейсмические удары, вибрация, вызывают появление различного вида сжимающих, сдвигающих и изгибающих напряжений, результатом которых могут быть недопустимые деформации и разрушения. Переменные температура и влажность, избыточное увлажнение, воздействие химических веществ, деятельность насекомых, грибов и бактерий могут привести как к нарушению эксплуатационного режима зданий, так и к появлению напряжений и разрушений в фундаментах.

Дом, построенный на твердом неподвижном основании, стоит как угодно долго — по крайней мере, до тех пор, пока будут целы его несущие конструкции. И наоборот, если грунт под домом уменьшит свою несущую способность, то возникшие за счет этого перекосы приведут к его разрушению даже при весьма прочных стенах и фундаменте.



**Рис. 4.1.** Воздействия на фундаменты: 1 — нагрузка от здания; 2 — боковое давление грунта; 3 — сейсмические нагрузки; 4 — силы пучения грунта; 5 — упругий отпор грунта; 6 — вибрации; 7 — температура грунта; 8 — температура помещения подвала; 9 — влага воздуха подвала; 10 — влага грунта, агрессивные примеси в воде и воздухе, биологические факторы

Стоимость фундаментов для каменных одноэтажных домов достигает 15—20% от полной стоимости дома. Для деревянного дома средних размеров стоимость фундаментов может составить \$4,5—5 тыс. Поэтому вопрос выбора надежного и недорогого фундамента важен для каждого застройщика. Наилучшим вариантом решения этой проблемы является обращение за помощью к специалистам, имеющим опыт проектирования и строительства

в данном регионе. К сожалению, не всегда у застройщика имеется возможность поступить таким образом. В данном разделе сделана попытка помочь правильно сориентироваться в решении этого непростого вопроса. Ошибки, совершенные при монтаже фундамента дома, впоследствии непременно проявятся, а ремонт фундаментных конструкций бывает обычно в три, а то и большее количество раз дороже, чем ремонт других элементов дома.

Массовое распространение в современном строительстве получили бетонные и железобетонные фундаменты, особенно сборные. Бетонные и железобетонные сборные фундаменты позволяют осуществлять круглогодичное ведение работ с широким применением индустриальных методов изготовления и монтажа элементов. Бетон и железобетон в наибольшей степени отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для фундаментов: морозостойкости, механической прочности, стойкости к агрессивным водам, биологической стойкости и т. д.

По конструктивной схеме различают следующие виды фундаментов:

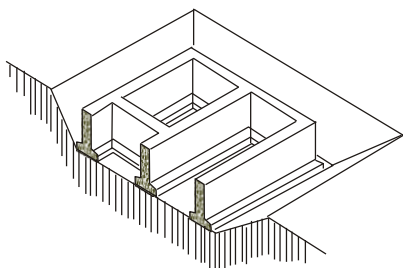
- Ленточные фундаменты (рис. 4.2) устраивают под все капитальные стены, а в некоторых случаях — и под колонны. Они представляют собой заглубленные в грунт ленты — стенки из бутовой кладки<sup>1</sup>, бутобетона<sup>2</sup>, бетона или железобетона. Ленточные фундаменты подводят под дома с тяжелыми стенами (бетонными, каменными, кирпичными и т. п.) или с тяжелыми перекрытиями. Их закладывают под все наружные и внутренние капитальные стены. Наличие под домом подвалов, теплых

---

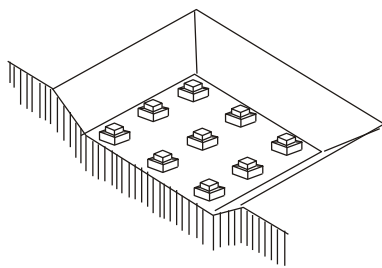
<sup>1</sup> Бутовой кладкой называется кладка из природных камней, имеющих неправильную форму, с двумя примерно параллельными поверхностями (постелями). К природным камням, пригодным для кладки, относят известняк, песчаник, ракушечник, туф, гранит, а также булыжный камень для возведения фундаментов зданий высотой до двух этажей. Используемые в строительстве бутовые камни обычно имеют массу до 30 кг. Подробнее см., например, <http://gardenweb.ru/butovaya-kladka>. — Прим. ред.

<sup>2</sup> Бутобетон — это материал, чаще всего применяемый для устройства фундаментов. Он состоит из наполнителя, в качестве которого обычно служит камень из карьеров, крупный гравий, щебень, кирпичный бой и т. п. Заполнитель укладывают слоями толщиной по 20—25 см враспор по стенкам. Каждый слой поливают раствором нужной марки и плотно трамбуют.

подполий, гаража или цокольного этажа делают просто необходимым выбор именно этого типа фундамента. Устройство подвалов целесообразно в домах на приусадебных участках с необводненными грунтами. Высота подполья принимается равной 1,9—2,2 м. Глубина заложения фундаментных стен — 0,5 м ниже пола подвала. Кроме устойчивости и прочности, стены подвала должны иметь хорошие теплозащитные свойства и надежную гидроизоляцию. Помимо этого, подвалы необходимо оборудовать приточно-вытяжной вентиляцией с воздуховодными каналами сечением не менее 140×140 мм. Для обеспечения соответствующей тяги каналы рекомендуется выполнять в одном стояке с дымовыми каналами печей. Также целесообразно устройство ленточных фундаментов при небольшой глубине их заложения в случае опасности возникновения неравномерных деформаций основания. При этом в фундаментах устраивают непрерывные армированные пояса. Незаменимы ленточные фундаменты и в том случае, когда цоколь выполняет функцию подпорной стенки для грунта подсыпки пола.



**Рис. 4.2.** Ленточный фундамент



**Рис. 4.3.** Столбчатый фундамент

- Отдельностоящие фундаменты (рис. 4.3) представляют собой отдельные плиты с установленными на них подколонниками или башмаками колонн. Их устраивают для каркасных зданий. Разновидностью отдельностоящих фундаментов являются столбчатые, которые проектируют для малоэтажных зданий при малых нагрузках и прочных основаниях, когда ленточные фундаменты нерациональны. Столбчатые фундаменты подводят под дома с легкими стенами (деревянные рубленые, кар-

касные, щитовые). Этот тип фундаментов по расходу материалов и трудозатратам в 1,5—2 раза экономичнее ленточных.

- Сплошные фундаменты (рис. 4.4) могут быть плитными и коробчатыми, в один или несколько этажей. Сплошные фундаменты применяют для зданий с большими нагрузками или при слабых и неоднородных основаниях. Фундаменты плитные и из перекрестных лент возводят из монолитного железобетона с целью придания фундаменту пространственной жесткости. Необходимость в этом возникает при строительстве на неравномерно и сильно сжимаемых грунтах, например, на насыпных (песчаных подушках, сильно пучинистых грунтах и т. п.). Иногда к таким фундаментам применяют термин "плавающий". Устройство плитного фундамента связано с довольно большим расходом материалов (бетона и металла) и может быть целесообразно при сооружении небольших и компактных в плане домов или других построек, когда не требуется устройство высокого цоколя, а сама плита используется в качестве пола. В качестве примера таких строений можно привести, например, гаражи, бани и т. п. Для домов более высокого класса чаще устраивают фундаменты в виде ребристых плит или армированных перекрестных лент.

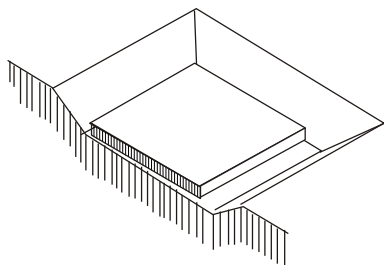


Рис. 4.4. Сплошной фундамент

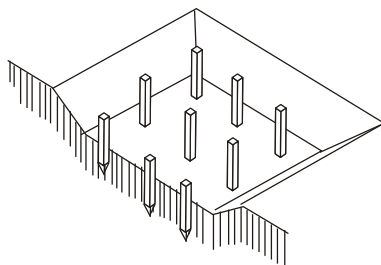


Рис. 4.5. Свайный фундамент

- Свайные фундаменты (см. рис. 4.5) применяют на слабых сжимаемых грунтах, при глубоком залегании прочных материковых пород, больших нагрузках и т. д. В последнее время свайные фундаменты получили широкое распространение для

обычных оснований, так как их применение дает значительную экономию объемов земляных работ и затрат бетона. Свайные фундаменты являются очень дорогими и трудоемкими в выполнении, поэтому в индивидуальном строительстве до последнего времени они встречались редко.

Но бывают ситуации, когда без свайного фундамента не обойтись. Например, глинистые, торфяные и песчаные грунты с повышенной влажностью являются проблемными, и проектирование фундаментов из стандартных блоков на таких грунтах таит в себе большую опасность. Торфяные и песчаные грунты не выдерживают нагрузки строений с такими фундаментами, а на глинистых грунтах при минусовых температурах их начинает "рвать". В таких случаях оптимальным решением, не только надежным, но и экономически выгодным, станут фундаменты на винтовых сваях. Нижняя часть винтовой сваи оснащена режущей лопастью определенной формы, благодаря которой она вкручивается в грунт практически на любую глубину без пригружающей силы. Небольшая площадь соприкосновения залитой внутри бетоном сваи с грунтом в сочетании с режущей лопастью не позволят фундаменту двигаться даже при глубоком промерзании грунта.

Перечислим основные преимущества фундаментов с применением винтовых свай:

- Срок монтажа — 1 день, причем установку можно производить в любое время года и в любую погоду. Возможно как механическое, так и ручное завинчивание;
- Возможность монтажа на сложных (обводненных, заболоченных и т. д.) грунтах, возможность установки фундаментов в виде пирсов и речных причалов;
- Сейсмоустойчивость, безопасность, надежность, экологичность, высокая ремонтпригодность;
- Винтовые сваи служат не менее 100 лет, а с условием обработки их специальным химическим составом — и более этого срока;
- Возможность установки фундамента на сваях без изменения рельефа местности и без проведения земляных работ;
- Винтовые сваи не подвержены силам морозного пучения;



- Высокие прочностные и нагрузочные характеристики: имеют запас несущей способности от 4 т. до 18 т. (при необходимых 2—3 т. для деревянных строений; 7—9 т. — для кирпичных сооружений), более того, показатели несущей способности возможно увеличить за счет увеличения диаметра свай и ее лопасти;
- Возможность распределения несущих нагрузок с учетом особенностей проектной документации на строящийся объект;
- Обеспечивают однородную несущую способность при разном грунте;
- Возможность пристраивать дополнительные сооружения к уже функционирующим;
- Фундамент на винтовых сваях не требует гидроизоляции;
- Винтовые сваи не нарушают целостность грунта;
- Готовность к восприятию проектной нагрузки сразу же после возведения.

Подробнее о фундаментах на винтовых сваях можно прочесть здесь: <http://www.fundex.su/>.

Выбор того или иного типа фундамента зависит от применяемого материала, конструктивного решения здания, характера и величины нагрузок, вида основания, местных условий. Важнейшим параметром, от которого зависит форма и объем фундамента, является глубина его заложения, т. е. расстояние от подошвы фундамента до дневной поверхности. Глубина заложения фундаментов зависит от многих факторов: назначения здания; его объемно-планировочного и конструктивного решения; величины и характера нагрузок; качества основания; окружающей застройки; рельефа; принятых конструкций фундаментов и методов производства работ по их возведению. Однако в первую очередь, заглубление будет определять качество грунтов основания, уровень грунтовых вод и промерзание грунта. Минимальную глубину заложения фундаментов для отапливаемых зданий обычно принимают под наружные стены — 0,7 м, под внутренние — 0,5 м.

Ошибкой при индивидуальном строительстве является уверенность в том, что чем глубже заложен фундамент, тем лучше, и что такое решение уже само по себе обеспечивает надежную

работу и защиту фундамента. Нужно помнить, что защита фундамента необходима, чтобы не допустить его деформации. Необходимо не только расположить подошву фундамента ниже уровня промерзания грунтов, тем самым избавившись от непосредственного давления мерзлого грунта снизу, но надо также нейтрализовать касательные силы морозного пучения, действующие на боковые поверхности фундамента. Для этой цели внутри фундамента на всю его высоту закладывают арматурный каркас, жестко связывающий верхнюю и нижнюю части фундамента, а основание делают уширенным, в виде опорной площадки-анкера. Такое конструктивное решение гарантирует стабильную работу фундаментов при любых вертикальных деформациях грунта. Однако на практике оно возможно лишь при использовании железобетона. Если фундаменты возводят из камня, кирпича или мелких блоков без внутреннего вертикального армирования, необходимо их стены делать наклонными (сужающимися кверху). Такой способ устройства фундаментных стен и столбов является эффективной защитой фундамента.

## **Защита фундаментов и стен подвалов от деформаций морозного пучения**

Различные участки земли обладают различным влиянием на фундамент дома. Это зависит от состава грунта, глубины его промерзания, а также от глубины залегания грунтовых вод. С точки зрения устройства фундамента лучше всего, чтобы уровень грунтовых вод был ниже глубины промерзания (например, в районе Санкт-Петербурга — около 1,5 м).

Зачастую уровень грунтовых вод находится выше глубины промерзания, что приводит к замерзанию воды в грунте и ее увеличению в объеме. Возникающие при этом силы расширения (называемые "морозным пучением") направлены вверх и стремятся вытолкнуть фундамент из грунта, год за годом постепенно разрушая его. Для нейтрализации этого процесса вместо наращивания массы фундамента и повышения его прочности до избыточ-

ных уровней применяются эффективные современные комплексные решения: утепление внешних стен фундамента, устройство вокруг здания утепленной отмостки теплоизоляционными плитами. Это позволяет вывести область отрицательных температур из-под фундамента и исключить воздействие на него сил "морозного пучения".

Практически вся территория России находится в зоне сезонного промерзания грунтов. Пучение грунта обусловлено тем, что накапливающаяся при его промерзании избыточная влага увеличивается в объеме в 1,092 раза. Но даже когда грунтовые воды находятся глубоко и не влияют на процесс пучения, оно происходит за счет перераспределения влаги в порах грунта в пределах глубины промерзания и расположенного ниже слоя грунта. Большинство строительных площадок, на которых возводят загородные дома, представлены глинистыми грунтами, мелкими и пылеватыми песками, проявляющими при промерзании пучинистые свойства. Классификация грунтов по степени опасности проявления морозного пучения и оценка возможной глубины промерзания регламентированы строительными нормами проектирования (СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений"). По указанной классификации к пучинистым грунтам отнесены все глинистые грунты, пески мелкие и пылеватые, а также обломочные грунты с пылевато-глинистым заполнением. В сухом же состоянии перечисленные грунты отнесены к практически непучинистым. Например, практически непучинистыми являются площадки, сложенные крупными и средней крупности песками. Рекомендации СНиП сводятся к определению нормативной глубины промерзания в различных грунтах и назначению соответствующей отметки заложения подошвы фундамента.

При угрозе возникновения процессов морозного пучения проводят термохимические, инженерно-мелиоративные, строительно-конструктивные, технологические, теплоизоляционные, отопительные (обогревающие) и другие мероприятия. При выборе технических решений учитывают значимость сооружения или здания, а также технологические процессы и условия их эксплуатации. Предпочтение отдается таким мероприятиям, которые в данных условиях окажутся наиболее экономичными и эффек-

тивными. Так, например, при наличии достаточно дешевых инертных материалов (песка, гравия, щебня или другого балласта) возможна замена грунта в основании фундамента на 2/3 глубины промерзания подушкой и засыпка пазух с наружной стороны непучинистыми материалами.

При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий на пучинистых грунтах следует предусматривать отвод поверхностных, атмосферных и производственных вод путем организации вертикальной планировки, ливнеотоков, водоотводных канав или лотков. При высоком уровне грунтовых вод необходимо устройство дренажа. Нельзя допускать застаивания воды в строительных котлованах, необходимо организовать ее систематическое удаление. Снижения неравномерного увлажнения грунтов в основании можно добиться устройством водонепроницаемой отстойки (рекомендуемый уклон от здания — 3%).

Если фундаменты остаются на зимний период не полностью загруженными (например, здание еще не достроено и не утеплено), то в этом случае должны быть предусмотрены специальные мероприятия по защите недостроенного здания или сооружения (устройство временного или постоянного утепления из опилок, шлака, снега и т. п.). В необходимых случаях можно организовать электропрогрев или внутреннее отопление здания.

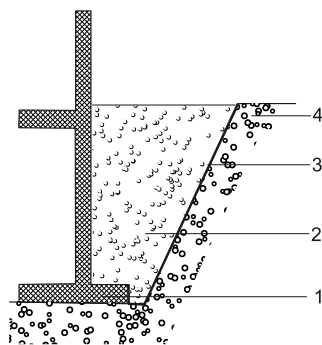
В практике строительства известны случаи возведения временных укрытий в виде тепляков<sup>1</sup> с организацией отопления (калориферами, электронагревателями, металлическими печами и т. п.). Для разумного расходования энергоносителей организуется наблюдение за степенью промерзания грунта у фундаментов. Особое внимание следует обратить на утепление подвальных помещений.

---

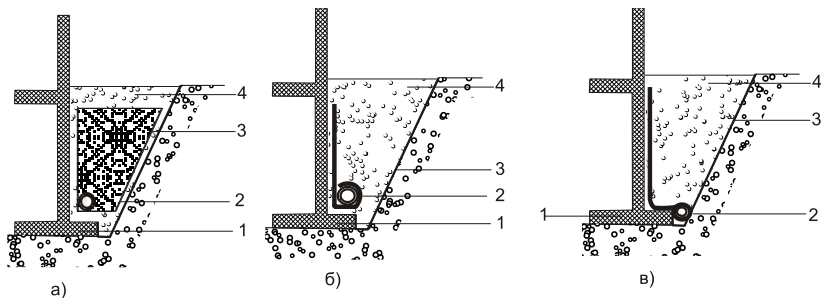
<sup>1</sup> "Тепляки" — это временные каркасно-тентовые строительные укрытия, прочные, легкие, долговечные, быстромонтируемые, стойкие к любым погодным условиям. При их относительно небольшой стоимости они позволяют не останавливать работы в зимнее время, таким образом, сокращая время строительства и при этом повышая надежность сооружений (позволяя избежать "холодных стыков" в железобетонных строениях). При изготовлении "тепляков" могут использоваться светопропускающие материалы, которые позволяют максимально использовать светлое время суток, сокращая расход электроэнергии на освещение. В последнее время в России тепляки вызывают огромный интерес (см. <http://tinyurl.com/4m4z8gg>).

Для уменьшения воздействия на фундамент касательных сил "морозного пучения" пучинистый грунт, соприкасающийся с вертикальными поверхностями фундамента или со стенами подвала, рекомендуется заменить непучинистым. Обратную засыпку, которая выполняется по всему периметру здания, необходимо защитить слоем фильтрующего материала (рис. 4.6).

Одним из путей уменьшения активности пучинистых грунтов является устройство дренажа, позволяющее понизить влажность грунта за счет снижения уровня грунтовых вод (рис. 4.7).



**Рис. 4.6.** Защита фундамента от воздействия касательных сил морозного пучения грунта: 1 — фундамент; 2 — обратная засыпка из непучинистого грунта; 3 — фильтрующий материал; 4 — существующий пучинистый грунт



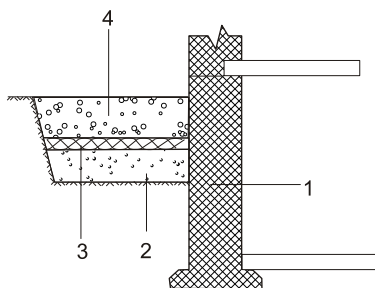
**Рис. 4.7.** Варианты устройства дренажа для снижения уровня грунтовых вод: 1 — существующий фундамент; 2 — дренажные трубки; 3 — фильтрующий материал; 4 — промытый гравий

## Утепление оснований фундаментов

Исключить морозное пучение грунтов позволяет устройство теплоизоляции вокруг здания. Сущность этого способа заключается в том, что находящийся около здания грунт защищается теплоизоляционными материалами от промерзания и тем самым ликвидируется причина, вызывающая морозное пучение.

Для устройства теплоизоляции используют утеплители, способные сохранять необходимые теплозащитные качества во влажной среде и воспринимать нагрузки от расположенных над ними конструкций. Этим требованиям в наибольшей степени отвечает экструдированный пенополистирол различных марок.

Размещение теплоизоляционного материала по периметру здания позволяет не только защитить грунт от промерзания, но и утеплить подвальные помещения (рис. 4.8).



**Рис. 4.8.** Защита грунта от промерзания в сочетании с утеплением подвальных помещений: 1 — стена подвала; 2 — песчаная подсыпка толщиной 200 мм; 3 — экструдированный пенополистирол; 4 — песчано-гравийная засыпка толщиной 300 мм

Грунт вокруг дома выкапывают на глубину 0,5—0,6 м. Размеры выемки должны обеспечить укладку утеплителя шириной не менее 1,2 м. После этого на дно траншеи насыпают слой промытого песка толщиной не менее 200 мм, устраивают небольшой уклон песчаной подушки в сторону от фундамента и тщательно утрамбовывают. На песок укладывают теплоизоляционные плиты

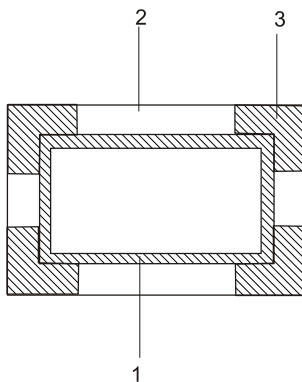
из экструдированного пенополистирола. Толщина плит принимается в зависимости от коэффициента теплопроводности утеплителя (табл. 4.1).

**Таблица 4.1.** Толщина плит для теплоизоляции фундамента в зависимости от коэффициента теплопроводности утеплителя

Коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м×°С)	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Толщина утеплителя не менее, мм	60	70	80	90	100

Не следует забывать, что потери тепла через наружные углы здания значительно превышают потери через стены, поэтому в зоне углов необходимо предусмотреть дополнительное утепление. Для этого на расстоянии 1,5—2 м от угла укладывают утеплитель толщиной в 1,4—1,5 раза большей, чем приведенная в табл. 4.1 (рис. 4.9).

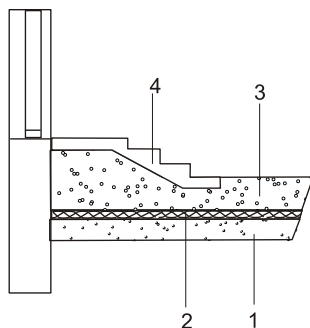
Затем утеплитель засыпают слоем песка или гравия толщиной не менее 300 мм до поверхности грунта. Такое утепление будет препятствовать промерзанию грунта и появлению сил морозного пучения.



**Рис. 4.9.** Утепление с учетом потерь тепла через наружные углы здания:  
1 — наружные стены дома; 2 — утепление из экструдированного пенополистирола по периметру дома; 3 — дополнительное утепление экструдированным пенополистиролом в зоне наружных углов

## Утепление основания крыльца

Наиболее радикальным способом защиты крыльца от выпирания является защита его основания от промерзания (рис. 4.10).



**Рис. 4.10.** Утепление основания крыльца: 1 — песчаная или гравийная подсыпка толщиной 400 мм; 2 — экструдированный пенополистирол; 3 — слой песка толщиной 50—100 мм; 4 — лестница

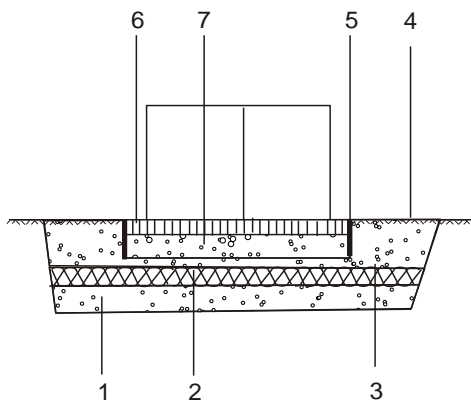
Для этого делают выемку на 700 мм глубже подошвы крыльца или лестницы. На дне выемки устраивают песчаную подсыпку толщиной не менее 400 мм из промытого песка или гравия. На уплотненное основание укладывают плиты экструдированного пенополистирола, толщина которых принимается в соответствии с табл. 4.1. Поверх утеплителя насыпают слой песка не менее 50 мм, на который устанавливается лестничный марш или крыльцо. Для защиты основания от промерзания утеплитель должен выступать за границы крыльца на 1,2 м.

## Защита подъездов к гаражу от деформаций, вызванных морозным пучением грунтов

На подъезде к гаражу в результате морозного пучения грунтов могут появиться неровности, мешающие нормальному открыванию ворот. Площадка перед гаражом постоянно очищается от снега,



поэтому земля промерзает на большую глубину, что влечет за собой увеличение уровня деформаций грунта, вызванных силами морозного пучения. Предотвратить эти явления можно путем устройства теплоизоляции под дорогой, ведущей к гаражу. Для этого под площадкой или дорогой выкапывают небольшой котлован глубиной около 0,4 м. Его ширина с каждой стороны должна быть на 1,2 м больше ширины дороги (рис. 4.11).



**Рис. 4.11.** Защита подъездов к гаражу от морозного пучения грунта:

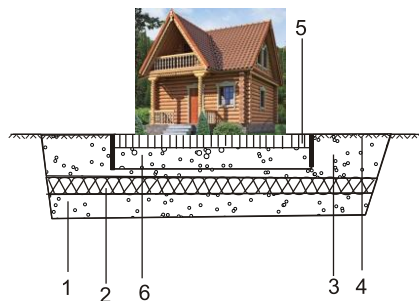
- 1 — песчаная или гравийная подсыпка толщиной 100—200 мм;
- 2 — экструдированный пенополистирол; 3 — слой песка толщиной 50 мм;
- 4 — засыпка из песка и грунта; 5 — бортовой камень; 6 — покрытие дороги (асфальт, плиты); 7 — песчаная подсыпка толщиной 200 мм

На дне котлована устраивают песчаную или гравийную подсыпку толщиной не менее 100—200 мм, на которую укладывают плиты из экструдированного пенополистирола требуемой толщины. Следует отметить, что, помимо способности сохранять высокие теплозащитные характеристики в грунтовой среде, экструдированный пенополистирол является материалом, способным воспринимать достаточно большие нагрузки, в частности от асфальтового покрытия дороги и машины, стоящей на нем.

Утеплитель, находящийся под полотном дороги, засыпают дополнительным слоем песка толщиной 200 мм, по которому укладывают покрытие из плит или асфальта. На песчаной подсыпке

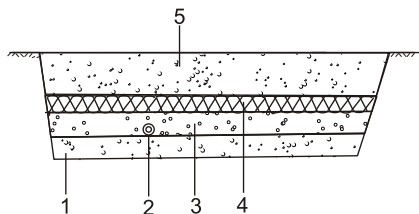
можно установить бортовой камень, заглубив его в песок приблизительно на 200 мм. Утеплитель, расположенный вне эксплуатируемого покрытия, засыпается слоем песка (20—30 мм), после чего выемка заполняется грунтом и выравнивается.

Аналогичным образом утепляют площадки перед домом (рис. 4.12) и пешеходные дорожки, покрытые плиткой (рис. 4.13). Не следует забывать, что выемка под утеплитель должна быть с каждой стороны на 1,2 м шире площадки или дорожки.



**Рис. 4.12.** Утепление площадки перед домом:

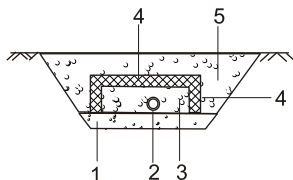
- 1 — песчаная или гравийная подсыпка толщиной 200 мм;
- 2 — экструдированный пенополистирол; 3 — слой песка толщиной 30 мм;
- 4 — обратная засыпка песком и грунтом; 5 — покрытие площадки;
- 6 — песчаная подсыпка



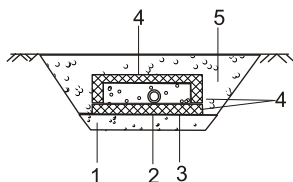
**Рис. 4.13.** Устройство пешеходных дорожек: 1 — песчаная

- или гравийная подсыпка толщиной 100 мм; 2 — изолируемые трубы;
- 3 — гравийно-песчаная смесь толщиной 100 мм; 4 — экструдированный пенополистирол; 5 — засыпка песком, гравием или грунтом

Трубопроводы можно утеплить, расположив теплоизоляционные плиты не только сверху, но и по бокам (рис. 4.14), а при прокладке новых инженерных коммуникаций их рекомендуется поместить в теплозащитный канал из экструдированного пенополистирола (рис. 4.15).



**Рис. 4.14.** Теплоизоляция трубопроводов с помощью теплоизоляционных плит: 1 — песчаная или гравийная подсыпка толщиной 100 мм; 2 — изолируемые трубы; 3 — гравийно-песчаная смесь толщиной 100 мм; 4 — экструдированный пенополистирол; 5 — засыпка песком, гравием или грунтом



**Рис. 4.15.** Теплоизоляция трубопроводов с помощью теплозащитного канала: 1 — песчаная или гравийная подсыпка толщиной 100 мм; 2 — изолируемые трубы; 3 — гравийно-песчаная смесь толщиной 100 мм; 4 — экструдированный пенополистирол; 5 — засыпка песком, гравием или грунтом

## Конструкции цокольной части загородного дома

Переходная конструкция от фундамента к наружным стенам называется цоколем. Часто цоколем служит верх ленточного фундамента. Если в здании существует цокольное перекрытие, цоколь играет роль стены, ограждающей подпольное пространство.

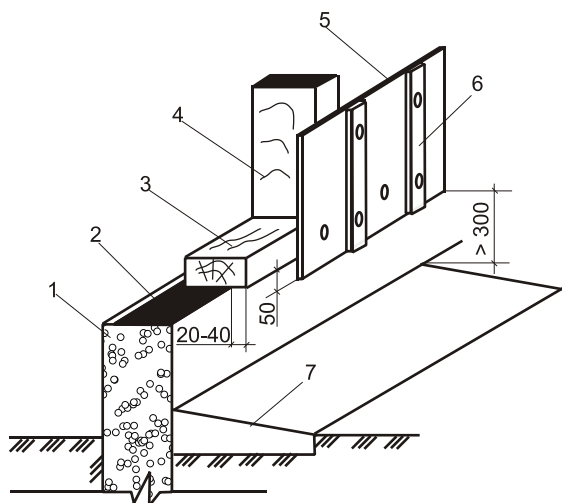
При устройстве полов по грунту цоколь выступает как подпорная стенка, воспринимающая активное давление от засыпки и нагрузки от пола. При столбчатых фундаментах (в межстолбовом пространстве) роль цоколя выполняет заборка.

Цоколь дома находится в неблагоприятных условиях из-за атмосферных и механических воздействий, к числу которых относятся грунтовая влага, роса, атмосферные осадки, многократные циклы замораживания и оттаивания и т. д. Поэтому цоколь выполняют из прочных водоустойчивых и морозостойких материалов (кладка из натурального или искусственного камня, бетон, бутобетон).

В условиях Северо-Западного региона России кирпичный цоколь, облицованный керамической плиткой или оштукатуренный цементным раствором, выглядит приемлемо только в первые годы эксплуатации, а затем требует периодического восстановительного ремонта. Разрушение таких цокольных конструкций объясняется физическим явлением тепломассопереноса: пары воды через ограждение мигрируют от тепла к холоду и, встречая у наружной поверхности непроницаемую преграду, выпадают у ее поверхности в виде конденсата. Замерзая, накопившаяся влага разрушает наружное водонепроницаемое ограждение цоколя.

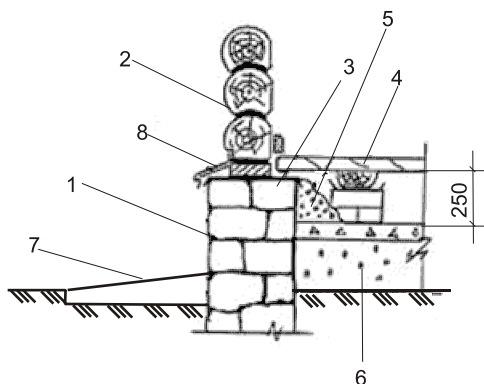
Неплох кирпичный цоколь с облицовкой естественным камнем, но наиболее долговечным является бетонный цоколь. Его возводят по всему периметру, по возможности, без горизонтальных и вертикальных швов. Трещиностойкость бетонного цоколя значительно повышается при его армировании. Бетонному цоколю можно придавать оригинальную фактуру, закладывая внутрь опалубки различные матрицы (например, резиновые коврики, гофрированный стеклопластик и т. п.). При достаточной толщине цоколя в качестве опалубки можно использовать кладку из стойких материалов или облицовку из искусственного или натурального камня.

По отношению к наружной плоскости стены цоколь может быть западающим (см. рис. 4.16), выступающим (рис. 4.17) или находиться в одной плоскости со стеной. По ряду причин предпочтительней устройство западающего цоколя.



**Рис. 4.16.** Западающий цоколь каркасно-обшивного дома:

1 — бетонный цоколь, 2 — гидроизоляция, 3 — нижняя обвязка каркаса, 4 — стойка каркаса, 5 — доски обшивки, 6 — нащельники, 7 — отмостка



**Рис. 4.17.** Выступающий цоколь деревянного рубленого дома:

1 — бутовая кладка, 2 — сруб, 3 — гидроизоляция, 4 — дощатый пол, 5 — утепляющая отсыпка, 6 — подсыпка под полы, 7 — отмостка, 8 — слив из оцинкованной стали

По сравнению с выступающим цоколем, западающий может иметь меньшую толщину, не требует устройства слива, эстетически более современен, выступ стены скрывает очертание слоя горизонтальной гидроизоляции, позволяет хорошо защитить его от стекающей со стены воды. Однако устройство западающего цоколя не всегда возможно (неточное очертание наружных граней фундамента в плане, слишком тонкие стены, рваная по верхнему обрезу кромка кладки из бута, необходимость большей толщины по теплотехническим соображениям и т. п.).

Иногда целесообразно выполнить цоколь в одной плоскости со стеной, но при этом гидроизоляционный слой остается неприкрытым и выглядит нечетко оформленным. В этом случае есть смысл устроить по верху цоколя выступающий пояс.

На пучинистых грунтах цоколь следует решать в виде железобетонной перемычки между столбчатыми фундаментами. Такой цоколь и в сборном, и в монолитном вариантах не должен опираться непосредственно на грунт. Между ними должно быть свободное пространство высотой 100—150 мм. Если низ цокольной балки находится ниже планировочной отметки или отмостки, зазор между ними по бокам необходимо закрыть или асбестоцементными листами<sup>1</sup>, или антисептированными досками.

Являясь неотъемлемой частью дома, цоколь участвует в формировании температурно-влажностного режима подпольного пространства и всего дома. В загородных домах часто устраивают дощатые полы на лагах, уложенных по кирпичным столби-

---

<sup>1</sup> Асбест является предметом ожесточенных дискуссий и серьезных разногласий у строителей и медиков разных стран. В последнее время потребление асбеста в Европе быстро сокращается. Так, с 1 января 1997 года использование асбеста было запрещено во Франции, а с 2005 года применение асбеста было полностью запрещено в Европейском союзе. Совет Европы и некоторые силы в США выражают резко отрицательное отношение к асбесту. Впрочем, есть и другая точка зрения. Например, Россия, Канада, Казахстан и ряд других стран, напротив, считают асбест перспективным строительным материалом. См. <http://tinyurl.com/49v9j2z>. На предприятиях по продаже асбоцемента прайс-лист обязательно содержит маркировочные данные. Прежде чем купить асбоцементный лист, необходимо ознакомиться также с сертификатами качества на продукцию. Они позволяют удостовериться в экологической чистоте и безопасности материала для человека. См. <http://tinyurl.com/5t9hpbs>.

кам. Под досками образуется теплое подпольное пространство высотой около 250 мм. При большей высоте возрастают тепловые потери, пол становится холоднее, при меньшей — ухудшается вентиляция и усиливаются процессы гниения.

Изнутри цокольного ограждения обязательно следует устраивать теплоизолирующую отсыпку, минераловатную или плитную прокладку. В полах обязательна установка вентиляционных решеток, в противном случае в помещениях будет затхлый воздух. Однако следует иметь в виду, что такая конструкция подполья противопоказана для дач и садовых домиков с эпизодическим режимом эксплуатации. При непостоянном протапливании в зимнее время грунт под домом охлаждается и увлажняется, что может послужить причиной появления сырости в доме и вызвать деформации пола даже на непучинистых грунтах при их промерзании.

В подобных случаях можно рекомендовать утепленное цокольное перекрытие. Высота любого подполья должна позволять осматривать ограждающие конструкции цокольного перекрытия (особенно если оно устроено по деревянным балкам). Минимальное расстояние от планировочной отметки подполья до низа выступающих конструкций перекрытия должно быть не менее 400 мм. При сплошной цокольной стенке обязательно устройство продухов для проветривания подпольного пространства и лаза, иначе деревянное перекрытие обречено на увлажнение и гниение. Для снижения интенсивности поступления влаги из грунта подполье выстилают рубероидом<sup>1</sup> с присыпкой гравием или крупным песком слоем 50—70 мм.

---

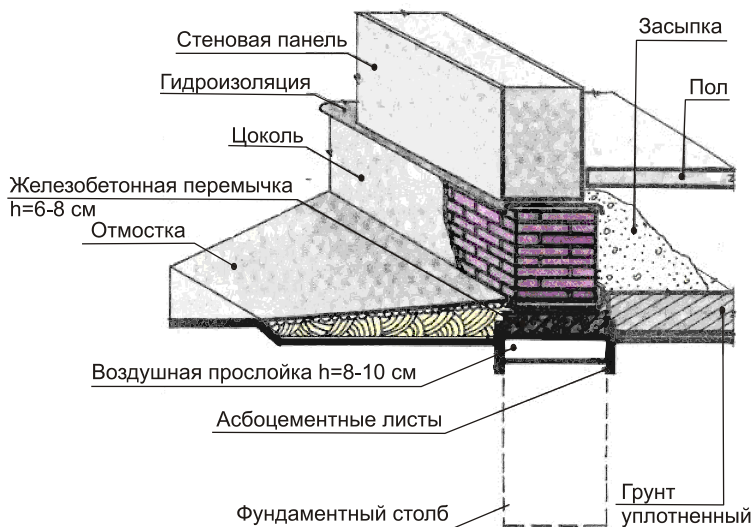
<sup>1</sup> Несмотря на существующее изобилие ассортимента, рубероид на сегодняшний день остается одним из самых востребованных материалов. Его принято относить к разряду рулонных кровельных материалов, обладающих высокими показателями гидроизоляции. Изготавливают его из специального картона, пропитанного мягким нефтяным битумом, на который наносится слой тугоплавкого битума. В зависимости от использованного в качестве основы строительного картона и посыпки рубероид можно использовать как при устройстве верхнего, так и для нижнего кровельного ковра, а также как материал гидроизоляции для строительных конструкций. Кроме стандартных видов — подкладочный/кровельный, крупно-/мелкозернистая/чешуйчатая/пылевидная посыпка — существует также рубероид следующих разновидностей: рубемаст (<http://3uma.ru/kmrust.html>), еврорубероид (<http://euroruberoide.com.ua/ru/euroruber/>) и стеклорубероид ([http://www.yondi.ru/inner\\_c\\_article\\_id\\_100.phtml](http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_100.phtml)). Подробнее см. <http://tinyurl.com/66vfjzt>, <http://tinyurl.com/6h2n9cn>.

## Конструкции фундаментов

В последующих нескольких разделах будут рассмотрены некоторые конструкции фундаментов, традиционно применявшиеся в малоэтажном строительстве в России на протяжении многих лет. Они многократно апробированы и выдержали "проверку временем". Если вы не стремитесь к тому, чтобы использовать в своем загородном доме исключительно ультрасовременные и новейшие конструкции, а также только импортные материалы и дорогие решения, то, скорее всего, эти конструкции будут достаточно хороши и для вас

### Фундамент с теплым подпольем и кирпичным цоколем

На рис. 4.18 показан фундамент с теплым подпольем и кирпичным цоколем, который опирается на монолитную железобетонную перемычку.



**Рис. 4.18.** Конструкция фундамента с теплым подпольем и кирпичным цоколем



Фундамент сделан в деревянной, в виде желоба, опалубке, протянутой от столба к столбу, в которую укладывают арматуру из стальных прутков диаметром 8—12 мм. В местах стыка они должны заходить друг на друга не менее чем на 20 см. Связывать их между собой не следует, достаточно загнуть концы прутка крючком.

Очень важную роль в таком фундаменте играет воздушная прослойка высотой 8—10 см между перемычкой и грунтом основания. В ее "обязанность" входит препятствование выпучиванию при замерзании грунта зимой. А чтобы земля не засыпала эту воздушную полость, к перемычке с обеих сторон надо плотно уложить, например, асбоцементные листы (подобрать нужный вид этого материала можно, например, здесь: <http://www.str-p.ru/>).

Именно в незнании этой особенности кроется самая распространенная ошибка, которую допускают начинающие строители при возведении столбчатых фундаментов. Завершают фундамент двумя рядами гидроизоляции — по перемычке и по верху цоколя. Они необходимы для защиты стен дома от влаги. В том случае, когда в доме предполагается теплый пол, делать цоколь совсем не обязательно. Вместо него можно устроить забирку.

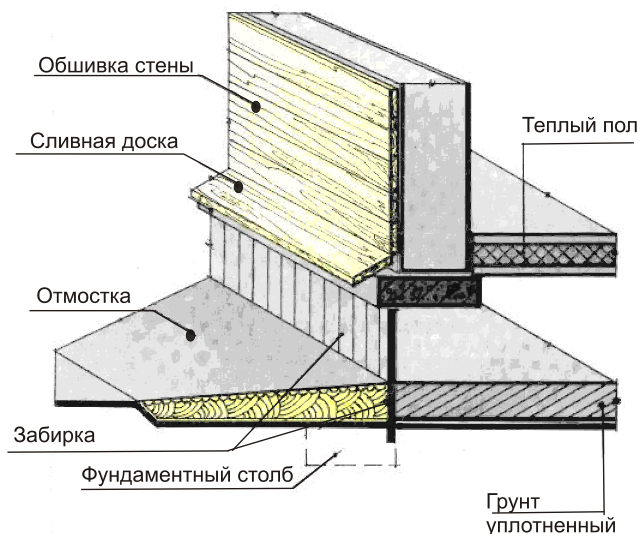
## Конструкция фундамента с забиркой

При строительстве относительно легких домов фундаменты чаще всего выполняются столбчатыми, а цокольную часть между столбами заполняют конструкциями, называемыми забиркой. Забирка выполняется из различных атмосферостойких материалов. При этом следует стремиться к тому, чтобы поверхность цоколя по всему периметру дома была однородной и по форме, и по фактуре.

Минимальная толщина стенки забирки принимается:

- для бутовой кладки — 200 мм;
- для кирпичной кладки — 120 мм;
- для армированного бетона — 100—120 мм.

В грунт забирка заглубляется на 200—300 мм. Если грунт пучинистый, под забиркой устраивают песчаную подушку толщиной 150—200 мм. Ширина песчаной подушки должна быть на 200 мм шире забирки. Конструкция фундамента с забиркой показана на рис. 4.19.



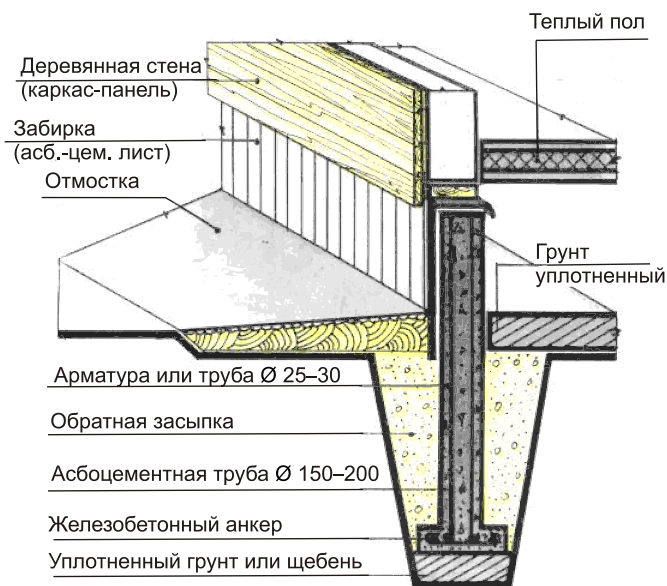
**Рис. 4.19.** Конструкция фундамента с заборкой

Фундаментный столб выводят выше планировочной отметки земли на 45—60 см. По верху его ставят монолитную перемычку и с наружной стороны крепят плоский или волнистый ("волны" располагают вертикально) асбестоцементный лист. Это и есть заборка. Подобный вариант весьма экономичен и особенно хорош для садовых домиков, поскольку не требует кирпича. Для красоты, а также для повышения водостойкости асбестоцементные листы можно отделать масляной краской для наружных работ, предварительно промазав их горячей олифой.

В заборке предусматриваются вентиляционные отверстия (размером 150×150 мм) на расстоянии 150 мм от отмостки по 2—3 шт. с каждой стороны дома. Их располагают одно против другого. На зиму отверстия закрываются пробками. В летнее время продухи должны быть открыты и защищены от проникновения животных решеткой с зазором между прутками не более 30 мм.

## Фундамент из асбоцементных труб

Под легкие панельные, щитовые и каркасные дома можно ставить столбчатые фундаменты из асбестоцементных труб диаметром 15—20 см. На них расходуется меньше бетона, они легки и даже изящны. Кроме того, такой фундамент хорошо противостоит пучению грунта, что тоже немаловажно. Именно такой фундамент показан на рис. 4.20.



**Рис. 4.20.** Конструкция фундамента из асбоцементных труб, заполненных бетоном

### ПРИМЕЧАНИЕ

Цементно-асбестовые трубы — наиболее известный вид асбоцементных изделий. Область применения асбестоцементных труб широка: они используются при изготовлении железобетонных шпал, мостовых конструкций, стоек опор высоковольтных линий электропередач, контактной сети железнодорожного транспорта и освещения, железобетонных напорных и безнапорных труб, а также их используют для бетона, дорожных и аэродромных покрытий. За истекшие годы эта продукция не потеряла своей актуальности,

область применения асбестоцементных труб постоянно расширяется. Цементно-асбестовые трубы — перспективный вид продукции широкого назначения, обладающий комплексом ценных свойств: стойкость к коррозии и гниению; высокая прочность и низкая теплопроводность; долговечность. Кроме того, они в несколько раз дешевле аналогичной продукции из других материалов. Например, при использовании асбестоцементных труб заборы вокруг дома или участка получатся сравнительно недорогими и долговечными. Можно сделать забор и из асбестовых столбиков, для дополнительной прочности внутрь залить армированный фиброй бетон, а секции забора сделать из досок — сплошным. Несложный монтаж и положительные характеристики материала делают такие виды ограды очень популярными в дачном и жилом строительстве. Вообще, многие отечественные производители утверждают, что вредность асбеста сильно преувеличена. Вред, в основном, приносит попадание длинных и тонких волокон в легкие при значительной их концентрации в воздухе, которое возможно лишь на стадии добычи или сухой переработке асбеста без соблюдения должных мер безопасности. Материалы о том, вреден ли асбест и в чем его вредность, можно найти здесь: <http://www.stroy.net.ru/articles/izvechnyj-vopros-vreden-li-asbest-109.html>, <http://www.stroyorbital.ru/arhiv/0107/01-26.htm>. Выводы сделайте сами.

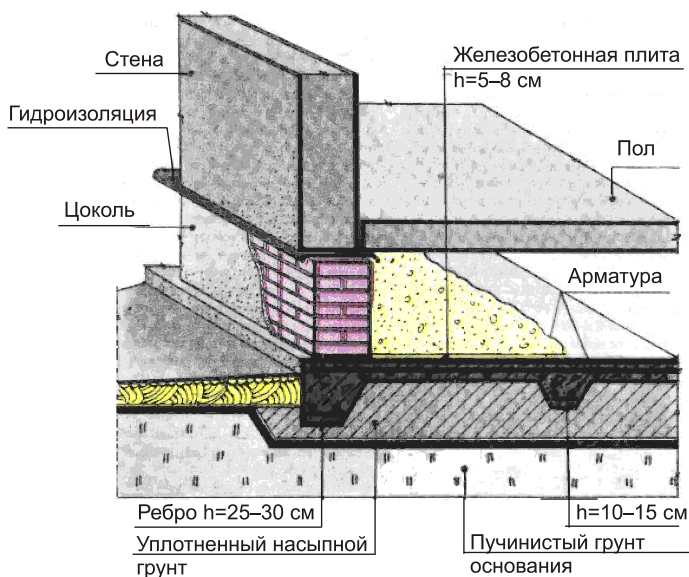
Конструкция фундамента из асбестоцементных труб довольно проста. На дне ямы уложена железобетонная подушка. Она одновременно служит опорой и анкером для асбестоцементной трубы, плотно заполненной бетоном и арматурой. Длина трубы зависит от глубины заложения фундамента и равна 120—150 см. Арматура должна быть сварена или связана проволокой с арматурой анкера. Поэтому железный каркас вяжут заранее на земле и только перед бетонированием опускают в яму-шурф. Если грунты непучинистые, то армирование трубы можно не выполнять. Заборка подполья устраивается здесь точно так же, как и в предыдущем случае.

Можно воспользоваться и таким способом. Возьмите лист кровельного железа и сделайте из него трубу-опалубку диаметром 200 мм с двумя проволочными ручками. Пробурив скважину диаметром 300 мм, вставьте в нее трубу и арматуру. Пространство между опалубкой и стенками скважины заполните песком — он будет выполнять роль "смазки" при вспучивании. Залейте в опалубку 2—3 ведра бетона. Потом, покачивая трубу, припод-

нимите ее на 300—400 мм. Эту операцию повторяйте до полного заполнения, то есть до необходимой высоты столба фундамента. Таким образом, ваша опалубка должна скользить по скважине, оставляя за собой столб фундамента.

## Конструкция плавающего фундамента

Нередко садоводам для освоения предоставляется участок с заболоченными, зыбкими и сильно пучинистыми землями. Что делать в этом случае? Оптимальное решение тут — плавающий фундамент. Он представляет собой железобетонную монолитную плиту, которая свободно лежит на насыпном основании, как показано на рис. 4.21.



**Рис. 4.21.** Конструкция плавающего фундамента

Размеры и конфигурация ее в плане точно соответствуют габаритам дома. По периметру плиты (с нижней стороны) делают ребра жесткости. Такие же ребра, но меньшей высоты, идут и по

всей плоскости, как в продольном, так и в поперечном направлении с шагом около 120 см. Последовательность работ по устройству плавающего фундамента будет такой.

Первым делом насыпают основание из грунта, щебня, крупнозернистого песка (или их смеси) слоем 30—40 см, слегка его увлажняют и хорошо утрамбовывают. Затем из строганных досок собирают опалубку с бортами примерно такой же высоты и укрепляют ее с наружной стороны колышками, вбитыми в землю через 1—1,5 м. После этого в тех местах, где будут проходить ребра жесткости, прокладывают канавки и выстилают их пергамином<sup>1</sup>, толем<sup>2</sup> или рубероидом, чтобы вода из бетона не ушла в грунт. После этого по всему основанию и вдоль канавок равномерно укладывают арматуру (стальные прутки, проволоку любого сечения, обрезки труб, уголки, швеллеры). На ржавчину можно не обращать внимания — она не повлияет на качество железобетона. Теперь площадку (либо всю сразу, либо частями) заливают бетоном.

Верхнюю плоскость трамбуют и длинной доской с ручками на концах выравнивают, проверяя горизонтальность по уровню и добавляя раствор в нужных местах. Работать удобнее вдвоем. Готовую плиту-фундамент закрывают от солнца и дождя толем, рубероидом, мешками и т. п. Спустя две недели по периметру плиты выкладывают кирпичный цоколь, а под внутренними стенами и лагами (балками) пола ставят кирпичные столбики. Они должны находиться над ребрами жесткости.

---

<sup>1</sup> Пергамин — рулонный кровельный материал, изготовленный из кровельного картона, пропитанного нефтяным битумом. Пергамин применяется в качестве подкладочного материала нижних слоев при устройстве кровли. Для защиты утеплителей от влаги их с одной или двух сторон обкладывают пергамином. Используют пергамин в жилищном строительстве для защиты от конденсата железобетонных конструкций, древесно-стружечных материалов, в дачных, садовых постройках, хозяйственных блоках, бытовках, зимних банях, тепло-трассах и в качестве упаковочного материала для металлических изделий. Используется внахлест 100 мм либо склеивается скотчем, мастикой, липкой лентой. См. <http://www.pergamin.ru/pergamin.html>.

<sup>2</sup> Толь — кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый пропиткой кровельного картона каменноугольными или сланцевыми дегтевыми продуктами. Выпускается в рулонах. По сравнению с кровельными материалами, пропитанными битумом (такими, как пергамин и рубероид), толь менее долговечен и применяется главным образом для устройства кровель временных сооружений. Подробнее см. <http://rooffaq.com/en/statti/myagkaya/17.php>.

На какой бы конструкции фундамента вы ни остановили бы свой выбор, не забудьте в цоколе сделать отверстия для вентиляции подполья, иначе не предотвратить появления плесени. Отдушины должны располагаться друг против друга, на высоте 10 — 15 см от земли и иметь размеры не менее 15×15 см.

## Гидроизоляция и утепление фундаментов

Проникающая в строительные конструкции влага является серьезной причиной их разрушения. Защита от проникновения воды (гидроизоляция) является важным фактором сохранности и долговечности зданий.

При высоком уровне стояния грунтовых вод возникает опасность проникновения их в подвальные помещения, образования течи и пятен сырости на стенах. Капиллярная влага, поднимающаяся по порам в массиве фундамента и цоколя от влажного грунта, может распространиться и в кладку стен нижних этажей. В случае агрессивности грунтовых вод материалы фундамента и подземных частей здания могут разрушаться. Для защиты здания от грунтовых вод предусматривают меры борьбы с движением грунтовых вод и проникновением атмосферных осадков в грунт основания и устраивают защитную гидроизоляцию от проникновения грунтовой влаги в конструкции здания.

Чтобы предупредить проникновение дождевых и талых вод в подземные части здания, осуществляют планировку поверхности участка под застройку, создавая необходимый уклон для отвода поверхностных вод от здания. Вокруг здания вдоль наружных стен устраивают отмостку из плотных водонепроницаемых материалов (асфальт, асфальтобетон<sup>1</sup> и др.).

Для защиты от проникновения грунтовой влаги в конструкции здания при новом строительстве обычно выполняется наружная

---

<sup>1</sup> Асфальтовым бетоном или асфальтобетоном называют строительный материал, образующийся в результате затвердевания уплотненной массы, состоящей из тщательно перемешанных компонентов щебня или гравия, песка, минерального порошка и битума, взятых в рационально подобранных количествах. Подробнее см. <http://www.vost.ru/docs/article/asfaltobeton>, <http://tinyurl.com/63xlwzc>.

изоляция конструкций со стороны воздействия воды, а для старой застройки применяют внутреннюю гидроизоляцию в подвальных помещениях.

Выделяют три типа гидроизоляции, соответствующие видам воздействия воды — безнапорная, противонапорная и противокapиллярная.

- Безнапорная гидроизоляция выполняется для защиты от временного воздействия влаги атмосферных осадков, сезонной верховодки, а также в дренируемых полах и перекрытиях;
- Противонапорная гидроизоляция — для защиты ограждающих конструкций (полы, стены, фундаменты) от гидростатического подпора грунтовых вод;
- Противокapиллярная — для изоляции стен зданий в зоне капиллярного подъема грунтовой влаги.

Устройство гидроизоляции подвалов определяется характером воздействия воды, особенностью дренируемых конструкций и материалов, а также функциональными требованиями к помещениям по эксплуатации, назначению и допустимой влажности. Это влияет на выбор типа и материала изоляции, определяемый необходимыми показателями по водопроницаемости, водостойкости, паропроницаемости и долговечности. Возможности подрядных организаций, сезон и темпы работ также следует учитывать при отборе гидроизоляционных материалов.

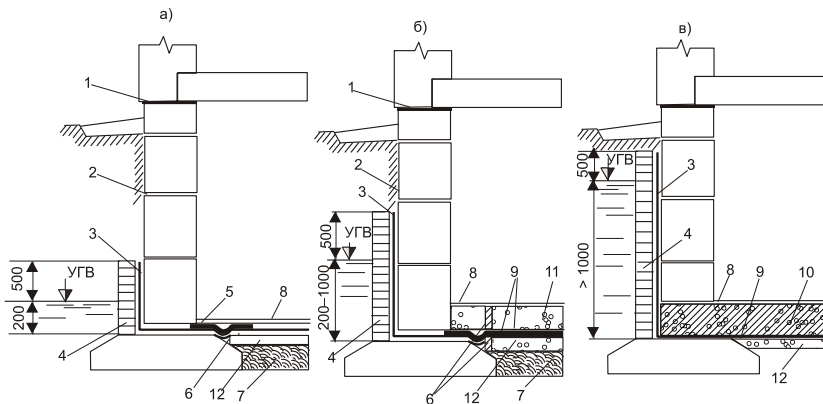
Существуют различные методы гидроизоляции наружной поверхности стен: основные — оклеечные, окрасочные, обмазочные, штукатурные, листовые (кессонные) и глиняные, а также специальные — инъекционные, проникающие (пенетрационные), геомембранные пропиточные, шовные, подводные, ликвидации активных течей и др.

Для предохранения стен от капиллярной сырости в фундаментах устраивают гидроизоляцию — горизонтальную и вертикальную (рис. 4.22). По методу устройства различают гидроизоляции: окрасочную, штукатурную (цементную или асфальтную), литую асфальтную, оклеечную (из рулонных материалов) и оболочковую (из металла).

Горизонтальную гидроизоляцию при отсутствии подвалов целесообразно укладывать в уровне бетонной подготовки пола пер-



вого этажа, на 15—20 см выше уровня отмостки. При наличии подвала гидроизоляцию устраивают также и под полом подвала. Во внутренних фундаментах горизонтальную изоляцию укладывают в уровне обреза фундамента. Конструктивно горизонтальная гидроизоляция чаще всего представляет собой два слоя рубероида или толя на мастике, слой асфальтобетона 10—12 мм или слой цементного раствора толщиной 20—30 мм.



**Рис. 4.22.** Гидроизоляция фундаментов : а) при напоре грунтовых вод менее 200 мм; б) при напоре 200—1000 мм; в) при напоре свыше 1000 мм; 1 — рулонная гидроизоляция; 2 — окрасочная гидроизоляция (промазка горячим битумом за 2 раза); 3 — оклеечная гидроизоляция; 4 — защитная стенка из глиняного кирпича-сырца; 5 — стеклоткань; 6 — деформационный шов; 7 — мятая глина; 8 — пол подвала; 9 — стяжка; 10 — железобетонная плита; 11 — пригрузочный слой из бетона; 12 — подготовка

Вертикальную гидроизоляцию устраивают для защиты стен подвала. Тип гидроизоляции зависит от влажности грунта. При сухих грунтах можно ограничиться двухразовой обмазкой горячим битумом. При сырых грунтах устраивают цементно-известковую штукатурку, после просушки которой производят обмазку битумом за 2 раза или оклейку рулонными материалами. Следует обращать особое внимание на обеспечение совместности работы всех видов гидроизоляции.

При высоком расположении горизонта грунтовых вод (выше пола подвала) могут требоваться специальные меры усиления конструкции фундаментов и гидроизоляции, вплоть до устройства герметических оболочек из полимерных пленок или металлических листов. Одновременно проводят меры по понижению уровня грунтовых вод — дренажирование и тому подобные мероприятия.

## **Утепление стен подвалов и перекрытий над ними**

Достаточно часто фундаменты совмещают со стенами подвалов. Их надежная эксплуатация может быть обеспечена только при наличии теплоизоляции наружных конструкций, соприкасающихся с грунтом. Необходимость утепления обусловлена тем, что потери тепла через подземную часть коттеджа в некоторых случаях составляют до 20% от общих тепловых потерь. При наличии отапливаемого подвального помещения теплоизоляция защитит стены подвала от промерзания, поможет предотвратить образование конденсата, появление сырости и развитие плесени.

Следует отметить, что утепление подземной части дома позволяет ликвидировать или существенно уменьшить воздействие на фундамент сил морозного пучения, что особенно важно при строительстве коттеджей в районах центральной части России, где около 80% всех грунтов (глины и суглинки) относятся к категории пучинистых. При их промерзании на фундамент, находящийся в грунте, начинают действовать силы морозного пучения, приводящие к деформации оснований и ограждающих конструкций.

Утепление стен неотапливаемых подвалов, на первый взгляд, лишено практического смысла, но это не совсем так. Дело в том, что в центральной части России температура грунта на глубине 2 м никогда не опускается ниже 5—10 °С, поэтому правильно выполненная теплоизоляция стен подвального помещения позволяет в зимний период поддерживать температуру 5—10 °С без дополнительного отопления.

Значительные потери тепла происходят и через цокольные перекрытия, расположенные над неотапливаемыми подвалами

и подпольями. В этом случае от качества теплоизоляции зависят не только затраты на отопление дома, но и возможность создания комфортной среды обитания. Длительный контакт ног с холодной поверхностью способен вызвать общее переохлаждение организма, что, в свою очередь, способствует развитию различных простудных заболеваний, поэтому температура пола должна быть не более чем на 2 °С ниже температуры воздуха в помещении. Это условие выполнимо лишь при хорошей теплоизоляции, поэтому необходимо обратить особое внимание на теплоизоляцию перекрытия первого этажа и проследить, чтобы его теплозащитные характеристики были достаточно высокими.

При утеплении перекрытий над холодными подвалами и подпольями следует учитывать, что через них, как и через все ограждающие конструкции, разделяющие зоны теплого и холодного воздуха, происходит диффузия водяных паров. Для защиты утеплителя от увлажнения его необходимо изолировать слоем пароизоляционного материала, но в отличие от чердачных перекрытий, пароизоляция располагается над утеплителем (а не под ним), т. к. водяные пары диффундируют из теплых (верхних) помещений в более холодные (нижние).

Чтобы предотвратить увлажнения утеплителя перекрытий и избежать появления сырости, грибка и плесени, необходимо обеспечить вентиляцию подполья и подвалов. С этой целью устраиваются специальные отверстия и продухи, через которые водяные пары будут удаляться наружу с вентиляционным воздухом.

Не следует забывать и о гидроизоляции стен и пола подвала. Весной в результате таяния снегового покрова уровень грунтовых вод значительно поднимается и достигает поверхности земли, поэтому гидроизоляцию стен подвала рекомендуется выполнять на всю их высоту.

При теплых подвалах производят утепление цоколя. Цокольная часть здания находится в достаточно неблагоприятных влажностных условиях: она постоянно соприкасается с грунтом и увлажняется дождем, талыми водами и брызгами капель, падающих с крыши. По этой причине для утепления цоколя используют материалы, имеющие нулевое водопоглощение и способные сохранять теплозащитные свойства во влажной среде. Этим требова-

ниям полностью удовлетворяют экструзионные пенопласты, имеющие замкнутые поры.

В табл. 4.2 приведены технологические мероприятия, позволяющие обеспечить защиту ограждающих конструкций холодных и теплых подвалов от увлажнения и отсыревания.

**Таблица 4.2.** Технологические мероприятия, обеспечивающие защиту конструкций холодных и теплых подвалов от увлажнения и отсыревания

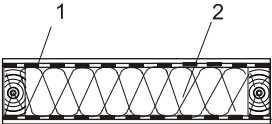
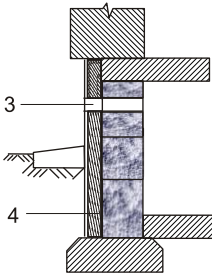
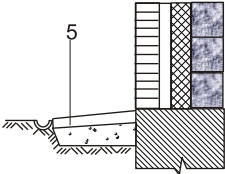
Причина увлажнения конструкции	Способ защиты	Схема
Диффузия водяных паров через перекрытие над холодным подвалом	Устройство пароизоляции (1) со стороны теплого помещения поверх утеплителя (2)	
	Устройство вентиляции подполья или подвала через продухи (3) в цоколе (4)	
Атмосферные осадки	Устройство отмоски (5) вокруг здания шириной на 200 мм больше карнизного свеса	

Таблица 4.2 (продолжение)

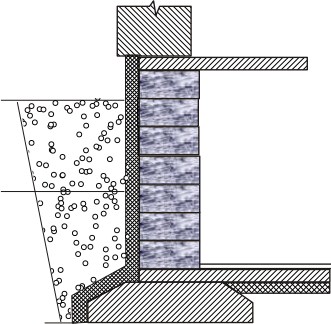
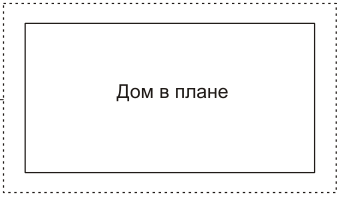
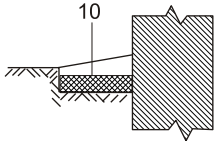
Причина увлажнения конструкции	Способ защиты	Схема
Грунтовые воды	<p>Устройство вертикальной гидроизоляции на всю высоту подвала;</p> <p>При высоком уровне грунтовых вод (УГВ) устройство защитной кирпичной стенки (6) выше расчетного УГВ на 500мм;</p> <p>Гидроизоляция (7) пола подвала</p>	
Капиллярный подсос	<p>Использование для утепления подвалов и фундаментов материалов, не впитывающих влагу, сохраняющих высокие теплоизоляционные характеристики во влажной и мокрой среде (8)</p>	
Деформации из-за морозного пучения фундаментов	<p>Устройство отмостки вокруг здания (9)</p>	

Таблица 4.2 (окончание)

Причина увлажнения конструкции	Способ защиты	Схема
Деформации из-за морозного пучения фундаментов	Утепление отмостки (10) по периметру здания	

Цокольные перекрытия над холодными подпольями могут быть балочными и плитными. Для их утепления, как правило, используют различные стекловолокнистые или минераловатные теплоизоляционные материалы.

При утеплении плитных цокольных перекрытий теплоизоляцию укладывают на несущие плиты, располагая ее между лагами, установленными на железобетонную плиту через прокладки из рубероида, гидроизола<sup>1</sup> или другого гидроизоляционного материала (рис. 4.23).

Толщина утеплителя определяется в зависимости от теплозащитных свойств по коэффициенту теплопроводности материала  $\lambda$  (табл. 4.3).

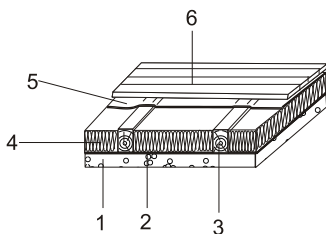
Поверх утеплителя устраивают пароизоляцию, препятствующую увлажнению теплоизоляции водяными парами внутреннего воздуха. Полотнища пароизоляционного материала раскатывают с перехлестом не менее 100 мм, после чего швы проклеивают

<sup>1</sup> У названия "Гидроизол" есть много аналогов под разными торговыми названиями: гидростеклоизол, стеклоизол, стеклогидроизол. Гидроизол — это популярный гидроизоляционный материал, в состав которого входят битум, наполнитель и другие технологические добавки, которые, пройдя процесс смешивания и расплавления, непрерывно наносятся на две стороны основы. Применение гидростеклоизола, наиболее распространено, при возведении мостов, платин, тоннелей, гидроподвалов и для фундамента зданий. Кроме того, материал широко используется в антикоррозионном покрытии трубопроводов и при укладке плоской кровли. Подробнее см. <http://www.izoart.ru/gidroizol.html>, <http://www.stroyportal.ru/vendors/brand1693.html>.

специальной лентой или скотчем для обеспечения герметичности. При использовании фольгированных пароизоляционных материалов их устанавливают блестящей поверхностью в сторону теплого помещения. В этом случае между пароизоляцией и основанием пола нужно предусмотреть небольшую воздушную прослойку.

**Таблица 4.3.** Определение толщины утеплителя при утеплении плитных цокольных перекрытий

Коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м·°С)	0,035	0,04	0,044	0,045— 0,046	0,047— 0,049	0,05
Толщина утеплителя, мм	130	150	160	170	180	190

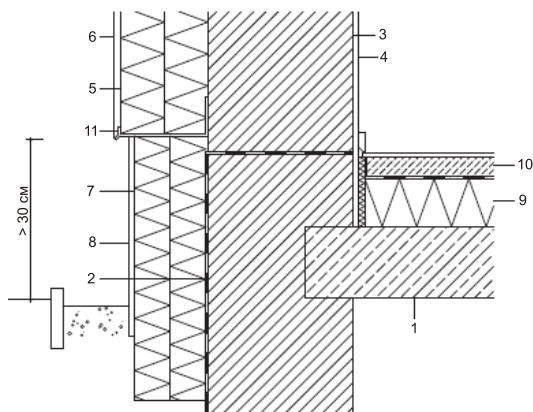


**Рис. 4.23.** Утепление плитных цокольных перекрытий:

- 1 — плита перекрытия; 2 — прокладка из рубероида или гидроизола;  
3 — деревянная лага; 4 — утеплитель; 5 — пароизоляционный материал; 6 — половые доски или основание пола

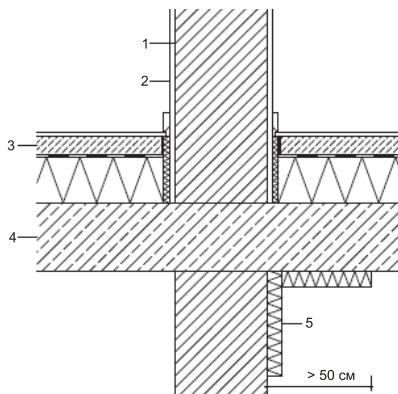
При теплоизоляции перекрытий необходимо позаботиться об устранении "тепловых мостиков". На рис. 4.24 показано устранение "теплового мостика" в месте стыка с наружной стеной здания.

На рис. 4.25 показано устранение "теплового мостика" в месте стыка перекрытия с внутренней разделительной стеной.



**Рис. 4.24.** Теплоизоляция бетонного перекрытия сверху, устранение "теплового мостика" в месте стыка с наружной стеной здания:

- 1 — бетонное перекрытие; 2 — гидроизолирующая перемычка;  
 3 — наружная стена (каменная или кирпичная кладка); 4 — внутренняя штукатурка;  
 5 — теплоизолирующие плиты; 6 — наружная штукатурка поверх армирующего материала;  
 7 — теплоизоляция цоколя; 8 — штукатурка цоколя; 9 — теплоизоляция подвального перекрытия;  
 10 — плавающая стяжка с напольным покрытием;  
 11 — монтажный профиль WDVS к цоколю



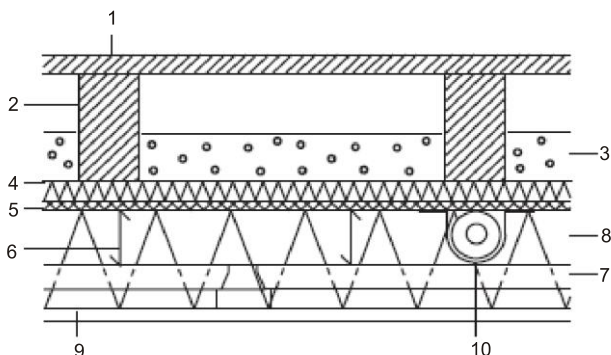
**Рис. 4.25.** Теплоизоляция подвального перекрытия с верхней стороны, с одновременным устранением "теплового мостика" в области стыка с внутренней разделительной стеной: 1 — внутренняя стена; 2 — внутренняя штукатурка; 3 — пол с плавающей стяжкой; 4 — бетонное перекрытие; 5 — по желанию: дополнительная теплоизоляция места стыка перекрытия с внутренней разделительной стеной с целью устранения "теплового мостика"



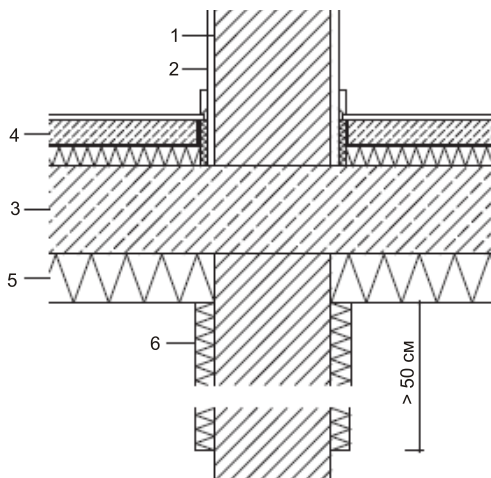
Все типы перекрытий можно теплоизолировать и с нижней стороны, если конструкция перекрытия и тип теплоизоляционной системы сбалансированы между собой. На бетонные перекрытия с гладкой нижней стороной теплоизолирующие плиты можно наклеить непосредственно на поверхность и закрепить при помощи шпонок. Можно к существующей подшивке потолка с помощью тонких деревянных реек прикрепить пароизоляционный материал, обеспечивая перехлест полотнищ на 100 мм. Затем монтируют деревянные бруски с шагом, соответствующим размеру утеплителя. Плиты утеплителя устанавливают в распор между брусками и закрепляют деревянными рейками или проволоочной сеткой. Со стороны подвала потолок можно обшить досками или оштукатурить по сетке. Если под перекрытием нет бытовых помещений, то от обшивки можно и отказаться. Как правило, такой подход к теплоизоляции выгоден по ценам.

Для всех видов балочных перекрытий, вне зависимости от того, какие используются балки — деревянные, стальные или железобетонные, часто бывает удобно соорудить опорную конструкцию и заполнить зазор между перекрытием и этой конструкцией теплоизолирующим материалом. Если по нижней стороне перекрытия проходят трубопроводы, их лучше всего скомбинировать с подвесным перекрытием (рис. 4.26) и теплоизолировать зазор теплоизолирующими матами или заполнить его хлопьями. Если теплоизолирующие маты наклеиваются под перекрытием, в них необходимо с высокой точностью прорезать пазы для укладки трубопроводов. Покрытие теплоизоляцией отводящих трубопроводов большого диаметра занимает много времени. При установке теплоизоляции под подвальным перекрытием создается возможность улучшить уровень противопожарной защиты, при том условии, что все используемые строительные материалы удовлетворяют требованиям пожарной безопасности.

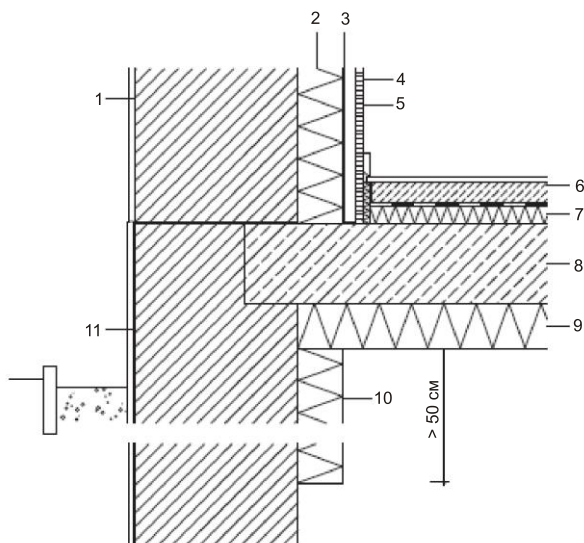
Как и при теплоизоляции сверху, при теплоизоляции подвальных перекрытий снизу также необходимо уделять внимание устранению "тепловых мостиков" в местах стыка между перекрытием и стенами. На рис. 4.27 показано, как осуществляется теплоизоляция подвальных перекрытий с нижней стороны с одновременным устранением "теплового мостика" в местах стыка с разделительной стеной.



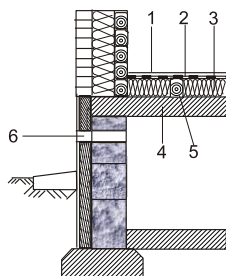
**Рис. 4.26.** Подвесная конструкция под перекрытием из деревянных балок с проведением трубопровода через слой теплоизоляции (поперечный разрез): 1 — дощатый пол; 2 — балки перекрытия; 3 — засыпка; 4 — слой под штукатурку; 5 — штукатурка (стыки герметично заделаны); 6 — система подвесок; 7 — упругие рейки; 8 — теплоизоляция; 9 — гипсокартон; 10 — трубопровод



**Рис. 4.27.** Теплоизоляция подвального перекрытия снизу, при одновременном устранении "теплового мостика" в месте стыка перекрытия с разделительной стеной: 1 — разделительная стена; 2 — внутренний слой штукатурки; 3 — бетонное перекрытие; 4 — покрытие пола с плавающей стяжкой; 5 — теплоизоляция под бетонным перекрытием; 6 — дополнительная теплоизоляция стыков разделительной стены



**Рис. 4.28.** Теплоизоляция подвального перекрытия и ликвидация "теплового мостика" в месте стыка с наружной стеной: 1 — наружная стена (каменная или кирпичная кладка); 2 — внутренняя теплоизоляция наружной стены на первом этаже; 3 — пароизоляционная прокладка; 4 — инсталляционный промежуток; 5 — внутренняя обшивка со стороны помещения; 6 — стяжка и напольное покрытие; 7 — изолирующий слой для защиты от ударного шума; 8 — бетонное перекрытие; 9 — теплоизолирующие плиты под перекрытием; 10 — дополнительная теплоизоляция наружной стены подвального помещения (опускается ниже уровня земли); 11 — герметизация и штукатурка цоколя



**Рис. 4.29.** Вентиляция подвала: 1 — покрытие пола из досок; 2 — пароизоляция; 3 — теплоизоляция; 4 — плита перекрытия; 5 — деревянные лаги; 6 — вентиляционный проход; 7 — утепление стены

На рис. 4.28 показано, как осуществляется теплоизоляция подвальных перекрытий с нижней стороны с одновременным устранением "теплового мостика" в месте стыка с наружной стеной здания.

Для вентиляции подвала устраивают отверстия размером от (100×100) до (150×150) мм, располагая их по периметру цокольной части здания через каждые 4—5 м (рис. 4.29). Влага будет иметь возможность испариться наружу, и в подвале не появятся плесень и запах сырости.

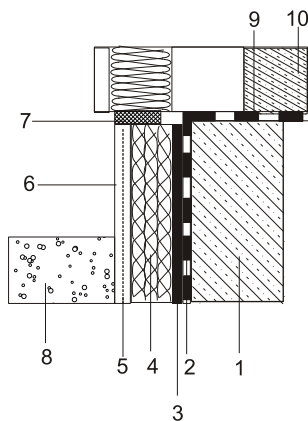
## Утепление цоколя

Цоколь — это верхняя часть фундамента, выступающая над поверхностью земли приблизительно на 0,5 м, на которую, как правило, опирается перекрытие первого этажа.

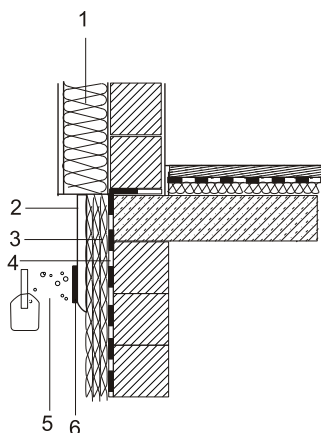
В цоколе устраивают горизонтальную гидроизоляцию, препятствующую капиллярному подъему влаги, вызывающему увлажнение стены и цокольного перекрытия. Цоколь находится в условиях постоянного увлажнения, поэтому для его возведения используют плотные материалы — блоки из тяжелого бетона, обожженный кирпич и т. п. Для облицовки применяют каменные плиты, керамическую плитку или штукатурный раствор на цементной основе, а в качестве утеплителя (при наличии отапливаемого подвала) чаще всего применяют экструдированный пенополистирол, который имеет близкое к нулю водопоглощение и высокие теплоизоляционные характеристики во влажной среде. К теплозащите цоколя предъявляют те же требования, что и к наружным стенам: сопротивление теплопередаче наружной части цоколя должно быть не менее 3,16 ( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ )/Вт. Толщина утеплителя принимается в соответствии с данными табл. 4.4.

**Таблица 4.4.** Требования к теплозащите цоколя

Коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м×°C)	0,03	0,035	0,04	0,045
Толщина утеплителя, мм	90	110	120	130



**Рис. 4.30.** Утепление цоколя: 1 — фундамент; 2 — вертикальная гидроизоляция подвала; 3 — клеящая мастика; 4 — экструдированный пенополистирол; 5 — армирующая сетка; 6 — наружный штукатурный слой; 7 — уплотняющая лента; 8 — дренажный слой (гравий); 9 — горизонтальная гидроизоляция; 10 — плита цокольного перекрытия



**Рис. 4.31.** Защита утеплителя цоколя от воздействия окружающей среды: 1 — система наружного утепления стены; 2 — цокольная штукатурка; 3 — экструдированный пенополистирол; 4 — гидроизоляция фундамента; 5 — гравий; 6 — гидроизоляция битумной мастикой

При утеплении цоколя теплоизоляционный материал располагают с наружной стороны (рис. 4.30).

Для монтажа пенополистироловых плит следует использовать клеи и мастики, не содержащие компонентов, растворяющих полистирол (ацетон и т. п.). Горячие битумные мастики также непригодны для крепления этого материала.

Установленные плиты экструдированного пенополистирола с наружной стороны должны быть защищены от разрушительного воздействия окружающей среды и, в частности, солнечных лучей слоем штукатурки по сетке. Можно использовать как тонкие сетки из стекловолокна, так и металлические. Наружный штукатурный слой не должен контактировать с влажным грунтом. Для этого удаляют грунт, прилегающий к цоколю, штукатурку, находящуюся ниже уровня земли, защищают от влаги битумной мастикой, а образовавшуюся выемку засыпают гравием (рис. 4.31).

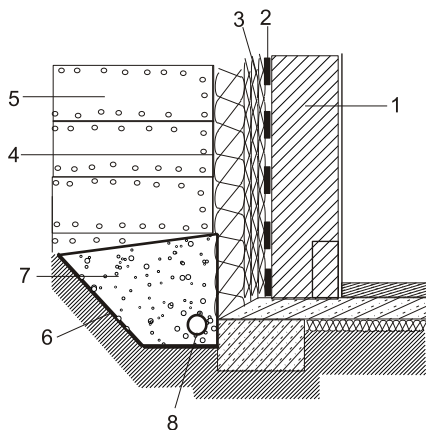
## **Утепление стен подвалов и фундаментов**

При строительстве дома целесообразно провести утепление стен подвала. Теплоизоляция отапливаемых подвалов позволяет значительно снизить неоправданные потери тепла, а утепление неотапливаемых подвалов дает возможность круглый год поддерживать постоянную температуру 5—10 °С, а также исключить образование конденсата на внутренних поверхностях заглубленного помещения в летнее время. Дело в том, что летом температура поверхности стен, граничащих с грунтом, часто оказывается ниже точки росы, поэтому при попадании на них теплого воздуха создаются условия для выпадения конденсата, развития плесени, гнили и появления неприятного запаха. Наиболее подходящим материалом для утепления стен подвалов являются плиты из экструдированного пенополистирола, которые крепятся к наружной поверхности стен поверх гидроизоляционного слоя. Для приклеивания плит применяют битумную мастику МБК-Г-75, битум нефтяной БН-70/30 или БН 90/10 и другие клеящие составы, не содержащие ацетона и растворителей, разрушающих материал утеплителя. Монтаж утеплителя начинают не ранее чем через 5—7 дней после окончания гидроизоляционных работ; этого времени вполне дос-

таточно для полного испарения растворителей, содержащихся в гидроизоляционном составе.

При водонасыщенных грунтах рекомендуется устроить дренаж для отвода воды от подвала. Дренажные трубы укладывают ниже уровня пола подвала на подушку из гравия с уклоном 3—5% и засыпают слоем гравия. Вода просачивается через гравий и попадает в дренаж, а затем в специальный колодец или канализацию. Для предотвращения заиливания или засорения частичками грунта гравий защищают специальным фильтрующим геотекстильным материалом<sup>1</sup>.

Геотекстиль хорошо пропускает воду, но задерживает частицы грунта и глины, благодаря чему дренажная система долгое время



**Рис. 4.32.** Устройство дренажа для отвода воды от подвала:

- 1 — стена подвала; 2 — клеящая мастика; 3 — экструдированный пенополистирол; 4 — дренажная плита; 5 — грунт; 6 — геотекстиль; 7 — гравий; 8 — дренажная труба

<sup>1</sup> Геотекстиль — это самый распространенный геосинтетический материал, представляющий собой водопроницаемый нетканый синтетический материал из полиэстера или полипропилена, скрепленный механическим, термическим и др. способами. Материал геотекстиль не подвержен гниению, воздействию грибов и плесени, грызунов и насекомых, прорастанию корней. Срок службы геотекстиля не менее 25 лет. Геотекстиль хорошо пропускает воду, но не пропускает более мелкие частицы. Идеален в качестве армирующего, разделяющего слоя, широко применяется в водоотводе и дренажных системах. Подробнее см. <http://www.visteks.ru/>, <http://www.miacom.ru/>.

не засоряется. Со стороны грунта экструдированный пенополистирол защищают специальными дренажными плитами, после чего выемку вновь заполняют грунтом, предварительно удалив из него крупные камни и металлические предметы (рис. 4.32).

При высоком уровне стояния грунтовых вод для утепления подвалов желательно применять пенопластовые плиты, имеющие профилированный край со ступенчатой кромкой. В этом случае приклеивание утеплителя должно производиться не точечно, а по всей поверхности.

## **Утепление фундамента по периметру дома**

Много неприятностей владельцам домов доставляют трещины в стенах и перекосы ограждающих конструкций, которые обычно появляются в весенний период. Это неприятное явление обусловлено деформацией фундаментов, вызванной силами морозного пучения грунта. Суглинки и глины сильно подвержены морозному пучению. Они хорошо впитывают воду, которая, замерзая, увеличивается в объеме, что влечет за собой увеличение объема грунта, находящегося под фундаментом. В результате этих процессов возникают усилия, выталкивающие фундамент из грунта. Помимо этого, во время таяния водонасыщенные глинистые грунты становятся более пластичными и менее прочными. Это вызывает просадку фундаментов и, как следствие, перекосы стен и появление трещин.

Мероприятия, направленные на уменьшение воздействия сил морозного пучения, предусматривают устройство под фундаментом песчаной подушки. Для этого на дно выемки глубиной 400—500 мм, отрытой по периметру дома, насыпают слой песка толщиной 200 мм, после чего на утрамбованный песок почти горизонтально (с небольшим уклоном от стены или фундамента) укладывают плиты экструдированного пенополистирола. Исходя из того, что глубина промерзания грунта в Подмоскowie составляет примерно 1,4 м, рекомендуемая ширина теплоизоляционного материала должна быть не меньше чем 1,2—1,4 м.

Не следует забывать, что уровень потерь тепла через наружные углы значительно превышает тепловые потери через плоские поверхности, поэтому в зоне углов толщина слоя утеплителя должна быть в 1,4—1,5 раз большей, чем вдоль стен. Сверху уте-



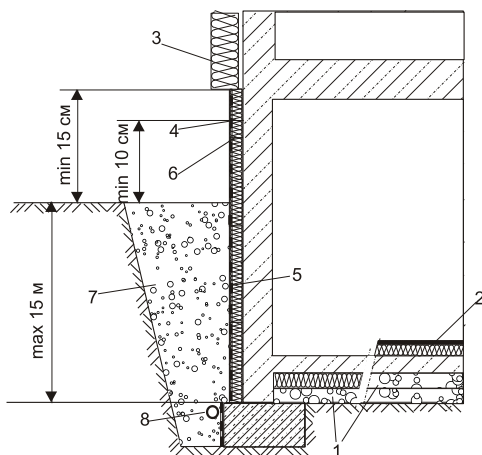
плитель засыпают слоем песка толщиной не менее 300 мм.

Эта технология может быть рекомендована и для утепления подвала. Если возникла необходимость переоборудовать холодное помещение подвала в отапливаемое, совсем не обязательно отрывать грунт на всю глубину фундамента и оклеивать его утеплителем. Достаточно уложить теплоизоляционный материал указанным способом, и подвал будет защищен от излишних потерь тепла и сил морозного пучения.

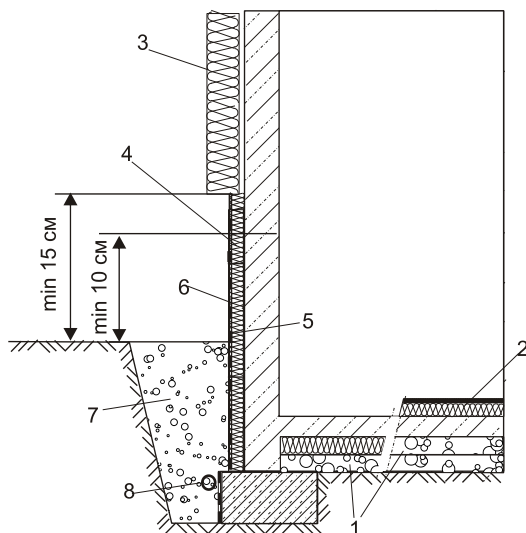
## Фундаменты нового поколения

KNAUF Embase — высокоэффективная система устройства фундамента, к основным преимуществам которой относятся:

- снижение затрат на устройство фундамента;
- уменьшение продолжительности работ;
- снижение затрат на отопление здания;
- высокий уровень комфорта и технологичности.



**Рис. 4.33.** Утепление внешних стен фундамента с подвальным помещением: 1 — щебеночная подготовка; 2 — конструкция пола; 3 — утепление наружной стены; 4, 5 — утеплитель; 6 — гидроизоляция; 7 — кольцевой дренаж (трубы перфорированные); 8 — песочно-гравийная смесь или песок



**Рис. 4.34.** Утепление внешних стен фундамента с утепленным полом по грунту: 1 — щебеночная подготовка; 2 — конструкция пола; 3 — утепление наружной стены; 4, 5 — утеплитель; 6 — гидроизоляция; 7 — кольцевой дренаж (трубы перфорированные); 8 — песочно-гравийная смесь или песок

Схемы, представленные на рис. 4.33 и 4.34, имеют ознакомительный характер. В каждом конкретном случае необходим расчет специалиста. За дополнительной информацией обращайтесь в офис компании (<http://tinyurl.com/6enquj6>).

## Технология утепления и дренажа фундамента

- Выполняется гидроизоляция фундаментных стен, включая подошву фундамента;
- KNAUF Therm 5 (подробнее см. <http://tinyurl.com/5sxpgf3>) крепится на битумный клей (например, Битумаст<sup>1</sup>) либо непо-

<sup>1</sup> Подробнее см. <http://www.bitumast.com/prod.html>.

средственно на гидроизоляцию фактурной поверхностью к стене. В случае использования клея достаточно 5 точек приклеивания на лист;

- ❑ Плиты приклеиваются от уровня подошвы фундамента до уровня не менее 15 см от уровня грунта;
- ❑ Плиты стыкуются благодаря ступенчатой кромке ("четверти") по всему периметру плит;
- ❑ Дренажные отверстия расположены вертикально, поэтому монтаж плит осуществляется в вертикальном положении!
- ❑ Геотекстиль ("дорнит" и пр.) служит для недопущения засорения дренажных канавок материалом обратной засыпки и располагается со стороны грунта;
- ❑ Установка труб пристенного дренажа осуществляется стандартным методом.

Над поверхностью земли теплоизоляция защищается слоем штукатурки либо приклеиванием камня, плитки, листов ЦСП (цементно-стружечных плит)<sup>1</sup> или панелей наподобие "КНАУФ-Аквапанель Наружная"<sup>2</sup> и т. д.

---

<sup>1</sup> ЦСП — цементно-стружечная плита, в состав которой входят цемент и древесная стружка, не содержит формальдегидных смол, что делает ее экологически чистым материалом. Плита относится к группе негорючих строительных материалов повышенной биостойкости. Цена ЦСП ниже аналогичных по классу плит. Подробнее см. <http://www.str-p.ru/>, <http://www.stroytransnn.ru/csp/>. — Прим. ред.

<sup>2</sup> "Аквапанели" Кнауф наружные и внутренние представляют собой гипсокартонные стройматериалы, которые по сравнению со строительными материалами обычного типа обладают повышенной влагостойкостью (плита не крошится и не разбухает даже в окружающей среде с повышенным коэффициентом увлажнения), устойчивы к образованию плесени и другим грибковым поражениям, что обуславливает их безопасность и экологичность. В составе плит не содержится вредных примесей, негативно влияющих на здоровье человека. Плиты легко и быстро монтируются, не требуя специальных рабочих инструментов и навыков. Наконец, аквапанели Кнауф позволяют создавать криволинейные поверхности (радиус изгиба при этом может достигать одного метра). Подробнее см. <http://tinyurl.com/697g4xz>.

## Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах

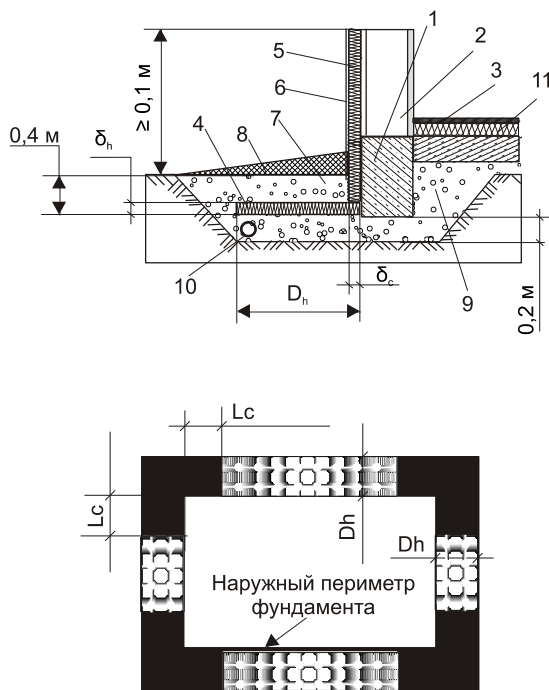
Фундаменты мелкого заложения (ФМЗ) используются в отапливаемых и неотапливаемых одно- и двухэтажных жилых и общественных зданиях. К таким конструкциям относятся фундаменты на грунтовой подушке, подошва которых закладывается на глубину 0,4 м — в отапливаемых зданиях и на 0,3 м — в неотапливаемых, а также под отдельно стоящие опоры.

Во избежание деформации фундамента при сезонном промерзании грунта предусматривают устройство теплоизоляции из пенополистирольных плит KNAUF Therm® Floor<sup>1</sup> и формованного пенополистирола KNAUF Therm® 5, позволяющей уменьшить глубину сезонного промерзания грунта под подошвой фундамента и тем самым обеспечить расположение границы промерзания в слое непучинистого грунта — грунтовой подушке, выполняемой в отапливаемых зданиях и в отдельных опорах — под слоем теплоизоляции, на которой опирается фундамент.

В отапливаемых зданиях теплоизоляцию размещают вертикально по внешней поверхности фундамента и цокольной части стены на высоту не менее 1 м от подошвы фундамента толщиной  $\delta$ , и горизонтальной шириной  $D_h$  и толщиной  $\delta_h$ , а также толщиной  $\delta_c$  и длиной  $L_c$  по углам здания (рис. 4.35 и 4.36).

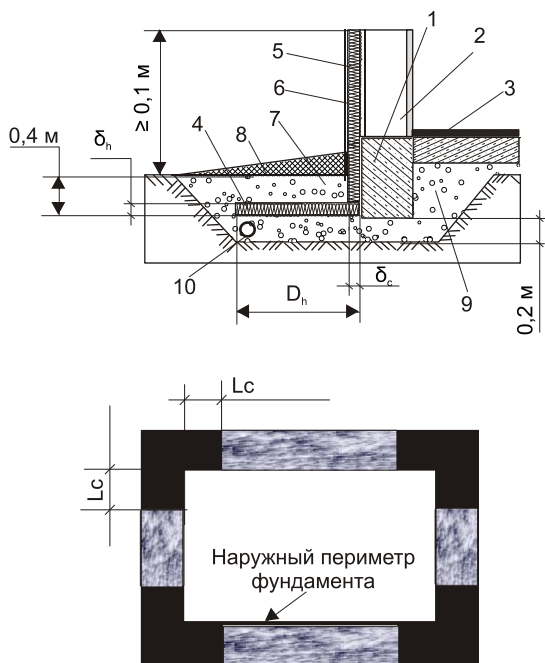
В неотапливаемых зданиях теплоизоляция из плит формованного пенополистирола KNAUF Therm® 5 в 1 F и пенополистирольных плит KNAUF Therm® Floor выполняется толщиной  $\delta_h$  только горизонтальной под подошвой фундамента в пределах всей площади здания с выступом за его контур на ширину  $D_h$  (рис. 4.37). Под отдельно стоящий или ленточный фундамент теплоизоляция выполняется также горизонтальной толщиной  $\delta_h$  с выступом за его контур на ширину  $D_h$  (рис. 4.38).

<sup>1</sup> См. <http://tinyurl.com/6bznlhs>. — Прим. ред.



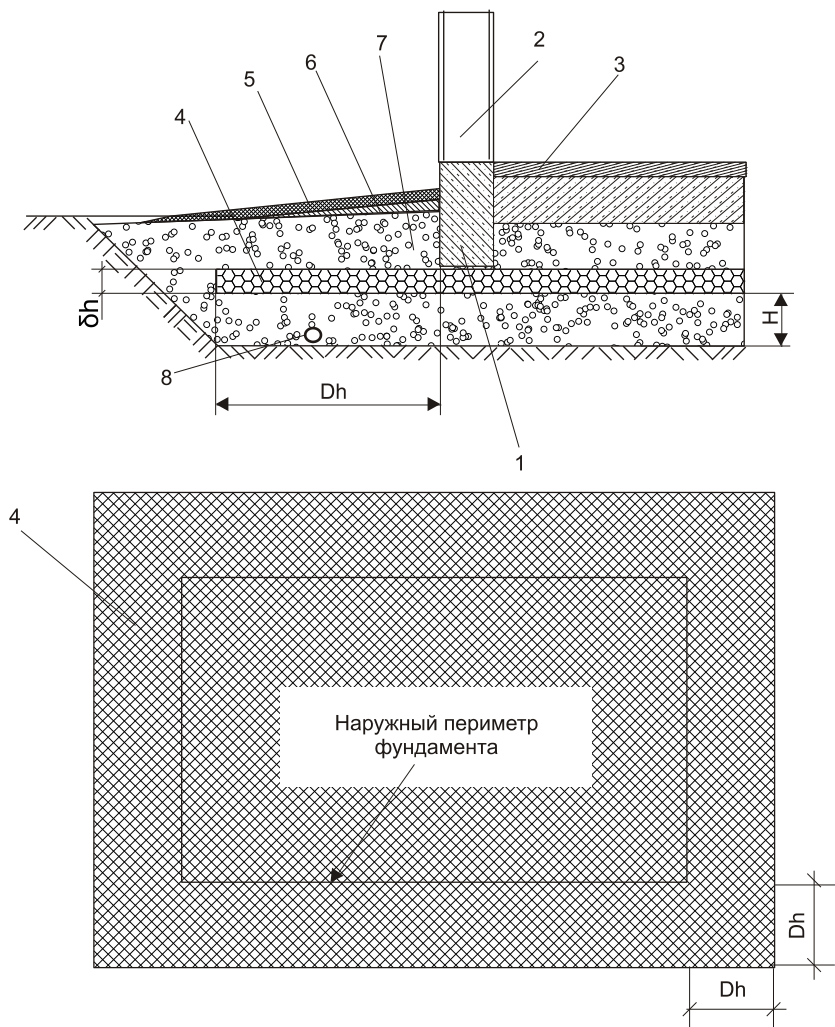
**Рис. 4.35.** Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий с теплоизоляцией пола:

- 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания;
- 4 — горизонтальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F); 5 — вертикальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F);
- 6 — защитное покрытие; 7 — песчаная подготовка под отсыпку;
- 8 — асфальтовая или бетонная отсыпка; 9 — непучинистый грунт;
- 10 — дренаж; 11 — теплоизоляция пола

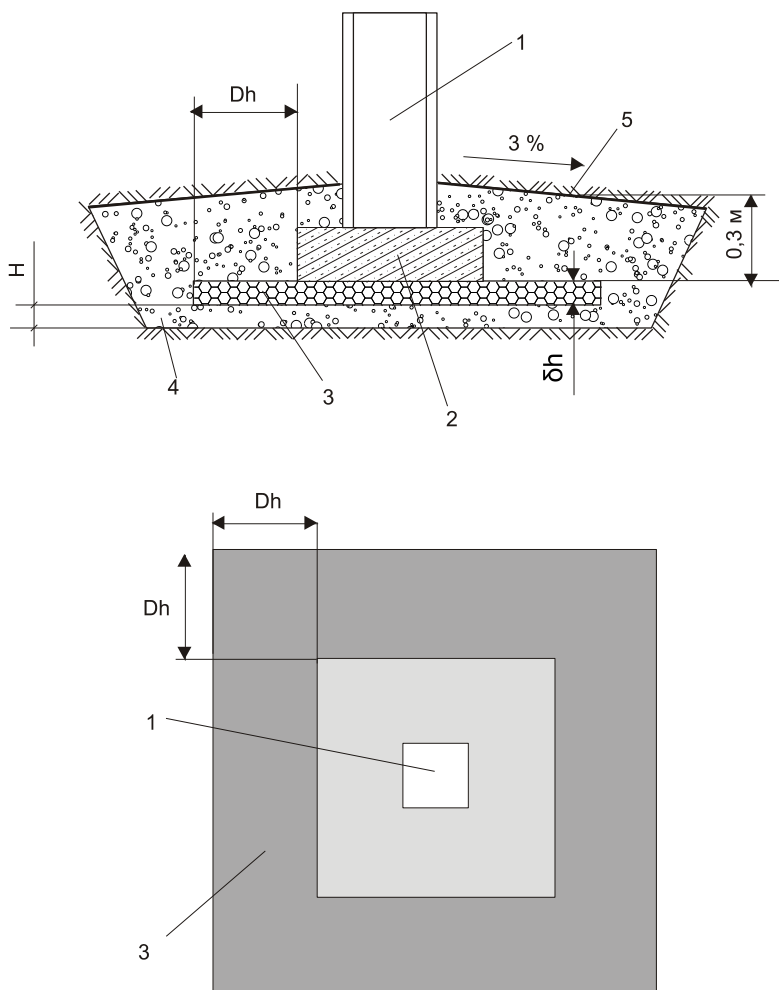


**Рис. 4.36.** Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий без теплоизоляции пола:

- 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания;
- 4 — горизонтальная теплоизоляция; 5 — вертикальная теплоизоляция;
- 6 — защитный слой; 7 — песчаная подготовка под отмоску;
- 8 — асфальтовая или бетонная отмоска;
- 9 — непучинистый грунт; 10 — дренаж



**Рис. 4.37.** Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах неотапливаемых зданий: 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания; 4 — горизонтальная теплоизоляция; 5 — асфальтовая или бетонная отмостка; 6 — песчаная подготовка под отмостку; 7 — непучинистый грунт; 8 — дренаж

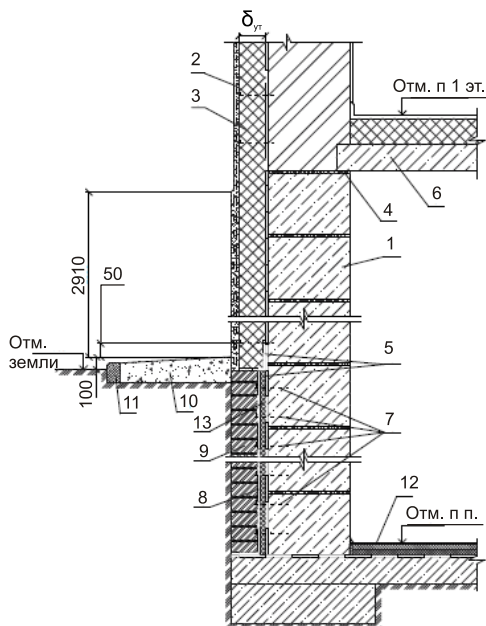


**Рис. 4.38.** Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отдельно стоящих опор: 1 — опора; 2 — фундамент; 3 — теплоизоляционный слой; 4 — песчано-гравийная смесь; 5 — водоупорный слой

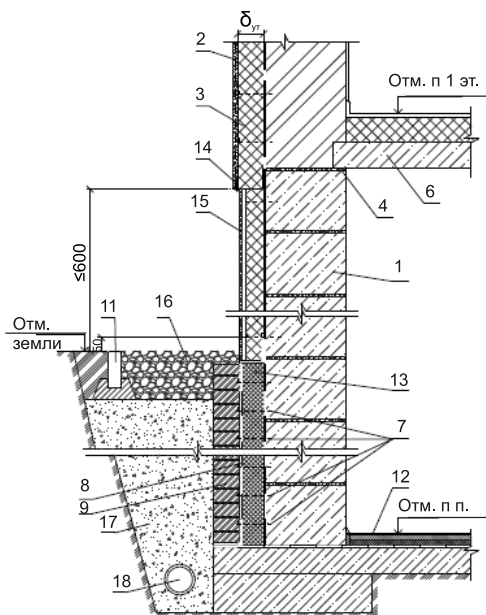


## Технические решения утепления стен подвала от Сен-Гобен Изовер

На рис. 4.39 и 4.40 представлены варианты технического решения утепления подвала от фирмы Сен-Гобен Изовер (<http://www.isover.ru>), где 1 — несущая часть стены; 2 — отделочный штукатурный слой; 3 — теплоизоляция из стекловолоконных плит ISOVER OL-E; 4 — горизонтальная гидроизоляция из цементно-песчаного раствора М 50; 5 — клеевой слой для крепления теплоизоляции; 6 — перекрытие над подвалом; 7 — дюбели для крепления внутреннего слоя, гидроизоляции из битумно-полимерного рулонного материала; 8 — двухслойная рулонная гидроизоляция из битумно-полимерного материала; 9 — защитная стенка из кирпича толщиной 120 мм; 10 — отмостка; 11 — бортовой камень; 12 — пол подвала; 13 — теплоизоляция из стекловолоконных плит ISOVER SKL; 14 — опорный профиль; 15 — облицовка цоколя; 17 — крупный песок; 18 — дренажная труба.



**Рис. 4.39.** Вариант с поверхностным сбросом воды и защитной гидроизоляцией кирпичной кладки



**Рис. 4.40.** Вариант с дренажем и защитной гидроизоляцией кирпичной кладки

## Заключение

Итак, в этой главе мы рассмотрели один из вопросов перво-степенной важности — конструкции подземных частей здания, их защиту от промерзания грунта, вопросы гидроизоляции и утепления. Сначала были рассмотрены традиционные для России решения, апробированные и доказавшие свою жизнеспособность, а в заключение — новые, высокотехнологичные конструкции от таких лидеров строительного рынка, как Knauf и Isover. После планирования и возведения фундамента можно приступить к возведению самого дома. В следующей главе будут рассмотрены конструкции стен и фасадов.

# Глава 5

## Стены и фасады

Современные наружные стены должны отвечать целому ряду самых общих требований, а именно: по прочности и устойчивости; по долговечности, соответствующей классу здания; по огнестойкости<sup>1</sup>; по теплопроводности; по защите от шума; по паропроницанию<sup>2</sup>; по сейсмической стойкости (в сейсмически активных районах)<sup>3</sup>; по архитектурной выразительности.

В процессе проектирования необходимо учитывать в качестве исходных данных следующие реальные природно-климатические условия строительства и другие исходные предпосылки:

- характеристики здания (назначение, этажность, температурно-влажностный режим, степень огнестойкости и т. д.);
- расположение здания в системе застройки, планировки и благоустройства территории;

---

<sup>1</sup> Огнестойкость — это один из важнейших параметров, определяющих пожарную безопасность материала (конструкции). Огнестойкость регламентируется строительными нормами и правилами (СНиП). Под огнестойкостью понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции. Подробнее об этом см.

[http://www.derevodom.com/show\\_1488.html](http://www.derevodom.com/show_1488.html), <http://pionerst.ru/articles/729-standarty-ognestojkosti.html>, <http://www.house4you.su/79.shtml>, <http://www.fireman.ru/bd/gost/30247/30247.html>. — *Прим. ред.*

<sup>2</sup> О паропроницаемости и пароизоляции можно прочесть здесь:

<http://tinyurl.com/6lgxsmv>. — *Прим. ред.*

<sup>3</sup> Территория Российской Федерации, по сравнению с другими странами мира, расположенными в сейсмически активных регионах, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Подробнее см. <http://tinyurl.com/4fpwh2t>. Об особенностях строительства в сейсмически активных регионах см.

<http://tinyurl.com/6bkh6am>. — *Прим. ред.*

- климатические факторы района строительства (температура наружного воздуха зимой и летом, инсоляция, атмосферные осадки, скорость ветра);
- номенклатуру имеющихся строительных материалов для устройства крыши, а также технические возможности строительно-монтажных организаций;
- особые условия строительства (сейсмические условия, длительно мерзлые грунты, просадочные грунты<sup>1</sup>, подрабатываемые территории<sup>2</sup>);
- финансовые возможности заказчика.

## Классификация стен

В зависимости от типа нагрузок наружные стены делятся на следующие категории (рис. 5.1):

- несущие стены — воспринимающие нагрузки от собственного веса стен по всей высоте здания и нагрузки от ветра, а также от других конструктивных элементов здания (перекрытий, кровли, оборудования и т. д.);
- самонесущие стены — воспринимающие нагрузки от собственного веса стен по всей высоте здания (включая нагрузку от балконов, эркеров и других элементов стены) и ветровые нагрузки;
- ненесущие (в том числе навесные) стены — воспринимающие нагрузки только от собственного веса и ветра поэтажно или в пределах нескольких этажей и передающие их на внутренние стены и перекрытия здания (типичный пример — стены-заполнители при каркасном домостроении).

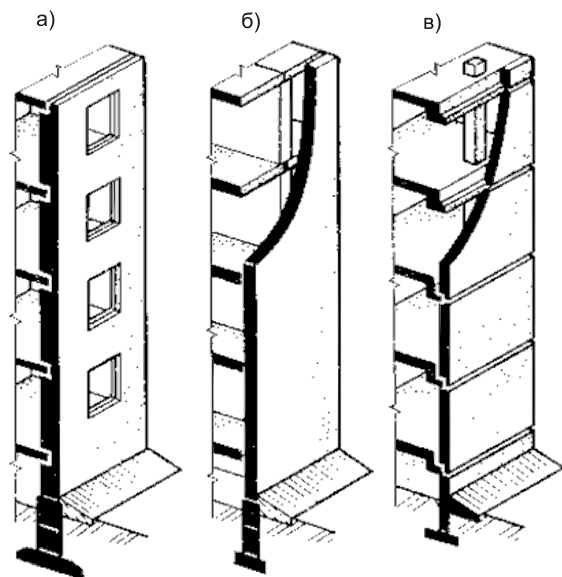
---

<sup>1</sup> Отличительная особенность просадочных грунтов заключается в их способности в напряженном состоянии от собственного веса или под воздействием внешней нагрузки от фундамента при повышении влажности давать дополнительные осадки, называемые просадками. Подробнее см.

<http://www.stroitelstvo-new.ru/fundament/1.shtml>.

<sup>2</sup> Территории залегания полезных ископаемых. Подробнее см.

<http://www.vashdom.ru/snip/20109-91/>.



**Рис. 5.1.** Классификация наружных стен по типу нагрузок:  
а) несущие; б) самонесущие; в) навесные

Несущие и самонесущие стены воспринимают наряду с вертикальными и горизонтальными нагрузками, являясь вертикальными элементами жесткости сооружений. В зданиях с ненесущими наружными стенами функции вертикальных элементов жесткости выполняют каркас, внутренние стены, диафрагмы или стволы жесткости<sup>1</sup>.

Несущие и ненесущие наружные стены могут быть применены в зданиях любой этажности. Высота самонесущих стен ограничена в целях предотвращения неблагоприятных в эксплуатационном отношении взаимных смещений самонесущих и внутренних

<sup>1</sup> Ствол жесткости — вертикальный полый сквозной стержень на всю высоту здания, являющийся несущей конструкцией. Ствол жесткости обычно располагают в центральной части здания; во внутреннем пространстве ствола размещают лифтовые, вентиляционные шахты и другие коммуникации. В зданиях большой протяженности предусматривают несколько стволов жесткости.

несущих конструкций, сопровождающихся местными повреждениями отделки помещений и появлением трещин. В панельных домах, например, допустимо применение самонесущих стен при высоте здания не более 4 этажей. Устойчивость самонесущих стен обеспечивают гибкие связи с внутренними конструкциями.

Требования к различным типам стен существенно отличаются. В первых двух случаях очень важны прочностные характеристики, т. к. от них во многом зависит устойчивость всего здания. Поэтому материалы, используемые для их возведения, подлежат особому контролю. Конструктивная система представляет собой взаимосвязанную совокупность вертикальных (стены) и горизонтальных (перекрытия) несущих конструкций здания, которые совместно обеспечивают его прочность, жесткость и устойчивость.

По материалу различают четыре основных типа конструкций стен: бетонные, каменные, из небетонных материалов и деревянные. В соответствии со строительной системой каждый тип стены содержит несколько видов конструкций:

- бетонные стены — из монолитного бетона, крупных блоков или панелей;
- каменные стены — ручной кладки, стены из каменных блоков и панелей;
- стены из небетонных материалов — фахверковые<sup>1</sup> и панельные, каркасные и бескаркасные;
- деревянные стены — рубленые из бревен или брусьев, каркасно-обшивные, каркасно-щитовые, щитовые и панельные.

Классификация конструкций наружных стен и их применение вкратце описаны в табл. 5.1.

На сегодняшний день наиболее применяемыми конструктивными системами являются бескаркасная (стенная) и каркасная системы. Следует отметить, что в современных условиях часто функциональные особенности здания и экономические предпосылки приводят к необходимости сочетания обеих конструктивных систем. Поэтому сегодня все большую актуальность приобретает устройство комбинированных систем.

---

<sup>1</sup> О фахверке и всем, что с ним связано, см. здесь: <http://fachwerk.net.ua/>, <http://de.wikipedia.org/wiki/Fachwerkhaus>, <http://fachwerk-lehmbau.de/page.1.html>, <http://www.fachwerkfreunde.de/>. — Прим. ред.

Таблица 5.1. Конструкции наружных стен и их применение

Тип стены	Эскиз конструкции	Статическая функция	Применение
Бетонная (панельная или монолитная)		Несущие стены Самонесущие стены Ненесущие стены	Здания любой этажности Здания средней, повышенной средней и малой этажности
		Несущие стены Самонесущие стены Ненесущие стены	Здания любой этажности Здания средней, повышенной средней и малой этажности
		Несущие стены Самонесущие стены Ненесущие стены	Здания любой этажности Здания средней, повышенной средней и малой этажности
Бетонная (крупно-блочная)		Несущие стены Самонесущие стены	Здания повышенной средней, средней и малой этажности
Из небетонных материалов Некаркасная (сэндвич)		Ненесущие стены	Здания любой этажности

Таблица 5.1 (продолжение)

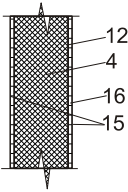
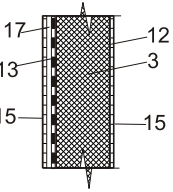
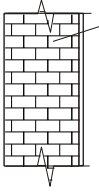
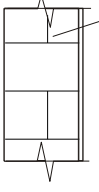
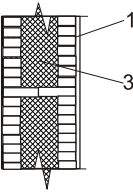
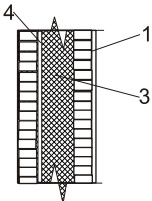
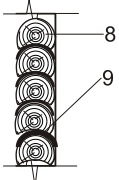
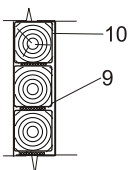
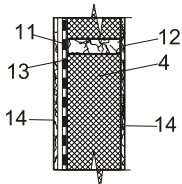
Тип стены	Эскиз конструкции	Статическая функция	Применение
Из небетонных материалов		Ненесущие стены	Здания любой этажности
		Ненесущие стены	Здания любой этажности
Каменная		Несущие стены	Здания повышенной средней, средней и малой этажности
		Несущие стены	Здания повышенной средней, средней и малой этажности
Каменная		Несущие стены Самонесущие стены	Здания средней и малой этажности



Таблица 5.1 (окончание)

Тип стены		Эскиз конструкции	Статическая функция	Применение
Каменная			Несущие стены Самонесущие стены	Здания средней и малой этажно- сти
Деревянная	Рубленая бревен- чатая		Несущие стены	Здания малой этажности
	Рубленая из брусьев		Несущие стены	Здания малой этажности
	Каркасно- панельная		Несущие стены	Здания малой этажности

Обозначения:

1 — кирпич; 2 — мелкий блок; 3, 4 — утеплитель и воздушная прослойка; 5 — легкий бетон; 6 — автоклавный ячеистый бетон; 7 — конструктивный тяжелый или легкий бетон; 8 — бревно; 9 — конопатка; 10 — брус; 11 — деревянный каркас; 12 — пароизоляция; 13 — воздухо-непроницаемый слой; 14 — обшивка из досок, водостойкой фанеры, ДСП или др.; 15 — обшивка из неорганических листовых материалов; 16 — каркас; 17 — вентилируемый воздушный зазор.

В процессе анализа теплоизоляции стен и их защиты от внешних воздействий необходимо учитывать следующие критерии:

□ Стена как несущая конструкция

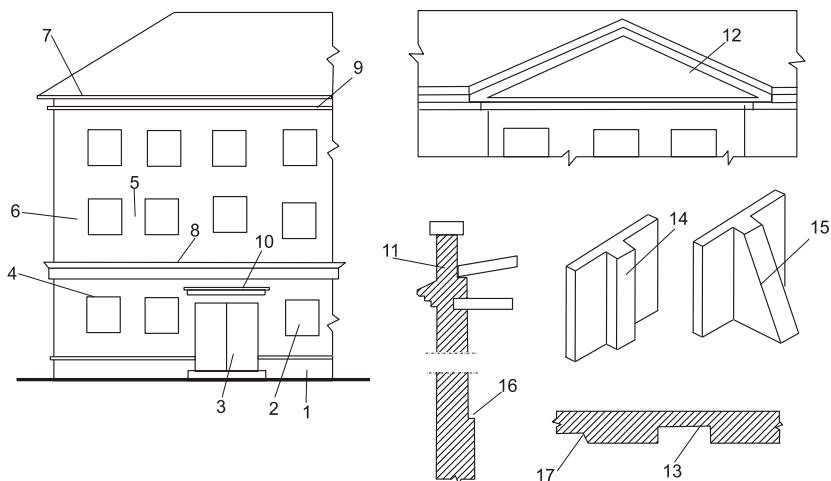
В процессе нового строительства необходимо еще на этапах проектирования задуматься о том, каковы могут быть механические воздействия на несущие стены и как могут на них повлиять неравномерные просадки фундамента или вибрации грунта вблизи автострад или промышленных предприятий. Этот вопрос тесно взаимосвязан с решениями, принимаемыми при закладке фундамента. Если вам предстоит вести строительство в неблагоприятных условиях наподобие только что перечисленных, необходимо предусмотреть соответствующее усиление несущей способности конструкции.

□ Эксплуатационные воздействия — климатические воздействия и взаимовлияние параметров микроклимата помещений на работу стены и, соответственно, стены на микроклимат помещений. К основным факторам, влияющим на работу стены и на комфортность проживания, можно отнести разность температур наружного и внутреннего воздуха, атмосферные осадки, влажность воздуха внутри отапливаемого помещения, ветровые нагрузки. Требования, предъявляемые к сопротивлению теплопередаче наружных стен, обусловлены не только заботой об экономии энергетических ресурсов, но и соображениями комфортности проживания. Самое существенное воздействие на стены оказывает косой дождь. Ветер с силой бросает воду на стены, что, при недостаточно продуманной конструкции стены в целом или отдельных ее узлов, может привести к намоканию конструкции и даже к проникновению воды внутрь помещений. Помимо дождя, на нижнюю часть стен воздействие оказывает подтаивающий снег, лежащий вплотную к цоколю здания или на балконных плитах и козырьках. Наконец, оказывают неблагоприятное влияние и брызги, отскакивающие от придомовой отмостки или от балконных плит. Самыми уязвимыми для протечек местами стен являются обрамления оконных проемов (и особенно устройство подоконного водоотлива) и примыкания к стенам различных горизонтальных и наклонных конструкций: входных тамбуров, козырьков,

кровель, перильных ограждений, балконов. Рост влажности строительных материалов почти всегда приводит к увеличению их теплопроводности, а это, в свою очередь, ведет к снижению сопротивления стены теплопередаче и повышению расхода энергии на обогрев здания.

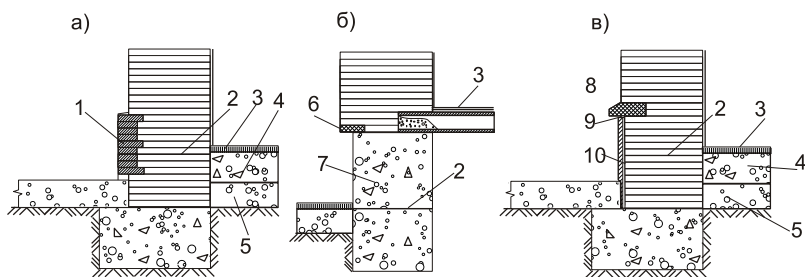
## Архитектурно-конструктивные элементы стен

Стены могут иметь следующие архитектурно-конструктивные элементы: цоколь, простенки, проемы, карниз, парапет и др. Поверхность стены имеет вертикальные и горизонтальные членения, которые являются ее основными элементами (рис. 5.2). Горизонтальные членения образуются устройством цоколя, карнизов, поясков; вертикальные — с помощью пилястр и раскреповок. Кроме того, поверхность стены имеет проемы (оконные и дверные) и простенки (участки между проемами).



**Рис. 5.2.** Архитектурно-конструктивные компоненты стен: 1 — цоколь; 2 — оконный проем; 3 — дверной проем; 4 — перемычки; 5 — простенок рядовой; 6 — то же, угловой; 7 — карниз венчающий; 8 — то же, промежуточный; 9 — поясок; 10 — сандрик; 11 — парапет; 12 — фронтон; 13 — ниша; 14 — пилястра; 15 — контрфорс; 16 — обрез; 17 — раскреповка

Цоколь — нижняя часть стены, расположенная непосредственно над фундаментом. Верхняя граница цоколя называется кордоном. Кордон всегда делается строго горизонтально, так как при этом цоколь зрительно воспринимается как постамент, на котором возведено здание. Цоколь защищает здание от влияния осадков и случайных механических повреждений, поэтому его выполняют из прочных долговечных материалов. Цоколи устраивают кирпичные, облицованные отборным, хорошо обожженным кирпичом с расшивкой швов; оштукатуренные цементным раствором (нередко с добавкой в виде гранитной крошки); облицованные плитами из прочных искусственных или природных материалов; из бетонных фундаментных блоков (рис. 5.3).



**Рис. 5.3.** Цоколи кирпичных стен: а — облицованный отборным кирпичом; б — из бетонных блоков; в — облицованный тесаными плитами из естественного камня: 1 — лицевой кирпич; 2 — гидроизоляционный слой; 3 — пол первого этажа; 4 — бетонная подготовка; 5 — уплотненный грунт; 6 — кордон из железобетонных брусков; 7 — стена подвала из бетонных блоков; 8 — кордонный камень; 9 — осадочный зазор; 10 — каменные плиты

Проемы — отверстия в стенах для окон и дверей. Перемычки — конструкции, перекрывающие проем сверху. Простенки — участки стены, расположенные между проемами.

Карниз — горизонтальный выступ стены. Карниз, расположенный по верху наружной поверхности стены, называют венчающим или главным. Размер выступа карниза за поверхность стены называют выносом карниза или карнизным свесом. Кроме

верхнего карниза в архитектуре Возрождения и классицизма устраивали промежуточные карнизы меньшим выносом; располагали их обычно в уровне междуэтажных перекрытий или над оконными проемами.

Малые промежуточные карнизы называют поясками. Иногда устраивали отдельные карнизы над проемами (окон или дверей). Такие карнизы называют сандриками. Контрфорсы — вертикальные выступы стен с наклонной внешней гранью (для увеличения устойчивости стен).

Парапет — невысокая стенка, ограждающая крышу. В массовом строительстве в целях экономии парапеты заменяют легкими металлическими ограждениями.

Раскреповкой называют утолщение части стены, образующее вертикальный выступ. Пилястры — вертикальные узкие выступы стен (для придания устойчивости стенам большой высоты и протяженности).

Ниша — углубление в стене для приборов отопления или других целей.

## Деформационные швы

Здания большой протяженности подвержены деформациям под влиянием колебаний температуры наружного воздуха в течение года, неравномерных осадок грунта основания, сейсмических явлений и других причин. Во всех этих случаях в стенах, перекрытиях, покрытиях и других частях здания могут появиться трещины, резко снижающие прочность и эксплуатационные качества здания. Для предупреждения появления трещин в несущих и ограждающих конструкциях предусматривают деформационные швы, разрезающие здание на отсеки. В зависимости от назначения применяют следующие деформационные швы: температурные, осадочные, антисейсмические и усадочные.

Температурные швы делят здание на отсеки от уровня земли до кровли включительно, не затрагивая фундамента, который, находясь ниже уровня земли, испытывает температурные колебания в меньшей степени и, следовательно, не подвергается существенным деформациям. Расстояние между температурными

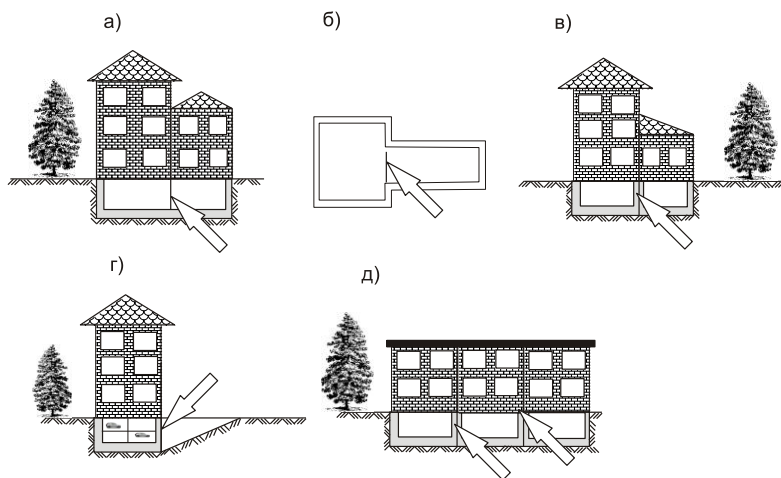
швами принимают в зависимости от материала стен и расчетной зимней температуры района строительства. Температурные швы делают в стенах большой протяженности, чтобы исключить появление трещин при высокой температуре или при разбухании искусственного камня. Такие швы представляют собой зазоры между бетоном шириной 30—50 мм и кирпичными стенами, начиная от фундамента и до самого верха стены. Швы конопатят паклей и заделывают раствором.

Отдельные части здания могут быть разной этажности. В этом случае грунты основания, расположенные непосредственно под различными частями здания, будут воспринимать разные нагрузки. Неравномерная деформация грунта может привести к появлению трещин в стенах и других конструкциях здания. Другой причиной неравномерной осадки грунтов основания сооружения могут быть различия в составе и структуре основания в пределах площади застройки здания. Тогда в зданиях значительной протяженности даже при одинаковой этажности могут появиться осадочные трещины. Во избежание появления опасных деформаций в зданиях устраивают осадочные швы. Эти швы, в отличие от температурных, разрезают здания по всей их высоте, включая фундаменты.

Если в одном здании необходимо использовать деформационные швы разных видов, их по возможности совмещают в виде так называемых температурно-осадочных швов.

Антисейсмические швы применяются в зданиях, строящихся в районах, подверженных землетрясениям. Они разрезают здание на отсеки, которые в конструктивном отношении должны представлять собой самостоятельные устойчивые объемы. По линиям антисейсмических швов располагают двойные стены или двойные ряды несущих стоек, входящих в систему несущего остова соответствующего отсека.

Усадочные швы делают в стенах, возводимых из монолитного бетона различных видов. Монолитные стены при твердении бетона уменьшаются в объеме. Усадочные швы препятствуют возникновению трещин, снижающих несущую способность стен. В процессе твердения монолитных стен ширина усадочных швов увеличивается; по окончании усадки стен швы наглухо заделывают.



**Рис. 5.4.** Типы зданий, в которых на практике устраиваются деформационные швы: а) разноэтажные, б) со сложной формой фундамента, в) с пристройками на отдельных фундаментах, г) с подземными гаражами, д) большой протяженности

Типы зданий, в которых на практике устраивают деформационные швы, представлены на рис. 5.4.

При устройстве гидроизоляции заглубленной или подверженной постоянному давлению воды части конструкции следует уделить особое внимание гидроизоляции деформационного шва, а соответственно, и выбору материалов, необходимых для данного вида работ.

Любой из используемых материалов должен отвечать ряду требований, основными из которых являются водонепроницаемость и способность компенсировать возникающие в шве деформации. Так же следует уделить внимание сроку службы материалов, адгезии к бетону, применимости на конкретном объекте, способности работать в агрессивных средах, выдерживать давление воды и другим показателям.

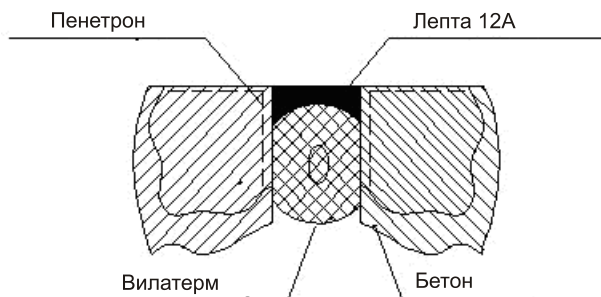
В заглубленных и гидротехнических сооружениях, за счет высоких поперечных нагрузок на шов от грунта и грунтовых вод,

деформационные швы работают в более сложных условиях, и применение стандартных схем герметизации не достаточно. Решать такие задачи возможно путем применения комплекса материалов.

На данный момент успешно применяются два класса систем, позволяющих решать задачу герметизации деформационных швов. Основным различием между ними является принцип компенсации деформаций:

- За счет использования эластичного материала;
- За счет использования гибкого материала.

В схеме компенсации деформаций за счет использования эластичного материала (рис. 5.5) деформации компенсируются за счет эластичных свойств герметика. Использование данной схемы позволяет эффективно решать задачи по гидроизоляции деформационных швов, не прибегая к существенным финансовым затратам. Однако следует учесть, что данная схема применима в швах с деформативностью<sup>1</sup> 15—20%.



**Рис. 5.5.** Компенсации деформаций за счет использования эластичного материала

<sup>1</sup> Подробнее см. <http://cih.ru/s2/s5.html>. — Прим. ред.



Используемые материалы:

- Пенетрон<sup>1</sup> — гидроизоляционный материал проникающего действия. Использование данного материала необходимо для защиты участка сцепления герметика с бетоном от влаги, которая может поступать к адгезионному слою через капилляры бетона и, тем самым, отслаивать герметик.
- Лепта-12А (<http://www.sazi.ru/germetic/>) в данной схеме является основным гидроизоляционным материалом. Лепта-12А — двухкомпонентный эластичный герметик, специально разработанный для работы в деформационных швах. Материал обладает высокой адгезией к бетону, прочностью и способен работать в постоянном контакте с грунтовыми водами, слабоагрессивными средами, выдерживать статические и динамические нагрузки.

Конструкция деформационного шва, имеющая название "Ластина-С" (рис. 5.6), получила широкое применение в строительном комплексе России и стран СНГ. Основными отличительными особенностями "Ластины-С" является возможность ее применения в деформационных швах с практически любыми деформациями, высокая химическая стойкость, возможность использования как при новом строительстве, так и при ремонте.

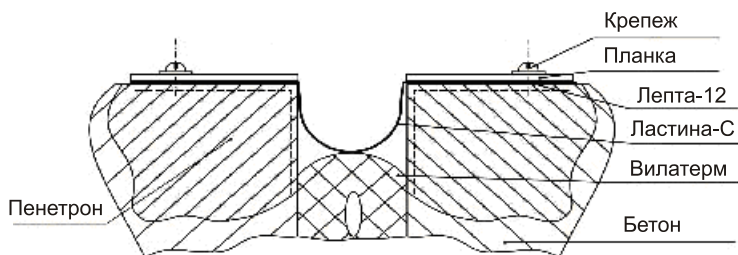
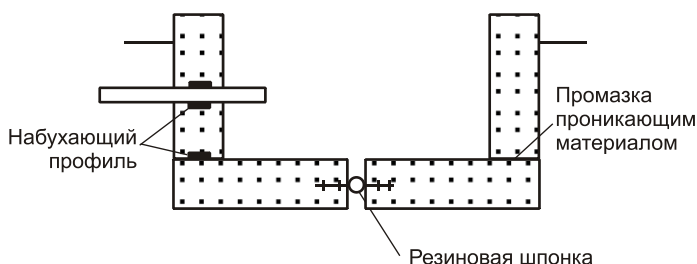


Рис. 5.6. Конструкция деформационного шва "Ластина-С"

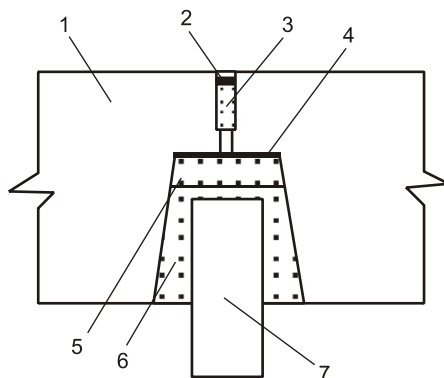
<sup>1</sup> Материалы торговой марки Penetron, принадлежащей американской компании ICS/Penetron International. Ltd, разработаны и производятся в США с середины 70-х годов. В настоящее время они поставляются через дистрибьюторскую сеть более чем в 60 стран мира. Неоднократные попытки освоения российского рынка увенчались учреждением в 2005 г. группы компаний "Пенетрон-Россия", с собственным производством в г. Екатеринбурге. Подробнее см. <http://cccm.ru/category-100.html>.

## Герметизация стыков, швов и трещин строительных конструкций

Местами протечек в бетонных конструкциях, как правило, являются стыки, технологические и подвижные деформационные (температурные и осадочные) швы, а также отверстия в стенах для пропуска коммуникаций. Герметизация стыков, швов и трещин строительных конструкций изображена на рис. 5.7—5.9.

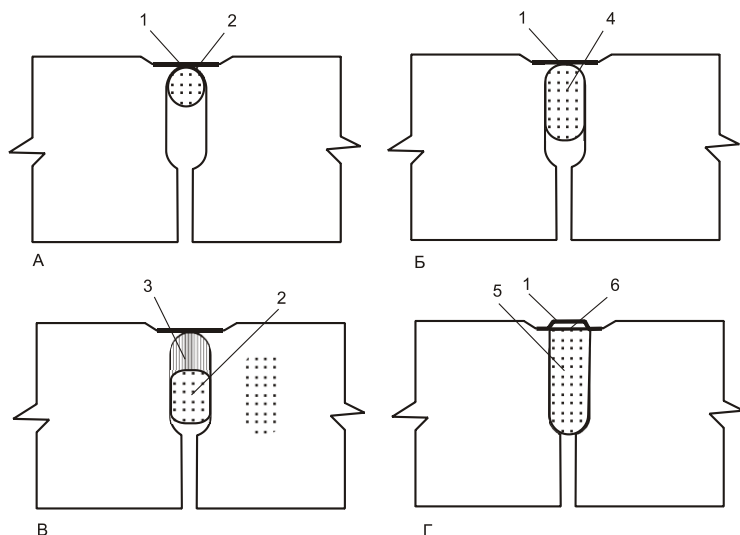


**Рис. 5.7.** Герметизация швов



**Рис. 5.8.** Схема межпанельного стыка:

- 1 — наружная стеновая панель; 2 — герметик; 3 — заполнитель;  
 4 — лента воздушно-изоляционная самоклеящаяся; 5 — теплоизоляция;  
 6 — монтажный цементно-песчаный раствор; 7 — внутренняя панель



**Рис. 5.9.** Герметизация межпанельных стыков:

- 1 — герметик твердеющий; 2 — прокладка упругая;  
 3 — мастика нетвердеющая; 4 — пенозаполнитель;  
 5 — цементно-песчаное заполнение; 6 — лента синтетическая

**Таблица 5.2.** Материалы для герметизации стыков панелей

Наименование материала и технические условия	Свойства			Показатели		
	Плотность, $\text{кг/м}^3$	Адгезионные свойства, $\text{кг/см}^2$	Водопоглощение за сутки, %	Температура эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$	Способ нанесения на изделие	Примерный расход на 1 пог. м шва, кг
<b>Прокладки упругие</b>						
Гернит, ПРП <sup>1</sup> , ГОСТ 19177-81	400—700	Отсутствуют	3,0	От —40 до +70	Укладка, закатка	0,60

<sup>1</sup> ПРП — Профиль резиновый пористый. Подробнее см.

Таблица 5.2 (продолжение)

Наименование материала и технические условия	Свойства			Показатели		
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Адгезионные свойства, кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение за сутки, %	Температура эксплуатации, °С	Способ нанесения на изделие	Примерный расход на 1 пог. м шва, кг
<b>Прокладки упругие</b>						
Поризол, ВИЛАТЕРМ-С, ТУ6-05-221-653-84 + мастика изол	250—400	То же	1,0	От —40 до +80	Укладка и закатка с приклейкой	0,50
<b>Самоклеющаяся воздухозащитная лента</b>						
Герлен-Д ТУ 400-1-165-79	—	>1,0	<0,01	От —40 до +60	Наклейка	0,4 (при ширине 100 мм)
<b>Тиоколовые герметики<sup>1</sup></b>						
У-300М, ГОСТ 13489-79, цвет — черный	1200	1,5	0,01—0,5	От —40 до +70	Шприцем, шпателем	0,35
АМ-1, ТУ 84-246-85, цвет — светло-серый	1100	2—4	0,01	От —40 до +70	То же	0,1
УТ-31, ГОСТ 13489-79, цвет — черный	1200	1,5	0,5—1,0	От —60 до +80	То же	0,1

<sup>1</sup> Подробнее о тиоколовых герметиках см. <http://tinyurl.com/5vhqoxl>. — Прим. ред.

Таблица 5.2 (окончание)

Наименование материала и технические условия	Свойства			Показатели		
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Адгезионные свойства, кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение за сутки, %	Температура эксплуатации, °С	Способ нанесения на изделие	Примерный расход на 1 пог. м шва, кг
<b>Пластины полиизобутиленовые<sup>1</sup></b>						
УМС-50, ГОСТ 14791-91	1100—1500	>0,5	0,5	От –50 до +50	То же	0,7
МПС ГОСТ 14791-91	1300	Хорошие	0	От –30 до +70	То же	0,6
<b>Кремнийорганические герметики</b>						
Эласто-сил 11-06 ТУ 6-02-775-76	180	6,5—10	0,1	От –30 до +200	То же	0,38
<b>Синтетическая смола</b>						
ЛТ-1, ТУ-38.4 034 84-84	—	Хорошие	—	От –60 до +60	Шприцем, шпателем	—
<b>Вспененная синтетическая смола</b>						
Пено-полиуретан, Рипор-6Т НД	30—50	1,5—2	<0,01	От –50 до +50	Напыление	0,15—0,2

<sup>1</sup> Пластины полиизобутиленовые ПСГ применяются с целью защиты различных строительных конструкций и химической аппаратуры от агрессивных сред способом холодного приклеивания специальным клеем. Подробнее см.

**Таблица 5.3. Требования к гидроизоляционным материалам для капитальных сооружений**

Требования	Виды конструкций			
	гидротехнические	наземные	подземные	кровли
Водонепроницаемость <sup>1</sup> — напор, м	300	10	40	1
Водостойкость <sup>2</sup> — действие воды	постоянно	переменно	постоянно	переменно
$k_6$ через 3 мес., не менее	0,9	0,75	0,8	0,7
$k_6$ по адгезии через 6 мес., не менее	0,9	0,8	0,9	0,8
Водопоглощение, % массы, не более	5,0	5,0	3,0	7,0
Теплостойкость, °С, не ниже	+40	+60	+40	+70
Температура хрупкости, °С, не выше	–15	–40	–5	–50
Трещиностойкость покрытия, мм:				
— при максимальных трещинах	2,5	5,0	1,0	3,0
— монолитных конструкций	0,1	0,3	0,1	0,5
— сборных железобетонных конструкций	2,0	2,0	0,5	4,0

<sup>1</sup> Водонепроницаемость — это способность материала не пропускать воду до достижения односторонним гидростатическим давлением определенной величины. — *Прим. ред.*

<sup>2</sup> Водостойкость — это способность материалов сохранять свои эксплуатационные свойства при длительном воздействии воды, которое может приводить к сорбции воды материалами (строительная керамика, гидрофобные полимеры), к их набуханию (необожженная глина, гидрофильные полимеры) и (или) химическому взаимодействию с водой. — *Прим. ред.*

Таблица 5.3 (окончание)

Требования	Виды конструкций			
	гидро- тех- нические	назем- ные	подзем- ные	кровли
Растяжимость, %	50	100	50	150
Предел прочности, МПа, не менее:				
— при растяжении, раз- рыве	1,0	0,8	0,5	0,3
— при сжатии, вдавлива- нии	5,0	1,0	1,0	0,5
Химическая стойкость, мг/л:				
— кислотостойкость, pH, не ниже	5,5	2,0	5,0	6,0
— щелочестойкость, pH, не более	10,0	12,0	12,0	8,0

Материалы, используемые для стыков панелей, и их свойства вкратце перечислены в табл. 5.2, а основные требования к гидроизоляционным материалам для капитальных сооружений — в табл. 5.3.

## Теплосберегающие конструкции и технологии наружных стен

В зависимости от применяемых материалов стены можно условно разделить на следующие типы:

- ☐ деревянные из бревен, брусьев и с деревянным каркасом;
- ☐ кирпичные из полнотелых и пустотелых глиняных, керамических и силикатных кирпичей и блоков;
- ☐ каменные из гранита, базальта, диорита, известняка, песчаника, ракушечника, туфа;
- ☐ легкобетонные из газосиликата, керамзитобетона, шлакобетона, арболита, опилкобетона;
- ☐ грунтобетонные из уплотненного грунта, самана.

По конструкции стены бывают:

- рубленые из бревен и деревянных брусьев длиной до 6,5 м;
- мелкоблочные из кирпича и блоков массой до 50 кг;
- крупноблочные из блоков массой более 50 кг;
- панельные или щитовые из готовых элементов стен высотой на этаж;
- каркасные из стоек и обвязок с обшивкой листовыми или погонажными материалами;
- монолитные из легкого бетона и грунта;
- композитные или многослойные с использованием различных материалов.

Материал для стен и их конструкцию выбирают с учетом местных климатических условий, экономичности, заданной прочности и долговечности всего здания, внутреннего комфорта и архитектурной выразительности фасадов.

Наибольшей прочностью и долговечностью обладают природные камни и полнотелый кирпич. Стены, сложенные из этих материалов, при правильно выполненной кладке и надежных фундаментах имеют практически неограниченный срок службы. Но по своим теплозащитным качествам они значительно уступают стенам из легких бетонов, эффективного кирпича<sup>1</sup> и дерева.

При кладке кирпичных стен во всех случаях следует стремиться к облегченной кладке, применяя эффективный кирпич, устраивая пустоты, используя теплый раствор. Сплошная кирпичная кладка стен из полнотелого кирпича толщиной более 38 см в малоэтажных зданиях экономически нецелесообразна.

Теплозащитные свойства ограждающей конструкции зависят от ее толщины и коэффициента теплопроводности материала, из которого она построена. Если стена состоит из нескольких слоев (например, кирпич/утеплитель/кирпич), то ее термическое сопротивление будет складываться из коэффициентов теплопроводности.

Однослойные кирпичные или шлакобетонные стены толщиной 500—650 мм обеспечивают уровень тепловой защиты, как

---

<sup>1</sup> См. <http://www.kirpich.info/bricks/133/>. — Прим. ред.



выяснилось, приблизительно в три раза меньше требуемой. Высокими характеристиками, соответствующими современным требованиям, обладают трехслойные ограждения, где между наружными и внутренними стенами, соединенными гибкими связями в виде защищенных от коррозии арматурных или стеклопластиковых стержней или каркасов, уложенные в горизонтальные швы кладки, помещен слой теплоизолирующего материала.

Если материал стенок, обеспечивающих прочность конструкции, вопросов не вызывает и достаточно традиционен (кирпич, стеновые панели, шлакоблоки), то материал, идущий на утепление, весьма разнообразен как по виду (маты, плиты, рулоны) так и по названиям, изготовителю и цене. Мягкий пористый утеплитель из минеральной ваты или стекловолокна удобен при заполнении полостей сложной конфигурации, а твердые утеплители, в виде плит определенных размеров (пенопласт, пеноизол, пенополиуретан), более технологичны. Все подобные материалы не горючи, пожаробезопасны, высокогигиеничны. Различаются пористые теплоизоляционные материалы и по назначению: одни больше подходят для утепления трубопроводов и резервуаров в промышленном строительстве. Другие — для внутренних перегородок здания или изготовленные с элементами парозащиты для использования в вентилируемых фасадах. Помимо того что подобные материалы хорошо сохраняют нужную температуру внутри помещений, они являются отличным звукоизолятором, повышая комфортность и качество жилья. Что касается коэффициента теплопроводности, то он у всех материалов подобного рода аналогичен. Необходимо лишь заметить, что коэффициенты теплопроводности пористых минеральных утеплителей даны для их сухого состояния и при эксплуатации в районах средней полосы при естественной влажности их значение необходимо увеличивать примерно в полтора раза.

В помещении, где колебания температуры нечасты и невелики (жилой дом), утеплитель располагают ближе к наружной поверхности, защищая его от атмосферной влаги пленками, а от осадков — сайдингом, вагонкой или другими покрытиями, обеспечивающими защиту стены.

Стены здания, используемого от случая к случаю (мастерские, подсобные помещения, бани) для уменьшения количества тепла и времени, затрачиваемого на его обогрев, требует иного расположения утеплителя — как можно ближе к внутренней стороне. В этом случае уменьшается количество энергии, идущей на прогрев основного массива стены, изготовленного из материала, который потребляет тепла в 15—20 раз больше, чем тонкий слой утеплителя. В случае подобной конструкции следует обязательно предусмотреть хорошую внутреннюю пароизоляцию утеплителя, так как влажность внутри помещения всегда выше, чем снаружи. В любом случае во всех помещениях здания необходимо предусмотреть вентиляцию, обеспечивающую достаточный воздухообмен в объемах не меньших, чем требуют санитарные нормы.

Однако многослойным ограждающим конструкциям присущи и некоторые недостатки, снижающие их эффективность. Поэтому применение многослойных конструкций в строительстве целесообразно именно при реконструкции существующих зданий и сооружений, не отвечающих возросшим требованиям теплотехнических норм.

Тем не менее, для многослойных ограждающих конструкций характерна большая трудоемкость возведения и малая воздухопроницаемость, теплотехническая неоднородность и, наконец, возможность конденсации влаги между разнородными слоями такой стены — все это серьезный недостаток многослойных композиций.

Теплотехническая однородность однослойных ограждений в 1,3—1,5 раз больше, чем в многослойных.

Кроме того, проблема долговечности различных типов утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях изучена еще недостаточно хорошо. Поэтому современное капитальное строительство развивается именно по пути возведения не многослойных, а однослойных ограждающих конструкций.

Из современных строительных материалов, имеющих высокие показатели сопротивления теплопередаче, малый объемный вес

и поэтому являющихся оптимальным материалом для возведения теплоэффективных однослойных ограждающих конструкций, можно отметить ячеистые бетоны (газобетон<sup>1</sup>, пенобетон<sup>2</sup>) и бетоны на легких заполнителях (полистиролбетон, вермикулитобетон<sup>3</sup>). Для этих материалов характерно, что при средней плотности 600 кг/м<sup>3</sup> коэффициент теплопроводности в среднем составляет 0,14—0,145 Вт/(м×°С), что позволяет создавать ограждающие конструкции, обеспечивающие требуемое сопротивление теплопередаче при умеренной толщине наружных стен.

Итак, рассмотрев основные виды энергосберегающих материалов, применяемых в современном строительстве, можно выделить наиболее целесообразную область применения материалов этих видов. При реконструкции существующих зданий, несмотря на значительные трудовые затраты, наиболее перспективным представляется использование утеплителей на основе пенополистирола и волокнистых минеральных плит. Однако при капитальном строительстве либо при сложных реконструкциях зданий (например, надстройка дополнительного этажа, устройство мансарды и т. д.) целесообразно применение

---

<sup>1</sup> Газобетон широко применяется в рамках общегражданского строительства, но истинное признание в мире и на постсоветском пространстве получил в области коттеджного строительства. Небольшая масса и действительно простая строительная технология, не требующая специальных знаний и профильного образования, позволяют самостоятельно возводить бескаркасные частные дома высотой до 14 метров. Газобетон представляет собой смесь негашеной извести, связующего компонента, в частности портландцемента, и наполнителя, роль которого исполняет молотый кварцевый песок. Подробнее см.

<http://www.soley-tm.ru/>.

<sup>2</sup> Пенобетон — это легкий ячеистый бетон, состоящий из цемента, песка, воды и пены и получаемый в результате затвердевания раствора. Пена необходима для обеспечения равномерного распределения воздуха внутри стройматериала. Это позволяет регулировать плотность и прочность пеноблоков. Подробнее см.

<http://www.evrocontract.ru/penobloki/>.

<sup>3</sup> Вермикулитобетон, разновидность легкого бетона с заполнителем из вспученного вермикулита. Вяжущими служат цемент, битумы, растворимое стекло, синтетические смолы и т. д. Подробнее см.

<http://www.vermiculite.ru/catalog/?id=6>.

однослойных ограждающих конструкций на основе теплоэффективных строительных материалов (пенобетон, газобетон, полистиролбетон<sup>1</sup>).

## Кирпичные стены

Широко распространенным искусственным каменным материалом для возведения стен является глиняный обожженный кирпич. Стандартные размеры его составляют 250×120×65 мм. Длинные боковые поверхности кирпича называют ложками, короткие — тычками. Ряд кирпичей, уложенный вдоль стены ложками, называется ложковым, а положенный тычками — тычковым.

Кирпичные стены могут иметь толщину в 1; 1,5; 2; 2,5 и 3 кирпича. При толщине шва 10 мм толщина стен составляет соответственно 250, 380, 510, 640 и 770 мм. Толщину горизонтальных швов принимают равной 12 мм (в этом случае высота 13 рядов кладки составляет 1 м).

Недостатком обыкновенного кирпича (глиняного и силикатного) является его большая объемная масса и, следовательно, высокая теплопроводность. Вследствие этого приходится возводить наружные стены толщиной 2,5 кирпича во II климатическом районе<sup>2</sup>, тогда как исходя из условий прочности для зданий до пяти этажей достаточно стен в 1,5 кирпича. Применение дырчатого кирпича, обладающего меньшей теплопроводностью, позволяет уменьшить толщину стены на 1/2 кирпича.

---

<sup>1</sup> Полистиролбетон — это разновидность легких бетонов, имеющих однородную ячеистую структуру и обладающих самой низкой плотностью — до 150 кг/м<sup>3</sup> (широко известные сегодня газосиликатные бетоны тяжелее в 2 и более раз). Материал был разработан около 25 лет назад в НИИЖБ (<http://www.niizhb.org/>) и создан, прежде всего, для того, чтобы исключить из конструкции наружной стены такие недолговечные и нетехнологичные материалы, как пенопласт и различные минераловатные плитные утеплители. Однако по ряду причин тогда он не получил достаточного применения в отечественном строительстве. Подробнее см. [http://www.mirpenoplasta.ru/php/polistirol\\_beton.php](http://www.mirpenoplasta.ru/php/polistirol_beton.php).

<sup>2</sup> Климатические районы в РФ располагаются с севера на юг примерно: I — до 70° северной широты, II — до 60°, III — до 45°. Подробнее см.

<http://tinyurl.com/6ysorsa>. — Прим. ред.

Фасадные швы стен для уменьшения их воздухопроницаемости и с декоративной целью обычно расширяют, т. е. уплотняют специальным инструментом — расшивкой, придавая им форму валика или выкружки. Кладку, предназначенную для мокрой штукатурки, ведут впустошовку<sup>1</sup>, оставляя лицевые швы незаполненными на глубину 10—15 мм для обеспечения лучшей связи со штукатурным слоем.

Кирпич — прочный и долговечный материал. Стена толщиной 25 см (в один кирпич) способна нести любую равномерно распределенную нагрузку, возникающую в одно- и двухэтажных домах от расположенных выше конструкций, в том числе — от железобетонных перекрытий. Срок службы кирпичных стен при надежных фундаментах и правильно выполненной кладке практически не ограничен.

Для кладки стен малоэтажных зданий пригодны практически все виды кирпича, выпускаемого отечественной промышленностью (табл. 5.4). Красный (глиняный) обыкновенный и пустотелый кирпич пластического прессования применяют без ограничения. Но следует помнить, что тот же самый кирпич полусухого прессования и силикатный нельзя применять без дополнительной защиты в наружных стенах ванных комнат и душевых.

**Таблица 5.4. Характеристика кирпича для кладки стен**

Кирпич	Размеры, мм	Масса одного кирпича, кг
Глиняный обыкновенный пластического прессования	250×120×65	3,2—3,5
Глиняный пустотелый пластического и полусухого прессования	250×120×65	2,2—2,8
	250×120×88	2,9—3,7
	250×120×138	4,6—5,8
Силикатный	250×120×65	3,3—3,7
	250×120×88	4,5—5,0

<sup>1</sup> Кладка впустошовку — кладка с неполным заполнением швов в лицевых поверхностях стен с целью улучшения сцепления при последующем оштукатуривании. Подробнее см.

Вместе с тем, кирпич, особенно полнотелый, обладая высокой прочностью, по своим теплозащитным качествам уступает многим другим стеновым материалам. Например, при расчетной температуре наружного воздуха  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (большинство районов центральной части России) наружные стены сплошной кладки из полнотелого кирпича должны иметь толщину 64 см (в 2 кирпича). В то же время, толщина деревянных брусчатых стен может составлять лишь 16—18 см.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Кирпичные стены имеют большую тепловую инерционность: они медленно прогреваются и медленно остывают, причем инерционность тем выше, чем толще стена. В кирпичных домах температура воздуха внутри помещений в течение суток колеблется незначительно. С одной стороны, это является достоинством кирпичных стен. Вместе с тем, в домах периодического проживания (дачи, садовые домики) это свойство кирпичных стен не всегда желательно, особенно в холодное время года. Массивные охлажденные стены каждый раз для своего прогрева требуют значительно-го расхода топлива, а резкие перепады температур внутри помещений приводят к конденсации влаги на внутренних поверхностях кирпичных стен. В таких домах стены изнутри лучше обшить досками.

В табл. 5.5 приведены примеры конструктивных решений наружных кирпичных стен, из которых видно, что наименее экономичной является стена сплошной кладки из полнотелого кирпича. При таком решении, например, для одноэтажного 3-комнатного дома с наружными стенами толщиной 64 см (для расчетной температуры наружного воздуха  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) только для наружных стен потребуется около 25 тыс. кирпичей общей массой 80—100 т. При этом следует учесть, что кирпич потребуется и для средней стены, а также для перегородок. Конструкция такого дома будет тяжелой и громоздкой, с массивными фундаментами. Поэтому применение сплошной кладки из полнотелого кирпича толщиной более 35 см (1,5 кирпича) экономически нецелесообразно.

**Таблица 5.5. Конструктивные варианты наружных кирпичных стен<sup>1</sup>**

Кирпич	Конструкция стены	Толщина кладки, см	Допустимая расчетная температура наружного воздуха, °С
Полнотелый глиняный и силикатный плотностью 1600—1900 кг/м <sup>3</sup>	Сплошная кладка на холодном растворе <sup>2</sup> с внутренней штукатуркой	25	–5
		38	–10
		51	–20
		64	–30
	То же, на теплом растворе <sup>3</sup>	25	–10
		38	–15
		51	–25
		64	–35
	Кладка с воздушной прослойкой толщиной 5 см на холодном растворе, с наружной и внутренней штукатуркой	29	–10
		42	–20
		55	–30
	То же, с заполнением воздушной прослойки минеральным войлоком	29	–20
		42	–30
		55	–40

<sup>1</sup> Цитируется по источнику "Жилой дом для индивидуального застройщика" Л. М. Аганянц, В. М. Масютин, Н. В. Бочкарева и др., М. Стройиздат, 1990.

<sup>2</sup> Тяжелые или холодные растворы для каменной кладки — растворы на кварцевом или естественном песке из плотных горных пород с плотностью более 1500 кг/м<sup>3</sup>. Холодные растворы применяются для кладки массивных каменных стен. Подробнее см. [http://nerudgroup.ru/rastvory\\_dlya\\_kamennoy\\_kladki](http://nerudgroup.ru/rastvory_dlya_kamennoy_kladki).

<sup>3</sup> Легкие или теплые растворы для кладки — это растворы на шлаковом, пемзовом или туфовом песке, золе ТЭЦ, доменных гранулированных или топливных шлаках с плотностью менее 1500 кг/м<sup>3</sup>. Замена песка молотым шлаком, пемзой или золой, вплоть до полного исключения песка из состава раствора — основное отличие теплого раствора от холодного. Подробнее см.

[http://nerudgroup.ru/rastvory\\_dlya\\_kamennoy\\_kladki](http://nerudgroup.ru/rastvory_dlya_kamennoy_kladki),

<http://wall.to-build.ru/content/view/25/33/>.

Таблица 5.5 (продолжение)

Кирпич	Конструкция стены	Толщина кладки, см	Допустимая расчетная температура наружного воздуха, °С
Полнотелый глиняный и силикатный плотностью 1600—1900 кг/м <sup>3</sup>	Колодцевая кладка на холодном растворе с внутренней штукатуркой и засыпкой плотностью 1400 кг/м <sup>3</sup>	38	–15
		51	–30
	То же, плотностью 1000 кг/м <sup>3</sup>	38	–25
		51	–40
	Сплошная кладка на холодном растворе с внутренним утеплением из опилкобетона <sup>1</sup> плотностью 800 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 10 см	25	–20
		38	–30
	То же, толщиной 15 см	25	–25
		38	–35
	Сплошная кладка на холодном растворе с внутренней штукатуркой и наружным утеплением минераловатными плитами толщиной 5 см и обшивкой досками	25	–20
		38	–30
	То же, при толщине плит 10 см	25	–30
		38	–40

<sup>1</sup> Опилкобетон — строительный материал, состоящий из смеси органических и вяжущих заполнителей и воды. В качестве органического компонента выступают отходы деревообработки, лесозаготовок, лесопиления (щепа, опилки и др.), дробленых стеблей хлопчатника, рисовой соломы, костры конопли и льна; в качестве вяжущего компонента — цемент. Опилкобетон также называют арболит, деревобетон. Опилкобетон был разработан в СССР в 60-е годы XX века. Он прошел все технические испытания и был стандартизирован. Многолетняя эксплуатация зданий из опилкобетона позволяет судить о долговечности материала, его высоких экологических и энергосберегающих свойствах. Подробнее см. <http://www.opilkobeton.ru/>.



Таблица 5.5 (окончание)

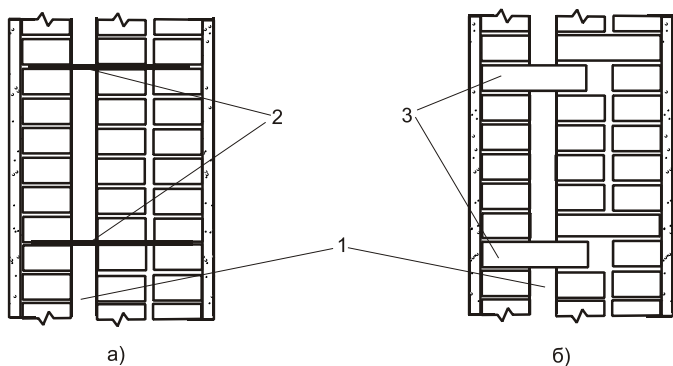
Кирпич	Конструкция стены	Толщина кладки, см	Допустимая расчетная температура наружного воздуха, °C
Пустотелый глиняный плотностью 1100— 1400 кг/м <sup>3</sup>	Сплошная кладка на холодном растворе с внутренней штукатуркой	25	–10
		38	–20
		51	–30
	То же, на теплом рас- творе	25	–15
		38	–25
		51	–35
	Кладка с воздушной прослойкой 5 см на хо- лодном растворе с на- ружной и внутренней штукатуркой	29	–15
		42	–25
		55	–35
	То же, с заполнением воздушной прослойки минеральным войлоком	29	–25
		42	–35
		55	–45

Чтобы сократить расход кирпича, уменьшить массу стен и нагрузку на фундаменты, наружные стены следует выкладывать либо из пустотелого кирпича, либо вести кладку с образованием пустот, колодцев, уширенных швов. Кроме того, необходимо применять эффективные утеплители, теплые кладочные и штукатурные растворы<sup>1</sup>. Более экономичной является кладка из кирпича с образованием замкнутых воздушных прослоек шириной 5—7 см. В этом случае расход кирпича сокращается на 15—20%, хотя и здесь требуется наружная штукатурка стен, препятствующая инфильтрации воздуха через воздушные полости. При заполнении воздушных полостей минеральным войлоком (битуминизированная минеральная вата) тепловая эффективность кирпичной

<sup>1</sup> Применение теплых кладочных растворов (на основе мелких заполнителей из шлака, керамзита, туфа, трепела и т. п.) также повышает теплозащитные качества стен на 10—15%.

стены увеличивается на 30—40%, а при использовании пенопласта — на 200%.

Стены с воздушной прослойкой (рис. 5.10) устраивают при использовании как полнотелого, так и эффективного кирпича<sup>1</sup>. При этом виде кладки лицевые (ложковые) ряды перевязывают с основной стеной через 4—6 рядов тычковыми рядами кирпичей либо металлическими связями. С наружной стороны такие стены во избежание продувания обычно оштукатуривают или выкладывают с расшивкой швов при строгом контроле качества работ. Металлические связи (анкеры из проволоки диаметром 4—6 мм) защищают от коррозии битумом, цементным раствором или эпоксидной смолой.



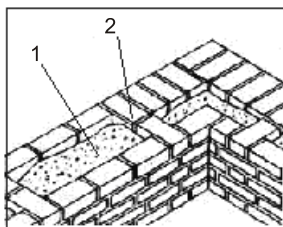
**Рис. 5.10.** Кирпичные стены с воздушными прослойками:

- а) с металлическими связями, б) с кирпичными связями;  
 1 — воздушные прослойки, 2 — металлические связи (сетка, скоба),  
 3 — наружная "верстка" из тычковых кирпичей

<sup>1</sup> Строительный эффективный кирпич — это кирпич, который имеет сквозные/несквозные прямоугольные (в виде щели) или круглые отверстия. Процентное отношение объема технологических пустот составляет 20—45%, наличие пустот значительно снижает теплопроводность и вес эффективного кирпича (сравнительно с полнотелым), это позволяет уменьшить толщину стен, сохраняя при этом их теплоизоляционные свойства. Обычно в маркировке указывается, является ли кирпич эффективным или полнотелым. Эффективный кирпич используется для строительства наружных стен с повышенной способностью теплоизоляции, а также для строительства внутренних стен и перегородок. Он не рекомендуется для укладки фундаментов, цоколей и стен помещений, с повышенной сыростью, а также для постройки печей.

Тепловая эффективность таких стен значительно увеличивается, если воздушную прослойку заполнить теплым раствором, минеральной ватой или пенопластом. Особенно эффективен пенопласт. При его использовании общую толщину наружной стены можно уменьшить до 29 см ( $12+5+12$ ), причем такая стена по теплозащитным качествам эквивалентна сплошной кирпичной кладке из полнотелого кирпича толщиной 64 см.

Распространенной и экономичной конструкцией наружных кирпичных стен является так называемая "колодцевая кладка", при которой стену выкладывают из двух самостоятельных стенок толщиной в полкирпича, соединенных между собой вертикальными и горизонтальными кирпичными мостиками с образованием замкнутых колодцев. Колодцы по ходу кладки заполняют утеплителем: шлаком, керамзитом, легким бетоном. Колодцевая кладка хорошо защищает утеплитель от внешних воздействий, хотя несколько и ослабляет конструктивную прочность стены (рис. 5.11).



**Рис. 5.11.** Облегченные кирпичные стены колодцевой кладки:

1 — утеплитель (шлак, керамзит, легкий бетон);

2 — поперечные стенки

## Технологии колодцевой кладки кирпичных стен

В последнее время колодцевая кирпичная кладка приобрела значительную популярность, в первую очередь благодаря своей экономичности. В зависимости от толщины несущей стены они различаются своей капитальностью и устойчивостью. Для повышения устойчивости колодцевой кирпичной кладки слои соединяются вертикальными диафрагмами, на уровне плит перекрытия и оконных проемов устраиваются горизонтальные диафрагмы.

В зимний период значительно увеличивается относительная влажность материалов стен, возведенных с применением любой технологии, что приводит к заметному снижению термического сопротивления стены. Поэтому обязательным условием проектирования колодцевых кладок является устройство вентиляционного зазора между слоем теплоизоляции и кладкой из лицевого кирпича. Минимальное его значение 10 мм. Через вентиляционный зазор в зимний период происходит активное высыхание материалов стены. В нижнем и в верхнем рядах кладки для обеспечения конвекции воздуха в вентиляционном зазоре необходимо расчистить вертикальные швы.

Теплоизоляционные плиты крепят к несущей стене на монтажном клею и дополнительно распорными дюбелями. Предварительно, для повышения адгезии, поверхность стены обрабатывают грунтовкой.

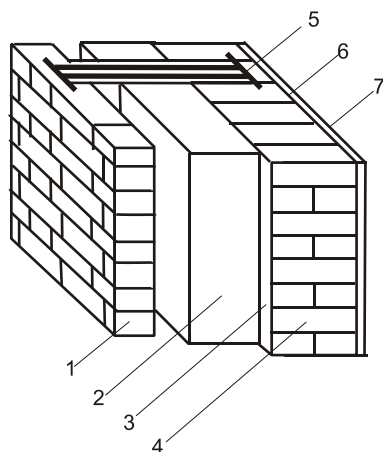
Клей на теплоизоляционную плиту наносят при помощи зубчатого шпателя по всей площади плиты с отступлением от краев 2—3 см и дополнительно точечно "куличами" не менее 5-ти точек на плиту. Излишки выступающего клея следует удалять. Дополнительное крепление плит теплоизоляции распорными дюбелями выполняется после полного высыхания клеевого состава. Срок высыхания при температуре наружного воздуха 20 градусов и относительной влажности воздуха 65% составляет не менее 3-х суток.

Схема кирпичной колодцевой кладки, при толщине несущей стены 25 см показана на рис. 5.12, где:

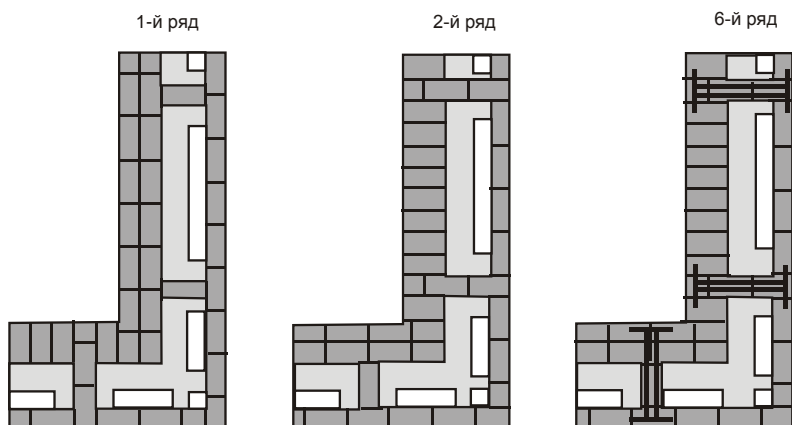
1. Лицевой кирпич.
2. Теплоизоляционная плита, в качестве которой может быть применен один из следующих материалов: пенополистирол марки ПСБ-С 25, экструдированный пенополистирол, минераловатная плита URSA П30, минераловатная плита ТехноБлок<sup>1</sup>.
3. Слой грунтовки глубокого проникновения ГЛИМС-Грунт<sup>2</sup> и слой монтажного клеевого состава ГЛИМС-КФ.
4. Кирпич полнотелый марки М100.
5. Армирующая рамка из проволоки диаметром 4мм, класса Вр1.
6. Штукатурный слой ГЛИМС-GS.
7. Слой финишной шпаклевки ГЛИМС-ГИПС.

<sup>1</sup> См. <http://tinyurl.com/5ur94op>. — Прим. ред.

<sup>2</sup> См. <http://glims.ru/>. — Прим. ред.



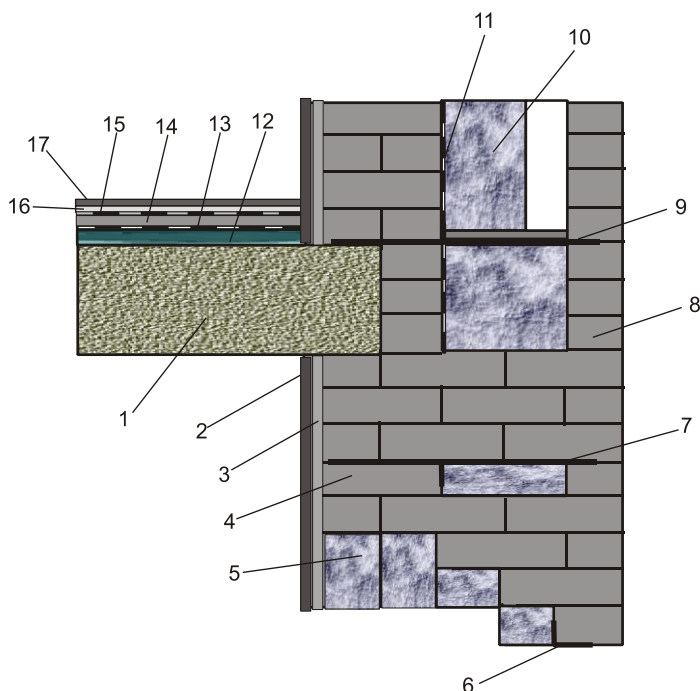
**Рис. 5.12.** Вариант колодцевой кладки: толщина несущей стены из полнотелого керамического кирпича — 25 см



**Рис. 5.13.** Схема кирпичной колодцевой кладки, при толщине несущей стены 25 см

Вертикальные диафрагмы необходимо устраивать на расстоянии не более чем 1170 мм, армирование вертикальных диафрагм необходимо выполнять через каждые 6 рядов кладки (рис. 5.13).

Горизонтальные диафрагмы устраиваются на уровне опирания плит перекрытия и под оконными проемами, напуском тычковых кирпичей из внутреннего и наружного слоев кладки. Под последними в швах кладки стен и по подстилающему слою цементного раствора укладываются арматурные связи в виде сварных сеток из проволоки класса Вр-1 (<http://www.metizorel.ru/prov6727.html>), диаметром не более 4 мм, служащие одновременно и опорой кирпича в процессе устройства диафрагм.

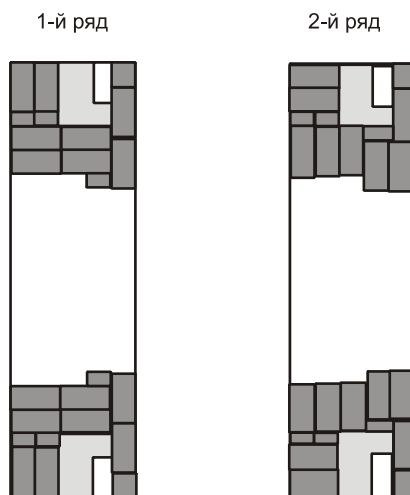


**Рис. 5.14.** Устройство горизонтальной диафрагмы в колодцевой кладке, при толщине несущей стены 25 см

На рис. 5.14 показано устройство горизонтальной диафрагмы в колодцевой кладке, при толщине несущей стены 25 см, где:

1. Плиты перекрытия (ППС, ПК, ПНО).
2. Слой финишной шпаклевки ГИПС-ГЛИМС.

3. Слой штукатурной смеси ГИПС-GS.
  4. Полнотелый кирпич.
  5. Перемычки
  6. Стальной уголок.
  7. Армирующая сетка из проволоки Вр-1, диаметром 4 мм.
  8. Лицевой кирпич.
  9. Армирующая сетка из проволоки Вр-1, диаметром 4 мм.
  10. Слой теплоизоляции.
  11. Грунтовочный слой и монтажный клеевой состав.
  12. Слой звукоизоляции, толщиной 30—50 мм.
  13. Слой технической изоляции, Пергамин П-300.
  14. Самонивелирующийся слой наливного пола ГЛИМС-SL, толщиной 20—30 мм.
  15. Гидроизоляционная пленка Ютафол Д110 Стандарт.
  16. Слой подложки.
  17. Лицевое напольное покрытие: ламинт, линолеум, ковролин, керамический гранит и т. п.
- На рис. 5.15 показана схема кладки оконных проемов.



**Рис. 5.15.** Схема кладки оконных проемов при колодцевой кладке

Колодцевую кладку применяют в тех случаях, когда имеется в достаточном количестве относительно легкий и малотеплопроводный материал для заполнения внутреннего пространства стен: шлак, керамзит, щебень или песок легких горных пород, древесные опилки и т. д. Минеральные материалы (не поддающиеся биологическому разрушению) можно использовать в виде сухой засыпки, органические обязательно в виде легких бетонов на основе неорганических вяжущих: цемента, извести, гипса или глины.

Стена колодцевой кладки состоит из двух продольных стенок толщиной в полкирпича, расположенных одна от другой на расстоянии 14—27 см и соединенных между собой через 65—120 см вертикальными поперечными стенками. Колодцы между продольными и поперечными стенками заполняют утеплителем слоями толщиной 10—15 см с послойным трамбованием. Для предупреждения усадки утеплителя через 30—60 см по высоте устраивают горизонтальные диафрагмы из армированного цементно-песчаного раствора или тычковых рядов кирпича.

При сплошной кладке экономичным решением является также устройство кирпичных стен с утеплением их снаружи или изнутри помещений. В этом случае толщину кирпичной стены можно принять минимальной, исходя лишь из требований прочности, т. е. во всех климатических районах она может быть равной 25 см. Тепловая защита при таком решении обеспечивается толщиной и качеством утеплителя. При расположении утепляющего слоя изнутри его защищают от водяных паров пароизоляцией, при расположении снаружи защищают от атмосферных воздействий экраном или штукатуркой.

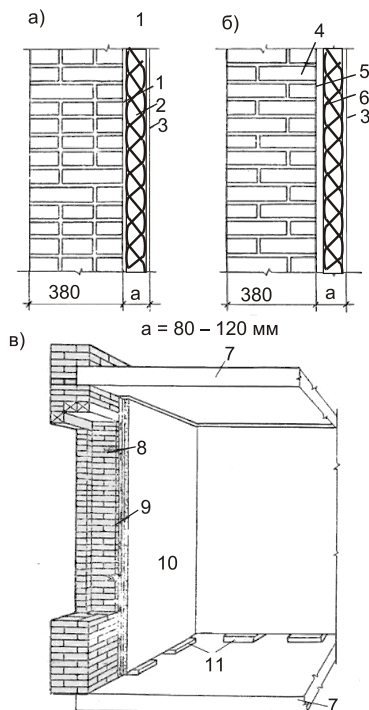
## **Кирпичные стены с панельным утеплителем**

В современном строительстве применяют облегченные кирпичные стены с панельным утеплителем, состоящие из двух частей: из кладки в 1 и 1,5 кирпича и утеплителя в виде различных эффективных панелей: фибролитовых<sup>1</sup>, гипсобетонных, из ячеистых бетонов и из других теплоизоляционных материалов (рис. 5.16).

---

<sup>1</sup> Фибролит — этот плитный материал обычно изготавливается из специальных древесных стружек (древесной шерсти) и неорганического вяжущего вещества





**Рис. 5.16.** Стены с облицовкой панелями: а) установка утеплителя на растворе; б) то же, на отnose; в) облицовка прокатными панелями: 1 — цементный раствор; 2 — утеплитель; 3 — затирка; 4 — расшивка швов; 5 — воздушная прослойка 20 мм; 6 — утеплитель; 7 — панель перекрытия; 8 — деревянная пробка; 9 — термический зазор; 10 — стеновая панель; 11 — временные подкладки

(ГОСТ 19222-84). Древесную шерсть получают на специальных станках в виде тонких и узких лент. В качестве вяжущего используют портландцемент, реже — магнезиальное вяжущее. Фибролит не горит открытым пламенем, легко обрабатывается: его можно пилить, сверлить и вбивать в него гвозди. Водопоглощение цементного фибролита — не более 35—45%. При влажности выше 35% он может поражаться домовым грибом, поэтому его нужно защищать от увлажнения — в частности, путем оштукатуривания. Теплоизоляционно-конструктивный фибролит применяют для утепления стен и покрытий, конструкционный — для перегородок, каркасных стен и перекрытий в сухих условиях. См.

<http://www.tradecatalog.ru/enterprise/97/>. — Прим. ред.

## Блоки из легких бетонов и керамические блоки

Самым распространенным решением бескаркасной системы является устройство наружных стен из газо- или пенобетона с плотностью 450—600 кг/м<sup>3</sup>. Прочности этих материалов достаточно для возведения зданий высотой до трех этажей. В Санкт-Петербурге и области для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче толщина ячеистого бетона плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> должна составлять от 400 до 530 мм. При этом блоки должны укладываться не на цементно-песчаный раствор, а на специальный клей, обеспечивающий толщину швов между блоками 2—3 мм. Такой клей представляет собой цементно-песчаную смесь с крупностью песка до 1,25—1,5 мм с водоудерживающими добавками (эферы целлюлозы). Ячеистые бетоны удобны тем, что в них легко штробятся каналы для разводки электрических проводов, водопроводных труб, труб системы отопления и т. д. Изнутри стена отделывается тонкослойной штукатуркой (толщиной 3—8 мм). Снаружи, для защиты от атмосферной влаги, стена должна быть облицована либо лицевым кирпичом, либо штукатурными составами с обязательным покрытием их гидрофобными составами. Вес квадратного метра такой стены колеблется от 250 кг (без кирпичной облицовки) до 450 кг.

Основных достоинств у стен из ячеистого бетона два: во-первых, достаточно высокая экологическая чистота жилья, достигаемая за счет паропроницаемости<sup>1</sup> конструкции (особенно не облицованной кирпичом и оштукатуренной известковыми штукатурками); во-вторых, невысокие требования к квалификации строителей — при возведении таких стен брак, приводящий к заметному снижению эксплуатационных характеристик конструкции, проявляется очень редко.

Недостатки ячеистых бетонов: усадка при высыхании, достигающая у газобетона 1,5 мм/м и у пенобетона 2—5 мм/м, вследствие чего производить отделочные работы как изнутри, так и

---

<sup>1</sup> О паропроницаемости читайте следующую статью:  
<http://www.texcolor-rus.ru/p21.phtml?pp=15>.

снаружи здания можно только после достижения стенами эксплуатационной влажности.

Следующий вариант наружных стен бескаркасных зданий — стены из крупноформатных поризованных керамических блоков. Это — качественно новый уровень в развитии керамического кирпича. Масса и толщина таких стен сравнимы с ячеисто-бетонными (хотя и выше), усадка при высыхании значительно меньше, но зато ниже паропроницаемость и удобство разводки инженерных коммуникаций. Относительно новым и активно развивающимся направлением является устройство несущих стен с наружным утеплением. Это направление развивается двумя путями: устройство наружного утепления с тонкослойной штукатуркой по утеплителю ("мокрые" системы) и устройство вентилируемых фасадов.

Кроме блоков (бетонных, керамических, силикатных), для бескаркасной конструктивной системы используют и другие стеновые материалы: керамические и силикатные кирпичи и железобетонные несущие панели, деревянные брусья и бревна.

Стеновыми материалами служат также пустотелые керамические и легкобетонные блоки. Они обладают меньшей теплопроводностью, чем кирпич, что позволяет уменьшать толщину наружных стен. Наиболее распространены семищелевые керамические блоки размером 250×120×138 мм. Легкобетонные блоки, хотя и легче керамических, но и менее прочны к воздействиям. Стены из легкобетонных блоков с несквозными пустотами выкладывают из блоков и продольных половинок по ложковой системе так, чтобы щели были направлены перпендикулярно тепловому потоку.

Показатели технико-экономической эффективности разных типов стен каменной кладки приведены в табл. 5.6.

Из этих данных видно, что экономически более целесообразно возводить облегченные кирпичные стены, а также стены из керамических и шлакобетонных блоков.

Рассмотрим наиболее распространенные в коттеджном строительстве варианты конструкций внешних стен.

**Таблица 5.6. Техничко-экономические показатели различных стен каменной кладки**

Основная конструкция и толщина стены	Внутренняя отделка	Масса 1 кв. м стены, кг	Затраты труда, чел/дн			Сметная стоимость без накладных расходов, %
			На заводах	На стройплощадке	Всего	
Из красного полнотелого кирпича (лицевая кладка с расшивкой швов), 2,5 кирпича	Сухая штукатурка	1170	0,55	1,03	1,58	100
Из красного многодырчатого кирпича (с наружной цементно-известковой штукатуркой), в 2 кирпича	То же	840	0,47	1,11	1,58	91
Колодцевая кладка в 2 кирпича системы Власова с расшивкой швов	---	850	0,39	0,89	1,28	80
Из красного полнотелого кирпича с гипсовой плитой в 1,5 кирпича (лицевая кладка с расшивкой швов)	Затирка	790	0,39	0,69	1,08	69,5

Таблица 5.6 (окончание)

Основная конструкция и толщина стены	Внутренняя отделка	Масса 1 кв. м стены, кг	Затраты труда, чел/дн			Сметная стоимость без накладных расходов, %
			На заводах	На стройплощадке	Всего	
Из семищелевых керамических блоков с лицевыми блоками к кладке по фасаду и расшивкой швов, в 2 блока	Сухая штукатурка	770	0,84	0,76	1,60	94,5
Из шлакобетонных пустотелых блоков с наружной цементно-известковой штукатуркой, в 1 блок	Обыкновенная штукатурка	530	0,24	0,91	1,15	69

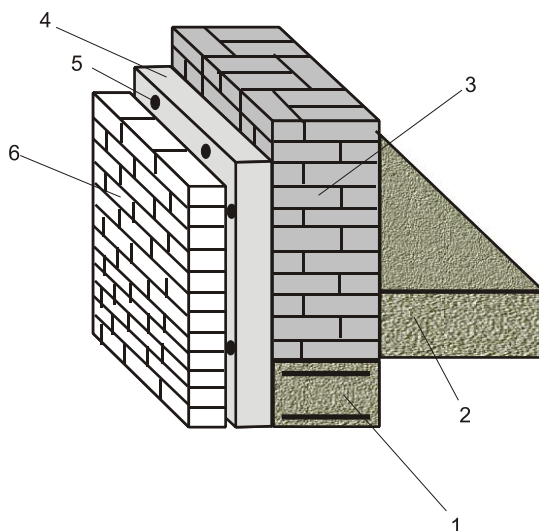
## Трехслойная кладка

Конструкция удовлетворяет современным нормам по теплосбережению. Применение эффективной теплоизоляции позволяет уменьшить толщину стены, что уменьшает нагрузку на грунт. К недостаткам можно отнести ограниченный срок службы теплоизоляции, по данным производителя он составляет 50 лет.

Конструкция трехслойной кладки показана на рис. 5.17, где:

1. Монолитно-армированный пояс.
2. Железобетонная плита перекрытия.
3. Внешняя стена из полнотелого кирпича, керамического щелевого кирпича или силикатного кирпича.
4. Теплоизоляционный слой 100—120мм, в качестве которого можно применить минераловатные плиты.

5. Базальто-волокнистые связи с фиксирующим кольцом, кольцо необходимо для плотного прижимания теплоизоляционной плиты к поверхности кирпичной стены, расход составляет 6—7 штук/м<sup>2</sup>.
6. Кладка из лицевого кирпича осуществляется с выполнением вентиляционного зазора 30—50 мм.

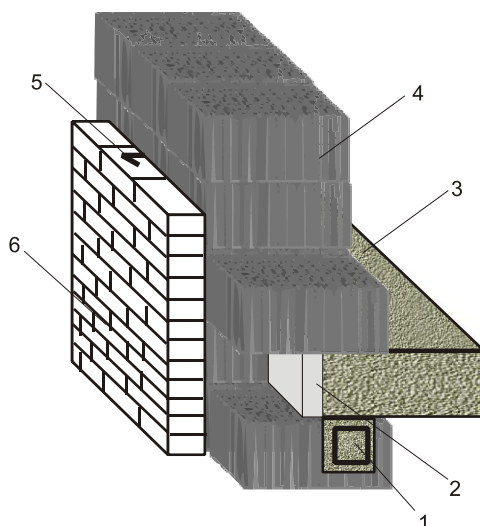


**Рис. 5.17.** Трехслойная кладка

## **Конструкция внешней стены из керамических крупноформатных поризованных блоков**

Конструкция внешней стены из керамических крупноформатных поризованных блоков показана на рис. 5.18. Она удовлетворяет современным нормам по теплосбережению, без применения эффективной теплоизоляции. Реальный срок эксплуатации дома до капитального ремонта 100 лет. За счет крупного формата блоков увеличивается скорость монтажных работ, уменьшается ко-

личество кладочного раствора, применение "теплого" кладочного раствора устраняет "тепловые мостики" в кладке. Высокий процент пустотности уменьшает нагрузку на грунт.



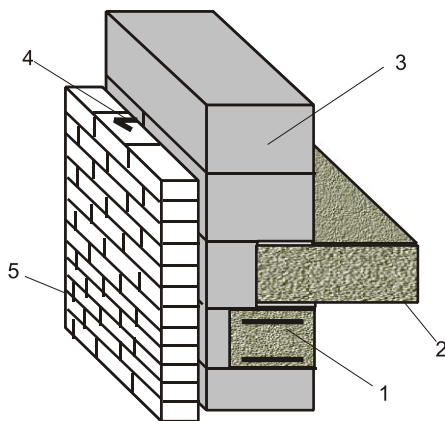
**Рис. 5.18.** Конструкция внешней стены из керамических крупноформатных поризованных блоков:

- 1 — П-образный керамический поризованный блок, выступающий в качестве опалубки монолитно-армированного пояса;
- 2 — теплоизоляционный слой: минераловатный утеплитель, экструдированный пенополистирол, вспененный пенополистирол;
- 3 — железобетонная плита перекрытия;
- 4 — керамический крупноформатный керамический блок 15NF<sup>1</sup>, в качестве кладочного раствора применяется "теплый" кладочный раствор ЛМ21;
- 5 — базальто-волокнистые связи, расход 6—7 штук/м<sup>2</sup>;
- 6 — кладка из лицевого кирпича

<sup>1</sup> См. сайт фирмы-производителя — <http://15nf.ru/>. — Прим. ред.

## Конструкция внешней стены из газосиликатных блоков

Конструкция внешней стены из газосиликатных блоков<sup>1</sup> (рис. 5.19) удовлетворяет современным нормам по теплосбережению, без применения эффективной теплоизоляции. Реальный срок эксплуатации дома до капитального ремонта составляет более 50 лет (ограничен реальными сроками эксплуатации домов из газосиликатных блоков). За счет крупного формата увеличивается скорость монтажных работ, уменьшается количество кладочного раствора, монтаж блоков на клеевые смеси с толщиной кладочного слоя 3—4 мм уменьшает площадь "тепловых мостиков" в кладке. Относительно низкая плотность газосиликата снижает нагрузку на грунт. К недостаткам можно отнести относительно невысокие прочностные характеристики и образование на поверхности усадочных трещин.



**Рис. 5.19.** Конструкция внешней стены из газосиликатных блоков:

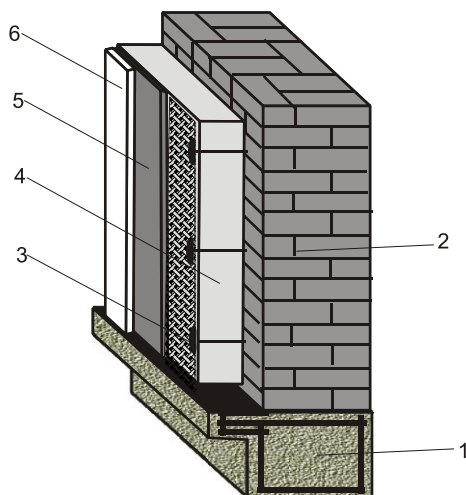
- 1 — монолитно-армирующий пояс; 2 — плита перекрытия;
- 3 — газосиликатный блок, в качестве кладочного раствора применяется монтажный клей; 4 — базальто-волокнистые связи, расход составляет 6—7 штук/м<sup>2</sup>; 5 — кладка из лицевого кирпича

<sup>1</sup> См. сайт поставщика — <http://www.str-sp.ru/>. — Прим. ред.



## Фасад "мокрого типа"

Конструкция "мокрого фасада" (рис. 5.20) удовлетворяет современным нормам по теплосбережению. Применение эффективной теплоизоляции позволяет уменьшить толщину стены, что уменьшает нагрузку на грунт. К недостаткам можно отнести ограниченный срок службы конструкции, нормативный срок эксплуатации фасадов мокрого типа до капитального ремонта составляет 25 лет.

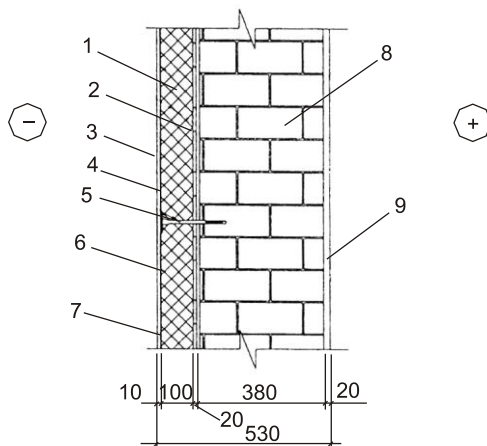


**Рис. 5.20.** Фасад "мокрого типа": 1 — монолитно-армированный пояс с устройством упора; 2 — полнотелый керамический кирпич, также это может быть силикатный кирпич; 3 — дюбели для крепления фасадной теплоизоляции, расход 6—7 штук/м<sup>2</sup>; 4 — теплоизоляционный слой 100—120 мм, в качестве которого можно применить минераловатные плиты или плиты из вспененного полистирола; 5 — слой армирующей шпаклевки с армирующей сеткой; 6 — декоративная штукатурка, клинкерная плитка, облицовочный камень

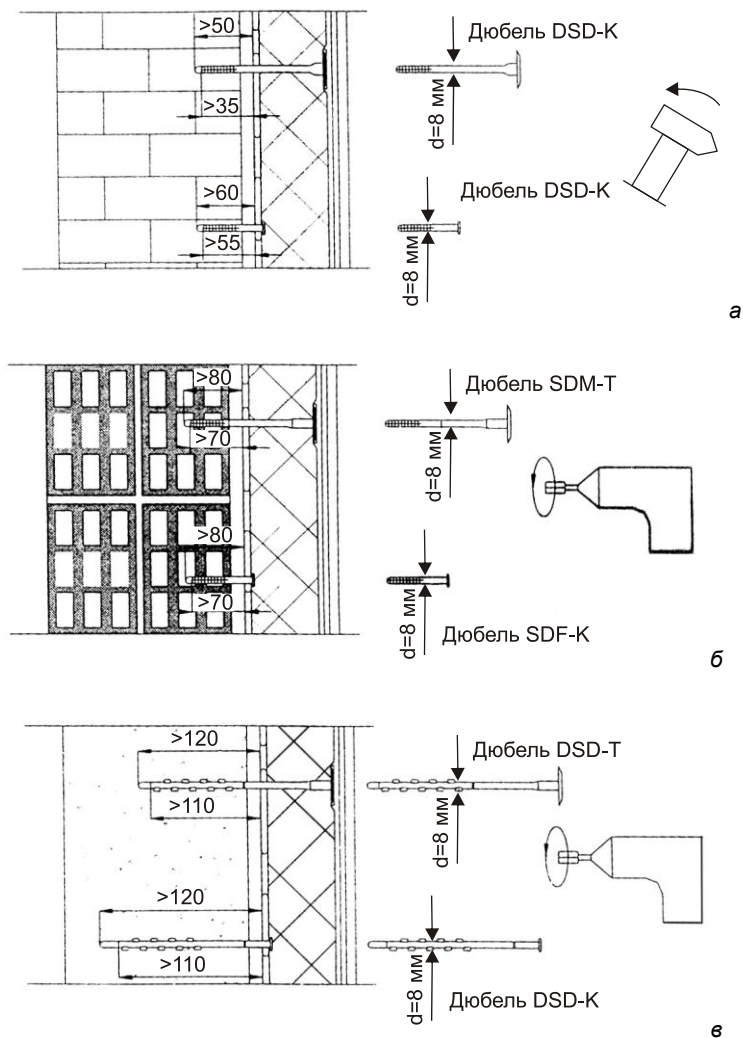
## Технология утепления каменных и кирпичных наружных стен

Технология крепления утеплителя к поверхности стен базируется на использовании полимерных распорных анкеров (рис. 5.21 и 5.22) или путем приклеивания синтетическими клеями или пастами (рис. 5.23—5.25).

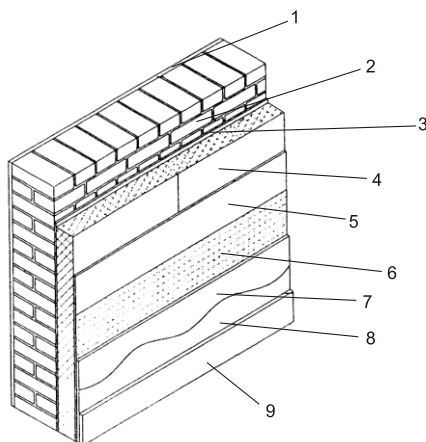
Технические характеристики теплоизоляционных материалов из пробки перечислены в табл. 5.7.



**Рис. 5.21.** Утепление стены кирпичной кладки с применением для системы плит PAROC FAS-4: 1 — PAROC FAS 4; 2 — клей; 3 — отделка; 4 — грунтовка; 5 — деталь крепления каменной ваты; 6 — выравнивающий слой армирования; 7 — сетка армирующая; 8 — кирпичная кладка; 9 — внутренняя штукатурка

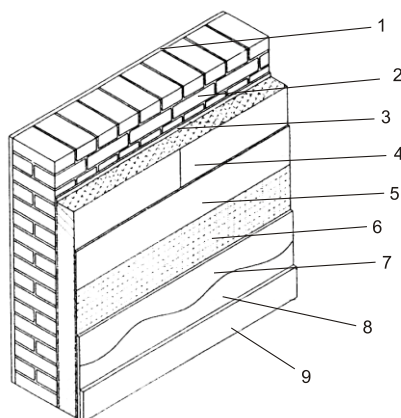


**Рис. 5.22.** Крепление дюбелями плит FACADE BATTS и FACADE SLAB: а — основание: полнотелый кирпич, бетон; б — основание: щелевой кирпич, керамзитобетон; в — основание: пено-, газобетон

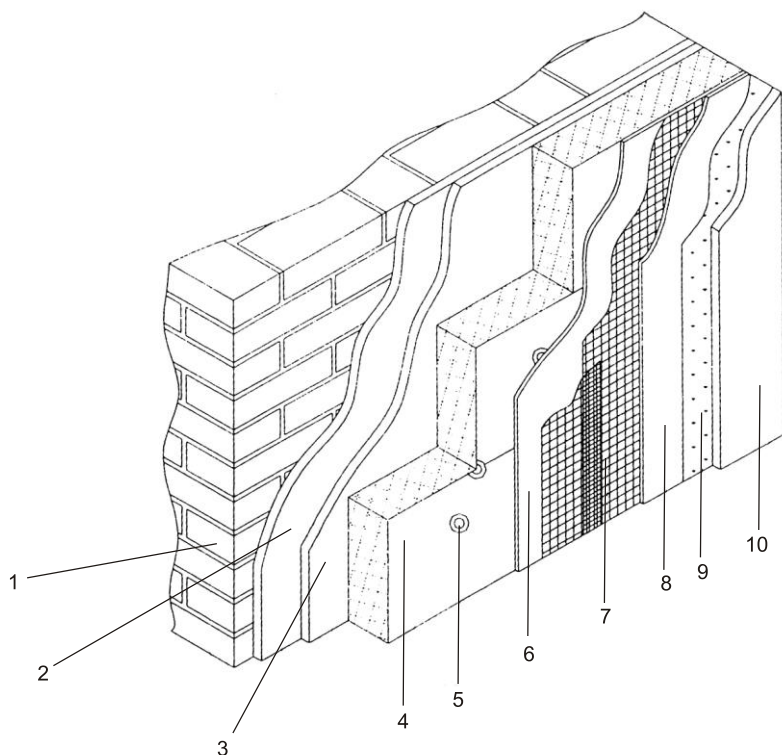


**Рис. 5.23.** Схема системы утепления Ceresit VWS:

- 1 — внутренняя штукатурка; 2 — наружная стена здания;  
 3 — раствор Ceresit CT 85 (ок.  $6 \text{ кг/м}^2$ ); 4 — пенополистирольные плиты;  
 5 — раствор Ceresit CT 85 (ок.  $3 \text{ кг/м}^2$ ); 6 — сетка из стекловолокна  
 (ок.  $1,1 \text{ кг/м}^2$ ); 7 — Ceresit CT 85 (ок.  $2 \text{ кг/м}^2$ ); 8 — грунтовка Ceresit CT 16  
 (ок.  $0,3 \text{ л/м}^2$ ); 9 — декоративная отделка Ceresit



**Рис. 5.24.** Схема системы утепления Ceresit WM: 1 — внутренняя штукатурка; 2 — наружная стена здания; 3 — раствор Ceresit CT 190 (ок.  $6 \text{ кг/м}^2$ ); 4 — плита из минераловатного утеплителя; 5 — раствор Ceresit CT 190 (ок.  $3 \text{ кг/м}^2$ ); 6 — сетка из стекловолокна (ок.  $1,1 \text{ кг/м}^2$ ); 7 — раствор Ceresit CT 190 (ок.  $2 \text{ кг/м}^2$ ); 8 — грунтовка Ceresit CT 16 (ок.  $0,3 \text{ л/м}^2$ ); 9 — декоративная отделка Ceresit



**Рис. 5.25.** Схема расположения слоев системы теплоизоляции:  
1 — наружная стена; 2 — существующая штукатурка, если она есть;  
3 — клеевой состав ROCKmortar; 4 — плита теплоизоляционная  
FACADE BATTS, FACADE SLAB или FACADE LAMELLA;  
5 — дюбель фасадный; 6 — клеевой состав ROCKmortar;  
7 — сетка из стекловолокна ROCKfiber, нахлест полотен 10 см;  
8 — клеевой состав ROCKmortar; 9 — праймерная грунтовка  
ROCKprimer; 10 — декоративная штукатурка ROCKdecor

Таблица 5.7. Технические характеристики теплоизоляционных материалов из пробки

Наименование	Фирма	Марка	Средняя плотность, $\text{кг/м}^3$	Теплопроводность, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Предел прочности, МПа		Размеры, мм		
					на сжатие	на изгиб	длина	ширина	Высота
Изоляционная пробковая плита	IPOCORK Пробковый дом	"Агломерат"	110	0,038	0,2	0,14	1000	500	25—50
Теплоизоляционный рулон	IPOCORK Пробковый дом	IPOCORK	150	0,040	—	—	10000	1000	2—10
Теплоизоляционная пробковая плита	Паладин	СОНК BOARD декоративный	95—130	0,035—0,049	—	—	1000	500	50
							1000	500	20
							100	500	10
							91,5	61	10

## Деревянные стены

Рубленые дома — это традиционные конструкции, в которых стены выполнены из массивной древесины. Экологические свойства дома высокие. Усадка стеновых элементов значительная из-за уменьшения влажности древесины стен и уплотнения прокладочного материала при эксплуатации. Возможности разнообразия архитектурных решений — на уровне традиционной народной архитектуры. Известно множество исторических построек: церкви, жилые дома, хозяйственные постройки, бани; некоторые из них эксплуатируются многие десятки и даже сотни лет, особенно на севере страны. Немало отреставрированных старых построек находится в составе музейных экспозиций.

Дома из пиленого бруса. Стены выполнены из пиленого бруса квадратной или прямоугольной формы с последующей декоративной наружной и внутренней обшивками. Влажность древесины не нормируется. В качестве прокладочного материала чаще всего используется льняная пакля. Коробление бруса при усушке ведет к увеличению межвенцовых зазоров, трещинообразованию на боковых поверхностях, деформациям всей постройки. Такие постройки применялись в дачном и даже в жилом строительстве.

Дома из строганной профилированной массивной древесины естественной влажности. Форма элементов цилиндрическая (у оцилиндрованных бревен) или близкая к прямоугольной (у профилированного бруса). Влажность стеновых элементов не нормируется. В заводских условиях обрабатывается как минимум — профиль, как максимум — все конструктивные элементы стенового материала — продольные пазы, чашки, торцевые поверхности, торцевые пазы, шкантовые отверстия, компенсационные пазы. Наличие торцевых пазов обеспечивает возможность установки столярных изделий без доработки проемов. Наличие компенсационных пазов уменьшает, но не исключает трещинообразование на боковых поверхностях. Экологические свойства домов высокие. Усадка элементов в стенах значительная, основная составляющая усадки — уменьшение размеров древесины стенового материала при высыхании. При резких изменениях

влажности, например, вследствие интенсивного высокотемпературного обогрева дома, наблюдается коробление и повышенное трещинообразование элементов в стенах.

Брусовые элементы в целом более подвержены послемотажным деформациям, чем оцилиндрованные. Антисептирование поверхностными покрытиями применяется некоторыми предприятиями как завершающая операция заводского техпроцесса изготовления стеновых элементов, при этом эффективность покрытия уменьшена из-за высокой влажности древесины в момент нанесения покрытия. Возможности разнообразия архитектурных решений выше, чем в технологии рубленых домов. Свойства домов в целом вызывают замечания заказчиков из-за трещин на боковых поверхностях стеновых элементов, увеличивающихся по мере высыхания древесины стенового материала, относительно высокой шероховатости внутренних поверхностей, крутильных деформаций стеновых элементов и, как следствие, большой межвенечной воздухопроницаемости, неодинаковой усадке наружных и внутренних стен.

Дома из строганой профилированной массивной древесины нормируемой влажности. Форма элементов — близкая к цилиндрической или прямоугольной (брусовой). Влажность стенового материала перед чистовой профильной обработкой — обычно  $22 \pm 2\%$ , что соответствует стандарту Финляндии SFS 4895. В заводских условиях выполняется обработка всех поверхностей стеновых элементов и антисептирование, эффективность которого достаточно высока. Применение защитной транспортной упаковки обязательно. В качестве прокладочного материала обычно применяется полипропиленовая лента. При монтаже применяют шпилечное стягивание стеновых элементов, а также регламентные работы в начальный период эксплуатации.

С середины 90-х годов финские фирмы и их дилеры предлагают очень сложные по форме профили стенового материала. Разнообразие архитектурных решений значительно превышает предложения по другим типам массивного стенового материала — но не из-за особенностей материала, а из-за большего опыта фирм, освоивших такую технологию. Свойства построек по срав-



нению с другими товарными предложениями из массивной древесины — наилучшие по всем показателям. При этом сохраняются, хотя и уменьшенные количественно, некоторые присущие срубам недостатки: усадка стен при эксплуатации, неодинаковые усадки наружных и внутренних стен, трещинообразование на боковых поверхностях.

Дома из профилированной клееной древесины. По форме профилей и основным технологическим операциям имеют незначительные отличия от домов из массивной древесины нормируемой влажности. При этом расположение и форма ламелей (отдельных элементов, образующих клееную брусковую заготовку для последующего профилирования) различаются у разных фирм-производителей. Чаще применяется вертикальное расположение клеевых швов. По уровню влажности и шероховатости боковых поверхностей стеновые элементы приближаются к мебели — то есть имеют влажность около 10%. Усадка стеновых элементов в стенах минимальна — в основном, из-за уплотнения прокладочного материала.

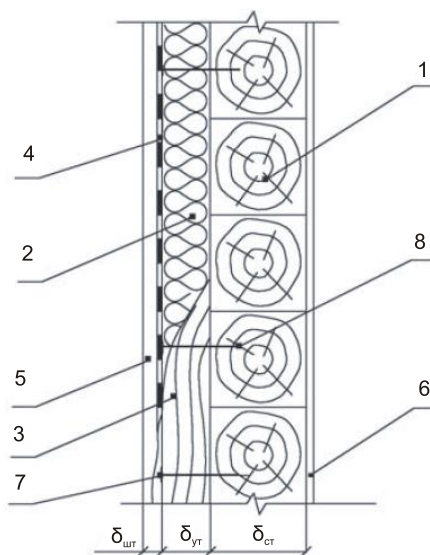
Трещинообразование на боковых поверхностях полностью отсутствует. Экологические свойства соизмеримы с постройками из массивной древесины нормируемой влажности. Антисептирование в заводских условиях, защитная упаковка, соблюдение высоких требований к условиям транспортирования и хранения — обязательные элементы технологии домов из клееной древесины. Использование таких технологий характерно для фирм с высокой культурой производства, при этом нередко одни и те же модели освоенных домов предлагаются фирмами как в исполнении из массивной древесины нормируемой влажности, так и из клееного стенового материала. Доля предложений домов со стенами из клееной древесины от общего числа предложений на рынке деревянных домов в ближайшие годы будет увеличиваться.

## **Утепление деревянных стен**

Надежная тепловая защита деревянных домов в малоэтажном и коттеджном строительстве, как при новом строительстве, так и при ремонте, может быть достигнута за счет применения эффек-

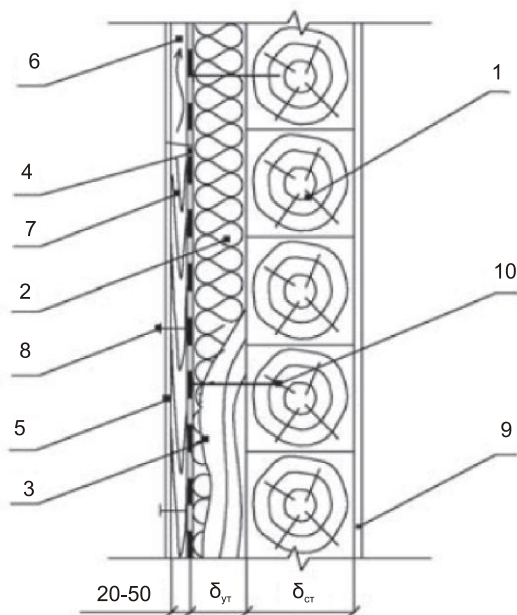
тивной тепловой изоляции ограждающих конструкций. На Российском рынке отлично зарекомендовала себя в этом качестве продукция фирмы ISOROC (<http://www.isoroc.ru>).

Утепление стен малоэтажных деревянных зданий может выполняться с помощью систем с оштукатуриванием фасадов, защитно-декоративными экранами с вентилируемым пространством, с облицовкой кирпичом и другими листовыми и плитными материалами. Варианты утепления наружных стен домов из бруса и бревна с помощью технологий и материалов ISOROC представлены на рис. 5.26—5.29.



**Рис. 5.26.** Утепление стены из бруса плитами ИЗОРОК в конструкции со штукатурным покрытием по несущей металлической сетке:

- 1 — стена из бруса; 2 — плиты ИЗОФАС-90; 3 — вертикальная стойка из бруса; 4 — металлическая сетка; 5 — штукатурное покрытие;
- 6 — внутренняя облицовка (гипсокартон, вагонка);
- 7 — крепление вертикальной стойки;
- 8 — дюбель или гвоздь с шайбой

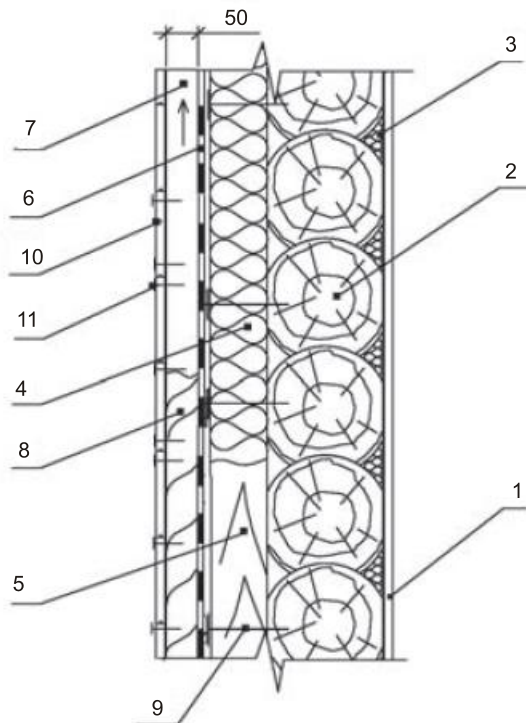


**Рис. 5.27.** Утепление стены из бруса плитами ИЗОРОК в конструкции с вентилируемым зазором и облицовкой листовым или плитным материалом: 1 — стена из бруса; 2 — плиты ИЗОБЕНТ<sup>1</sup>;

3 — вертикальная стойка из бруса; 4 — супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL HI<sup>2</sup>; 5 — облицовка; 6 — вентилируемый зазор; 7 — вертикальная деревянная планка; 8 — крепежный элемент (винт, шуруп и т. п.); 9 — внутренняя облицовка (гипсокартон, вагонка и т. д.); 10 — дюбель или гвоздь с шайбой

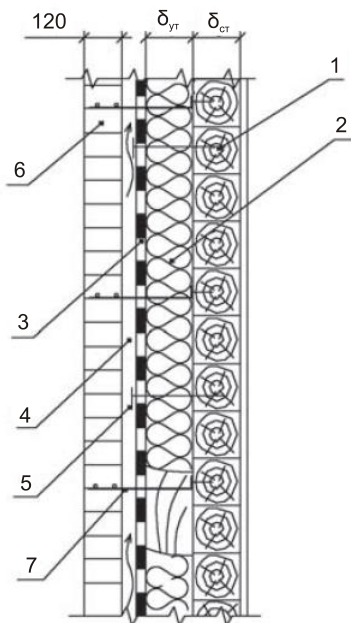
<sup>1</sup> Описание продукции см. здесь: <http://www.isoroc.ru/isovent.htm>. — Прим. ред.

<sup>2</sup> ISOROC FOIL-HI, -LHI — трехслойная высокопаропроницаемая мембрана для применения в строительстве в качестве гидро-, ветрозащиты в скатных утепленных крышах, вентилируемых фасадах. Мембрана обладает высокой устойчивостью к ультрафиолетовому излучению. Совместное применение мембраны с утеплителями Изорок значительно повышает теплозащитные свойства и долговечность конструкций. См. <http://success-pnz.ru/insulation/isoroc/izoroc-foil>. — Прим. ред.



**Рис. 5.28.** Утепление стены из бревен плитами ИЗОРОК в один слой по деревянному каркасу с облицовкой листовым или плитным материалом в конструкции с вентилируемым зазором: 1— внутренняя отделка; 2— стена из бревен; 3— уплотнитель — плиты ИЗОЛАЙТ<sup>1</sup>; 4— плиты ИЗОБЕНТ; 5— деревянный каркас из брусков; 6— супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL HI; 7— вентилируемый зазор; 8— вертикальная деревянная планка; 9— дюбель или гвоздь с шайбой; 10— внешняя отделка; 11— крепежный элемент (винт, шуруп)

<sup>1</sup> Описание продукции см. на сайте производителя — <http://www.isoroc.ru/isolight.htm>. — Прим. ред.



**Рис. 5.29.** Утепление стены из бруса плитами ИЗОРОК в один слой с облицовкой кирпичом в конструкции с вентилируемым зазором:

- 1 — стена из бруса; 2 — плиты ИЗОЛАЙТ, ИЗОВЕНТ;
- 3 — супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL HI;
- 4 — вентилируемый зазор; 5 — крепление плит ИЗОРОК;
- 6 — кирпичная облицовка; 7 — крепление облицовки

В качестве тепловой изоляции в конструкции утепления с толстослойным штукатурным покрытием по несущей металлической сетке и с креплением подвижными анкерами для стен из бруса или бревен рекомендуется применять плиты "Isover" из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем марки OL-E, OL-A или URSA марок П-75 или П-85; плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем "ТЕРМОМОНОЛИТ", "ТЕРМОВЕНТ", "ПЛАСТЕР БАТТС", "Polterm 80". В сельском и дачном строительстве может быть применена конструкция утепления из легких плит с применением штукатурного покрытия по несущей металлической сетке (см. рис. 5.26). При применении

данной конструкции к стене из бруса крепятся вертикальные стойки с шагом, кратным ширине плиты, на которые затем устанавливается металлический или деревянный каркас.

При реконструкции существующих домов или новом строительстве нередко применяют комбинированные стены с наружным слоем из керамического кирпича и внутренним — из бруса. Подобные конструкции позволяют использовать как преимущества кирпича (огне- и атмосферостойкость, ударную прочность), так и положительные свойства древесины (большую теплоемкость, прочность на изгиб, экологическую чистоту). Несущими элементами конструкции могут быть деревянный сруб (при кладке в половину кирпича) или сруб и кирпичная кладка.

На металлическую сетку наносится штукатурный слой толщиной 15—20 мм. Поскольку нагрузка от штукатурного слоя не передается на утеплитель, могут быть использованы плиты "Isover" марки OL-E, KL-E, KL-A, KL или URSA марок П-20(Г) — П-45(Г), плиты "ТЕРМОЛАЙТ", "ТЕРМОЛАЙТ+", "ТЕРМОСТЕНА" или "ТЕРМОСТЕНА+".

Если для утепления дома применяется система жесткого крепления теплоизоляционных плит прочностью на отрыв слоев 0,012—0,015 МПа и тонкослойная штукатурка, то используются плиты "Isover" марки "Fasoterm PF" или плиты "ТЕРМОФАСАД", "ФАСАД БАТТС" или "Изофас" (ЗАО "Изорок"). Такую конструкцию рекомендуется применять в качестве противопожарной защиты стен дома. Штукатурное покрытие армируется одним или двумя слоями сетки из алюмоборосиликатного стекла марки Е с пропиткой полимерными составами, устойчивыми к воздействию щелочей (см. рис. 5.27).

В качестве тепловой изоляции в конструкции с вентилируемым зазором шириной 40—60 мм с облицовкой кирпичом, металлическим или виниловым сайдингом или другими материалами для стен из бруса или бревен рекомендуется применять кашированные стеклохолстом плиты "Isover" марок RKL, RKL-A, OL-E или OL-A или двухслойную изоляцию из плит марок KL-E, KL-A, KL или матов КТ с наружным слоем из ветрозащитных теплоизоляционных плит марок RKL-A, RKL-EJ или RKL, плиты URSA марок П-20(Г)С, П-30(Г)С. Могут применяться плиты

из минеральной ваты "Isover" марки "Ventiterm Plus" или "Ventiterm", "ТЕРМОВЕНТ", "ВЕНТИ БАТТС".

Рекомендуется использовать паропроницаемые пленки "Изоспан А", "Ютафол-Д" или "Тайвек". Возможно применение стеклотканей или стеклосеток. Применение паронепроницаемых материалов (например, рубероид или полиэтиленовая пленка) не допускается.

Для вентиляции воздушной прослойки устраивают специальные продухи в нижней и верхней частях стены. Площадь вентиляционных отверстий принимается из расчета  $75 \text{ см}^2$  на каждые  $20 \text{ м}^2$  поверхности стены.

При облицовке кирпичом для организации вентиляционных отверстий можно использовать пустотный кирпич, положенный на ребро таким образом, чтобы воздушная прослойка сообщалась с наружным воздухом, или не все вертикальные швы в нижнем ряду кладки заполнять цементным раствором.

В конструкциях с вентилируемым воздушным зазором плиты устанавливаются между стойками деревянного или металлического каркаса. При двухслойной изоляции каркас может состоять из горизонтальных планок и вертикальных стоек. Выбор расположения определяется видом применяемого защитно-декоративного покрытия. Если, например, сайдинг устанавливается горизонтально, то наружный каркас для крепления облицовки выполняется из горизонтальных стоек, к которым затем устанавливаются дистанционирующие вертикальные элементы (обрешетка), к которым крепится облицовка. При этом внутренний слой теплоизоляционный укладывается между вертикальными брусками (стойками). Наружный слой может устанавливаться между горизонтальными планками. В качестве элементов каркаса чаще всего используют бруски  $50 \times 50$ ,  $45 \times 50$ ,  $30 \times 50$  мм.

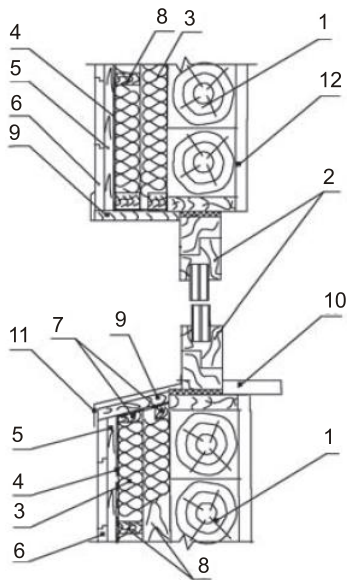
Плиты утеплителя при изоляции вертикальных поверхностей при двухслойной (и более слоев) изоляции должны устанавливаться с перекрытием швов.

Ветрозащитный слой крепится рейками или дистанционирующими планками, создающими вентилируемый зазор.

Сверху конструкция закрывается облицовкой, например сайдингом, вагонкой или кирпичом.

При облицовке кирпичом крепление облицовки может производиться с помощью металлических уголков (кронштейнов), на которые укладывается сварная металлическая армирующая сетка или прутки и закрепляются в кладке.

При применении конструкции с неветилируемым зазором при облицовке кирпичом необходимо предусмотреть систему отвода конденсата.



**Рис. 5.30.** Примыкание утепления из плит ИЗОРОК к оконному проему с отделкой обшивочной доской. Изоляция в два слоя

При утеплении стен деревянных зданий оконные проемы отделяются досками или дополнительными облицовочными элементами при установке защитного покрытия типа сайдинг. По низу оконной коробки устанавливается слив из оцинкованной стали (рис. 5.30), где:

1. Стена из бруса
2. Оконная коробка
3. Плиты ИЗОВЕНТ



4. Супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL HI
5. Вертикальная деревянная планка
6. Обшивочные доски, вагонка, сайдинг
7. Деревянные бруски
8. Деревянный каркас
9. Отделка окна
10. Подоконник
11. Оконный отлив (оцинкованная сталь)
12. Внутренняя обшивка (гипсокартон)

При изоляции дачных домов, а также в сельском строительстве при утеплении построек из бруса для крепления изоляции и облицовки наряду с дюбелями и анкерами могут использоваться гвозди с плоской шляпкой большого диаметра или обычные, но с шайбами из подручного материала.

## **Каркасные стены**

До недавнего времени бескаркасная система являлась основной в массовом жилищном строительстве домов различной этажности. Но в условиях сегодняшнего рынка, когда сокращение материалоемкости стеновых конструкций при одновременном обеспечении необходимых показателей теплозащиты является одним из самых актуальных вопросов строительства, все большее распространение получает каркасная система возведения зданий.

Каркасные конструкции обладают высокой несущей способностью, малым весом, что позволяет возводить здания разного назначения и различной этажности с применением в качестве ограждающих конструкций широкого спектра материалов: более легких, менее прочных, но в то же время обеспечивающих основные требования по теплозащите, звуко- и шумоизоляции, огнестойкости. Это могут быть штучные материалы или панели (например, металлические панели типа "сэндвич") или же навесные многослойные панели.

Наружные стены каркасных зданий посредством закладных деталей крепятся к несущим элементам каркаса или опираются на кромки перекрытий. Крепление может осуществляться и посредством специальных кронштейнов, закрепляемых на каркасе.

С точки зрения архитектурной планировки и назначения здания, наиболее перспективным является вариант каркаса со свободной планировкой — перекрытия на несущих колоннах. Здания такого типа позволяют отказаться от типовой планировки квартир, в то время как в зданиях с поперечными или продольными несущими стенами это сделать практически невозможно.

Хорошо зарекомендовали себя каркасные дома и в сейсмически опасных районах.

Для возведения каркаса используются металл, дерево, железобетон, причем железобетонный каркас может быть как монолитным, так и сборным. На сегодняшний день наиболее часто используется жесткий монолитный каркас с заполнением эффективными стеновыми материалами.

Все большее применение находят легкие каркасные металлоконструкции. Возведение здания осуществляется из отдельных конструктивных элементов на строительной площадке либо из модулей, монтаж которых производится на строплоплощадке.

Данная технология имеет несколько достоинств. Во-первых — это быстрое возведение. Во-вторых — возможность формирования больших пролетов. И наконец — легкость конструкции, уменьшающая нагрузку на фундамент. Это позволяет, в частности, устраивать мансардные этажи без усиления фундамента.

Особое место среди металлических каркасных систем занимают системы из термоэлементов (стальных профилей с перфорированными стенками, прерывающими "тепловые мостики"). Подобную систему представляет на российском рынке фирма "RANNILA" (Финляндия).

Наряду с железобетонными и металлическими каркасами давно и хорошо известны деревянные каркасные дома, в которых несущим элементом является деревянный каркас из цельной или клееной древесины. По сравнению с рублеными деревянные каркасные конструкции отличаются большей экономичностью (меньше расход древесины) и минимальной подверженностью усадке.

Несколько особняком стоит еще один способ современного возведения стеновых конструкций — технология с применением

несъемных опалубок. Специфика рассматриваемых систем заключается в том, что сами элементы несъемной опалубки не являются несущими элементами конструкции. В процессе строительства сооружения, путем установки арматуры и заливки бетоном, создается жесткий железобетонный каркас, удовлетворяющий требованиям по прочности и устойчивости.

### Комплексные системы стен (перегородок)

Стены (перегородки), изготовленные по технологии "сухого строительства", представлены на рис. 5.31.

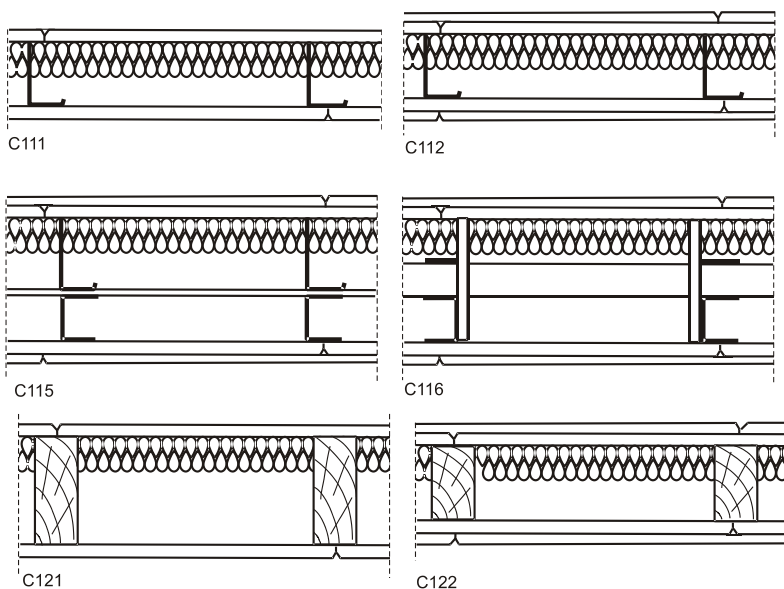


Рис. 5.31. Каркасные конструкции стен

#### Стена с металлическим каркасом (C111)

Конструкция — одинарный металлический каркас, обшитый одним слоем гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 5 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 25 кг.

**Стена с металлическим каркасом (С112)**

Конструкция — одинарный металлический каркас, обшитый двумя слоями гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 6,5 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 49 кг.

**Стена с металлическим каркасом (С115)**

Конструкция — двойной металлический каркас, обшитый двумя слоями гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 6,5 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 50 кг.

**Стена с металлическим каркасом (С116)**

Конструкция — двойной металлический каркас, с пространством для пропуска коммуникаций, обшитый двумя слоями гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 4,5 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 52 кг.

**Стена с деревянным каркасом (С121)**

Конструкция — одинарный деревянный каркас, обшитый одним слоем гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 4,1 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 30 кг.

**Стена с деревянным каркасом (С122)**

Конструкция — одинарный деревянный каркас, обшитый двумя слоями гипсовых панелей с обеих сторон. Высота стены — до 4,1 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 50 кг.

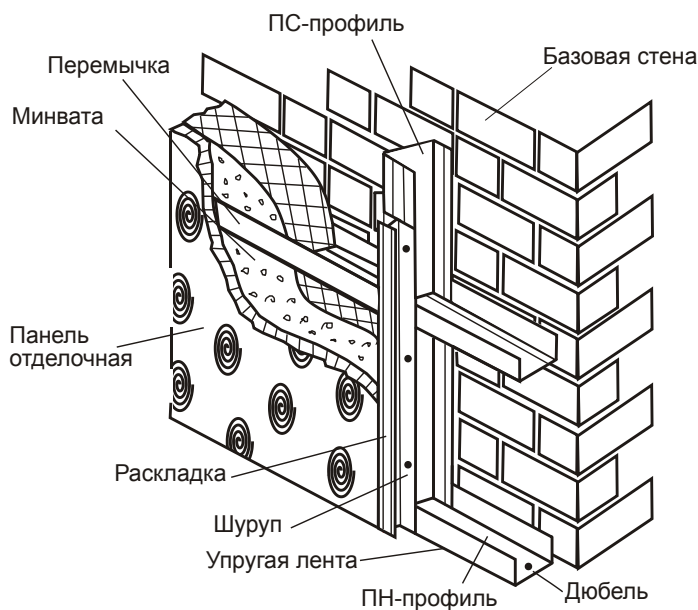
Стены (облицовочные) с панелями отделочными гипсокартонными (ПОГ) по технологии "сухого строительства" представлены на рис. 5.32 и 5.33.

**Стена с металлическим каркасом (С511)**

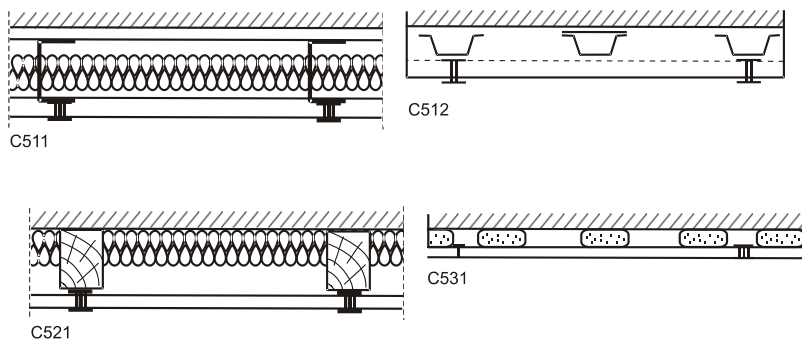
Конструкция из панелей отделочных гипсокартонных, закрепленных на металлическом каркасе при помощи раскладки. Высота стены — до 3 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — около 12 кг.

**Стена с каркасом из профиля ПП-1 (С512)**

Конструкция из панелей отделочных гипсокартонных, закрепленных на металлическом каркасе из профиля ПП-1 при помощи раскладки. Высота стены — до 3 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — около 12 кг.



**Рис. 5.32.** Стена с ПОГ по технологии "сухого строительства"



**Рис. 5.33.** Каркасные конструкции ПОГ

### Стена с деревянным каркасом (C521)

Конструкция из панелей отделочных гипсокартонных, закрепленных на деревянном каркасе при помощи раскладки. Высота стены — до 3 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — около 15 кг.

### Стена без каркаса (C531)

Конструкция из панелей отделочных гипсокартонных, закрепленных на базовой стене при помощи клея. Высота стены — до 3 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — около 9 кг.

Стены с облицовкой по технологии "сухого строительства" представлены на рис. 5.34.

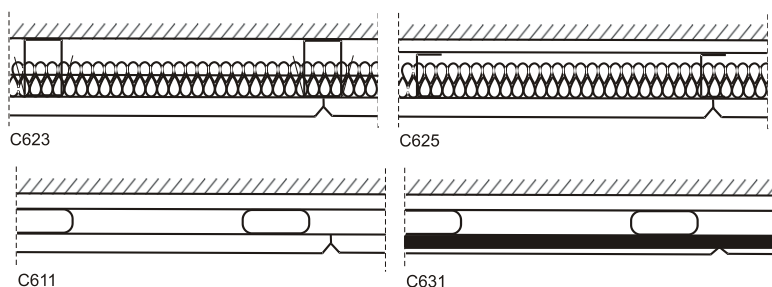


Рис. 5.34. Конструкции стен с облицовкой

### Стена с металлическим каркасом (C623)

Конструкция — металлический каркас, усиленный креплением к основной стене и обшитый одним слоем гипсовых панелей. Высота стены\* — до 10 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 15 кг.

### Стена с металлическим каркасом (C625)

Конструкция — металлический каркас, обшитый одним слоем гипсовых панелей. Высота стены\* — до 4 м. Масса 1 м<sup>2</sup> стены — 16 кг.

\* Высота стены может отличаться от указанных значений и зависит от размеров поперечного сечения используемых стоечных профилей и расстояния между ними в каркасе стены.

### Стена с ГКЛ (сухая штукатурка) (С611)

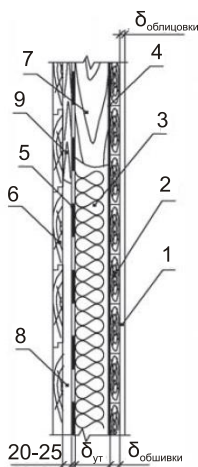
Крепление гипсокартонного листа к базовой стене осуществляется при помощи клея. Высота стены определяется высотой гипсокартонного листа. Масса  $1 \text{ м}^2$  стены —  $11,5 \text{ кг}$ .

### Стена с комбинированной панелью (ГКП) (С631)

Комбинированная панель (гипсовый лист с изоляционным материалом (пенополистиролом)) закрепляется на базовой стене при помощи клея. Высота стены определяется высотой комбинированной панели. Масса  $1 \text{ м}^2$  стены —  $11,5 \text{ кг}$ .

Вариант с утеплением каркасной стены с теплоизоляционным слоем из плит ИЗОРОК в качестве среднего слоя каркасной конструкции представлен на рис. 5.35, где:

1. Внутренняя обшивка (гипсокартон, вагонка)
2. Внутренняя обшивка (обрешетка) из досок толщиной  $20\text{—}30 \text{ мм}$
3. Плиты ИЗОВЕНТ, ИЗОЛАЙТ (ИЗОЛАЙТ-Л)
4. Пароизоляционная мембрана ISOROC FOIL-VB



**Рис. 5.35.** Утепление каркасной стены с теплоизоляционным слоем из плит ИЗОРОК в качестве среднего слоя каркасной конструкции

5. Супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL-HI
6. Наружная стена из шпунтованной доски
7. Вертикальные стойки каркаса
8. Воздушный зазор
9. Обрешетка

## **Заключение**

В данной главе мы рассмотрели наиболее важные аспекты возведения энергоэкономичных стен малоэтажных домов, уделив основное внимание конструкциям стен, наиболее популярных в малоэтажном и коттеджном строительстве. В следующей главе мы перейдем к рассмотрению не менее ответственного вопроса — выбору конструкции кровли, ее конструкции и популярным энергосберегающим решениям в этой области.



# Глава 6

## Крыши

Крыша (покрытие) — это верхняя ограждающая конструкция здания, одновременно выполняющая несущие, гидроизолирующие, а при бесчердачных (совмещенных) крышах и теплых чердаках, еще и теплоизолирующие функции.

Кровля — это верхний элемент крыши (покрытия), предохраняющий здание от проникновения атмосферных осадков.

Основание под кровлю:

- в кровлях из рулонных и мастичных материалов — это поверхность теплоизоляции, несущих плит, стяжек, по которым укладывают слои водоизоляционного ковра;
- в кровлях из шифера<sup>1</sup> — это опоры для закрепления листов (прогоны или обрешетка);
- в кровлях из металлического профилированного листа — прогоны;
- в кровлях из листовой стали, меди, черепицы, металлочерепицы и мягкой черепицы — обрешетка.

Чердак — это пространство между поверхностью покрытия (крыши), наружными стенами и перекрытием верхнего этажа.

---

<sup>1</sup> Шифер — изначально так назывался строительный материал, представляющий собой плиты небольших размеров, изготовленные из глинистых сланцев. В современном строительстве шифер изготавливается из листового асбестоцемента. В основном изготавливаются волнистый профилированный (ГОСТ 30340-95) и плоский виды, которые применяются не только как материал для покрытия крыш, но и для отделочных работ. Асбестоцементный шифер запрещен в странах ЕС из-за того, что входящий в его состав амфиболовый асбест является канцерогеном. Но в России в производстве используется хризотилловый асбест, который некоторые специалисты считают вполне приемлемым для использования продуктом, так как потребитель не контактирует непосредственно с материалом.

Он надежно защищает дом от холода, обеспечивает вентиляцию и проветривание конструктивных элементов крыши. С конструктивной точки зрения, чердак значительно повышает надежность и долговечность крыши, но зато увеличивает стоимость здания по сравнению с домом, имеющим мансарду.

Этаж мансардный (мансарда) — этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной или ломаной крыши, при этом линия пересечения плоскости крыши и фасада должна быть на высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа. Внутреннее пространство дома при этом используется максимально, отчего стоимость здания существенно уменьшается.

В зависимости от уклона, крыши условно делят на плоские и скатные. Абсолютно плоских крыш не бывает, так как для выполнения своей основной функции крыша обязательно должна иметь уклон (как правило, не менее 3%). Под скатными крышами подразумевают крыши с большими уклонами (более 15—20%), подкровельное пространство которых может использоваться как чердак или мансарда.

Формы крыши и ее основные элементы перечислены в табл. 6.1.

**Таблица 6.1. Формы и основные элементы крыши**

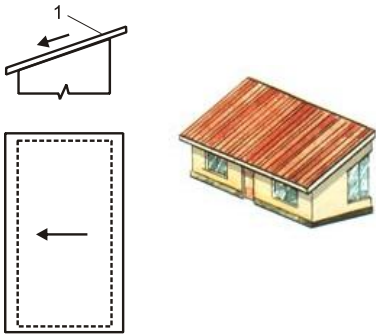
Форма крыши	Иллюстрация	Описание
Однокатная		<p>Чаще всего используется на вспомогательных зданиях (например, гаражах) и сооружениях простой конструкции, производственных или складских корпусах. Скат крыши, как правило, обращают к наветренной стороне, защищая тем самым здание от ветра, дождя и снега</p>

Таблица 6.1 (продолжение)

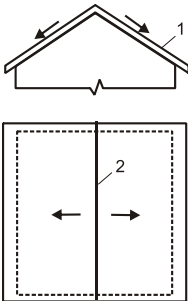

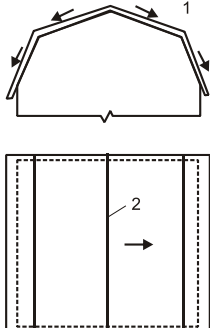

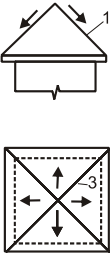
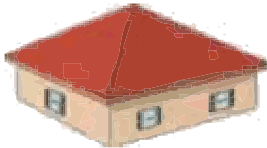
Форма крыши	Иллюстрация	Описание
Двускатная	 	<p>Самая распространенная конструкция, которая называется еще щипцовой крышей. Она состоит из двух скатов, направленных в противоположные стороны. Треугольные торцовые стены, образующиеся при этой форме, называются щипцами или фронтонами</p>
Мансардная	 	<p>В случае мансардной крыши, для увеличения объема мансарды, часто выполняют скаты различных уклонов: нижние — более крутые и верхние — более пологие</p>
Шатровая	 	<p>Применяется в основном только для зданий с квадратным или многоугольным планом. Все скаты такой крыши, имеющие вид равнобедренных треугольников, сходятся в одной точке. Определяющим элементом в такой крыше является симметричность</p>

Таблица 6.1 (продолжение)

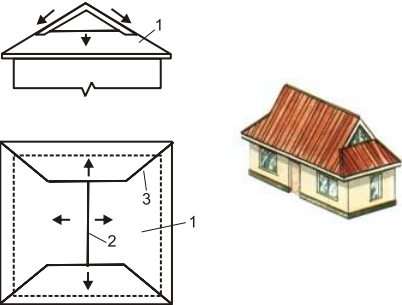
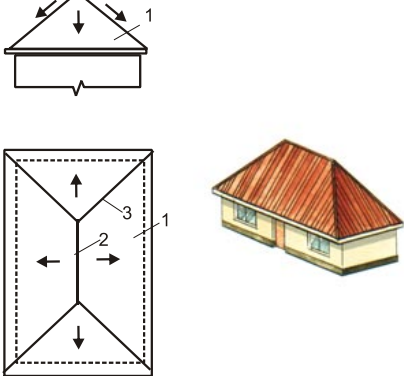
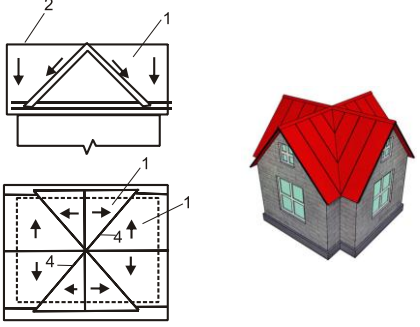
Форма крыши	Иллюстрация	Описание
Полувальмовая		<p>Иногда четырехскатные кровли выполняются в виде полувальмовых крыш. В этом случае боковые скаты (полувальмы) срезаются и имеют по линии уклона меньшую длину, чем основные скаты. Полувальмовые крыши применяют там, где существует необходимость защиты фронтонов от неблагоприятных внешних воздействий</p>
Вальмовая		<p>Одним из самых древних типов является вальмовая крыша. Она четырехскатная: два ската представляют собой трапеции, а два других, со стороны торцовых стен — треугольники (они называются вальмами). Характерные черты вальмовой крыши акцентируются наличием слуховых окон. Четырехскатные крыши, в отличие от двускатных, на первый взгляд кажутся более простыми, так как не требуют устройства щипцовых стен, однако их стропильная система гораздо более сложная</p>

Таблица 6.1 (окончание)

Форма крыши	Иллюстрация	Описание
Многощипцовая		<p>Многощипцовую крышу устраивают на домах со сложной многоугольной формой плана. Такие крыши имеют большее количество ендов и ребер, что требует высокой квалификации при выполнении кровельных работ</p>

Обозначения: 1 — скат крыши, 2 — конек, 3 — ребро, 4 — ендова

## Вопросы проектирования крыш

От качества и надежности крыши непосредственно зависит срок службы всего здания. Проектирование кровли по праву считается одним из ключевых этапов подготовки строительства здания. При проектировании кровли всегда учитывается дизайн всего здания целиком и его архитектурные особенности (в частности, очертание дома в плане). Наряду с архитектурным замыслом, на выбор формы крыши влияет еще множество факторов, в том числе: климат, характер и количество осадков, летние и зимние температуры, перепады температур, интенсивность солнечного освещения, сила ветра, а также характер несущих конструкций всего здания, вентиляционные устройства, находящиеся в его подкровельном пространстве. Очевидно, что усложнение формы крыши приводит не только к усложнению ее конструкции, но и существенному увеличению расхода материалов. К тому же, чем сложнее крыша, тем больше в ней переломов — ендов (сочленений двух скатов крыши, образующих входящий угол). Ендовы, как правило, являются накопителями снега, что приводит к увеличению нагрузки на несущие элементы крыши.

После того как будет выбрана форма крыши, выбираются уклон, кровельный материал, способ его укладки и многое другое, а затем выполняется рабочее проектирование кровли.

Самыми надежными формами крыш всегда были и будут простые конструкции: вальмовые, мансардные, одно- и двускатные (см. табл. 6.1). Главная характеристика покатой (скатной) крыши — это ее угол наклона. Уклон скатов крыши может обозначаться:

- в градусах;
- тангенсом угла наклона, т. е. отношением подъема ската крыши  $h$  к его основанию (эта величина выражается в простых или десятичных дробях);
- отношением  $h/l = h/2a$  подъема ската к пролету крыши (для симметричных двускатных крыш);
- в процентах (для крыш с небольшим уклоном).

Подбор правильного угла уклона скатов крыши является важнейшим конструкторским заданием. Обычно угол наклона кровли изменяется в пределах от  $11^\circ$  до  $45^\circ$ , но бывают и исключения. Увеличение угла наклона уменьшает снеговую нагрузку, при максимальном наклоне в  $45^\circ$  снеговая нагрузка фактически сводится к нулю. С другой стороны, чем больше угол наклона, тем выше ветровая нагрузка, что приводит к необходимости применения более прочных, а значит, и более дорогих обрешеток и стропил. Таким образом, в малоснежных районах применяются крыши с небольшим углом наклона и большим свесом, а в районах с обильными осадками — крутые крыши с небольшим свесом. В районах с сильными ветрами крышу, как правило, делают более пологой, чтобы уменьшить ее парусность. Также угол влияет и на количество кровельного материала: чем больше угол наклона, тем дороже обойдется кровля. Следует помнить, что кровельные материалы полностью зависимы от угла наклона. Именно он влияет на выбор материала крыши и определяет его необходимое количество. Минимальные уклоны скатов крыш для различных видов кровельного покрытия приведены в табл. 6.2, в табл. 6.3 перечислены рекомендуемые уклоны скатов крыш для различных видов кровельного покрытия, а на рис. 6.1 представлен график-номограмма для выбора кровельного материала в зависимости от уклона крыши.

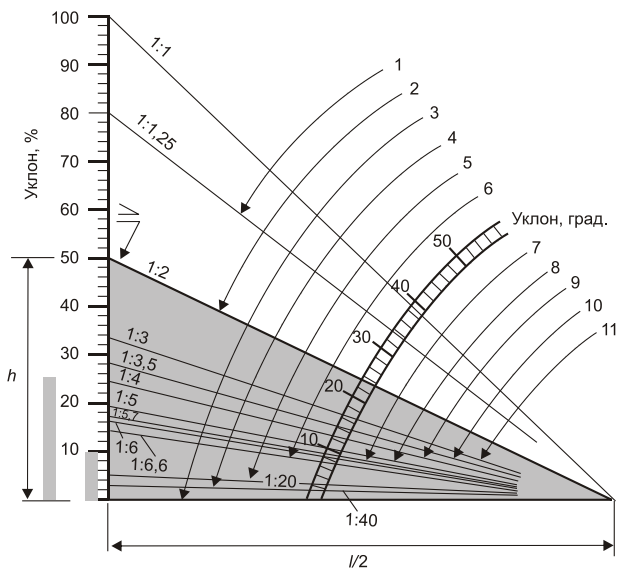
**Таблица 6.2. Минимальные уклоны скатов крыш для различных видов кровельного покрытия**

Вид кровельного покрытия	Угол наклона, град
Из рулонных материалов	
Двухслойные	15
Трехслойные без защитного слоя гравия	5
Трехслойные с защитным слоем гравия	25
Из волокнистых асбестоцементных листов	
Обыкновенного профиля	30
Унифицированного и усиленного профиля	25
Из черепицы	35

**Таблица 6.3. Рекомендуемые уклоны скатов крыш для различных видов кровельного покрытия**

Вид кровельного покрытия	Угол наклона, град	Уклон по соотношению высоты к основанию
Стальные листы	15—30	1:4—1:2
Асбестоцементные листы	30—45	1:2—1:1
Черепица	45—60	1:1—2:1
Рулонные (без гравия)	3—15	1:2,5—1:4
Деревянные	30—35	1:2—1:1,5

Если конструкции дома надежны (обрешетка, фундаменты и так далее) и могут выдержать дополнительную нагрузку, то застройщик имеет возможность использовать для покрытия своего дома асбоцементную, керамическую или песчано-цементную черепицу. Такое покрытие обладает хорошими качествами, отличается невысокой стоимостью, но при этом имеет значительный вес. Кроме того, его цветовая гамма придает дому индивидуальные черты.



**Рис. 6.1.** График для выбора кровельного материала в зависимости от уклона крыши: 1 — стружка, щепа, гонт<sup>1</sup>; 2 — черепица, асбестоцементные листы; 3 — рулонные материалы четырехслойных кровель с защитным слоем гравия, втопленного в горячую мастику, и лотки ендов таких же кровель; 4 — рулонные материалы четырехслойных кровель с защитным слоем гравия, втопленного в горячую мастику; 5 — рулонные материалы трехслойных кровель без защитного слоя; 6 — рулонные материалы, наклеиваемые на горячих и холодных мастиках двухскатных кровель; 7 — волнистые асбестоцементные листы унифицированного профиля; 8 — черепица; 9 — асбестоцементные листы усиленного профиля; 10 — листовая сталь; 11 — асбестоцементные листы обыкновенного профиля;  $h$  — высота конька;  $I$  — заложение;  $I/2$  — расстояние по горизонтали (проекция) от конька до карниза свеса

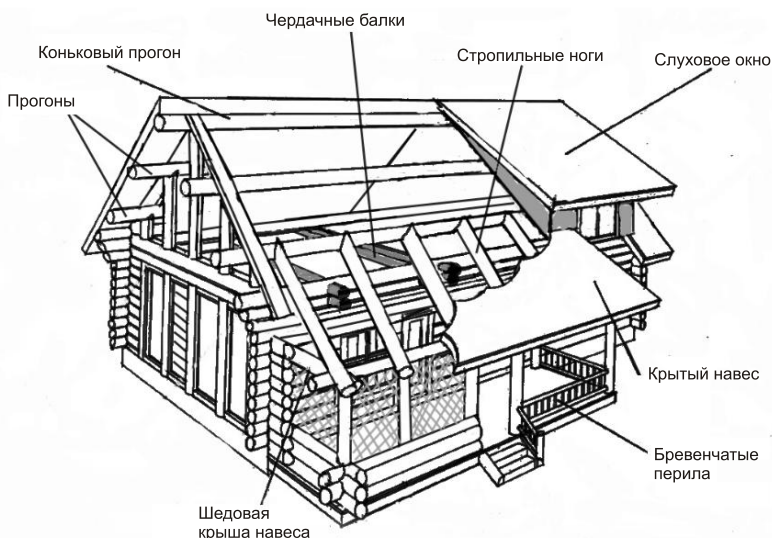
<sup>1</sup> Кровельные материалы из натурального дерева носят несколько названий: дранка, шиндель или гонт. По сути это — деревянная черепица, которая имеет ряд преимуществ перед другими кровельными материалами. И первое из них — это экологичность. Дерево, из которого изготавливается деревянная кровля, не подвергают никакой обработке, кроме механической. Кровля, изготовленная из натурального дерева, обладает великолепной тепло- и звукоизоляцией. С такой крышей будет проще поддерживать в помещениях тепловой режим, а посторонние звуки не будут беспокоить жильцов. Если сравнивать гонт с шифером, то преимущество по экологичности будет, несомненно, за первым кровельным материалом. Кровля из натурального дерева, изготовленная и смонтированная с полным соблюдением технологии, прослужит более 50 лет. Подробнее см. <http://www.gonte.ru>.



Как правило, частные дома имеют двускатную крышу с различным уклоном. Для ее покрытия нужен материал, обладающий определенными качествами. Материалом могут служить стальные оцинкованные листы, керамическая, цементная и металлическая черепица, плоские и волнистые асбестоцементные плиты. Чем плотнее материал и герметичней его сопряжения, тем меньше может быть уклон крыши и наоборот. Скатные крыши проектируют, как правило, с водоотводом по оцинкованным стальным настенным или навесным желобам и водосточным трубам.

## Скатные крыши

Конструкция современной скатной крыши не сильно отличается от традиционной. Кратко рассмотрим ее в самом общем виде. Например, на рис. рис. 6.2 показана типичная, традиционная конструкция двускатной крыши с деревянной стропильной конструкцией.



**Рис. 6.2.** Конструктивные элементы скатной крыши

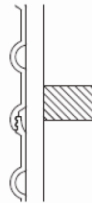
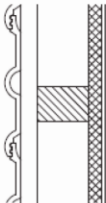
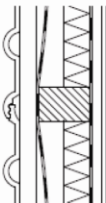
Дома со скатной крышей — это здания с кровлей, имеющей угол наклона более  $15^\circ$ . Они составляют большинство строящихся домов частного сектора. Здесь угол наклона ската крыш на отдельных участках может порой достигать даже  $90^\circ$ , иными словами, даже вертикальная поверхность крыши входит как часть в категорию "скатная крыша".

Скатная крыша, как правило, состоит из двух частей. Одна — это несущая конструкция, задачей которой является поддержка кровли. Материал кровли и вид кровельного покрытия также в значительной мере определяют угол наклона стропильной конструкции и плоскости крыши. Но обычно выбор формы стропильной конструкции определяется по иным соображениям — либо функциональным, либо связанным с выбором формы. После этого и в соответствии с этим заказывается тот способ решения кровельных работ, который соответствует данной ситуации с углом наклона ската. Так что можно смело утверждать, что стропильная ферма (несущая конструкция) — это тот элемент, конструктивная система и способ решения которого определяют конечную форму скатной крыши.

Деревянные стропильные конструкции — наиболее древние типы крыши; в большинстве случаев они изготавливаются из древесины сосновых пород. Стропильные конструкции не из дерева применяются реже, обычно — в тех случаях, где либо под влиянием воздействия каких-либо факторов окружающей среды, либо по причинам противопожарной безопасности нельзя использовать деревянные стропильные конструкции.

Следует сказать, что на выбор формы и конструктивного исполнения скатной крыши влияет также и то, каким образом предполагается использовать чердачное пространство в целом. Для целей простого хранения достаточно обеспечить небольшое чердачное помещение и сформировать по краям ограничивающую перемещение стропильную конструкцию. Если же чердачное помещение предназначается для целей проживания в нем людей, то необходимо выбрать такую геометрию и конструктивную систему, которые позволяют сделать наибольшую часть чердачного помещения пригодной для использования.

Таблица 6.4. Типичные конструкции скатных крыш

Скатные крыши	Без надстраивания чердачного этажа	Надстройка чердачного этажа в период 1930—1970	Надстройка чердачного этажа в период 1970—1990
Конструкция			
Общая толщина	20—24 см	25—29 см	23—27 см
Коэффициент теплопередачи U имеющейся конструкции		1,6—1,9 Вт/(м²×К)	0,5—0,9 Вт/(м²×К)
Подходящая теплоизоляция	Наружная, внутренняя — часть работ может быть выполнена своими силами	Наружная	Наружная или внутренняя

При теплоизоляции крыши необходимо учитывать, что даже хорошо выполненная, снабженная теплоизоляцией кровля утрачивает свою эффективность, если не обратить повышенного внимания на воздухо- и водонепроницаемость, герметичность кровельного покрытия. Если соблюсти основные принципы проведения кровельных и изоляционных работ и обеспечить не только защищенность чердачного пространства, но добиться соответствующего качества, то возможно увеличить срок службы конструкции крыши и кровельного покрытия.

Для правильного выполнения скатных крыш большое значение имеет вентилирование. Надо в гораздо большей степени, нежели это обычно принято на практике, заняться формированием соответствующей вентиляционной системы, поскольку в ходе устройства пространства крыши появляется большое число проблем и ошибок, причины которых в отсутствии должной вентиляции. Если возводится скатная крыша с пустым чердачным пространством, то она должна быть выполнена так, чтобы воздух протекал через навес вовнутрь, а прогревшийся воздух удалялся через отверстия поблизости от конька.

Типичные конструкции и послойные структуры скатных крыш в исторической ретроспективе представлены в табл. 6.4.

Кровля поддерживается специальной конструкцией, состоящей из обрешетки, непосредственно несущей кровлю, и стропил, передающих нагрузку от собственного веса крыши, снега, ветра и т. д. на стены и внутренние опоры.

Главные части стропильной структуры скатной крыши<sup>1</sup>:

- Обрешетка: прибиваемый к стропилам ряд реек (или досок) для последующего несения на него кровельного покрытия;
- Контрбрусья: набиваются поверх стропил и обеспечивают воздушный слой кровельной пленки на расстоянии минимально 2 см;
- Стяжки конька (накладки): встроенные поблизости от коньковой перекладки (короткие бруски для скрепления отдельных

---

<sup>1</sup> Более подробно и детально о стропильных конструкциях можно прочесть по следующим адресам: <http://tinyurl.com/6focgg3>, <http://tinyurl.com/6focgg3>, <http://tinyurl.com/6anryts>.

пар стропил, располагаются горизонтально, их поперечное сечение 5/10—10/10 см);

- Кобылки: короткие элементы (набитые внизу на стропила), размещаемые на участке вдоль карниза очень крутых крыш, смягчающие угол склона крыши и соответственно интенсивность стока воды;
- Мауэрлат: бруски, накладываемые на 40 см выше чердачного перекрытия или наружные стены, служащие для опирания стропильных ног, принимающие нагрузку на сгиб, могут быть вертикальной, стоячей и горизонтальной позиции.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Деревянные элементы кровельной конструкции рекомендуется обрабатывать антисептиком<sup>1</sup>, для предотвращения появления на стропилах и обрешетке грибка или плесени. Защита использованных в строительстве здания древесных материалов должна быть выбрана прежде всего в зависимости от того, внутри или снаружи здания они были применены, поскольку во втором случае видимые деревянные конструкции и элементы подвергаются гораздо большему числу негативных воздействий. Используемые для создания крепящих конструкций древесные материалы в целом надо:

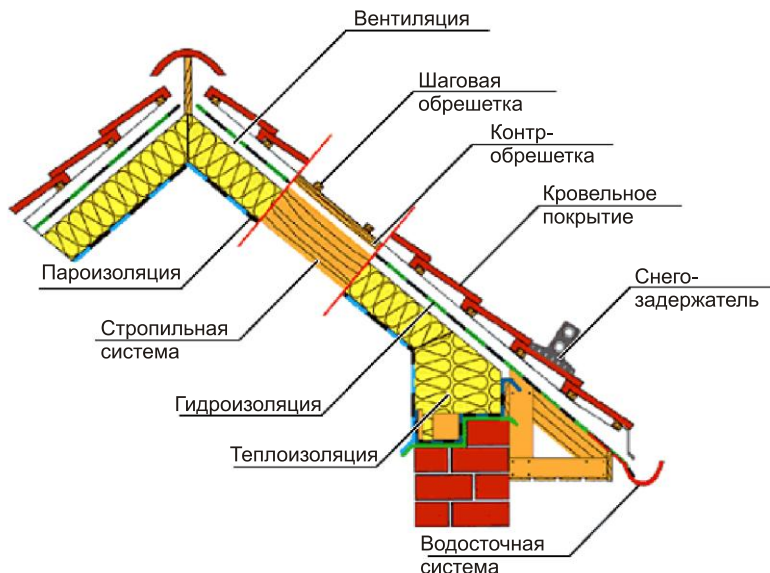
- обеспечить защитой против грибков и грызунов;
- позаботиться о соответствующей противопожарной защите.

Все конструктивные элементы кровли и кровельные материалы, смонтированные правильно и в строгой последовательности, образуют так называемый "кровельный пирог", конструкция которого схематично представлена на рис. 6.3.

Современный кровельный пирог представляет собой многослойную конструкцию, которая состоит из кровельного покрытия, утеплителя и подкровельных мембран. Каждый слой имеет свое назначение и неразрывно связан с остальными. Ошибка при устройстве каждого из слоев приводит к сокращению срока службы и эксплуатационных характеристик кровли.

---

<sup>1</sup> Более подробно о современных материалах для огне- и биозащитной обработки древесины см. <http://www.olimpik-stroy.ru/steep>, <http://www.gengo.ru/materialy/antiseptiognezash.shtml>, <http://www.seneg.ru/info/arts/1.htm>. — Прим. ред.



**Рис. 6.3.** Схематическая конструкция "кровельного пирога"

Правильно собранный кровельный пирог исключает такие проблемы, как:

- ☐ Тепловые потери;
- ☐ Образование конденсата (следствие протечки);
- ☐ Образование сосулек и наледи.

## Плоские крыши

Плоские крыши находят применение как в гражданском, так и в промышленном строительстве. Основными функциями плоской крыши, как и любой другой, являются защита здания от атмосферных осадков и теплоизолирующая функция. Помимо этого, плоская крыша часто выполняет и другие функции: она может служить солярием, садом, спортплощадкой, террасой жилого дома или общественного здания и даже автостоянкой.

Плоские крыши могут быть как с чердаком, так и без него (совмещенные покрытия). Плоская бесчердачная крыша обычно

не нуждается в механической очистке от снега. Таяние снега в течение всей зимы происходит за счет тепла, проводимого крышей из помещения. Для удаления снега может быть использована сила ветра. Для этого крыши лучше окружать не глухими парапетами, а решетчатыми барьерами. Механическая очистка от снега может понадобиться лишь после обильных снегопадов, а также в тех случаях, когда поверхность крыши эксплуатируется зимой.

Недостатком плоских бесчердачных крыш является невозможность регулярного наблюдения за влажностным состоянием утеплителя и герметичностью водоизолирующего ковра. О повреждении водоизолирующего ковра можно узнать лишь по протечкам на потолке.

Плоские чердачные крыши стоят дороже бесчердачных, зато обладают целым рядом преимуществ:

- чердак, даже при малой высоте, позволяет регулярно следить за герметичностью водоизоляционного ковра;
- чердак дает возможность следить за влажностным состоянием теплоизоляции, а в случае необходимости производить ее просушку, например, простым проветриванием (открытием слуховых окон);
- чердак делит конструкцию крыши, а соответственно и расчетную разность наружных и внутренних температур, на две части. Так, если при совмещенном покрытии расчетный перепад температуры (от  $+15$  до  $-30$  °C) равен  $45^{\circ}$ , то для чердачного перекрытия (при температуре чердака  $-5^{\circ}\text{C}$ ) перепад будет равен  $20^{\circ}$  (от  $+15$  до  $-5$  °C), а для надчердачной плоской крыши (при температуре чердака  $-5$  °C) равен  $250$  (от  $-5$  до  $-30$  °C). Уменьшение температурного перепада воздуха, расположенного по обе стороны конструкций (чердачного перекрытия и надчердачной плоской крыши), улучшает их эксплуатационный температурный и влажностный режим, а также способствует их сохранности и долговечности.

В отличие от скатных, на плоских крышах не применяют в качестве кровельных штучные и листовые материалы. Здесь необходимы материалы, допускающие устройство сплошного ковра (битумные, битумно-полимерные и полимерные материалы, а также

мастики). Этот ковер должен быть эластичным настолько, чтобы воспринимать температурные и механические деформации основания кровли. В качестве основания используют поверхность теплоизоляции, несущие плиты, стяжки.

Различают три вида конструкций плоских крыш: холодную, теплую и "инверсионную".

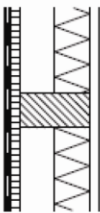
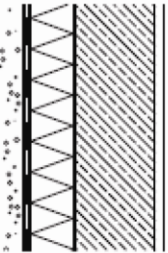
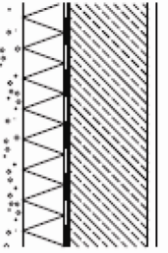
- Конструкция теплой крыши предусматривает укладку поверх несущей (бетонной) оболочки влагонепроницаемого слоя, распределяющего давление (проклеенная алюминиевая фольга). Поверх этого слоя располагается слой теплоизоляции, над которым без воздушного зазора укладывается гидроизоляция крыши.
- Холодные крыши в основном выполняются из деревянных конструкций, с внутренней обшивкой, слоем, замедляющим диффузию и теплоизоляцией, проложенной между стропильными балками. Промежуточное пространство между верхней стороной теплоизоляции и внутренней стороной гидроизоляции крыши в холодных крышах всегда является продуваемым. Холодная крыша по своим диффузионным соотношениям сравнима со скатной крышей.
- Так называемая "обратная крыша" представляет собой такую конструкцию, в которой теплоизолирующий слой располагается над "водоносным", иначе говоря, поверх изолирующей прокладки. Теплоизолирующий слой посыпается гравием или защищается от подсоса ветра и ультрафиолетового излучения плиточным настилом.

Типовые конструкции плоских крыш и их основные характеристики перечислены в табл. 6.5.

Верхний изолирующий слой всегда должен быть защищен от ультрафиолетового облучения — или за счет нанесения защитного покрытия, или же за счет засыпки гравием. При всех вариантах конструкции возможно использование такой крыши под "зеленую кровлю" (Gründach) или террасу на крыше. Для "зеленой крыши" в любом случае необходим корнезащитный слой (Wurzelschutzbahn), который можно создать в дополнение или как единый изоляционный слой.



Таблица 6.5. Типовые конструкции плоских крыш

Вид плоской крыши	Холодная крыша	Теплая крыша	Инверсионная крыша
Конструкция			
Общая толщина	30 — 36 см	24 — 28 см	22 — 26 см
Коэффициент теплопроводности $U$	0,6 — 1,0 Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	0,4 — 0,8 Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	0,5 — 0,9 Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Подходящий вид теплоизоляции	изнутри	снаружи	снаружи

При организации террасы на крыше необходим разделительный слой, например, из утилизированного каучука, между покрытием, состоящим из плит или представляющим собой деревянный ростверк (Holzroste)<sup>1</sup> и гидроизолирующей прокладкой. В любом случае необходимо перепроверить несущую способность имеющейся крыши.

## Материалы для кровельных покрытий

На российском рынке материалов кровельных покрытий в настоящее время сложилась следующая ситуация: старые материалы (часто морально устаревшие, но к применению не запрещенные) продолжают производиться и применяться в достаточно больших объемах, в то же время появляются новые современные материалы, которые можно разбить на две группы. Это — аналоги старых материалов, с улучшенными свойствами и внешним видом, а также принципиально новые материалы, создающие дополнительные возможности при конструировании кровель (например, материалы для светопропускающих кровельных конструкций). Ограниченно применяются для кровель и другие материалы. Например, не так давно появились на российском рынке соломенные крыши. Для их устройства используется водяной камыш. Он практически не гниет, не впитывает влагу и не разбухает, а для обеспечения противопожарной защиты обрабатывается антипиринами<sup>2</sup>.

## Рулонные и мастичные кровельные материалы

**Фольгоизол** (ГОСТ 20429-84) — рулонный материал, изготовляется из тонкой рифленой алюминиевой фольги, покрытой с нижней стороны слоем битумно-резинового или битумно-

---

<sup>1</sup> Ростверк — часть фундамента сооружения. Ростверк распределяет нагрузку на основание, в том числе свайное. В данном случае нагрузка будет распределяться на плоскую крышу. — *Прим. ред.*

<sup>2</sup> Подробнее о соломенных крышах в России см. <http://www.ruster.ru/ru/bild2.php>. — *Прим. ред.*

полимерного вяжущего, смешанного с минеральным наполнителем и антисептиком. Различают фольгоизол кровельный (ФК) и гидроизоляционный (ФГ). Фольгоизол — гибкий и теплостойкий материал. Выпускается в рулонах шириной полотна 960—1020 мм, площадью 10 м<sup>2</sup>. Масса вяжущего на 1 м<sup>2</sup> фольгоизола не менее 2 кг, теплостойкость — 100—110 °С.

**Фольгорубероид** (ТУ 21-69-83) представляет собой кровельный рубероид, на котором крупнозернистая присыпка лицевой стороны заменена рифленой мягкой алюминиевой фольгой толщиной 80—200 мкм. Выпускается двух марок: РА-420А (повышенной гибкости), гибкий при отрицательных температурах (не ниже -2 °С), и РА-420Б (рядовой), гибкий при положительных температурах (не менее 10 °С). Фольгорубероид выпускается в рулонах шириной 1025 мм при ширине полотна фольги 1000 мм; общая площадь рулона — 10 м<sup>2</sup>. Размеры гофры фольги: высота — 0,1—1 мм, шаг — 7—10 мм. Разрывная нагрузка фольгорубероида не менее 500 Н, водопоглощение — 20 г/м<sup>2</sup>. Применяется в качестве защитного покрытия, тепловой изоляции трубопроводов, расположенных на открытом воздухе, в каналах, при температуре окружающего воздуха -40...+70 °С.

**Слюдоизол** — кровельный и гидроизоляционный материал, основой которого служит слюдобумага, пропитанная мягким битумом, с двух сторон покрытая слоем мастики с посыпкой.

**Гидробутил** (ТУ 21-5744710-507-20) — рулонный полимерный кровельный и гидроизоляционный материал, изготовленный из резиновых смесей на основе бутылкаучука (марка Г), бутылкаучука и хлорсульфополиэтилена (марка АК). Для подземной гидроизоляции промышленных и гражданских зданий и сооружений используют гидробутил Г, армогидробутил АК. Гидробутил Г выпускается в рулонах длиной 15 м, ширина полотна — 600, 1000, 1100, 1600 мм, толщина — 1,2 мм. Гидробутил приклеивают мастикой МБК на ровное основание по цементно-песчаной стяжке. Стыки ковров из армогидробутила дополнительно проклеивают мастикой и накладывают на соединение полосу из армогидробутила АК шириной 5—8 см.

**Бутизол** (ТУ 38-103-301-78) — рулонный кровельный гидроизоляционный материал, выпускается шириной 800—1400 мм;

толщиной 1—3 мм. Наклеивается на поверхность, огрунтованную битумно-полимерной эмульсией ББЭ.

**Бутирол** (ТУ 38-3-005-82) предназначен для гидроизоляции кровли. Изготавливается из смесей на основе синтетических каучуков, термоэластопласта, пластификатора, вулканизирующих агентов и наполнителей. Выпускается в рулонах шириной 650, 750, 950 мм, толщина полотна — 1 или 2 мм. Для наклеивания бутирола применяют битумно-полимерную мастику МБПК-75. Перед наклеиванием железобетонную плиту грунтуют битумно-полимерной эмульсией ЭГИК-У-3, эмульсией ББЭ или 15%-м раствором битума в керосине.

**Бутит** (ТУ 21-У-452-88) — рулонный полимерный гидроизоляционный материал на основе бутилкаучука, армированного рубленым стекложгутом. Предназначен для устройства кровель с уклоном 2,5—25%, при температуре наружного воздуха не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ . Для наклейки бутита используют мастику БК-М, после чего на кровельный ковер наносят защитный слой мастики БЛЭМ-20 с посыпкой крупнозернистым песком.

**Бутилон** (ТУ-574-710-504-90) — рулонный полимерный кровельный вулканизированный материал повышенной прочности. Изготавливается из резинового полотна на основе бутилкаучука, выпускается в рулонах длиной 10—20 м, шириной 600—1200 мм, толщиной 1 мм.

**Изол** (ГОСТ 10296-79) — безосновный биостойкий гидро- и пароизоляционный рулонный материал, изготовленный из резинобитумного вяжущего, пластификатора, наполнителя, антисептика и полимерных добавок. Выпускается в рулонах длиной не менее 3 м, общей площадью 10 и  $15\text{ м}^2$ , шириной 800 и 1000 мм, толщина полотна — 2 мм. Выпускается двух марок: И-БД — без полимерных добавок, И-ПД — с полимерными добавками.

**Рипор** — напыляемый пенополиуретан на основе смеси А-6ТН, трихлорэтилфосфата и полиизоционата, предназначен для тепло- и звукоизоляции и герметизации строительных конструкций. Наносится на поверхность механизированным способом (пеногенератором), напылением или заливом.

**Квитал** (ТУ 21-27-141-89) — рулонный кровельный полимерный безосновный материал, изготовленный из резинового полотна на основе бутилкаучука. Выпускается в рулонах длиной 15—30 м, шириной 600—1500 мм, толщина — 1 мм.

Кровли из рулонных полимерных (пленочных) материалов обладают высокой эластичностью, морозостойкостью, химической и биологической стойкостью, механической прочностью.

**Днепрофлекс** (ТУ 5770-531-00284718-93) — рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный материал, изготавливается с двухсторонним нанесением на стеклооснову битумно-полимерного вяжущего из битума, термопластичного каучука, наполнителя и посыпки. Водонепроницаемый материал, сохраняющий гибкость при температурах до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Выпускается в рулонах длиной 7,5 м, шириной 800, 1000, 1050 мм.

**Филизол** (ТУ 5774-002-04001232-94) — рулонный кровельный и гидроизоляционный материал из битумно-полимерного состава на стекловолокнистой основе. Выпускается в рулонах длиной 10 м, шириной 950, 1000, 1050 мм. В зависимости от назначения филизол П выпускается 3 марок, а филизол-супер — 2 марок, толщиной 4,5 и 5,5 мм.

**Стекломаст** (ТУ 21-5744710-519-92) — рулонный кровельный наплавляемый материал с двухсторонним нанесением на стеклооснову вяжущего, состоящего из битума и наполнителя. Выпускается 2 марок в рулонах 7 м, ширина полотна — 800, 1000, 1050 мм; водонепроницаем.

**Стеклобит** (ТУ 21-5744710-515-92) — рулонный кровельный и гидроизоляционный материал на стекловолокнистой основе. Выпускается 2 марок: стеклобит К с крупнозернистой посыпкой и стеклобит П с пылевидной посыпкой, шириной 1000 мм и площадью рулона  $7,5\text{ м}^2$ .

**Элабит** (ТУ 5770-528-00284718-93) — утяжеленный рулонный кровельный наплавляемый материал, получаемый пропиткой стекловолокнистой основы битумом или без пропитки основы, с последующим нанесением на обе стороны покровного состава из битума, полимера, минерального наполнителя и посыпки.

**Бризол** (ГОСТ 17176-71) — безосновный рулонный материал, изготавливаемый методом вальцевания и последующего каландри-

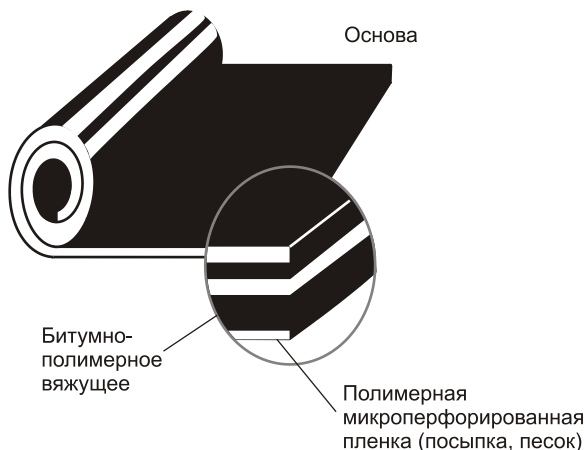
рования смеси, состоящей из нефтяного битума, дробленой резины, асбеста и пластификатора. Бризол предназначен для антикоррозийной защиты подземных стальных трубопроводов и гидроизоляции подземных сооружений. При хранении бризола рулоны устанавливаются на торец в 2 ряда по высоте. При устройстве настила для установки второго ряда рулонов настил не должен опираться на нижний ряд рулонов бризола. При хранении рулонов бризола на месте производства работ они должны быть закрыты брезентом или кровельным материалом. Срок хранения бризола не должен превышать 4 месяцев со дня изготовления.

**Стеклорубероид** (ГОСТ 15879-70) — рулонный кровельный и гидроизоляционный материал на стекловолокнутой основе, получаемый путем двухстороннего нанесения битумного вяжущего на стекловолокнутый холст. Стеклорубероид предназначен для верхнего и нижних слоев кровельного ковра, а также для устройства оклеечной гидроизоляции. Маркировка, упаковка, транспортировка и хранение стеклорубероида — по ГОСТ 2551-75. Цвет этикетки на рулоне или полосы на ней должны быть красными — для кровельного, черными — для гидроизоляционного стеклорубероида.

**Гидростеклоизол гидроизоляционный** — рулонный материал, состоящий из стеклоосновы, покрытой с двух сторон слоем битумного вяжущего. Применяется для гидроизоляции тоннелей метрополитена, путепроводов и т. д. Приклеивается путем оплавления поверхности пламенем воздушных горелок. Перед применением рулоны должны быть выдержаны не менее суток в помещении с температурой  $18 \pm 3$  °С. Гидростеклоизол можно применять при температуре ниже 10 °С с раскаткой рулона под тепловой завесой, создаваемой пламенем газоздушных горелок, используемых для приклейки полотна. При оплавлении гидростеклоизола не допускается сосредоточенный нагрев поверхности полотна, вызывающий воспламенение. Нагревать до капельно-жидкого состояния следует только поверхность, не допуская расплавления всей толщины гидроизоляционного слоя.

**Изоласт** состоит из битума, модифицированного синтетическим каучуком (БС), и нетканой основы из полиэстера или стек-

лохолста. Для верхнего слоя кровли производится Изозласт К с крупнозернистой посыпкой с лицевой стороны и с полиэтиленовой пленкой с другой стороны (рис. 6.4).



**Рис. 6.4.** Структура Изозласта

Для нижнего слоя кровли производится Изозласт П с покрытием полиэтиленовой пленкой с двух сторон или с покрытием лицевой стороны мелкозернистой посыпкой. Срок службы — не менее 25 лет. Изозласт (КП) может применяться во всех климатических районах РФ (особенно предпочтительно его применение в районах с суровым климатом) при устройстве кровель различных конфигураций, фундаментов, подземных структур (гаражи, туннели, галереи), бассейнов и каналов, мостов и виадуков и т. д.

**Линокром** — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал (рис. 6.5). Применяется для устройства верхнего или нижнего слоев кровельного ковра и гидроизоляции зданий, сооружений, мостов, эстакад, тоннелей. Приклеивается к заранее подготовленному основанию путем подплавления нижнего слоя газовой горелкой или иным источником тепла. Ориентировочный срок службы материала — 10 лет.

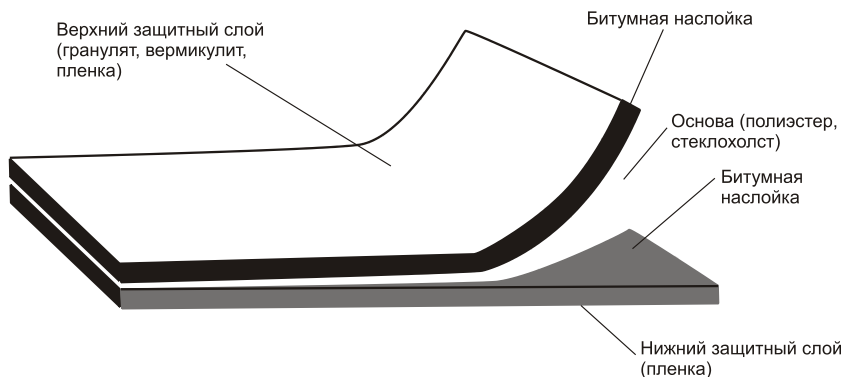


Рис. 6.5. Структура линокрома

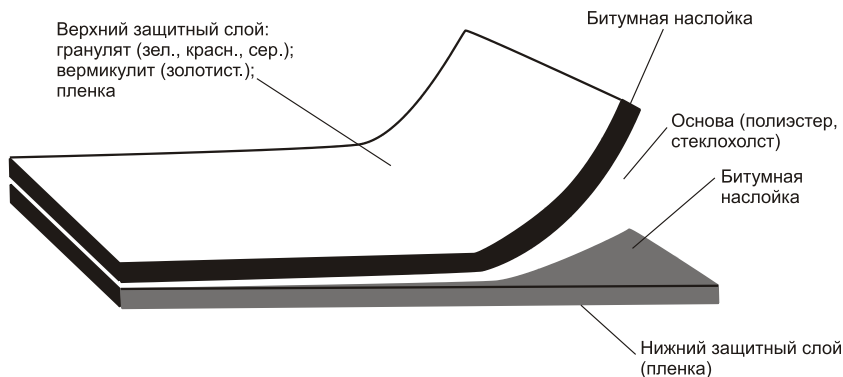


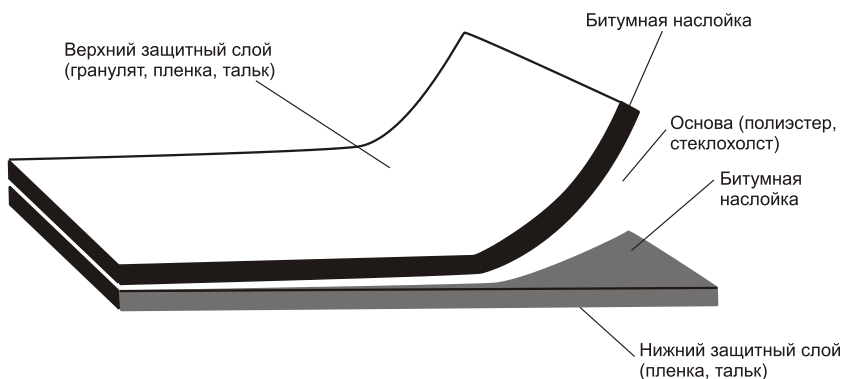
Рис. 6.6. Структура бикропласта

**Бикропласт** — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал (рис. 6.6). Применяется для устройства верхнего или нижнего слоев кровельного ковра и гидроизоляции зданий, сооружений, мостов, эстакад, тоннелей. Приклеивается к заранее подготовленному основанию путем подплавления нижнего слоя газовой горелкой или иным источником тепла. Ориентировочный срок службы материала — 20 лет.

**Бикрост** — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал (рис. 6.7). Применяется для устройства верхнего или нижнего слоев кровельного ковра и гидроизоляции зданий, со-



оружений, мостов, эстакад, тоннелей. Приклеивается к заранее подготовленному основанию путем подплавления нижнего слоя газовой горелкой или иным источником тепла. Ориентировочный срок службы — 10 лет.



**Рис. 6.7.** Структура бикроста

Полимерный кровельный и гидроизоляционный материал Эпикром изготавливается вальце-каландровым способом из резиновой смеси на основе этилен-пропилен-диенового каучука, вулканизированной по электронно-химической технологии. Эпикром — сертифицированный и запатентованный материал. Имеется вся разрешительная документация, материал прошел экспертизу в РАО "ЕЭС России" и концерне "РОСЭНЕРГОАТОМ". Удостоен ряда дипломов ведущих строительных выставок России. Данный материал идеально подходит для ландшафтного дизайна и устройства "зеленых кровель", о чем будет рассказано чуть позже.

## Черепица и волнистые кровельные материалы

Черепица — это один из самых издавна известных кровельных материалов, выдержавший испытание временем.

В настоящее время, в связи с появлением новых технологий, черепица переживает как бы "второе рождение". Натуральная

керамическая (глиняная) черепица по-прежнему присутствует на рынке, но появились и новые, более дешевые технологии изготовления черепичных плиток из цемента и песка (цементно-песчаная черепица), металлочерепица и мягкая черепица на основе битума.

Цементно-песчаная черепица несколько дешевле, чем керамическая, хотя обладает практически такими же техническими характеристиками: прочностью на разрыв и изгиб, очень высокой тепло- и морозостойкостью, водонепроницаемостью, хорошей формоустойчивостью. Кроме того, цементно-песчаная черепица также хорошо гасит шум во время дождя или ветра. Ее прогнозируемая долговечность — более 100 лет. На Российском рынке представлена, в основном, цементно-песчаная черепица: БРАСС-ДСК 1 (Россия), ESTSTEIN (Эстония), ORMAX (Финляндия), причем все перечисленные производители входят в концерн Lafarge Braas Roofing.

Металлочерепица является разновидностью профилированного стального листа, который подвергается поперечному штампованию для получения рисунка, имитирующего натуральную черепицу. В настоящее время, помимо крупноразмерной металлочерепицы, уже достаточно хорошо знакомой специалистам и заказчикам, появилась на рынке и мелкоразмерная металлочерепица.

Мягкая битумная черепица. Она представляет собой небольшие плоские листы, с фигурными вырезами по одному краю (обычно один лист имитирует 3—4 черепицы). Этот материал, с одной стороны, является штучным, а с другой — его с полным основанием можно отнести к группе "мягких кровель", так как по своей структуре и применяемым компонентам он близок рулонным материалам. К тому же, как и все другие материалы мягкой кровли, он выполняет только защитную (изоляционную) функцию. Мягкую черепицу выпускают, как правило, фирмы, в ассортименте которых есть также и рулонные материалы, так как большая часть компонентов, применяемых для изготовления и тех и других, практически одинаковая: окисленный битум, модифицированный битум, стеклохолст и некоторые другие. Технология изготовления рулонных и штучных мягких материалов во многом похожа. Для мягкой черепицы также вначале получают

рулонный материал, но несколько другой структуры, а уже затем специальным способом вырезают из него плитки. Существует более двух десятков цветовых решений битумной черепицы: от красного, создающего впечатление традиционного черепичного покрытия, до имитирующих заросшим мхом или лишайником поверхностей. Плитка выпускается различных форм (в виде шестиугольника, прямоугольника, волнообразная и т. п.).

## Технические требования и конструктивные решения кровель

Данные в этом разделе рекомендации содержат требования к применяемым материалам, основанию под кровлю, водоизоляционным слоям, а также конструктивные решения кровельного ковра и гидроизоляции, а также технологические приемы их устройства.

В табл. 6.6 представлены различные варианты конструктивного решения кровли.

**Таблица 6.6. Конструктивные решения кровли**

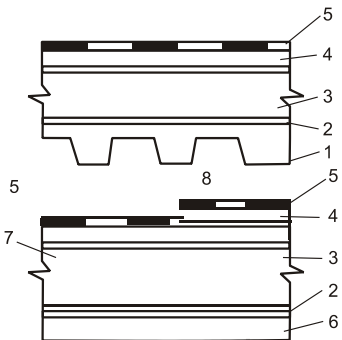

Уклон, %	Вид строительства и тип покрытия	Схема кровельного ковра
1,5—10	<p>1. Новое строительство или капремонт с заменой теплоизоляции</p> 	

Таблица 6.6 (окончание)

Уклон, %	Вид строительства и тип покрытия	Схема кровельного ковра
1,5—3		
1,5—10		

**Условные обозначения:** 1 — профнастил; 2 — пароизоляция; 3 — плитный утеплитель; 4 — сборная стяжка; 5 и 5' — основной кровельный ковер; 6 — железобетонная плита; 7 — монолитный утеплитель; 8 — выравнивающая стяжка; 9 — разделительный слой; 10 — защитный слой из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона; 11 — плитки на цементно-песчаном растворе; 12 — существующая старая кровля; 13 — крупнозернистая посыпка на верхнем слое ковра; 14 — грунт

Конструкции мягких кровель представлены на рис. 6.8, где **а** — конструкция усиленной гидроизоляции (1 — железобетонное основание; 2 — грунтовка; 3 — рубероид; 4 — армирующие прокладки; 5 — защитный слой); **б** — устройство кровельного изоляционного ковра на коньке при уклоне 15% и более (1 — железобетонная плита; 2 — мелкозернистый бетон; 3 — пароизоляция; 4 — теплоизоляция; 5 — стяжка; 6 — слой рулонного ковра); **в** — конструкция карниза при устройстве мягкой кровли (1 — карнизный блок; 2 — плита покрытия; 3 — утеплитель; 4 — пароизоляция; 5 — стяжка; 6 — перфорированный рулонный материал; 7 — защитный слой; 8 — металлическая полоса; 9 — фартук из оцинкованной стали); **г** — деталь примыкания водозаполняемой кровли к парапету (1 — керамический блок; 2 — защитный слой; 3 — водоизоляционный ковер; 4 — стяжка; 5 — теплоизоляция; 6 — пароизоляция; 7 — железобетонная плита).

Конструкции черепичной кровли представлены на рис. 6.9.

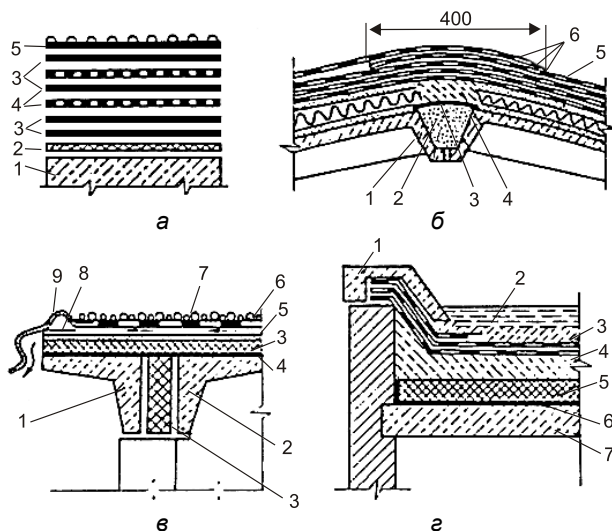


Рис. 6.8. Гидроизоляция кровельных покрытий

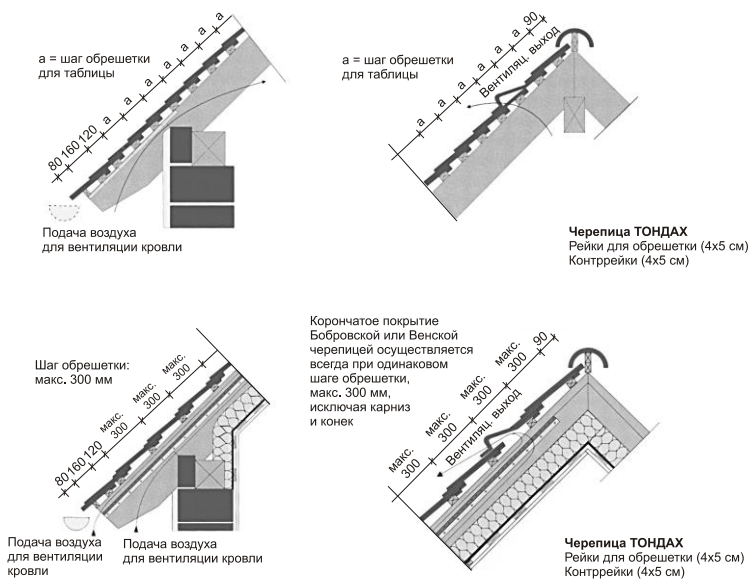


Рис. 6.9. Устройство кровли из черепицы

## Утепление кровли

Основным требованием при строительстве качественного жилого помещения является эффективная теплоизоляция кровли, обеспечивающая сведение к минимуму потерь тепла через крышу, предоставляющая достаточный уровень комфорта для проживающих и препятствующая поверхностной конденсации. Утеплитель устанавливают между стропилами. Как правило, он совмещает еще несколько функций: звукоизоляция, экономия затрат на отопление около 20—50%, летом препятствует нагреванию кровельного пространства. В соответствии с требованиями СНИП II-3-79\* для нашего региона необходимая толщина утеплителя 250 мм (Лайт Баттс). Утеплитель устанавливают между стропилами.

## Пароизоляция кровли и гидроизоляция кровли

Пароизоляция служит барьером от попадания паров из внутренних помещений в утеплитель. Пленка может прикрепляться как горизонтально, так и вертикально с внутренней стороны теплоизоляции к несущим деревянным элементам скобами механического сшивателя или оцинкованными гвоздями с плоской головкой. Размер нахлеста не должен быть менее 10 см как по вертикали, так и по горизонтали. Отдельные полосы рулона нужно герметично соединять между собой соединительной лентой. После установления пленки необходимо прикрепить рейки для того, чтобы сам потолок не доставал до паробарьера.

Гидроизоляция защищает утеплитель от конденсата, образующегося на нижней поверхности металлочерепицы. Пленка прикрепляется горизонтально непосредственно на стропила. Расстояние между стропилами не должно превышать 1,2 м. Высота провиса пленки не должна быть более 2 см, но она не должна касаться утеплителя. После закрепления пленки на стропилах необходимо прибить контррейки с последующей обрешеткой.

Определения основных понятий, относящихся к пароизоляции и гидроизоляции крыши перечислены в табл. 6.7.

**Таблица 6.7. Определения основных понятий:**  
*подстропильная гидроизоляция, подкровельная гидроизоляция и подчердачная гидроизоляция*

<b>Подстропильная гидроизоляция, нижняя защитная пленка (Unterspannung)</b>	Водонепроницаемая спускная поверхность без специальных требований к диффузии, с расположенной под ней поверхностью аэрации, на сегодняшний день используется редко
<b>Подкровельная пароизоляция (Unterdeckung)</b>	Защищающая от дождя диффузионно-проницаемая спускная поверхность, прокладываемая непосредственно под кровлей. Представляет собой стандартное решение для скатной крыши
<b>Подчердачная гидроизоляция (Unterdach)</b>	Важная водонепроницаемая поверхность для очень слабо наклоненных скатных крыш с черепичной кровлей. Требуется проветривание или расчетная экспертиза внутреннего замедляющего диффузию слоя

При значительных наклонах крыши в зданиях новой постройки и при реконструкции старых домов используется подкровельный гидроизолирующий слой, который состоит из овечьей шерсти, фольги или пропитанных битумом древесно-волоконистых плит, водонепроницаемая подчердачная изоляция (Unterdach) необходима только для плоских односкатных наклонных крыш. Оба варианта конструкции приводят к тому, что влага в виде осадков (дождь, снег), попадающая внутрь через швы в стыке крыши, отводилась наружу под контролем и не попадала в нижележащую конструкцию. В прошлом для этой цели использовался кровельный картон, пропитанный битумом, с деревянной обшивкой или без нее, фольга (так называемые подстропильные полосы), а в некоторых местностях — также промасленные древесно-волоконистые плиты.

В табл. 6.8 перечислены основные понятия, материалы и диффузионные длины, установленные стандартом DIN 4108, часть 3.

**Таблица 6.8. Основные понятия: диффузионные длины в соответствии со стандартом DIN 4108, часть 3**

<b>Слои, непроницаемые для диффузии пара (<math>s_d &gt; 1500</math> м)</b>	Здесь и далее по тексту: пароизоляция (Dampfsperre) — слой (пленка), которая не допускает диффузии пара
<b>Слои, замедляющие диффузию пара (<math>s_d = 0,5 — 1500</math> м)</b>	Здесь и далее по тексту: Парозащитная прокладка (Dampfbremse) — слой, ограничивающий диффузию водяного пара в теплоизоляционный слой конструктивного элемента здания. Фактически необходимую толщину и функцию парозащитной прокладки можно определить только с привязкой к конкретному слою конструктивного элемента здания
<b>Диффузионно-проницаемые слои (<math>s_d \leq 0,5</math> м)</b>	Помимо прочих функций, например, водоотталкивающих (гидрофобизирующих) и ветрозащитных, слои из диффузионно-проницаемых материалов допускают максимально возможную диффузию, что может быть полезно для ускоренного просушивания теплоизолирующего материала
<b>Пояснение к параметру <math>s_d</math>-Wert (<math>s_d</math>-Wert)</b>	Стандартом DIN 4108, часть 4 всем пленочным и рулонным материалам присваиваются значения $s_d$ . Этот параметр указывает толщину воздушного промежутка в метрах, эквивалентную сопротивлению диффузии слоя данного строительного материала данной толщины <sup>1</sup>

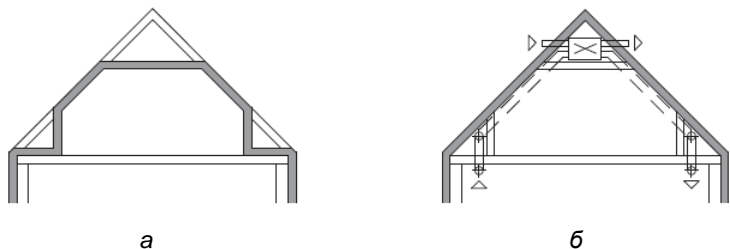
Система вентиляции подкровельного пространства является радикальным методом борьбы с сыростью. С помощью вентиляции кровли влажный воздух легко удаляется из-под крыши либо путем естественной тяги, либо с использованием специальных вентиляционных клапанов. Система вентиляции требует дополнительных расходов, но они с лихвой оправдываются тем, что

<sup>1</sup> Иначе говоря, показатель  $S_d$  определяется как произведение коэффициента сопротивления диффузии пара (показатель  $\mu$ ), который является постоянным для данного материала, и толщины элемента конструкции в метрах. Называется он показателем проницаемости. — *Прим. ред.*



намного продлевается срок службы крыши. Подкровельное пространство, по которому должен проходить воздух, образовано двумя конструктивными элементами крыши — контробрешеткой и обрешеткой.

При установке теплоизоляции крыши необходимо заранее учесть интеграцию вентиляционного оборудования (рис. 6.10). Если на поверхности ската крыши имеются неиспользуемые "холодные" боковые участки, то следует, как минимум, теплоизолировать ограждающие конструкции будущего чердачного помещения (рис. 6.10, а). Но в большинстве случаев лучше и проще пойти по пути наименьшего сопротивления и теплоизолировать всю крышу целиком, покрыв слоем теплоизоляции всю поверхность ската — от конька до свеса, и герметизировать стык теплоизоляции крыши с теплоизоляцией наружной стены (рис. 6.10, б). В этом случае будет теплоизолировано также и пространство, где пролегают трубопроводы вентиляционной системы (рис. 6.10, б).



**Рис. 6.10.** Теплоизоляция скатов крыши

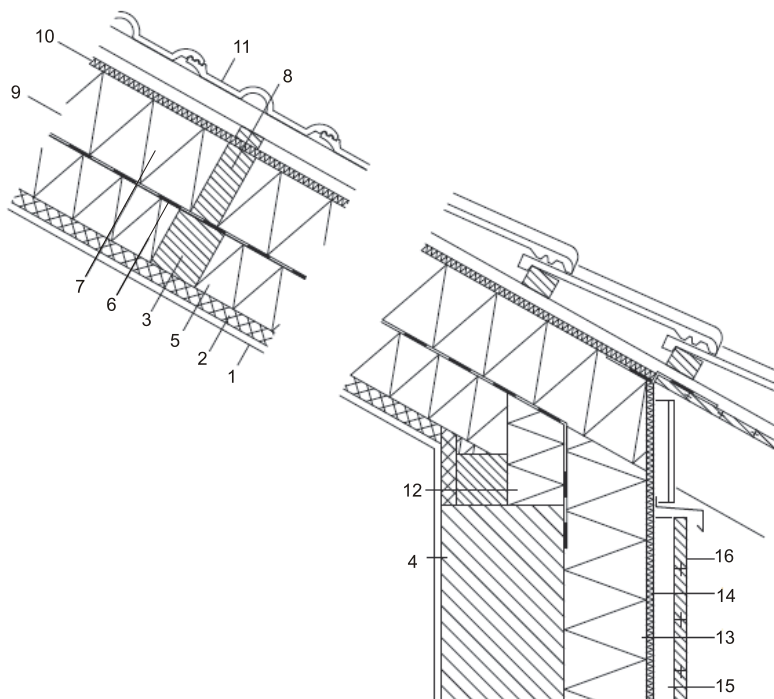
При капитальном ремонте старых домов, если внутренняя обшивка практически нетронута, но, в то же самое время, требуется заново гидроизолировать крышу, проложив новую гидроизолирующую пленку, и обновить кровлю, то рациональным представляется подход с установкой теплоизоляции между стропилами с установкой дополнительных тепло- и гидроизолирующих слоев поверх стропил. Схема предлагаемых мероприятий по ремонту имеющейся конструкции отражена на рис. 6.11. Имеющаяся внутренняя обшивка является практически воздухонепроницаемой и,

таким образом, в местах стыков и взаимопроникновения конструктивных элементов может быть дополнительно улучшена. Однако в данном случае задачей реконструкции является добавление новых, дополнительных герметизирующих поверхностей. Для этой цели имеются специальные пароизоляционные пленки (так называемые "климатические мембраны", у которых способность к пропусканию водяного пара (показатель  $s_d$ ) варьируется в зависимости от влажности воздуха. Они укладываются на стропила и теплоизолирующие маты снаружи, заводятся на стены и внутреннюю обшивку и герметично приклеиваются. Если в межстропильном промежутке из обшивки выступает хотя бы один штифт или гвоздь, то поверх теплоизолирующих матов необходимо уложить еще дополнительный слой теплоизоляции (около 4 см), чтобы избежать механического повреждения климатической мембраны (рис. 6.11). На рисунке обозначены:

**Имеющаяся конструкция:** 1 — Штукатурка, водонепроницаемая поверхность; 2 — Основание под штукатурку, легкие древесноволокнистые плиты; 3 — Стропила; 4 — Наружная стена (каменная или кирпичная кладка). **Мероприятия по реконструкции:** 5 — Теплоизолирующие маты; 6 — Пароизоляционная прокладка с переменным показателем  $s_d$  (интеллектуальная диффузионная мембрана, "климатическая мембрана"); 7 — Теплоизоляция между стропилами; 8 — Приподнятые стропила; 9 — Теплоизоляция, группа теплопроводности  $WLG \leq 0,35$ ; 10 — Диффузионно-проницаемые плиты для обшивки стен и крыш (DWD-Platte, diffusionsoffene Wand- und Dachplatte); 11 — Обрешетка, противовесная обшивка, черепица; 12 — Стык между крышей и наружной стеной, должен быть тщательно утеплен и хорошо герметизирован; 13 — Теплоизоляция между несущими конструкциями; 14 — Диффузионно-проницаемые плиты для обшивки стен и крыш; 15 — Обрешетка; 16 — Деревянная обшивка.

Стропила наращиваются на такую высоту, чтобы можно было уложить теплоизолирующий слой желаемой толщины. Дальнейшая процедура соответствует обычным на сегодняшний день методам для новых зданий: диффузионно-проницаемые полотнища или мягкие волокнистые плиты в качестве подкровельной изоля-

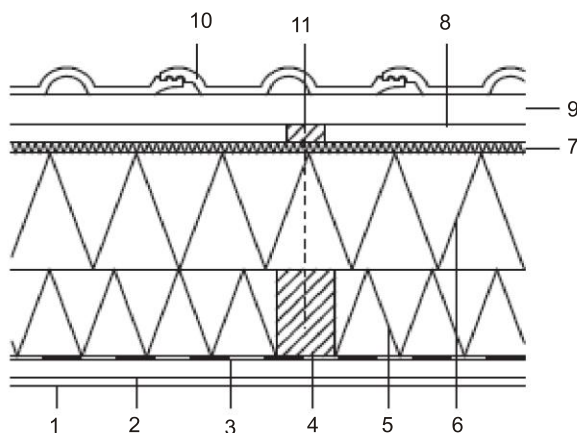
ции, изготовленные из искусственных материалов средней жесткости (минеральное волокно) или натуральных (пенька, льняное волокно, целлюлоза) или же из смеси хлопьев хлопка и целлюлозы, вдуваемых в полые пространства.



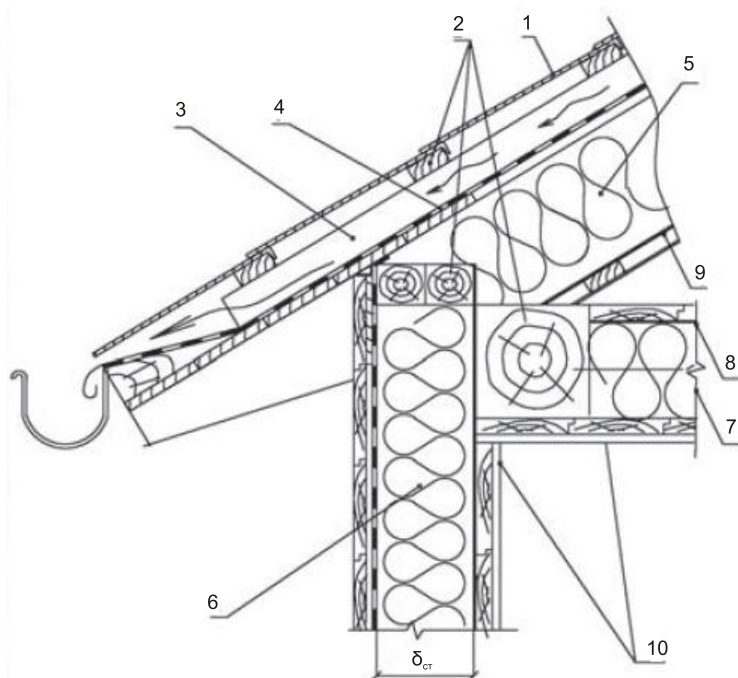
**Рис. 6.11.** Теплоизоляция между стропилами, доступ при реконструкции — снаружи

При полной теплоизоляции поверх стропил, в качестве слоя, распределяющего давление, на имеющиеся стропила должна укладываться обшивка из дерева или древесного материала (рис. 6.12). На эту обшивку укладывается и приклеивается слой для защиты от конвекции. Выбор теплоизолирующего материала зависит от выбранной конструкции: если выбраны теплоизолирующие плиты и маты, плохо выдерживающие нагрузку давле-

нием, для обрешетки нужно использовать деревянные лаги, хорошо выдерживающие нагрузку давлением. Чтобы минимизировать "тепловые мостики", одновременно экономя время, обрешетины можно укладывать перпендикулярно стропилам, чередуя их с теплоизолирующими плитами. Как вариант, обрешетины можно смонтировать параллельно стропилам, и тогда полости можно будет заполнить мягкими теплоизолирующими плитами или вдуть туда смесь хлопьев хлопка и целлюлозы. Можно задуматься и о насыпной теплоизоляции (пробка, перлит), но здесь следует особо позаботиться о надлежащей защите от мелкого дождя и измороси. Поверх насыпного материала и хлопьев укладывается слой из водоотталкивающих, диффузионно-проницаемых древесных плит, которые служат внешним гидроизоляционным слоем.



**Рис. 6.12.** Полная теплоизоляция поверх стропил с помощью теплоизоляционных древесно-волоконистых плит: 1 — облицовка из гипсокартона; 2 — обрешетка/установочная поверхность; 3 — пароизоляционная прокладка; 4 — имеющиеся стропила; 5 — теплоизоляционный слой; 6 — теплоизоляционные древесно-волоконные плиты, например, Gutex; 7 — диффузионно-проницаемые плиты для обшивки стен и крыш (DWD-Platte, diffusionsoffene Wand- und Dachplatte); 8 — противовесная обрешетка; 9 — обрешетка крыши; 10 — кровельное покрытие; 11 — крепление древесно-волоконистой плиты, например, шуруп по дереву



**Рис. 6.13.** Узел сопряжения крыши и каркасной стены дома с теплоизоляционным слоем из плит ИЗОПОК: 1 — кровельное покрытие; 2 — деревянные конструкции чердака и каркасной стены; 3 — вентилируемое подстропильное пространство; 4 — супердиффузионная мембрана ISOROC FOIL HI; 5 — плиты ИЗОЛАЙТ, ИЗОБЕНТ; 6 — каркасная стена с плитами изорок; 7 — изоляция перекрытия утепленной мансарды плитами ИЗОЛАЙТ; 8 — гидроизоляция; 9 — пароизоляционная мембрана ISOROC FOIL VB; 10 — внутренняя отделка

Мягкие, но достаточно хорошо выдерживающие нагрузку давлением теплоизолирующие древесно-волокнистые плиты с интегрированной пароизоляцией (например, Pavatex) были разработаны специально для наружной теплоизоляции крыши. Они могут укладываться непосредственно на имеющуюся обшивку, без использования промежуточной обрешетки из деревянных

брусков. За счет этого можно получить очень хорошую конструкцию с точки зрения теплотехники, свободную от тепловых мостиков. Из традиционных теплоизолирующих материалов для этой цели также подходят хорошо выдерживающие нагрузку давлением плиты из жесткого вспененного полиуретана и минерального волокна, которые, в любом случае, предлагают намного лучшие теплоизоляционные свойства.

При теплоизоляции крыш необходимо особое внимание уделять узлам сопряжения крыши и наружной стены дома. На рис. 6.13 показан пример узла сопряжения крыши и каркасной стены дома с теплоизоляционным слоем из плит ИЗОРОК.

## **Схемы устройства кровельного покрытия плоской кровли**

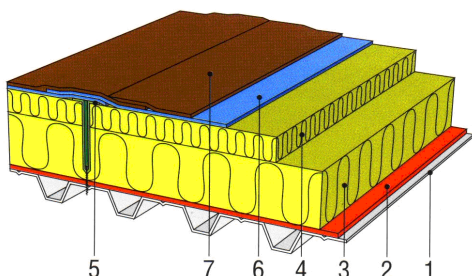
В зависимости от вида кровельного покрытия плоские кровли можно подразделить на:

- ☐ неэксплуатируемые;
- ☐ эксплуатируемые;
- ☐ инверсионные;
- ☐ традиционные.

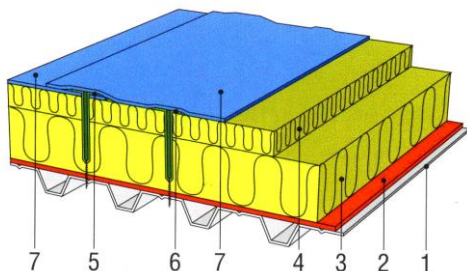
Устройство плоских кровель на крыше, которая не будет подвергаться дополнительным нагрузкам, не требует применения каких-либо материалов для ее укрепления. При монтаже неэксплуатируемой кровли используются гидроизоляционный материал и утеплитель. Кроме того, расходы на подобное покрытие значительно меньше, чем, например, при монтаже кровли других видов.

## **Покрытие по профилированному стальному листу**

Варианты покрытия по профилированному стальному листу представлены на рис. 6.14 и 6.15.



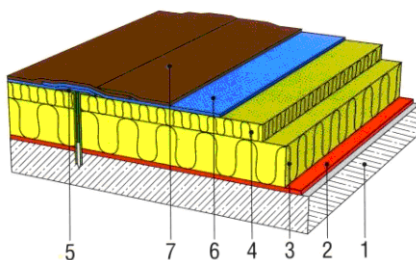
**Рис. 6.14.** Двухслойное теплоизоляционное решение кровли с двухслойным наплавляемым гидроизоляционным ковром и механическим креплением: 1 — несущий стальной профилированный настил; 2 — пароизоляционный слой; 3 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС Н; 4 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС В; 5 — механическое крепление (саморез); 6 — нижний слой наплавляемого гидроизоляционного ковра; 7 — верхний наплавляемый гидроизоляционный ковер



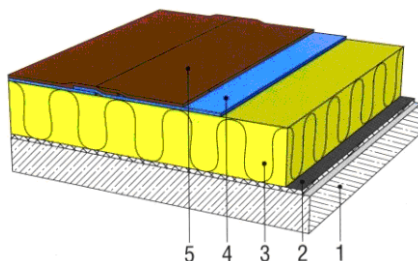
**Рис. 6.15.** Двухслойное теплоизоляционное решение кровли с однослойным покрытием из полимерных мембран и механическим креплением: 1 — несущий стальной профилированный настил; 2 — пароизоляционный слой; 3 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС Н; 4 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС В; 5 — механическое крепление (фиксация гидроизоляционной мембраны); 6 — механическое крепление (фиксация теплоизоляции к основанию); 7 — слой насухо уложенного гидроизоляционного ковра из полимерных мембран ПВХ

## Покрытие по железобетонному основанию

Варианты устройства кровельного покрытия по железобетонному основанию представлены на рис. 6.16 и 6.17.



**Рис. 6.16.** Двухслойное теплоизоляционное решение кровли с двухслойным наплавляемым гидроизоляционным ковром и механическим креплением: 1 — несущая железобетонная плита покрытия; 2 — пароизоляционный слой; 3 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС Н; 4 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС В; 5 — механическое крепление (металлический дюбель); 6 — нижний слой наплавляемого гидроизоляционного ковра; 7 — верхний наплавляемый гидроизоляционный ковер



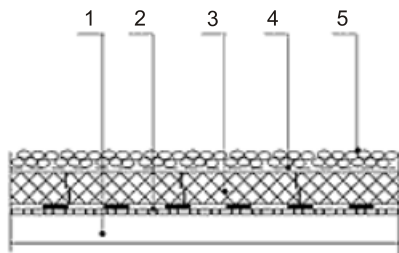
**Рис. 6.17.** Однослойное теплоизоляционное решение кровли с двухслойным наплавляемым гидроизоляционным ковром и клеевым креплением: 1 — несущая железобетонная плита покрытия; 2 — приклейка горячим битумом, выполняющая роль пароизоляции; 3 — теплоизоляционный слой из плит РУФ БАТТС; 4 — нижний слой наплавляемого гидроизоляционного ковра; 5 — верхний наплавляемый гидроизоляционный ковер



## Инверсионные кровли

Традиционная конструкция плоской крыши обладает целым рядом недостатков. Не всегда удается обеспечить полную герметичность пароизоляционного слоя, вследствие чего водяные пары проникают в толщу утеплителя и накапливаются в нем, поскольку плотный гидроизоляционный ковер препятствует испарению влаги. С течением времени в утеплителе скапливается много влаги, которая стекает вниз, образуя на потолке мокрые пятна. Кроме того, при отрицательных температурах вода замерзает, увеличивается в объеме и отрывает гидроизоляцию от основания. В процессе эксплуатации гидроизоляционный ковер подвергается климатическим и механическим воздействиям, что приводит к возникновению трещин, через которые вода проникает в помещение; образуются протечки, установить и ликвидировать причину которых бывает очень трудно.

Существует альтернативное конструктивное решение плоской кровли — т. н. инверсионная кровля, практически лишенная указанных недостатков. Инверсионной называется кровля, конструкция которой "перевернута" по сравнению с традиционной, то есть гидроизоляционный слой располагается под слоем утеплителя непосредственно на поверхности бетонного перекрытия, которое служит основанием кровли (рис. 6.18).

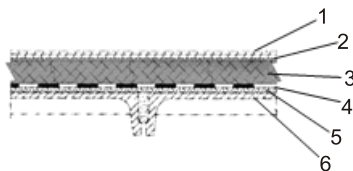


**Рис. 6.18.** Устройство плоской инверсионной кровли:

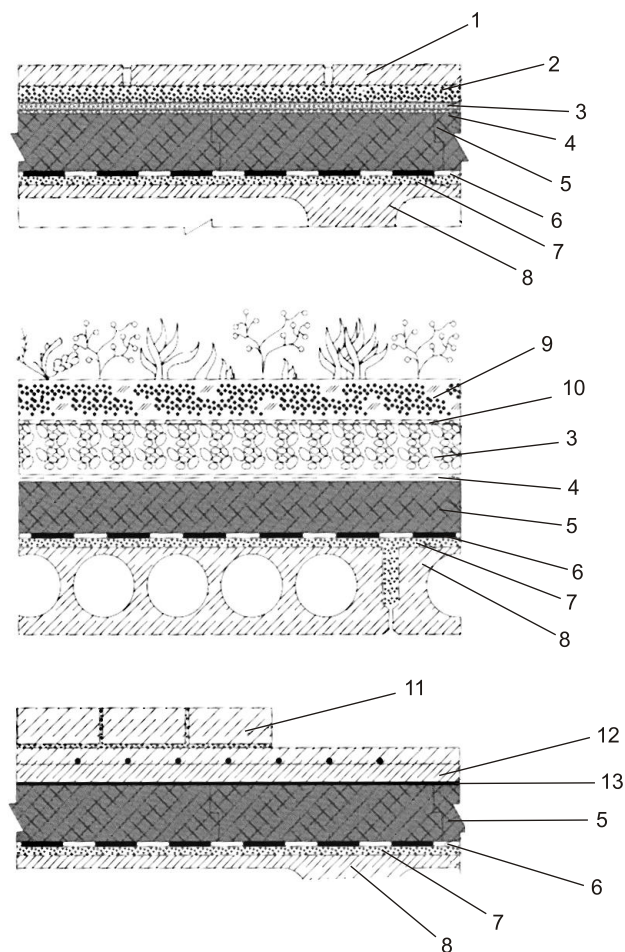
- 1 — перекрытие; 2 — гидроизоляционный ковер;
- 3 — утеплитель из экструдированного пенополистирола;
- 4 — фильтрующий материал; 5 — слой гравия толщиной не менее 50 мм

Такая конструкция позволяет предохранить гидроизоляционный слой от разрушающего воздействия ультрафиолетовых лучей, резких перепадов температуры, циклов замораживания и оттаивания, а также механических повреждений, что обеспечивает увеличение срока службы инверсионной крыши по сравнению с традиционной кровлей. Конструкция инверсионной кровли позволяет использовать ее в качестве эксплуатируемой плоской крыши, на которой можно загорать, поставить стол и стулья, посадить траву или даже устроить цветник.

Плоская крыша, в отличие от крыши с уклоном, чаще подвергается повреждению по причине того, что вода, застаиваясь на кровле, разрушает кровельный материал, приводит к снижению срока его службы. В области застойной зоны вода проникает в дефекты, усугубляя уже существующие проблемы. Смыв посыпки с поверхности кровельного материала приводит к тому, что он становится беззащитным перед воздействием излучения солнца. Для того чтобы решить эти проблемы, нужно использовать специальные кровельные водоприемные воронки. Чтобы улучшить режим функционирования кровельного покрытия при проектировании и установке кровельных водоприемных систем необходимо соблюдать некоторые правила. Водоприемные воронки должны находиться там, где они эффективно принимают воду. При креплении воронки не нужно связывать ее жестко с трубами водосточной системы, крепление должно обеспечивать небольшой свободный ход воронки относительно труб. На кровле должно устанавливаться не менее 2 воронок, или одна воронка и ливневой водосток (ливневка).



**Рис. 6.19.** Неэксплуатируемые инверсионные кровли:  
 1 — пригрузочный слой из гравия; 2 — предохранительный (фильтрующий) слой — геотекстиль; 3 — ПЕНОПЛЭКС;  
 4 — гидроизоляция кровли рулонным материалом;  
 5 — уклонообразующий слой из легкого бетона или цементно-песчаного раствора; 6 — железобетонная плита перекрытия



**Рис. 6.20.** Эксплуатируемые инверсионные кровли: 1 — плиты тротуарные; 2 — песок; 3 — дренажный слой из гравия фракции 10—20 мм; 4 — фильтрующий слой (геотекстиль); 5 — ПЕНОПЛЭКС; 6 — гидроизоляция кровли рулонным материалом; 7 — уклонообразующая цементно-песчаная стяжка; 8 — железобетонная плита перекрытия; 9 — растительный слой; 10 — противокорневой слой; 11 — плиты тротуарные на растворе; 12 — армированный железобетон; 13 — полиэтиленовая пленка

Обычно количество воронок и их диаметр определяется расчетом, в зависимости от скорости выпадения осадков. При выборе водоприемной воронки необходимо обращать внимание на материал, из которого она изготовлена.

Одним из наиболее простых и эффективных решений, применяемых при водоотведении с плоских крыш, является использование современных водоприемных воронок "Essergully-2000" (<http://www.anrindrain.ru/info/123.html>) немецкой компании "ETERNIT". Воронки выпускаются с горизонтальным и вертикальным выпуском. Воронки с горизонтальным выпуском изготовлены из легкого и высокопрочного материала полиуретана с добавлением специальных присадок, способного эффективно работать во всех климатических поясах нашей страны.

В зависимости от конструктивного решения, связанного с обустройством водоотвода, по способу соединения с гидроизолирующим слоем, воронки подразделяются на несколько видов: это воронки с битумным фланцем, с фланцем на основе ЕПДМ (прорезиненный материал), с фланцем на виниловой основе, с универсальным фланцем на основе ПВХ и с обжимным фланцем из алюминия. Воронки с вертикальным выпуском также используются для организации внутреннего водостока на плоских крышах.

Типовые примеры устройства инверсионных кровель представлены на рис. 6.19 и 6.20.

## Зеленые кровли

Самый известный исторический пример "зеленой кровли" — это Висячие сады Семирамиды, признанные одним из семи знаменитых чудес света. Зеленые кровли использовались порядка тысячи лет назад в Скандинавии и Средней Азии. Это делалось по практическим соображениям: кровля покрывалась мхом и травой, чтобы добиться теплоизоляции и обеспечить сток воды. И в Древней Руси наши давние предки размещали дерн на соломенных крышах для улучшения изоляции и уменьшения опасности возгорания.

В XX веке знаменитый архитектор Ле Корбюзье (Le Corbusier) сделал эксплуатируемые крыши-террасы программным аспектом

современной архитектуры, после чего сады на крыше получили широкое развитие в Европе и Америке.

С тех пор "сад на крыше" — одно из наиболее перспективных направлений современного строительства. В первую очередь это обусловлено тем, что в условиях перенаселенности и высокой плотности застройки больших городов, загазованности, не говоря уже о выбросах вредных производств, зеленая кровля способна существенно улучшить экологическую обстановку. Актуальны "зеленые кровли" и в малоэтажном загородном строительстве (рис. 6.21).

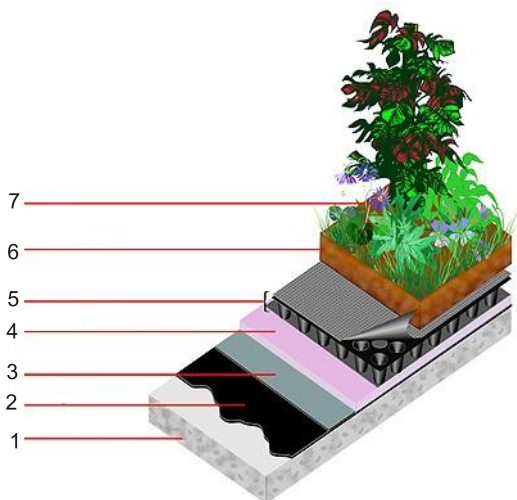


**Рис. 6.21.** Посмотрите на эту крышу — она не только имеет нетрадиционную форму, но и озеленена — и как красиво это выглядит

Преимущества зеленой кровли:

- ❑ Эксплуатируемая зеленая кровля возвращает в атмосферу более 60% влаги;
- ❑ Зеленая кровля защищает от шума, солнечной радиации, ветровых нагрузок, может служить в качестве зоны отдыха;
- ❑ Насаждения на крыше позволяют урегулировать температуру нагрева кровли (ведь летом температура разогрева покрытия может достигать 80 градусов по Цельсию), а также добиться звукоизоляции, пылепоглощения.

Однако создание эксплуатируемой зеленой кровли представляет собой одну из наиболее ответственных инженерных задач, поскольку для ее успешного решения необходимо не только грамотно рассчитать нагрузки, но и идеально подобрать все элементы кровельного пирога. Принципиальная схема устройства зеленой кровли представлена на рис. 6.22.



**Рис. 6.22.** Принципиальная схема устройства зеленой кровли (по материалам сайта <http://www.heatusa.com/energy-conservation/green-roof-technology-gaining-ground-nationally-locally/>):

- 1 — основание; 2 — комбинированный гидроизоляционный материал (например, RESITRIX); 3 — гидроизоляционная и корнезащитная мембрана; 4 — теплоизоляция; 5 — комбинированный слой (дренаж, аэрация, корнезащитный барьер, гидроизоляция); 6 — субстрат для выращивания растений; 7 — растительность

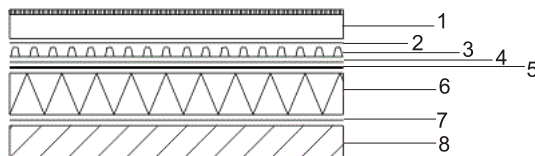
Стоит заметить, что существуют два типа озеленения крыш:

- Экстенсивное озеленение — представляет собой только газон и почвопокровные растения. Доступ людей на такую крышу, в принципе, не предполагается. Ходить можно только по специальным дорожкам. Особого ухода такое озеленение не требует.

Растения используются почвопокровные, причем только такие, которые хорошо переносят разницу температур и недостаток влаги. Такое озеленение возможно на крышах с уклоном до 28 градусов.

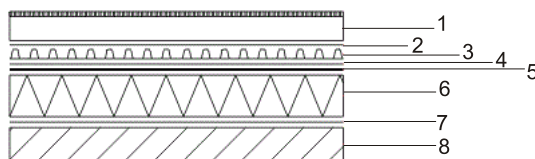
- Интенсивное озеленение, которое предполагает посадку кустарников и деревьев. Такая кровля, как и любой сад, требует постоянного ухода.

В зависимости от типа озеленения и режима эксплуатации крыш предлагаются различные варианты схем устройства зеленой кровли (рис. 6.23 — 6.26).



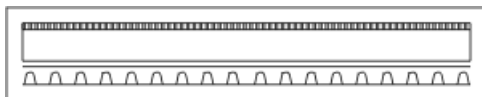
**Рис. 6.23.** Вариант 1 — стандартная зеленая кровля:

- 1 — почвенный слой; 2 — геотекстиль;  
3 — дренажное полотно Максдрейн; 4 — геотекстиль;  
5 — мембрана Преласта (1,5 мм); 6 — теплоизоляция;  
7 — пароизоляция; 8 — бетонная плита

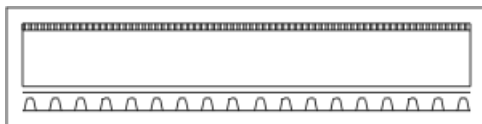


**Рис. 6.24.** Вариант 2 — инверсионная зеленая кровля:

- 1 — почвенный слой; 2 — геотекстиль;  
3 — дренажное полотно Максдрейн; 4 — геотекстиль;  
5 — теплоизоляция; 6 — мембрана Преласта (1,5 мм);  
7 — геотекстиль; 8 — бетонная плита



**Рис. 6.25.** Вариант 3 — мало эксплуатируемая зеленая кровля  
(высота почвенного слоя с дренажем  $>70$  мм,  
вес от 40 до 200 кг/м<sup>2</sup>)



**Рис. 6.26.** Вариант 4 — интенсивно эксплуатируемая зеленая кровля  
(высота почвенного слоя с дренажем  $>70$  мм,  
вес — 200 кг/м<sup>2</sup>)

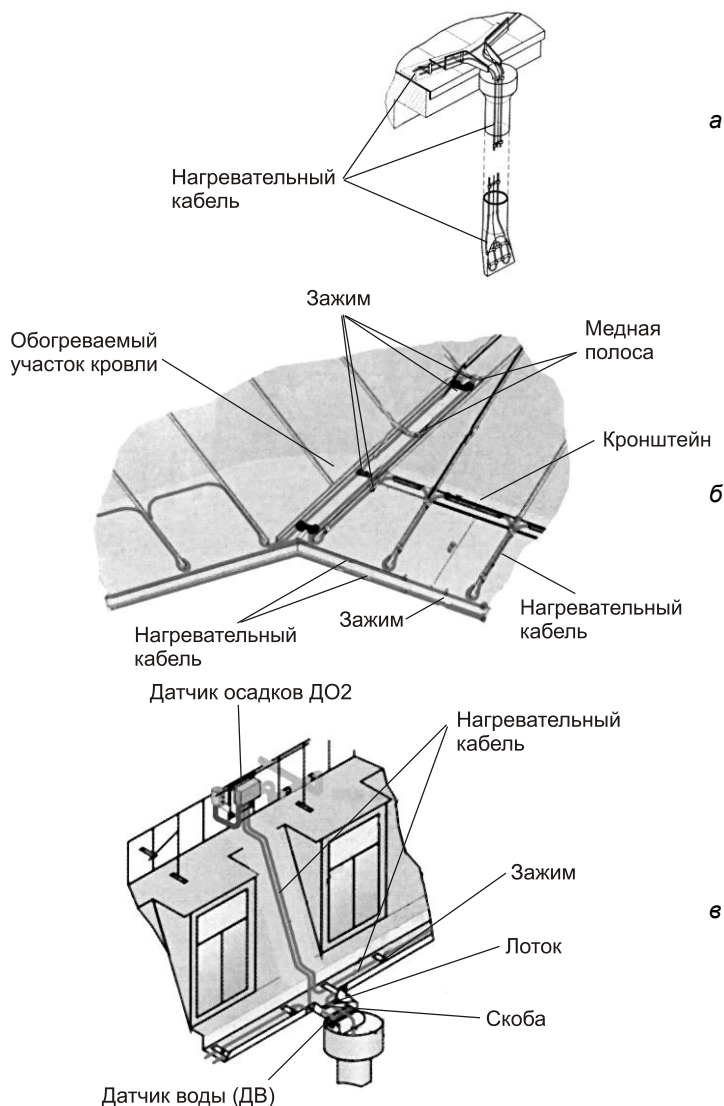
Подводя итоги сказанному, можно резюмировать, что если вы решили устроить в своем доме зеленую кровлю, лучше всего обратиться к профессионалам. Например, профессионально зелеными кровлями занимается корпорация "ТемпСтройСистема" (<http://www.tempstroy.ru/>).

## Кабельная антиобледенительная система "Теплоскат"

Система "Теплоскат" (рис. 6.27):

- ☐ исключает образование наледи;
- ☐ увеличивает срок службы кровли и водостоков;
- ☐ предотвращает разрушение фасадов зданий;
- ☐ обезопасит человека от падения сосулек и ледяных глыб;
- ☐ устанавливается на любую крышу;
- ☐ не требует демонтажа на лето;
- ☐ надежный обогревательный кабель стоек к перепадам температуры и солнечной радиации;
- ☐ управляется автоматически или вручную.





**Рис. 6.27.** Примеры антиобледенительной системы "Теплоскат", исключающей образование льда и сосулек на крыше здания:  
 а — пример обогрева водосточной трубы и лотка (типичный случай);  
 б — пример обогрева ендовы и нижней части ската (для обогреваемого кровли); в — пример обогрева крутой крыши с мансардными окнами

## Система DEVI (Дания)

Компания DEVI разработала микропроцессорный терморегулятор — **devireg™ 810**. Он оснащен сигнализатором, который сообщает о сбоях или помехах в работе, а также датчиками температуры и влажности. Терморегулятор имеет жидкокристаллический дисплей, на который постоянно выводятся параметры работы системы снеготаяния. Он прост в эксплуатации и легко программируется, благодаря этому режим работы можно менять.

**devireg™ 810** обеспечивает оптимальное управление процессом стаивания снега и льда. Система начинает работать при определенных климатических условиях.

Если температура воздуха опускается ниже температуры таяния (0—6 °C), и при этом датчик регистрирует наличие осадков, система включает обогрев. А если, например, на улице дождь, но при этом тепло, то обогрев крыш включаться не будет.

# Глава 7

## Окна

Окна — это конструктивный элемент, который оказывает серьезнейшее влияние на комфортность жилья. С одной стороны, окна определяют общий вид здания и производимое им впечатление — как снаружи, так и изнутри. Современные технологии изготовления окон позволяют воссоздавать внешний облик любых исторических стилей зданий. Окна могут иметь самые разнообразные формы. Кроме традиционных и всем привычных прямоугольных окон выпускаются окна квадратные, круглые, треугольные — они удобны для фронтонов (рис. 7.1) и для купольных домов (рис. 7.2), о которых шла речь в *главе 1*.



**Рис. 7.1.** Треугольные окна на фронтоне дома

Наконец, можно создавать и сложные арочные конструкции, а также получать любые расцветки оконных блоков, что приобретает особое значение при реконструкции зданий, являющихся историческими памятниками. Как при новом строительстве, так и при реконструкции, окна следует рассматривать в комбинации с наружной стеной или крышей (мансардные и слуховые окна). Это неудивительно, потому что окна оказывают решающее влияние на тепловую защиту (от зимнего выстуживания и летнего перегрева), защиту от непогоды и, наконец, защиту от шума. Современные окна изготавливаются из современных материалов и по современным технологиям. На сегодняшний день существует возможность применять в качестве остекления стекла и стеклопакеты с заданными характеристиками, а для изготовления оконных блоков применяются, наряду с хорошо известными материалами, как древесина и алюминий, также новые материалы и их комбинации. Наконец, к новым возможностям современных окон относятся также новые способы их открывания (например, поворотно-откидной), новые современные конструкции и дополнительные аксессуары, а также защита от вандализма и краж со взломом.



**Рис. 7.2.** Треугольное окно  
в купольном доме

## Требования к современным окнам

Общие требования, предъявляемые к окнам, всем хорошо знакомы и понятны. Окна должны пропускать в помещение достаточное количество света, обеспечивать их проветривание и, в то же время, защищать от непогоды, температурных воздействий,

шума и пыли. При этом они должны быть удобными в эксплуатации, прочными, долговечными, соответствовать общему архитектурному замыслу здания, определяя его внешний облик, а также удовлетворять эстетические потребности жильцов в оформлении интерьера.

С возникновением новых материалов и технологий мы можем предъявлять к окнам повышенные требования, соответствующие современному уровню развития науки и техники.

Требования, предъявляемые к окнам, можно условно разделить на следующие группы:

- Формальные требования (размеры, членение, вид открывания, цвет, материал).
- Функциональные требования — теплоизоляция, вентиляция, надежность защиты от проникновения дождевой воды, звукоизоляция, светопропускание, огнестойкость, надежность эксплуатации.
- Экономические требования (единовременные капиталовложения, эксплуатационные затраты).

На сегодняшний день технические требования к окнам содержатся в большом количестве нормативных документов, причем часто эти требования взаимно противоречат друг другу. Зарубежные производители окон, приходя на наш рынок, оперируют показателями из нормативов, принятых в своих странах. Наиболее правильно оперировать теми техническими параметрами окон, которые содержатся в сертификатах соответствия системы ГОСТ Р, т. е. подтверждены испытаниями в лабораториях, аккредитованных Госстроем России. Вкратце рассмотрим классификацию окон по наиболее важным формальным параметрам.

## Конструкция окон

Оконный блок состоит из оконной коробки и оконных переплетов, которые включают створки, фрамугу и форточку. Для проветривания помещения в окнах делают форточки, либо форточки-створки, либо специальные панели, либо фрамуги.

Горизонтальную раму-фрамугу устанавливают в верхней части оконной коробки над створками. Фрамуги могут быть глухими

и открываемыми. Для крепления открываемой фрамуги, в оконную коробку вставляют горизонтальный импост. В широких коробках ставят вертикальный импост, к которому примыкают кромки вертикальных брусьев створки.

В зависимости от направления открывания существует несколько разновидностей оконных блоков:

- ☐ не открывающиеся — глухие;
- ☐ открывающиеся вертикально — поворотные;
- ☐ открывающиеся горизонтально — откидные;
- ☐ комбинированные — поворотно-откидные.

Краткая классификация оконных створок по типу раскрывания приведена в табл. 7.1.

При принятии решения о выборе типа окон всегда возникает вопрос — а как они должны открываться? Вовнутрь или наружу? С энергетической точки зрения этот вопрос утратил актуальность с момента появления прочноэластичных уплотнений, сохраняющих свою эластичность в течение длительных сроков. При принятии решения на передний план выходят личные предпочтения и различные аспекты использования помещения (цветы на подоконнике, соображения удобства мытья окон и т. д.).

- ☐ Окна, открывающиеся наружу, должны иметь ветровой крючок для защиты от перемещения створок;
- ☐ Окна, открывающиеся наружу, предъявляют особые требования к оконной арматуре и не могут иметь нижнеподвесных фрамуг (длительное летнее проветривание);
- ☐ Наружные поверхности одностворчатых окон, открывающихся наружу, невозможно помыть изнутри, что представляет проблему для верхних этажей;
- ☐ Распахнутые деревянные створки не защищены от дождя.

В открытом состоянии створки окна, открывающегося наружу, выглядят привлекательно и гостеприимно, и к тому же не создают никаких помех внутри помещения.

По количеству створок в одном ряду окна бывают одно-, двух- и многостворчатые. Наиболее распространенные конструкции окон по конфигурации перечислены в табл. 7.2.

Таблица 7.1. Окна по типу раскрывания створок





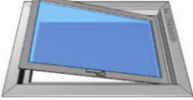

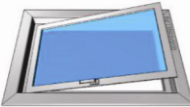
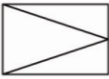



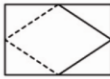




Тип открывания	Иллюстрация	Условное обозначение на схемах	Описание
Глухая створка			Неоткрываемые окна (глухие) — самый простой и дешевый вариант окна. Устанавливаются эти оконные блоки в помещениях, где вентиляция нежелательна. Такие окна тяжело помыть снаружи
Поворотная створка			Поворотные — вращаются на вертикальной оси. С легкостью открываются и дают возможность проветрить помещение. Удобны в эксплуатации. На схеме острый угол указывает направление открывания
Откидная створка			Откидные — вращаются на горизонтальной оси. Открываются сверху вниз. Предназначены в основном для проветривания. Не очень удобны в эксплуатации, поскольку размещаются в основном в верхней части окна, но дают возможность проветрить помещение. На схеме острый угол указывает направление открывания




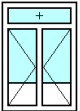

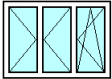
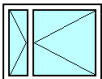

Таблица 7.1 (окончание)

Тип открывания	Иллюстрация	Условное обозначение на схемах	Описание
Подвесная створка			Предназначены в основном для проветривания. Не очень удобны в эксплуатации, поскольку размещаются в основном в верхней части окна, но дают возможность проветрить помещение. Острый угол указывает направление открывания
Поворотная створка на вертикальной оси			Единственным преимуществом среднеподвесных окон, поворачивающихся вокруг своей оси, является удобство при мытье. Острый угол указывает направление открывания. Пунктирная линия указывает выход створки наружу
Поворотная створка на горизонтальной оси			Единственным преимуществом среднеподвесных окон, поворачивающихся вокруг своей оси, является удобство при мытье. Предназначены в основном для проветривания. Острый угол указывает направление открывания. Пунктирная линия указывает выход створки наружу




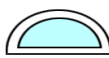
Сдвижная створка			Проблематично помыть снаружи. Предназначены в основном для проветривания
Складная створка			Проблематично помыть снаружи. Стрелка указывает направление открывания, а острый угол — направление выхода створки

**Таблица 7.2. Наиболее распространенные конфигурации окон**

Окно	Описание
	Окно одностворчатое, глухое
	Окно двухстворчатое, поворотное/поворотно-откидное, штульповое <sup>1</sup>
	Окно двухстворчатое, поворотное/поворотно-откидное, штульповое, с фрамугой
	"Французское окно" — дверь распашная с фрамугой
	Окно двухстворчатое, глухое/поворотно-откидное с импостом
	Окно трехстворчатое, поворотно-откидное/поворотное
	Окно двухстворчатое импостное поворотного типа
	Окно круглое

<sup>1</sup> Штульп — механизм в фурнитуре. Его функция состоит в соединении двух створок. Створки зависят одна от другой (сначала открывается одна створка, на которой располагается ручка, вторая открывается при помощи шпингалета). При штульповом исполнении окна отсутствует вертикальное деление окна (импост). — *Прим. ред.*

Таблица 7.2 (окончание)

Окно	Описание
	Окно арочное
	Окно арочное неправильного радиуса

По конструкции окна могут быть:

- ☐ одинарные;
- ☐ спаренные;
- ☐ раздельные;
- ☐ раздельно-спаренные.

Оконные блоки со спаренными створками состоят из наружной и внутренней створок, спаренных между собой, а внутренняя, кроме того, навешивается на петли к коробке. Соединенные между собой стяжками створки составляют как бы один переплет, имеющий достаточную жесткость.

Раздельные оконные блоки состоят из коробки, на которую навешены створки, фрамуги и форточки, открывающиеся в одну или разные стороны. Раздельно-спаренные оконные блоки представляют собой комбинацию окон со спаренными и с раздельными створками, причем наружные створки у таких окон — одинарные, а внутренние — спаренные.

Окно любой конструкции включает в себя:

- ☐ оконный блок, который может быть выполнен из различных материалов;
- ☐ стекло и/или стеклопакет, пропускающий в помещение необходимое количество света;
- ☐ фурнитуру, обеспечивающую необходимый тип открывания;
- ☐ уплотняющие прокладки, герметизирующие стыки между рамой и створкой;
- ☐ дополнительные элементы (сливы, щелевидные накладки, монтажные системы и т. п.).

На современные окна также могут устанавливаться системы микровентиляции и вентиляции помещения, москитные сетки, защитные жалюзи, ставни и др. аксессуары. Важное место в этом ряду занимают системы остекления, которым необходимо уделить особое внимание.

## Остекление

Распространенные на сегодняшний день теплоизолирующие системы остекления внешне очень похожи на стеклопакеты, которые были распространены в 1960 — 1980 гг. И те, и другие имеют двойное остекление, где стекла, отстоящие друг от друга на расстояние от 8 до 20 мм, объединены друг с другом в стеклопакет с помощью охватывающего профиля. Промежуток между стеклами современной теплоизолирующей системы заполняется одним из инертных газов, теплопроводность которых значительно ниже, чем у использовавшегося ранее осушенного воздуха.

Современные системы отличаются от стеклопакетов старого образца тем, что в них используются так называемые "энергосберегающие" стекла. Внутренняя сторона ближнего к комнате стекла покрыта так называемым низкоэмиссионным оптическим покрытием — тонким, прозрачным, нейтральным по цвету и почти невидимым слоем электропроводящего металла. Это покрытие защищается вторичным покрытием, в качестве которого используется слой оксида металла. Низкоэмиссионное покрытие отражает тепловой поток, исходящий из помещения. Эти тонкие слои создаются из электропроводящих металлов, таких, как золото, серебро, медь или алюминий. Они, как уже говорилось, имеют нейтральный цвет и уменьшают теплоизлучающую способность (Эмиссивитет) поверхности стекла. Эмиссивитет — это мера способности какой-либо поверхности поглощать или терять тепло. Принято оценивать эмиссивитет по шкале от 0 до 1 (или от 0 до 100%). Чем выше значение эмиссивитета по этой шкале, тем быстрее поверхность теряет тепло (соответственно, тем худшим эмитентом тепла она является). Чем ниже значение эмиссивитета по этой шкале, тем медленнее поверхность теряет тепло (см. <http://oknasmart.ru/catalog.php?view=17>).

Для сравнения — эмиссивитет поверхности обычного стекла составляет  $\varepsilon = 0,9$ , а эмиссивитет поверхности стекла с "твердым" покрытием  $\varepsilon = 0,17$ . Данные коэффициенты показывают, что обычное стекло имеет высокий эмиссивитет 0,9 и поэтому является плохим изолятором, потому что быстро теряет тепло. Низкоэмиссионное стекло имеет эмиссивитет 0,17. Это — очень низкое значение, такое стекло теряет тепло медленно, и поэтому является хорошим изолятором.

Серебро имеет самый низкий эмиссивитет ( $\varepsilon = 0,1$ ), в то время как поверхность обычного стекла с показателем  $\varepsilon = 0,84$  превышает его более чем в восемь раз. Чтобы исключить образование пятен на тонком слое серебра, он располагается между двух вторичных полуслоев — связующего слоя, обладающего хорошей адгезией к стеклянной подложке, и поверхностного слоя, состоящего из оксидов олова, цинка, титана или висмута. Низкоэмиссионное стекло бывает следующих видов:

- К-стекло — это высококачественное стекло с низкоэмиссионным покрытием, нанесенным на одну поверхность стекла в течение его производства флоат-методом<sup>1</sup>. Многоступенчатое металлизированное покрытие методом пиролиза наносится на поверхность стекла в момент, когда стекло все еще имеет очень высокую температуру (более 600 °С). Так как стекло представляет собой вещество, молекулы кристаллической решетки которого при такой температуре сильно удалены друг от друга, то происходит проникновение молекул металлизированного покрытия вглубь кристаллической решетки стекла. Покрытие как бы ламинируется слоем стекла, что делает его очень устойчивым, чрезвычайно механически прочным и постоянным. Такое покрытие принято называть "твердым". Низкоэмиссионное покрытие К-стекла не помутнеет, не облетит и не разрушится с течением времени.
- И-стекло — это высококачественное стекло с низкоэмиссионным покрытием, нанесенным на одну поверхность стекла

---

<sup>1</sup> Флоат-стекло — названо так именно благодаря процессу производства, где главная роль отдана флоат-ванне. В этой ванне находится расплавленное олово, и так как стекло легче, чем олово, оно течет по его поверхности, тем самым поверхность стекла полируется, становясь абсолютно гладкой и ровной.

в условиях вакуума, методом катодного распыления в магнитном поле металлосодержащих соединений, обладающих заданными избирательными свойствами. На стекло флоат наносится слой серебра, а в качестве вторичного покрытия — оксид титана. Данные пленки, нанесенные на стекло, носят название "мягких покрытий". Существенным недостатком стекла является низкая химическая устойчивость покрытия. Это объясняется тем, что для реализации явления интерференции (с целью получения прозрачного покрытия) пленки (в данном случае серебро и оксид титана) наносят строго определенной толщины, в результате чего они имеют неплотную структуру и "прозрачны" для атмосферной влаги и воздуха, которые окисляют серебро. Покрытие теряет свои эмиссионные свойства. Отсюда и особые требования к И-стеклу. Хранение в герметичной упаковке и ограниченный срок монтажных работ в открытой среде. Вместе с тем в среде инертного газа материал покрытия на И-стекле защищен от окислительного воздействия кислорода воздуха и работоспособен вплоть до разгерметизации стеклопакета.

Нанесение низкоэмиссионного покрытия на "энергосберегающие" стеклопакеты позволяет сочетать высокую свето- и энергопроницаемость ( $g$ -Wert)<sup>1</sup> с оптимальным значением коэффициента теплопередачи ( $U$ -Wert). При солнцезащитном остеклении обычно пытаются обеспечить высокую светопроницаемость при как можно более низкой энергопроницаемости, одновременно поддерживая коэффициент теплопередачи как можно более низким. При энергетической реконструкции жилых помещений солнцезащитное остекление используется редко, например, для больших мансардных окон, устанавливаемых на скат крыши, ориентированной на юг или запад. В большинстве случаев предусматривается временная защита от солнца.

---

<sup>1</sup> Этот "общий коэффициент энергопроницаемости" (нем. —  $g$ -Wert, англ. — Solar Heat Gain Coefficient или Solar Factor) определяет, сколько процентов солнечного излучения (как света, так и тепла), поглощаемого стеклом, попадает внутрь помещения и может быть полезным. Так, вы можете определить, каково поступление пассивной солнечной энергии через стекло. При низких значениях коэффициента  $g$  ( $< 0.4$ ) отпадает необходимость установки штор или солнцезащитных жалюзи. См. [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_gain](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_gain).

Таблица 7.3. Энергетические потоки в области окна при различных типах остекления.

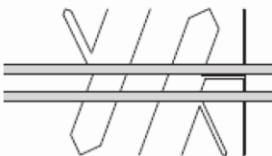
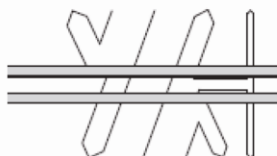
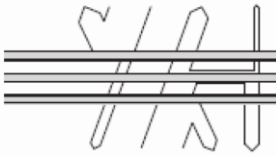
<p>Наружная температура: <math>-10^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Поток тепловой энергии через стекло: 80%</p> <p>Общая инсоляция 100%</p> <p>Отражение 10%</p> <p>Вторичная теплоотдача наружу 5%</p>		<p>Температура воздуха в помещении: <math>+20^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Температура поверхности окна: <math>+8^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Отражение 20%</p> <p>Общий поток тепловой энергии 100%</p> <p>Солнечная энергия, проходящая через стекло: 80%</p> <p>Вторичная теплоотдача в помещении: 5%</p>
<p>Коэффициент светопропускания (Lichttransmissionsgrad) 82%</p>	<p><b>Стеклопакет</b></p>	<p>Коэффициент теплопередачи <math>U</math>: <math>3,0 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}</math></p> <p>Коэффициент энергопроницаемости <math>g</math>: 77%</p>
<p>Наружная температура: <math>-10^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Поток тепловой энергии через стекло: 50%</p> <p>Общая инсоляция: 100%</p> <p>Отражение 30%</p> <p>Вторичная теплоотдача наружу 12%</p>		<p>Температура воздуха в помещении: <math>+20^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Температура поверхности окна: <math>+15^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Отражение 50%</p> <p>Общий поток тепловой энергии 100%</p> <p>Из промежуток между стеклами откачан воздух, и вместо него закачан инертный газ (чаще всего аргон). Кроме того, внутренняя (со стороны стеклопакета) сторона ближнего к помещению стекла покрыта тонким металлизированным покрытием</p> <p>Солнечная энергия, проходящая через стекло: 46%</p> <p>Вторичная теплоотдача вовнутрь 12%</p>

Таблица 7.3 (окончание)

Коэффициент светопропускания 76%	Теплоизолированный пакет	Коэффициент теплопередачи $U$ : $1,1 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ Коэффициент энергопроницаемости $g$ : 58%
Наружная температура: $-10^\circ \text{C}$ Поток тепловой энергии через стекло: 30% Общая инсоляция: 100% Отражение: 29% Вторичная теплоотдача наружу 29%		Температура воздуха в помещении: $+20^\circ \text{C}$ Температура поверхности окна: $+17^\circ \text{C}$ Отражение 70% Общий поток тепловой энергии 100% Промежуток между стеклами заполнен криптоном Вторичная теплоотдача вовнутрь 9%
Коэффициент светопропускания 64%	Тройное остекление	Коэффициент теплопередачи $U$ : $0,5 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ Коэффициент энергопроницаемости $g$ : 50%



В табл. 7.3 вкратце описаны различия в энергетических потоках в области окна при различных видах остекления. Поток солнечной энергии, так называемая полная радиация состоит примерно на 52% из видимого света и на 48% — из невидимых инфракрасного (IR) и ультрафиолетового (UV) излучений. Часть излучения, падающего на оконное стекло, будет им поглощена, иначе говоря, эта часть излучения будет поглощена стеклом и в виде теплового излучения распространится в обе стороны (вторичная теплоотдача наружу и вовнутрь помещения). Еще часть излучения будет отражена от поверхности стекла (отражение), и, наконец, большая часть излучения пройдет через стекло (пропускание). Если излучение, проходящее через стекло в помещение, попадает на массивный элемент, оно преобразуется в тепловую энергию и в виде длинноволнового инфракрасного излучения отражается обратно. Когда этот тепловой поток попадает на остекление, он отражается обратно в комнату металлооксидным слоем.

## Стеклопакеты

Стеклопакет — это светопрозрачная конструкция строительного назначения из двух и более стекол, скрепленных (склеенных) между собой в следующем порядке: стекло — воздушная камера (газ) — стекло — и т. д. Предназначение стеклопакета как замены стекол — в повышении такой характеристики окна, как сопротивление теплопередаче, поскольку воздух и некоторые другие газы плохо пропускают тепло.

Стеклопакеты прошли довольно долгий путь эволюции. Достаточно сказать, что первый патент на производство стеклопакетов был выдан аж в 1865 г. Производство стеклопакетов было налажено в Германии с 1934 г, а первые стеклопакеты, состоявшие из стекол и свинцовой распорной рамки, спаянные между собой по контуру, появились в США в 1938 году. Наконец, в 1950 году были изготовлены первые стеклопакеты с эластичным уплотнением. В них использовалась алюминиевая пустотелая рейка, заполненная осушающим средством и уплотненная полисульфидным герметиком, а в 1970 году появились конструкции, которые на сегодняшний день известны как современные стеклопакеты, имеющие двойную герметизацию.

При проектировании энергосберегающих стеклопакетов основные цели разработчиков заключаются в обеспечении высокой светопроницаемости при как можно более нейтральном по цвету покрытии. Еще одна цель состоит в обеспечении по возможности высокого коэффициента энергопроницаемости  $g$  и одновременно — минимально возможного коэффициента теплопередачи  $U$ . Эквивалентное значение проницаемости для ультрафиолетового излучения (UF) вычисляется путем подведения баланса тепловых потерь и выработки солнечной энергии в течение отопительного периода.

В современных стеклопакетах камеры из стеклянных пластин соединяются огибающим герметичным профилем-распоркой из алюминия. Эти соединительные профили препятствуют просачиванию наружу инертных газов, которые закачиваются в камеру, а также просачиванию внутрь камеры водяных паров. Теплопроводность этого ребра из алюминиевого профиля толщиной около 0,5 мм значительно выше, чем теплопроводность остекления в центре стеклянной пластины. Соединительный профиль создает мощный "тепловой мостик", действие которого распространяется на расстояние до 20 см от кромки к центру листового стекла. Впрочем, в настоящее время уже предлагаются стеклопакеты с соединительным профилем, изготовленным из высокосортной стали или пластика, в которых данный "тепловой мостик" сильно ослаблен. В небольших окнах и, соответственно, малоформатных стеклах (например, в ланцетных окнах или переплетах с горбыльками) разница в коэффициенте теплопроводности на кромке и в центре остекления может достигать значений до  $0,25 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ , да и в больших окнах она может составлять  $0,10 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ . Это соответствует примерно 10 — 30% от коэффициента теплопередачи остекления. Решающим фактором здесь является изменение температуры поверхности: повышение температуры на 3 К в большинстве случаев обеспечивает отсутствие конденсата по кромке стекла. Дальнейшего улучшения можно добиться за счет углубления фальца для установки стеклопакета.

Стеклопакеты классифицируются:

- По количеству камер. Между каждыми двумя стеклами образуется пространство, называемое камерой. В связи с этим

стеклопакеты подразделяют на однокамерные (два стекла), двухкамерные (три стекла) и т. д.

- По ширине. Ширина стеклопакета — это полная ширина блока вместе со стеклянной и воздушной частью. Встречаются стеклопакеты шириной 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 32, 36, 42, 44 мм и др.
- По типам применяемого стекла: обычное, энергосберегающее К или I типа — стекла с низкоэмиссионным покрытием, позволяющие резко поднять энергосберегающие свойства, особенно в сочетании с газонаполнением, шумозащитное — стекло с увеличенной толщиной, более инертное, то есть менее подверженное звуковым колебаниям, солнцезащитное — тонированное стекло в массе или тонированное пленкой, значительно снижает уровень проникновения солнечной радиации, ударопрочное — стекло триплекс с высоким классом защиты.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Формула стеклопакета имеет следующий вид: стекло/марка-дистанция/наполнение-стекло/марка. Например: Пример: 8M1-16-4M1-12Ar-4K: 8 мм стекло марки M1 — 16 мм возд. дистанция — 4 мм стекло M1 — 12 мм дистанция, заполнение аргон — 4 мм K-стекло. О марках стекла подробно можно прочесть по следующим адресам: <http://evrtrans.ru/product/50299>, [http://realprof.ru/articles/1\\_6.htm](http://realprof.ru/articles/1_6.htm).

Вклад оконных рам в общий коэффициент теплопередачи окна зависит от размера окон и их конструкции. Поскольку, как правило, рама по сравнению с остеклением показывает худший коэффициент теплопередачи, и с учетом оптимизации освещенности помещения рекомендуется минимизировать площадь оконных рам по отношению к общей площади остекления.

## **Теплоизоляция (теплозащита)**

Теплоизоляция — одна из основных функций окна, которая обеспечивает комфортные условия внутри помещения. Тепловые потери помещения определяются двумя факторами:

- Трансмиссионными потерями, которые складываются из потоков тепла, которое помещение отдает через стены, окна, двери, потолок и пол.
- Вентиляционными потерями, под которыми понимается количество тепла, необходимое для нагрева до температуры поме-

щения холодного воздуха, проникающего через негерметичности окна и в результате вентиляции.

В России для оценки теплозащитных характеристик конструкций принято *сопротивление теплопередаче*  $R_o$  ( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ), величина, обратная коэффициенту теплопроводности  $k$ , который принят в нормах DIN.

Коэффициент теплопроводности  $k$  характеризует количество тепла в ваттах (Вт), которое проходит через  $1 \text{ м}^2$  конструкции при разности температур по обе стороны в один градус по шкале Кельвина (К), единица измерения  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ . Чем меньше значение  $k$ , тем меньше теплопередача через конструкцию, т. е. выше ее изоляционные свойства.

К сожалению, простой пересчет  $k$  в  $R_o$  ( $k = 1/R_o$ ) не вполне корректен из-за различия методик измерений в России и других странах. Однако если продукция сертифицирована, то производитель обязан представить заказчику именно показатель сопротивления теплопередаче.

Основными факторами, влияющими на значение приведенного сопротивления теплопередаче окна, являются:

- размер окна (в т. ч. отношение площади остекления к площади оконного блока);
- поперечное сечение рамы и створки;
- материал оконного блока;
- тип остекления (в т. ч. ширина дистанционной рамки стеклопакета, наличие селективного стекла и специального газа в стеклопакете);
- количество и местоположение уплотнителей в системе рама/створка.

От значения показателей  $R_o$  зависит и температура поверхности ограждающей конструкции, обращенная во внутрь помещения. При большой разнице температур происходит излучение тепла в сторону холодной поверхности.

Плохие теплозащитные свойства окон неизбежно приводят к появлению холодного излучения в зоне окон и возможности появления конденсата на самих окнах или в зоне их примыкания к другим конструкциям. Причем это может происходить не только,

вследствие низкого сопротивления теплопередачи конструкции окна, но также и плохого уплотнения стыков рамы и створки.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций нормируется СНиП II-3-79\* "Строительная теплотехника", который является переизданием СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника" с изменениями, утвержденными и введенными в действие с 1 июля 1989 г. постановлением Госстроя СССР от 12 декабря 1985 г. 241, изменением 3, введенным в действие с 1 сентября 1995 г. постановлением Минстроя России от 11 августа 1995 г. и изменением 4, утвержденным постановлением Госстроя России от 19 января 1998 г. 18-8 и введенным в действие 1 марта 1998 г.

В соответствии с этим документом, при проектировании приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей  $R_o$  следует принимать не менее требуемых значений,  $R_o^{TP}$  (см. табл. 7.4).

**Таблица 7.4.** Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, °С, сут	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей не менее $R_o^{TP}$ , ( $m^2 \times ^\circ C$ )/Вт
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	0,30
	4000	0,45
	6000	0,60
	8000	0,70
	10000	0,75
	12000	0,80
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажностным или мокрым режимом	2000	0,30
	4000	0,40
	6000	0,50
	8000	0,60
	10000	0,70
	12000	0,80

Таблица 7.4 (окончание)

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, °С, сут	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей не менее $R_{o}^{TP}$ , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$
Производственные с сухим и нормальным режимом	2000	0,25
	4000	0,30
	6000	0,35
	8000	0,40
	10000	0,45
	12000	0,50

**Примечание:**

1. Промежуточные значения  $R_o^{TP}$  следует определять интерполяцией.
2. Нормы сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций для помещений производственных зданий с влажностным или мокрым режимом, с избытками явного тепла от  $23 \text{ Вт/м}^3$ , а также для помещений общественных, административных и бытовых зданий с влажностным или мокрым режимом следует принимать как для помещений с сухим и нормальным режимами производственных зданий.
3. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее, чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.
4. В отдельных обоснованных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, допускается применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5% ниже устанавливаемого в таблице.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) следует определять по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{\text{от.пер.}}) \cdot z_{\text{от.пер.}}$$

где:  $t_b$  — расчетная температура внутреннего воздуха, °С (согласно **ГОСТ 12.1.005-88** и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений);

$t_{\text{от.пер.}}$  — средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной  $8^\circ \text{C}$ ;

$z_{\text{от.пер.}}$  — продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной  $8^\circ \text{C}$ , Сут (по СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика").

По СНиП 2.08.01-89\* при расчете ограждающих конструкций жилых зданий следует принимать: температуру внутреннего воздуха 18 °С в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (определяемой согласно СНиП 2.01.01-82) выше –31 °С и 20 °С при –31 °С и ниже; относительную влажность воздуха равной 55% (табл. 7.5).

**Таблица 7.5. Температура наружного воздуха**  
(выборочно, полностью см. СНиП 2.01.01-82)

Город	Температура наружного воздуха, °С			
	Наиболее холодная пятидневка		Период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	0,98	0,92	Продолжительность, сут.	Средняя температура, °С
Брянск	–30	–26	206	–2,6
Владивосток	–25	–24	201	–4,8
Вологда	–36	–31	228	–4,8
Волгоград	–28	–25	182	–3,4
Иркутск	–38	–37	241	–8,9
Калуга	–30	–27	214	–3,5
Киев	–25	–22	187	–1,1
Красноярск	–43	–40	235	–7,2
Краснодар	–23	–19	152	1,5
Липецк	–29	–27	199	–3,9
Москва	–30	–26	213	–3,6
Мурманск	–29	–27	281	–3,3

Таблица 7.5 (окончание)

Город	Температура наружного воздуха, °С			
	Наиболее холодной пятидневки		Период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С	
	0,98	0,92	Продолжитель- ность, сут.	Средняя температура, °С
Новгород	–33	–27	220	–2,6
Новосибирск	–42	–39	227	–9,1
Омск	–39	–37	220	–9,5
Оренбург	–34	–31	201	–8,1
Пермь	–38	–35	226	–6,4
Псков	–29	–26	212	–2
Ростов-на-Дону	–25	–22	175	–1,1
Санкт-Петербург	–29	–26	219	–2,2
Ставрополь	–22	–19	169	0,3
Тула	–30	–27	207	–3,8
Тюмень	–42	–37	220	–7,5
Уфа	–38	–35	214	–6,6
Хабаровск	–34	–31	205	–10,1
Челябинск	–35	–34	218	–7,3
Якутск	–57	–55	254	–21,2



Для облегчения работы проектировщиков в СНиП II-3-79\*, в приложении приведена также справочная таблица, содержащая приведенные сопротивления теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей для различных конструкций (табл. 7.6). Пользоваться этими данными необходимо в том случае, если значения  $R$  отсутствуют в стандартах или технических условиях на конструкции (см. примечание к табл. 7.4).

**Таблица 7.6.** Приведенное сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей (справочное)

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0$ , $(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	
	в деревянных или ПВХ-переплетах	в алюминиевых переплетах
1. Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	—
2. Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44	0,34*
3. Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194х194х98 244х244х98	0,31 (без переплета) 0,33 (без переплета)	
4. Профильное стекло коробчатого сечения	0,31 (без переплета)	
5. Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	—
6. Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,52	—
7. Тройное остекление в отдельно-спаренных переплетах	0,55	0,46

Таблица 7.6 (продолжение)

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0$ , ( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ )/Вт	
	в деревянных или ПВХ- переплетах	в алюми- ниевых переплетах
8. Однокамерный стеклопакет из стекла: — обычного; — с твердым селективным покрытием; — с мягким селективным покрытием	0,38 0,51 0,56	0,34 0,43 0,47
9. Двухкамерный стеклопакет из стекла: — обычного (с межстекольным рас- стоянием 6 мм); — обычного (с межстекольным рас- стоянием 12 мм); — с твердым селективным покрытием; — с мягким селективным покрытием; — с твердым селективным покрытием и заполненным аргоном	0,51 0,54 0,58 0,68 0,65	0,43 0,45 0,48 0,52 0,53
10. Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла: — обычного — с твердым селективным покрытием — с мягким селективным покрытием — с твердым селективным покрытием и заполненным аргоном	0,56 0,65 0,72 0,69	— — — —
11. Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла: — обычного — с твердым селективным покрытием — с мягким селективным покрытием — с твердым селективным покрытием и заполненным аргоном	0,68 0,74 0,81 0,82	— — — —

Таблица 7.6 (окончание)

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o$ , $(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	
	в деревянных или ПВХ-переплетах	в алюминиевых переплетах
12. Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	—
13. Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74	—
14. Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0.80	—

\* В стальных переплетах

**Примечания:**

1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твердым — более 0,15.
2. Значения приведенных сопротивлений теплопередаче заполнений световых проемов даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75.
3. Значения приведенных сопротивлений теплопередаче, указанные в таблице, допускается применять в качестве расчетных при отсутствии этих значений в стандартах или технических условиях на конструкции или не подтвержденных результатами испытаний.
4. Температура внутренней поверхности конструктивных элементов окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже 3 °C при расчетной температуре наружного воздуха.

Кроме общероссийских нормативных документов существуют еще и местные, в которых определенные требования для данного региона могут быть ужесточены.

Для улучшения теплозащиты заполнений световых проемов в холодный и переходный периоды года без увеличения числа слоев остекления следует предусматривать применение стекол с селективным покрытием, размещая их с теплой стороны. Все притворы рам окон и балконных дверей должны содержать уплотнительные прокладки из силиконовых материалов или морозостойкой резины.

Говоря о теплоизоляции, необходимо помнить, что летом окна должны выполнять противоположную зимним условиям функцию: защищать помещение от проникновения солнечного тепла в более прохладное помещение.

Следует также принимать во внимание, что жалюзи, ставни и т. п. работают как временные теплозащитные устройства и существенно уменьшают теплопередачу через окна (табл. 7.7).

**Таблица 7.7.** Коэффициенты теплопропускания солнцезащитных устройств (СНиП II-3-79\*, приложение 8)

Солнцезащитные устройства	Коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств $\beta_{сз}$
А. Наружные	
Штора или маркиза из светлой ткани	0,15
Штора или маркиза из темной ткани	0,20
Ставни-жалюзи с деревянными пластинами	0,10/0,15
Шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,15/0,20
Б. Межстекольные (непроевтриваемые)	0,30/0,35
Шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,25
Штора из светлой ткани	0,40
Штора из темной ткани	
В. Внутренние	
Шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,60/0,70
Штора из светлой ткани	0,40
Штора из темной ткани	0,80

**Примечание:**

1. Коэффициенты теплопропускания даны дробью: до черты — для солнцезащитных устройств с пластинами под углом  $45^\circ$ , после черты — под углом  $90^\circ$  к плоскости проема.
2. Коэффициенты теплопропускания межстекольных солнцезащитных устройств с проветриваемым межстекольным пространством следует принимать в 2 раза меньше.

## **Материалы для изготовления рам**

Выбор материалов для изготовления рам при реконструкции старых зданий определяется не только функциональными и экономическими соображениями, но и субъективно-эмоциональными факторами. Вкратце различные факторы, влияющие на принятие решения по выбору материалов для изготовления оконных рам, перечислены в табл. 7.8.

### **Дерево**

Оконные рамы из хорошо вылежавшейся хвойной древесины европейских пород, таких как сосна и лиственница, удовлетворяют требованиям к конструкции окон как с точки зрения статической прочности, так и с точки зрения других строительно-физических параметров. При условии их обработки диффузионно-проницаемыми защитными красками, которые обеспечивают достаточную пигментацию, окна, изготовленные из такой древесины, сохраняют свои свойства в течение длительного срока и устойчивы к воздействию ультрафиолетового излучения, проливных дождей и перепадов температур. Несмотря на это, деревянные окна предъявляют высокие требования к обслуживанию, особого внимания заслуживают бруски-отливы оконного переплета и конструктивные швы. Большие свесы крыши или защитное покрытие от проливных дождей защищают деревянные окна и продлевают интервалы, через которые они требуют ухода и обслуживания.

Срок службы и возможность дальнейшей эксплуатации деревянных окон в меньшей степени зависит от самой древесины, чем от используемого защитного покрытия. Как правило, в течение тридцатилетнего срока службы окна красятся от пяти до десяти раз. Только при условии последовательного использования покрытий, способных к биологическому разложению, можно гарантировать экологически чистую утилизацию отслуживших свой срок старых оконных рам.

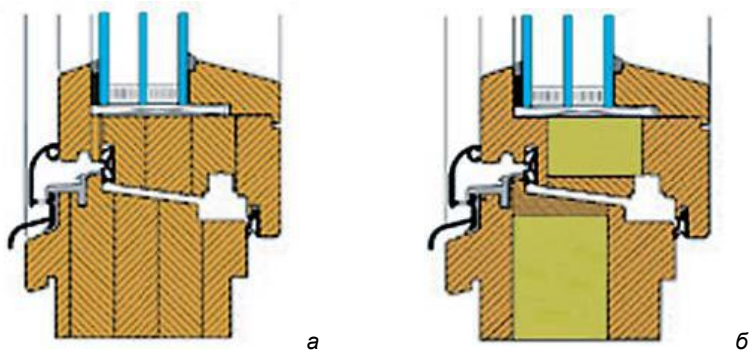
**Таблица 7.8.** Сравнительный анализ характеристик и качества различных материалов для изготовления оконных рам

Тип рам	Дерево	Дерево (пассивный дом)	Пластик	Дерево/ Алюминий	Сталь
Термические свойства	Хорошие	Очень хорошие	Средние	Средние	Очень плохие
	$U_f = 1,2 - 1,7$ $Вт/м^2 \times К$	$U_f = 0,7 - 1,0$ $Вт/м^2 \times К$	$U_f = 1,8 - 2,2$ $Вт/м^2 \times К$	$U_f = 1,7 - 2,0$ $Вт/м^2 \times К$	$U_f > 3,0$ $Вт/м^2 \times К$
Конструктивные свойства	Хорошие, при условии надлежащего ухода	Хорошие, при условии надлежащего ухода	Хорошие	Хорошие	Средние, умеренная подверженность выпадению конденсата и коррозии
Затраты первичной энергии	$20 \text{ кВтч/м}^2$	$40 - 80 \text{ кВтч/м}^2$	$70 \text{ кВтч/м}^2$	$220 \text{ кВтч/м}^2$	$120 \text{ кВтч/м}^2$
Пригодность к вторичной переработке	Условная, зависит от использованных красок и лаков	Условная, зависит от использованных красок и лаков	Хорошая, но сегодня применяется редко	Хорошая, соединительные профили можно демонтировать	Хорошая

Уход и обслуживание	Дорого и трудно, требуют покраски раз в 3 — 5 лет	Дорого и трудно, требуют покраски раз в 3 — 5 лет	Не требуют особого ухода, поверхность иногда становится матовой и шершавой	Легкие в уходе	Не требуют особого ухода, особенно при оцинковании или горячей эмаль-ровке
Относительные затраты	100%	140 — 170%	80 — 90%	130 — 150%	120 — 140%
Срок службы	> 20 лет	> 20 лет	> 30 лет	> 30 лет	> 30 лет

## Деревянные окна для пассивного дома

Как уже говорилось ранее, деревянные окна соответствуют всем требованиям жилищного строительства, и уже простые деревянные рамы позволяют достичь всех требований, предъявляемых стандартом "пассивный дом" (рис. 7.3, а). В течение последних нескольких лет в употребление вошли конструктивно доработанные деревянные окна с теплоизолированным ядром, изготовленным из вспененного полиуретана или пробки (рис. 7.3, б). Такие окна предлагаются для домов, удовлетворяющих стандарту "пассивный дом", и стали известны под названием "окна для пассивного дома". Окна эти характеризуются тем, что тепловые потери в них почти до 50% ниже, чем через традиционные деревянные окна. При коэффициенте теплопередачи рам, составляющем  $0,7 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$ , в сочетании с тройным остеклением, можно получить окна с наилучшими теплоизолирующими свойствам и температурами поверхностей всего конструктивного элемента. Впрочем, иногда конструкция рам может казаться несколько тяжеловесной.

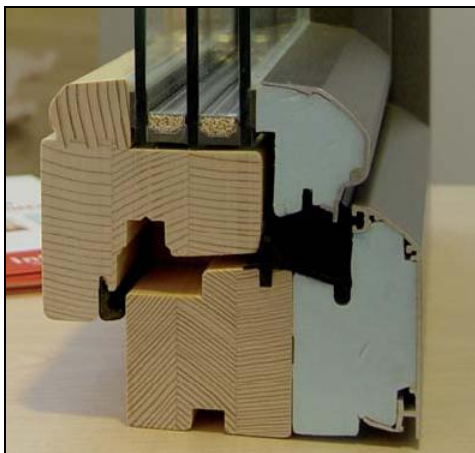


**Рис. 7.3.** Деревянные окна соответствуют всем требованиям жилищного строительства: (а) — стандарт на пассивный дом может быть достигнут уже с простыми деревянными рамами, (б) — усовершенствованная конструкция деревянных рам с "сердечником" из вспененного полиуретана (графика: VATIOTEC)



## Комбинация "Дерево — алюминий"

Благодаря использованию комбинации "дерево — алюминий" можно создавать двухкамерные конструкции, в которых свойства обоих материалов используются оптимальным образом: дерево с его хорошими теплоизолирующими свойствами располагается внутри помещения, а алюминий с его простотой в уходе и защитой от погодных воздействий располагается снаружи. Рамы и створки из дерева красиво смотрятся изнутри помещения и образуют несущую подконструкцию для внешней оболочки из прессованных алюминиевых профилей. Эти алюминиевые профили требуют минимального ухода и сочетают в себе устойчивость к погодным воздействиям, таким, как нагрузка от ветра и проливные дожди. Конструкции из дерева и алюминия уже в течение многих лет используются в строительстве зимних садов. Они без особых проблем утилизируются, так как конструкция легко демонтируется, после чего компоненты подлежат переработке. В сочетании с теплоизоляцией из полиуретана между стеклом и алюминиевой оболочкой для таких окон можно найти и другие применения — например, такие окна подходят для пассивных домов (рис. 7.4).



**Рис. 7.4.** Окна из дерева и алюминия с тройным остеклением в исполнении для пассивных домов (источник: Fa. Internorm)

## Пластик

Окна из пластика на сегодняшний день состоят из полого многокамерного профиля из ПВХ (PVC), где количество камер может достигать семи. Камеры могут частично заполняться вспененными теплоизоляторами. Теплоизолирующие свойства таких пластиковых оконных профилей приближаются к аналогичным свойствам деревянных рам. ПВХ относительно устойчив против образования царапин и невосприимчив к загрязнениям. По сравнению с древесиной он менее устойчив к температурным воздействиям, иначе говоря, при высоких температурах может начаться коробление и изменение исходного цвета, которые объясняются изменениями молекулярной структуры материала. Светлые профили выдерживают поверхностные температуры около 45 °С, в то время как профили более темных оттенков можно нагревать и до 80 °С. В случае пожара ПВХ под воздействием высоких температур, помимо прочих высокотоксичных веществ выделяет диоксин. В последнее время окна ПВХ выходят из употребления и активно утилизируются.

## Алюминий

Окна из алюминия характеризуются длительным сроком службы и высокой стабильностью формы. Они состоят из теплоизолированных связующих профилей, иначе говоря, внутренние и внешние профили связываются через пластиковую перемычку, которая их соединяет механически, но разделяет термически. Эта пластиковая перемычка должна удовлетворять требованиям к механической нагрузке, которая возникает под внешними воздействиями (например, ветер), а также механических напряжений, возникающих вследствие перепада наружных и внутренних температур. Алюминиевые окна, вследствие их плохих теплоизолирующих свойств, устарели и более не считаются современными.

## Сталь

Сталь в качестве материала для оконных рам в виде простых оконных профилей (угловой, Т- или Z-образные профили) из стального проката или в форме полых профилей применяется редко.

**Таблица 7.9.** Зависимость коэффициента теплопередачи  $U$  от размеров окна, качества стекол и материала, из которого изготовлены оконные рамы

$U$ Вт/м <sup>2</sup> ×К	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	Влияние соеди- нительного про- филя кромки, Вт/м <sup>2</sup> ×К	Доля остекления %	Материал рам	$U$ Рамы Вт/м <sup>2</sup> ×К	Доля площади рам %	$U$ Окно в целом Вт/м <sup>2</sup> ×К
1,1	0,5	1,35	48	Пластик	2,0	52	1,69
				Дерево	1,5		1,43
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		1,06
	1,5	1,28	71	Пластик	2,0	29	1,49
				Дерево	1,5		1,34
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		1,14
	3,0	1,24	76	Пластик	2,0	24	1,42
				Дерево	1,5		1,30
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		1,13
	3,0*	1,24	87			13	1,08

Таблица 7.9 (окончание)

У Остекление Вт/м <sup>2</sup> ×К	Площадь остекления, м <sup>2</sup>	Влияние соеди- нительного про- филя кромки, Вт/м <sup>2</sup> ×К	Доля остекления %	Материал рам	У Рамы Вт/м <sup>2</sup> ×К	Доля площади рам %	У Окно в целом Вт/м <sup>2</sup> ×К
0,5	0,5	0,95	48	Пластик	2,0	52	1,50
				Дерево	1,5		1,24
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		0,87
	1,5	0,84	71	Пластик	2,0	29	1,18
				Дерево	1,5		1,03
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		0,83
	3,0	0,70	76	Пластик	2,0	24	1,01
				Дерево	1,5		0,89
				Дерево с теплоизо- ляцией	0,8		0,72
	3,0*	0,70	87			13	0,61

\* Глухое остекление

Сталь используется, например, в форме термически разделенных цельных профилей с утепленными распорками или теплоизолирующими прокладками при большой площади остекления. Защита от коррозии осуществляется путем оцинковки, покрытия лаками с содержанием цинкового порошка или нанесения полимерного покрытия. Использование стали в качестве материала для оконных рам допускается только в исключительных случаях, когда это оправдано требованиями к механической прочности или оформительскими соображениями.

В табл. 7.9 проанализирована зависимость коэффициента теплопередачи  $U$  от размеров окна, качества стекол и материала, из которого изготовлены оконные рамы. Несмотря на хороший коэффициент теплопередачи остекления, тепловые потери через маленькие окна могут оказаться довольно значительными, из-за относительно плохого коэффициента теплопередачи рам (вклад которых в общую площадь окна в этом случае значителен) и "теплового мостика" в области соединительного профиля кромок. Например, качество остекления у деревянных окон становится доминирующим только начиная с того случая, когда окно имеет площадь от  $1,5 \text{ м}^2$  (считается, что ширина рамы со створкой составляет 11 см).

## Мансардные окна

Мансардные окна могут внести существенный вклад в повышение освещенности чердачных помещений. Однако в любом случае высокий приток энергии через мансардные окна требует предпринять и меры, защищающие от летнего перегрева, поскольку в мансардах, ориентированных на юг и запад, через мансардные окна, расположенные на скатной крыше, в помещение проникает мощный поток солнечного излучения. Вследствие недостаточной тепловой инерции чердачного помещения летом мансарды легко перегреваются.

## Установка окон

Соблюдение высоких энергетических стандартов на рамы и остекление можно гарантировать только тогда, когда высококачественные окна грамотно устанавливаются квалифицированными

ми специалистами, и при этом уделяется должное внимание устранению "тепловых мостиков" на стыках между рамами и оконными проемами. Это положительно сказывается на функциональной пригодности и сроке службы окон, а также помогает избежать повреждений примыкающих конструктивных элементов. При заделке швов необходимо принимать в расчет неточности размеров оконного проема, деформации граничащих с окном конструктивных элементов (прогиб перегородок и перекрытий), а также изгиб и усадку материалов.

К соединительным швам предъявляются высокие требования в отношении устойчивости к проливным дождям, герметичности, предотвращению выпадения конденсата, теплоизоляции и защиты от шума, а также механической прочности. Очень важно гарантировать, что влага не будет просачиваться через соединительные швы ни вследствие наружных воздействий (проливные дожди), ни изнутри (вследствие конвекции или диффузии пара), потому что эта влага может просочиться внутрь конструкции и вызвать ее повреждения. При температуре воздуха в помещении около 20 °С, наружной температуре воздуха –15 °С и относительной влажности воздуха в помещении примерно 50% температура конденсации (точка росы) составляет приблизительно 9,3 °С. Таким образом, чтобы исключить выпадение конденсата, необходимо гарантировать, что температура поверхности окна и, в особенности, температура поверхности в окаймляющей области стены не опускалась ниже 12 °С.

Чтобы добиться этой цели, стыковые швы должны заполняться теплоизолирующим материалом и проклеиваться изнутри замедляющими диффузию пленками. С наружной стороны между окном и фасадом прокладывается предварительно сжатая герметизирующая лента, чтобы исключить проникновение влаги во время проливных дождей. Стыковые швы между каменной или кирпичной кладкой и деревянными окнами часто обшиваются деревянными рейками.

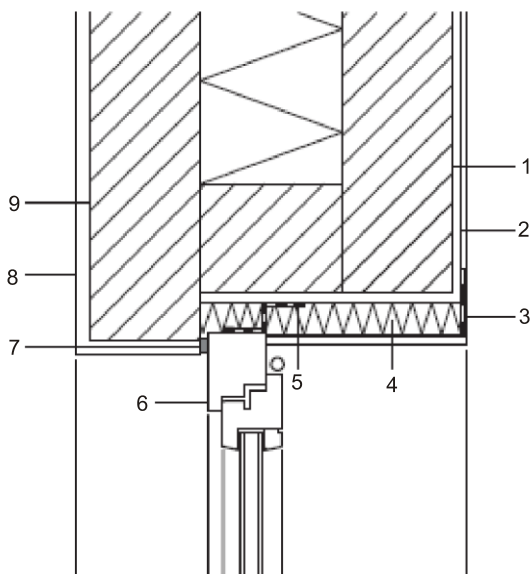
При расположении окон в пределах стены должны приниматься в расчет различные аспекты — падение света, "тепловые мостики", оформление фасада, использование подоконника, атмосферное старение в ходе длительной эксплуатации.

Материалы, используемые для заполнения и герметизации стыков, должны быть устойчивы против таких повреждений, как гниение и химическое разложение, сохранять свои свойства в течение длительного срока и целиком заполнять все пустоты, вызванные неровностями откосов оконного проема. На рынке для этой цели предлагаются самоклеящиеся уплотняющие ленты из вспененного материала с герметизирующей пропиткой, но можно применять и такие материалы, как, например, минеральное волокно.

Установку и герметизацию окон необходимо тщательно продумать и детально документировать еще на стадии рабочего планирования. В ходе проведения реконструкции эта работа должна быть поручена профессиональному и ответственному исполнителю, тем более что в старых зданиях использовались менее жесткие требования к размерным допускам, и более вероятно возникновение неблагоприятных ситуаций (например, пересмотр уже имеющейся сметы), нежели в новостройках. По возможности эту работу следует доверять только субподрядчику, обладающему всем необходимым оборудованием и имеющему опыт работ по герметизации и проклеиванию стыков и швов. В любом случае в смете следует отдельными позициями указать материалы для отделки откосов оконных проемов, герметизирующие и связующие материалы, а также пошагово описать последовательность выполнения рабочих операций.

При установке окон необходимо тщательное проклеивание всех швов между рамами и откосами оконных проемов. Когда на рамы заводится наружная теплоизоляция, как, например, это требуется при использовании комплексной системы теплоизоляции наружной стены, швы и стыки следует проклеивать и снаружи.

На рис. 7.5 показана теплоизоляция внутренних откосов оконного проема. "Тепловой мостик" обезвреживается за счет установки соединительной каменной кладки. Все стыки с оштукатуренными поверхностями проклеиваются предварительно сжатыми уплотняющими лентами.



**Рис. 7.5.** Теплоизоляция внутренних откосов оконного проема:

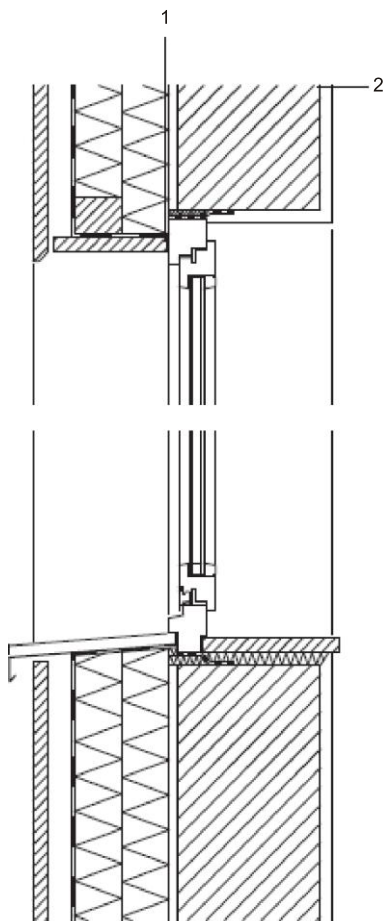
- 1 — имеющаяся стена (каменная или кирпичная кладка);
- 2 — зашпаклеванный слой имеющейся штукатурки; 3 — армирующий материал; 4 — высококачественный теплоизолирующий материал, например, экструдированный пенополистирол (Styrodur)<sup>1</sup>;
- 5 — уплотнительная бутиловая лента заводится на имеющийся слой штукатурки и приклеивается; 6 — комбинированные рамы;
- 7 — предварительно сжатая уплотнительная лента;
- 8 — наружная штукатурка; 9 — наружная оболочка стеновой кладки

На рис. 7.6 и 7.7 показана организация стыков окна с наружной стеной при использовании навесной вентилируемой фасадной системы.

На рис. 7.7 показан горизонтальный разрез стыка окна с наружной стеной, защищенной навесной вентилируемой фасадной системой.

<sup>1</sup> См., например: [http://www.know-house.ru/kemoplast/styrodur\\_article.html](http://www.know-house.ru/kemoplast/styrodur_article.html). — Прим. ред.

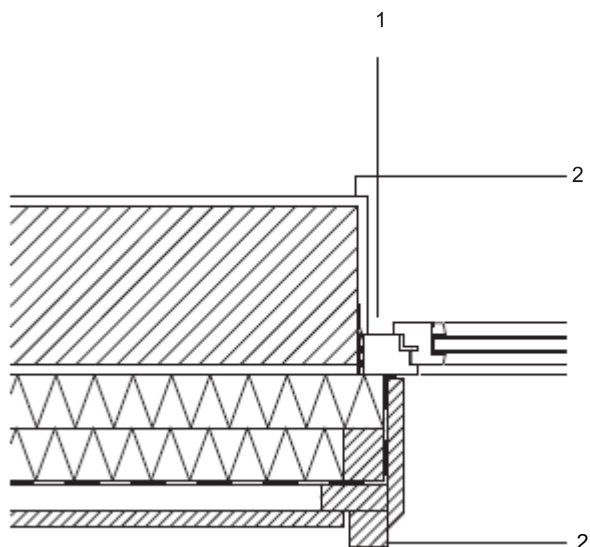




**Рис. 7.6.** Стык окна с наружной стеной, защищенной навесной вентилируемой фасадной системой (вертикальный разрез):

1 — Предварительно сжатая уплотняющая лента;  
2 — Наружная стена (снаружи внутрь):

- Деревянная обшивка или плитный материал
- Контробрешетка 2/10
- Диффузионно-проницаемая мембрана (Tyvek) наклеивается на комбинированные оконные рамы
- Двухслойная теплоизоляция (толщина слоя 6 см) на решетчатой опорной конструкции 4/6
- Наружные кромки окна заподлицо с кладкой
- Имеющаяся стена (каменная или кирпичная кладка)



**Рис. 7.7.** Стык окна с наружной стеной, защищенной навесной вентилируемой фасадной системой (горизонтальный разрез):  
1 — наружные кромки окна заподлицо с кладкой; 2 — наружная отделка

Улучшение значений коэффициента теплопередачи  $U$  для остекления приводит к существенному повышению температур внутренних поверхностей. При правильной установке окон с тройным остеклением можно обеспечить полное отсутствие сквозняков в области остекления.

В табл. 7.10 перечислены значения температур поверхностей для различных типов остекления при наружной температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Таблица 7.10.** значения температур поверхностей для различных типов остекления при наружной температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Качество остекления	Коэффициент теплопроводности $U$ ( $\text{Вт/м}^2 \times \text{К}$ )	Температура поверхности
Стеклопакеты (1970—1990)	3,0	$8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Теплоизолированный стеклопакет с двойным остеклением	1,1	$15,8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 7.10 (окончание)

Качество остекления	Коэффициент теплопроводности $U$ (Вт/м <sup>2</sup> ×К)	Температура поверхности
Теплоизолированный стеклопакет с тройным остеклением	0,6	17,7 °С
Для сравнения: нетеплоизолированная стена	1,4	14,7 °С
Для сравнения: очень хорошо теплоизолированная стена	0,2	19,3 °С

## Герметичность швов и стыков

Решающую роль в тепловой защите окон играет герметичность швов между составными рамами и подвижными створками. Она характеризуется коэффициентом проницаемости швов  $a$ . Этот коэффициент показывает, какой объем воздуха в м<sup>3</sup> просочится за час через 1 м шва при перепаде давлений внутри и снаружи, составляющем 1,33 мбар (= 133 Па). Все современные окна без исключений должны иметь коэффициент проницаемости швов  $a < 1,0$ .

Герметичность швов и стыков окна является важной предпосылкой устранения неконтролируемых потерь через выветривание. Если дом оборудован управляемой вентиляционной системой с вытяжным вентилятором, то в конструкцию окна можно встроить приточные оконные вентиляционные клапаны<sup>1</sup>, причем, в зависимости от производителя, встроить их можно либо в рамы, либо в створки. На рынке уже предлагаются окна, в конструкцию которых уже встроена вся механика, необходимая для вентиляции помещений. Вклад рам и подверженность конденсату для таких конструкций в любом случае будут выше. Как рациональное решение можно предложить оборудовать створки окон элек-

<sup>1</sup> См., например, <http://www.eurookna.ru/stat/stat-ventilation-aer-pritok.html>, [http://www.beautokna.ru/plastic\\_windows2/ventilation/](http://www.beautokna.ru/plastic_windows2/ventilation/). — Прим. ред.

трическими контактами, которые управляют температурой в помещении за счет опрокидывания створок окна. Такое оборудование неизбежно приведет к более дисциплинированному режиму проветривания (залповое проветривание).

Если шов негерметичен, это приведет к неконтролируемому воздухообмену и неизбежным тепловым потерям за счет выветривания. Помимо прочего, большие значения коэффициента проницаемости швов снижают защиту от шума. Проницаемость швов с течением времени может увеличиваться, в случае коробления створок окна или потери уплотнителем его изначальных свойств (с течением времени он может охрупчиваться).

Для всех современных окон промышленного изготовления конструктивная защита от проливных дождей и правильное исполнение фальцев между створками и составными рамами можно считать уже гарантированными. Для окон с глухим остеклением местного производства необходим дренаж и целенаправленное проветривание области фальца.

## **Шумоизоляция**

Окна должны эффективно поглощать шум с улицы. На шумоизоляцию окон влияют толщина, расстояние между стеклами и метод монтажа остекления, а также герметичность швов, метод монтажа окна, и, наконец, угол падения шума.

Обычные стеклопакеты без дополнительных мероприятий не обеспечивают очень уж хорошей шумоизоляции, потому что воздушный зазор между стеклами очень тонок, а два тонких стекла имеют одинаковую толщину, что равносильно одинаковой частоте вибраций, что не способствует ослаблению звуковых колебаний. За счет увеличения расстояния между стеклами и использования стекол различной толщины звукоизолирующие свойства окна можно улучшить. Окна с тройным остеклением обеспечивают намного лучшую защиту от шума, нежели окна с обычными стеклопакетами.

# Заключение автора

Энергетически эффективный дом имеет усиленную теплозащиту ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, окна, двери); выполненных из экологически безвредных материалов. Микроклимат в таком доме существенно улучшается, в любое время года человек ощущает тепловой комфорт и свежесть в воздухе. В энергетически эффективном доме затраты на отопление и горячее водоснабжение уменьшаются втрое.

Основные расходы энергии в доме приходятся на: обогрев (отопление); вентиляцию и кондиционирование; горячую воду; освещение; бытовую технику (кухонные печи, стиральные и моечные машины, сушики, пылесосы); электронные приборы (телевизоры, музыкальные агрегаты, видеоманитофоны, компьютеры).

Излишние расходы энергии на обогрев (отопление) и жестко связанные с ними расходы на вентиляцию и кондиционирование могут быть устранены при реконструкции дома и его модернизации. Потери, связанные с остальными видами бытовой деятельности (нагрев горячей воды, ее транспортировка и использование для бытовых нужд; приготовление пищи и мытье посуды; низкий коэффициент полезного действия кухонного оборудования и приборов, а также электронных приборов; освещение) могут быть уменьшены модернизацией оборудования. Экономия электроэнергии в таком доме достигается за счет использования мало-мощных альтернативных источников энергии: солнечной, ветровой, биологической.

Все необходимые правила расчетов потерь тепла через ограждающие конструкции можно найти в СНиП "Строительная теплофизика". Разница между потерями тепла до и после реконст-

рукции, отнесенная к общим потерям, называется потенциалом сбережения. Зная его и стоимость энергии, вы можете определить, выгодна или не выгодна реконструкция вашего дома. При этом надо иметь в виду, что стоимость энергии будет неуклонно повышаться.

Расчеты тепловых потерь можно проводить с помощью специализированных программ. Вводя данные о вашем доме, вы быстро получаете ответ о потерях тепла, о мощности отопительной системы, о стоимости энергии. Изменяя вводимые параметры (планировку, тепловое сопротивление стен, пола, потолка, размеры и тепловое сопротивление окон и др.), можно подобрать оптимальный вариант конструкции дома.

Расход энергии на отопление зависит от характеристик дома: размеров, теплозащиты, качества оборудования, количества проживающих и их потребностей. Дом делится на обогреваемое пространство, где должна сохраняться комфортная температура (в соответствии с санитарными нормами) и общее пространство, которое включает неотапливаемые пристройки: чердак, веранды, входные тамбуры (сени), подпольное пространство, которые тоже могут влиять на тепловой режим дома. Обогреваемое пространство ограничивается ограждающими конструкциями: капитальными стенами, полом, потолком, окнами и входными (внешними) дверями. При организации обогреваемого пространства необходимо помнить, что потери энергии пропорциональны общей площади ограждающих конструкций, а энергетическая эффективность дома тем выше, чем меньше отношение площади к объему обогреваемого пространства. В обогреваемое пространство дома не рекомендуется включать выступающие в плане и вертикальном сечении сооружения (башенки, лоджии, эркеры, веранды и пр.).

Упрощением форм и отсечением сложных элементов от обогреваемого пространства можно сохранить до 20 — 50% энергии.

По возможности расширить окна на южной стороне дома и уменьшить площадь окон на северной стороне. На южной стороне дома располагать помещения, где обитатели проводят больше всего времени в течение дня (гостиные, столовые, детские), а на северной — подсобные помещения, ванные комнаты,

кухни, коридоры, лестницы. Ходы в дом полезно оборудовать небольшими обогреваемыми тамбурами. Как правило, двухэтажный дом (коттедж) обладает лучшим соотношением площади ограждающих конструкций к объему, а значит, потенциально меньшими потерями энергии.

Дом с северной стороны полезно защитить от ветров плотными посадками вечнозеленых деревьев. Лучше всего подходят ели и пихты, но могут быть и многоярусные посадки: сосны (кедры) и можжевельник или другие сочетания высоких и низких деревьев и кустарников.

Решение проблемы энергосберегающего малоэтажного строительства невозможно только за счет применения традиционных технологий и мероприятий по увеличению теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций здания. Внедрение нового оборудования для активного энергосбережения является актуальной проблемой, решение которой связано с созданием систем вентиляции, технологий вторичных энергоресурсов, систем тепло- и хладоснабжения, утилизации сбросных тепловых вентиляционных выбросов. Такие системы используют тепло грунта и других нетрадиционных источников энергии, двухтрубные системы отопления с регулируемой теплоотдачей, напольно-потолочные системы отопления, а также системы учета и контроля потребления энергоресурсов и управления микроклиматом.

Сейчас тема экологически чистого и энергетически эффективного строительства актуальна, как никогда. С учетом этого автор постарался совместно с редактором использовать ресурс Интернета и дать соответствующие ссылки на книги и журнальные статьи, посвященные теме энергосберегающих технологий в строительстве.

# Список литературы

1. С. Н. Булгаков. "Энергоэффективные строительные системы и технологии". Опубликовано в журнале АВОК № 2/1999, рубрика: "Энергоэффективные здания. Технологии".
2. ASHRAE Green Guide: The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. Butterworth-Heinemann, Burlington, MA. 2006.
3. BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor Manual, SD 5066A Issue 1.0. BRE Global, 2009. <http://www.breeam.org>.
4. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System US Green Building Council 2009. <http://www.usgbc.org>.
5. "Wärmebrückenfreies Konstruieren ; Protokollband Nr. 16 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser", 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 1999.
6. "Das Passivhaus — Energie-Effizientes-Bauen, holzbau handbuch" — Energie-Effizientes-Bauen, DGfH Innovations- und Service GmbH.
7. В. Файст. "Основные положения по проектированию пассивных домов", Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008.
8. "Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии" (в 2-х томах). Сборник под ред. Х. Нестле. М.: Техносфера, 2007.
9. В. Блази. "Справочник проектировщика. Строительная физика". М.: Техносфера, 2005.



10. Габриель И., Ладенер Х. "Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома", СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
11. Нанасова С. М. "Малоэтажные дома", М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2007.
12. Казанцев П. А. "Основы экологической архитектуры и дизайна", Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008.
13. Дыховичный Ю. А. и др. Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий. М.: Москва, Архитектура-С, 2006.
14. Jennifer Roberts. "Good Green Houses", Gibbs Smith, 2003.
15. Агаянц Л. М., Масютин В. М., Бочкарева Н. В. "Жилой дом для индивидуального застройщика", М.: Стройиздат, 1991.

# Приложение

## Описание компакт-диска

Компакт-диск содержит: нормативную базу, список терминов и определений, дополнительные материалы по технологии строительного производства. Эта справочно-информационная система изначально была разработана И. В. Шишигиным для книги "Справочник строителя-технолога". — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. В настоящем издании она была дополнена материалами по "Зеленому строительству", а также сведениями об отечественных и зарубежных прогрессивных системах и технологиях энергоресурсосберегающего малоэтажного строительства с адаптацией зарубежных материалов и технологий к условиям средней полосы РФ.

# Предметный указатель

## A

### A1

строительный класс 161  
active house 8

## B

### B1

строительный класс 161

### B2

строительный класс 161

Blower-Door-Test 67, 126

Borax 174

BRE Environmental Assessment

Method 29, 71

BREEAM 29, 32, 71, 73, 78

## C

### CO<sub>2</sub>

минимизация выбросов  
в атмосферу 140

### COMNET

рейтинг 83

## D

Deutsche Gesellschaft für  
Nachhaltiges Bauen 30

DGNB 30, 71, 73, 81

DIN 18951(21/51) 168

DIN 4102 168

DIN 4108 338

Duct test 67

DWD-Platte 340

## E, F

Energy Star

стандарт 65

F120

класс огнестойкости 168

F45

класс огнестойкости 168

Fasoterm PF 297

## G

Geo Dome 68

GSBC 72

## H

HERS 67, 83

индекс 65

рейтинг 67

H-FCKW 174

Home Energy Rating  
System 67, 83

## I

ICS/Penetron International.  
Ltd 251

International Energy  
Conservation Code 83  
ISOROC 293  
ISOROC FOIL HI 294, 295,  
296, 300, 307  
ISOROC FOIL-VB 306  
Isover 296

## K

KNAUF Embase 227  
KNAUF Therm® Floor 230

## L

Leadership in Energy and  
Environmental Design 29,  
71  
LEED 29, 71, 73, 78

## M, N

Mike Strizki 6  
Natural Spaces Domes 59, 61  
Near-Zero Energy House 7  
NZEH 7

## O

OL-A 296  
OL-E 296

## P

PARTEC 13  
Passive house 81  
Passivhaus 3, 81  
стандарт 9  
Passivhaus Institut 4  
Penetron 251

PHPP 46, 106  
PHPP 2007  
демонстрационная  
версия 106  
Polterm 80 296  
Proton Energy Systems 6

## R

Ralph Knowles 46  
Residential Energy Services  
Network 83  
RESNET 83  
Richard Buckminster "Bucky"  
Fuller 63  
ROCKWOOL 4, 11, 13

## S

SAINT GOBAIN 13  
Schöck Isokorb 117  
Sharp 6  
Solaleya 60, 61  
Swagelok 6

## T

The Bear Creek Dome 65  
Thermal bridges 106

## U

UK Building Research  
Establishment 71  
URSA 296  
US Green Building  
Council 71  
USGBC 29  
U-Wert 368

**V**

Vattenfall 1, 2  
Velux 5, 15, 16  
Ventiterm 298  
Ventiterm Plus 298

**W**

Wärmebrücken 106  
WDVS 173, 174

West Coast Green

выставка экологического  
строительства 61

**Y, Z**

Yvek 395  
ZEB 5  
ZEN 83  
Zero Energy Building 5  
Zero Energy House 83

**A**

ABOK 85  
Автоклавный ячеистый  
бетон 243  
Арболит 266  
Арматура  
тканая 151  
Архитектурное  
проектирование 35  
Архитектурный проект  
дома 426 55  
Асбест 200  
амфиболовый 307  
хризотилловый 307  
Атриумы 50  
Ацетон 224

**Б**

Базальтовая вата 118  
Базальтовые горные  
породы 172  
Бакелитовая смола 172  
Балконные плиты 109  
Балконы 122

Бензол 173  
Бетон 183, 198  
армированный 203  
Бикрост 330  
Блоки:  
керамические  
крупноформатные  
поризованные 281  
Бревно 243  
Бризол 327  
Брус 243  
Бутизол 325  
Бутилон 326  
Бутирол 326  
Бутит 326  
Бутобетон 183, 198

**В**

Вагонка 294  
Вакуумная  
теплоизоляция 103  
Вакуумные изоляционные  
панели 104  
Вальмовая крыша 310

- Вальмы 310  
ВЕНТИ БАТТС 298  
Вентилятор  
    объемный расход  
        воздуха 127  
Вентиляторная дверь 126  
Вентиляционные каналы 126  
Вермикулитобетон 261  
Верхний этаж  
    перекрытие 307  
Влага  
    конденсация 108  
Влагообмен 140  
Влажность воздуха  
    повышенная 89  
Внутренние дворики 50  
Внутренние стены 147  
Внутренняя  
    теплоизоляция 139  
Воздухонепроницаемость 95  
Воздухообмен 20, 125, 260  
Ворота 149  
Вторсырье 169  
    стеклянное 172, 175  
Выступающие строительные  
    конструкции 122
- Г**
- Газобетон 261б 262  
Гаражи 185  
    защита подъездов  
        от морозного пучения 194  
Геодезический купол 61, 63  
Герметизация  
    вентиляционных  
        шахт 124  
Герметики:  
    пастообразные 133  
    тиоколовые 254  
Герметичность 123  
Гидробутил 325  
Гидроизоляция 184, 209, 335  
    вертикальная 211  
    горизонтальная 211, 222  
    подстропильная 337  
    подчердачная 337  
    фундаментов 210  
Гидростеклоизол 216  
Гипсокартон 105, 294  
Глиносоломенные смеси 168  
Глины 212  
Гонт 314  
ГОСТы 29  
Градостроительный кодекс  
    РФ 27  
Градусо-сутки  
    отопительного периода 10  
Грунт:  
    защита от промерзания 192  
    пучинистый 203  
Грунтовые воды 39  
    глубина залегания 188  
Грунты:  
    водонасыщенные 225  
    глинистые 186  
    длительно мерзлые 238  
    непучинистые 206  
    неравномерная  
        деформация 248  
    песчаные 186  
    просадочные 238  
    пучинистые 189, 200  
    торфяные 186  
    уровень промерзания 188  
ГСОП 10

**Д**

Двери 147, 149  
ДВЗ 22  
Деревянные дома:  
    тепловая защита 292  
    утепление стен 293  
Дефекты фасада  
    выявление 127  
Деформационные швы 247  
    гидроизоляция 249  
Диоксин 388  
Диффузионно-проницаемая  
    мембрана 395  
Диффузионно-проницаемые  
    плиты для обшивки стен  
    и крыш 340  
Диффузия пара 136  
Днепрофлекс 327  
Дом:  
    активный 8  
    вторичной застройки 22  
    из пиленого бруса 290  
    из профилированной  
        клееной древесины 292  
    из строганой  
        древесины 290  
    массовой застройки 20  
    рубленные 290  
    "солнечно-водородный" 7  
    типовых серий 20  
    экологически чистые 81  
Дранка 314  
Древесина хвойных  
    пород 102  
Дренаж 190, 191, 225  
Дымоходы  
    герметизация 124

**Е**

Еврорубероид 201  
ЕГРП 37  
Ель 168  
Ендова 311  
Естественная  
    освещенность 20

**Ж**

Железобетон 183  
Жидкое стекло 164  
Жилые дома  
    ширококорпусные 20  
ЖКХ 13  
    энергопотребление 17

**З**

Забирка 198, 203, 206  
    вентиляционные  
        отверстия 204  
Залповое проветривание 398  
Заполнение  
    межстропильного  
        промежутка 165  
Защита от летнего  
    перегрева 168, 169  
Защита от ударного шума 169  
Здания:  
    представляющие собой  
        памятники старины 153  
    с нулевым  
        энергопотреблением 5  
    энергетически  
        эффективные 3  
Зеленая кровля 322  
Зеленое строительство 28, 69

Зеленые стандарты  
сертификация 30

Зеленые стандарты  
строительства 29

Земельный участок  
экологическая  
экспертиза 39

## И

Известь 170

ИЗОВЕНТ 294, 295, 296,  
299, 306

Изол 326

ИЗОЛАЙТ 295, 296

Изоляция 334

Изоспан А 298

Изофас 297

Инсоляция 20, 238

Институт пассивного  
дома 4, 54

Исследование участка  
геодезическое  
и геологическое 38

Источники энергии  
альтернативные 5

## К

Кадастровый план 36

Камера  
термографическая 128

Капитальные стены 183

Каркас 239

Каркасные здания  
наружные стены 300

Каркасные конструкции 300

Карниз 245, 246  
венчающий 246

Карнизный свес 246

Каучук  
натуральный 132

Кварцевый песок 170

Квитал 327

Керамзит 270, 275

Кирпич 243, 259, 263  
дырчатый 263  
полнотелый 258

Кирпичные стены 104, 264  
облегченная кладка 258  
с панельным  
утеплителем 275  
срок службы 263

Кладка 285  
бутовая 203  
впустошовку 263  
кирпичная 203

Клейкие ленты  
бутилкаучуковые 132

Климатические районы  
в РФ 262

Кобылки 319

Козырьки 122

Колодцевая кирпичная  
кладка:  
технологии 270

Колодцевая кладка 269

Комплексная система  
термоизоляции 150

Конвекция 92

Конденсация влаги 108

Конек 311

Конопатка 243

Конструирование без  
"тепловых мостиков" 110

Конструирование без  
"тепловых мостиков",  
упрощенный критерий 111



- Конструкции нулевого цикла 181  
Контрбруссы 318  
Контрфорсы 247  
Кордон 246  
Косой дождь 244  
Коттеджи 32  
Коэффициент сопротивления теплопередаче 86  
Коэффициент: теплоизоляции 159 теплообмена 98 теплопередачи 86, 97, 368 теплопроводности 97, 216, 222, 259  
Кратность воздухообмена 54, 87  
Кровельное покрытие 155  
Кровельный материал 312  
Кровельный пирог 319  
Кровли: из листовой стали 307 из меди 307 из металлического профилированного листа 307 из металлочерепицы 307 из мягкой черепицы 307 из рулонных и мастичных материалов 307 из черепицы 307 из шифера 307  
Кровля 307 проектирование 311 рабочее проектирование 312  
Крыльцо утепление основания 194  
Крытые дворы 50, 51  
Крыши 124, 147, 148, 307 бесчердачные плоские 321 вальмовые 310 двускатные 309 мансардные 309 многощипцовые 311 односкатные 308 плоские 308, 320 плоские чердачные 321 полувальмовые 310 скатные 308 уклон скатов 312 шатровые 309 щипцовые 309  
Куполообразный дом 59  
Купольные конструкции недостатки 68 экономия ресурсов 61
- Л**
- Ластина-С конструкция: деформационного шва 251  
Латекс 169  
Легкий бетон 243, 270  
Ленточные фундаменты 183  
Лепта-12А 251  
Лестницы 147, 149  
Лестничные клетки 149  
Линейный коэффициент теплопередачи 87, 113  
Линокрот 329

## Листы

асбестоцементные 203

Льняное волокно 164, 341

**М**

Магnezит 169

Малоэтажное

строительство 32

Малоэтажные жилые

комплексы:

зарубежный опыт 33

Мансардная крыша 309

Мансардные окна 391

Мансарды 148, 309

Мауэрлат 319

Международный кодекс по

энергосбережению 83

Межевое дело 37

Мелкий блок 243

Металлическая сетка

тянутая

цельнорешетчатая 132

Механическая

вентиляционная

установка 124

Микроклимат

в помещениях 87, 244

Микрорайоны

вторичная застройка 25

Минеральная вата 103

битуминизированная 268

Минеральное волокно 341

Мини-вакуум 127

МНИИТЭП 22

Многokвартирные дома

малоэтажные 32

Многощипцовая крыша 311

Мокрый фасад 284

Монолитное

строительство 179

Морозное пучение 192

МЭА 136

**Н**

Навесные фасады 152

Напольное отопление 91

Наружная штукатурка 268

Наружные кирпичные стены

конструктивные

варианты 265

Наружные стены 147, 237

архитектурно-

художественное

оформление 159

классификация 238, 240

ненесущие 239

несущие 239

самонесущие 239

сопротивление

теплопередаче 244

Невентилируемая плоская

крыша 157

Негерметичности 125

Ненесущие стены 238

Непучинистый грунт 191

Несущая способность 161

Несущие конструкции 109

Несущие стены 238

Несъемная опалубка 104

Нефть:

сырая 173

цены 1

Низкоэмиссионное  
оптическое покрытие 366  
Ниша 247

## О

Облицовка стен 305  
Обожженный кирпич 262  
Образование:  
    конденсата 135, 320  
    плесени 133, 135  
    сосулек и наледи 320  
Обратная засыпка 191  
Обрешетка 307, 318, 340  
Объемно-планировочные  
    решения 19  
Огнестойкость 237  
Ограждения  
    трехслойные 259  
Однокатная крыша 308  
Озеленение 51  
Окна 147, 149, 357  
    "дерево — алюминий" 387  
    для пассивного дома 386  
    из алюминия 388  
    из ПВХ 388  
    из стали 388  
    мансардные 391  
    мансардные и слуховые 358  
    слуховые 310  
    шумоизоляция 398  
Оконные вентиляционные  
    клапаны 397  
Оконные проемы 299  
Оконные рамы 383  
    деревянные 383  
Опилкобетон 266  
Опоры 147

Органические смолы 169  
Осадочные швы 248  
Основание под кровлю 307  
Остекление:  
    двойное 161  
    двойное  
        с теплоизоляцией 161  
    коэффициент  
        теплоизоляции 161  
    простое 161  
    солнцезащитное 368  
    тройное 161  
Отмостка:  
    водонепроницаемая 190  
    утепленная 189  
Относительная влажность  
    воздуха 89, 91  
Отопительный период 101

## П

Пакет проектирования  
    пассивного дома 106  
Парапет 245, 247  
Парафин 169  
Парозащитные  
    прокладки 137, 338  
Пароизоляционные  
    материалы:  
        фольгированные 217  
Пароизоляция 213, 216,  
    260, 338  
    подкровельная 337  
Пассивный дом 3, 54, 81  
    первый в Германии 4  
    примеры эскизных  
        проектов 53  
    проекты 55

- ПВХ 388  
Пенетрон-Россия 251  
Пенобетон 118, 261, 261, 262  
Пеноизол 259  
Пенопласт 259, 268  
    экструзионный 214  
Пенополистирол 103  
    экструдированный 192,  
    194, 195, 222, 226  
Пенополиуретан 103, 259  
Пеностекло 118  
Пенька 165, 341  
Пергамин 208  
Перегородки 147, 148  
Перекрытия 147, 148, 240  
    цокольные 216  
Перемычки 246  
Перлит 342  
Пилястры 247  
Пироборноокислый  
    натрий 164  
Пихта 168  
ПЛАСТЕР БАТТС 296  
Пластины  
    полиизобутиленовые 255  
Пленки  
    полиэтиленовые 132  
Плесень 108, 222  
Плиты  
    звукопоглощающие 169  
Плоские крыши 308  
    конструкции 322  
Площадки перед домом  
    утепление 196  
Поверхности  
    герметичность 132  
Подвал:  
    вентиляция 222  
    гидроизоляция 184, 210  
    утепление 192  
Подземная часть дома  
    утепление 212  
Подкровельная  
    пароизоляция 337  
Подкровельное  
    пространство 308  
Подполья:  
    вентиляция 213  
    высота 201  
    холодные 216  
Подрабатываемые  
    территории 238  
Подстропильная  
    гидроизоляция 337  
Подсыпка 195  
Подчердачная  
    гидроизоляция 337  
Полистиролбетон 261, 262  
Полиэстер 166  
Полнотелый кирпич 102  
Полувальмовая крыша 310  
Полувальмы 310  
Полы  
    дощатые 200  
Помещения  
    проветривание 124  
Пористый кирпич 102  
Прессованные соломенные  
    блоки 166  
Приборы  
    для измерения перепадов  
    давления 126

Природный газ  
цены 1  
Пробковый дуб 170  
Проветривание 135  
через окна 124  
Прогоны 148, 307  
Проекты:  
готовые 44  
 типовые 44  
эскизные 44  
Проемы 245, 246  
Проколы для домовых  
подключений 126  
Промерзание грунта 187  
Просадки 238  
Простенки 245, 246  
Противопожарная  
защита 166  
Профиль резиновый  
пористый 253  
ПРП 253  
Пурен 118  
Пустотелый кирпич 102  
Пучение грунта 189  
Пучинистый грунт 191

**Р**

РААСН 19  
Рабочий проект 55  
Радон 38, 40  
Разрешение на  
строительство  
получение 41  
Ральф Ноулз 46  
Раскреповка 247  
Растворы  
для каменной кладки 265

Растворы строительные 287  
Ребро 311  
Регуляция влажности 169  
Рипор 326  
Ричард Бакминстер  
Фуллер 63  
Россия  
первый "активный" дом 15  
Ростверк 324  
Рубемаст 201  
Рубероид 201

**С**

Сайдинг 126  
Смонесущие стены 238  
Сандрики 247  
Светоаэрационные шахты 50  
Сетовые дворики 50  
Сверное жилище  
проектирование 49  
Сверные фасады  
чувствительность к  
воздействию низких  
температур 48  
Сейсмическая  
стойкость 186, 237  
Сейсмические условия 238  
Сен-Гобен Изовер 235  
Силикаты 172  
Силы морозного  
пучения 186, 188  
Система вентиляции  
с автоматическим  
управлением влажности  
воздуха 135  
Системы остекления  
теплоизолирующие 366

- Системы отопления  
с высоким КПД 4  
Скат крыши 308, 311  
Скатные крыши 308  
типичные конструкции 318  
Скаты крыши  
теплоизоляция 154  
Слюдоизол 325  
Смолы  
органические 169  
СНиП 23-02-2003 "Тепловая  
защита зданий" 84  
СНиПы 29, 189  
Сопротивление  
теплопередаче 98  
Сосна 168  
Состав почвы 39  
Союз куполостроителей  
России 69  
Сплошные  
фундаменты 185  
Стандартный бетон 102  
Стандарты зеленого  
строительства 30  
Ствол жесткости 239  
Стекла  
энергосберегающие 366  
Стеклобит 327  
Стеклогидроизол 216  
Стеклоизол 216  
Стекломаст 327  
Стеклопакет  
двойной  
с теплоизоляцией 161  
Стеклопакеты 159, 396  
Стеклорубероид 201, 328  
Стена:  
как несущая  
конструкция 244  
сплошной кладки 264  
Стеновые панели 259  
Стены 147  
архитектурно-  
конструктивные  
элементы 245  
бескаркасные 240  
бетонные 240  
двойные, с вертикальным  
воздушным зазором 153  
двухоболочные 153  
деревянные 240  
каменные 240  
капитальные 183  
каркасные 240  
кирпичные 262  
монолитные 248  
навесные 238  
наружные 307  
ненесущие 238  
несущие 238  
однослойные 258  
панельные 240  
пропитывание влагой 108  
самонесущие 238  
с воздушной  
прослойкой 268  
самонесущие 147  
теплоизоляция 244  
теплосберегающие  
фахверковые 240  
щипцовые 310  
Стирол 173  
Столбчатые фундаменты 184

Стрижки, Майкл 6  
Строительные конструкции  
с усиленной  
теплоизоляцией 106  
Строительные материалы  
выбор 141  
Строительные стандарты  
развитие 82  
Строительный картон  
армированный 132  
Стропила 340  
Ступеньки перед входом 122  
Стыки  
герметизация 132, 252  
Стяжки конька 318  
Суглинки 212  
Сульфат аммония 170  
Сырая нефть 174

## Т

Тайвек 298  
Таун-хаусы 32  
Температурные швы 248  
Тепло  
рекуперация 4  
Тепловая защита зданий 87  
Тепловые мостики 85, 106,  
342, 392  
на поверхностях  
пересечения стен 117  
правило геометрии 110  
правило для стыков 110  
правило избегания 110  
правило прохождения теплоизоляции 110  
примеры устранения 113

распространенные 108  
устранение 123, 217  
Тепловые потери 320  
через ограждающие  
конструкции 101  
Теплоизолирующее  
остекление 159  
Теплоизолирующие  
материалы  
насыпные 155  
Теплоизолирующий слой 153  
между стропилами 154  
Теплоизоляционная  
оболочка здания 102  
Теплоизоляционные  
плиты 270  
Теплоизоляция 96  
внешняя 140  
внутренняя 153  
межэтажных  
перекрытий 157  
подвальных  
перекрытий 219  
пола нижнего этажа 158  
увеличение толщины 104  
Теплоизоляция скатов крыши  
под стропилами 155  
Теплопроводность 97, 237  
Тепляки 190  
ТЕРМОВЕНТ 296, 298  
Термовкладыши 111, 114  
Термография 128  
ТЕРМОЛАЙТ 297  
ТЕРМОЛАЙТ+ 297  
ТермоЛЕН 164  
ТЕРМОМОНОЛИТ 296

Термооболочка 150  
ТЕРМОСТЕНА 297  
ТЕРМОСТЕНА+ 297  
Тест герметичности  
трубопроводов 67  
Тест давлением 126  
Тест с помощью "ветровой  
двери" 126  
Технология "сухого  
строительства" 302,  
303, 305  
Типы стен  
    требования 240  
Точка росы 133  
Требования:  
    противопожарной  
    безопасности 161  
Трехслойная кладка 280  
Трубопроводы  
    утепление 197  
Трубы:  
    каминные 126  
    печные 126  
    цементно-асбестовые 205  
Тюки из соломы 103

## у

Умный дом  
    технологии 8  
Уровень грунтовых вод 187  
Установка теплоизоляции  
    поверх стропил 156  
Утепление  
    подвальных  
    помещений 190

Утеплители:  
    твердые 259  
    технология крепления  
        к поверхности стен 285  
Утечки тепла 93

## Ф

Файст  
    Вольфганг 3  
Фанера 132  
Фасад 148  
    навесной с системой  
        выходных  
        вентиляционных  
        каналов 151  
    художественное  
        оформление 152  
Фасадная система с  
    вентилируемым зазором 104  
Фасадные швы 263  
Фасады:  
    кирпичные 150, 151  
    мокрого типа 284  
    навесные 151  
    оштукатуренные 150  
    хорошо сохранившиеся 153  
Федеральный  
    закон № 261-ФЗ 11  
Фибролит 275  
Филизол 327  
ФМЗ 230  
Фольгоизол 325  
Фольгорубероид 325  
Формоустойчивость 169  
Фронтон 309



Фундамент 39  
    закладка 244  
    из асбестоцементных  
        труб 205  
    на винтовых сваях 186  
    плавающий 207  
    просадки 244  
    с теплым подпольем  
        и кирпичным цоколем 202  
    утепление внешних  
        стен 189

Фундаменты 147, 181  
    гидроизоляция 209  
    деформация 226  
    конструктивные  
        схемы 183  
    ленточные 183  
    отдельностоящие 184  
    предохранение стен  
        от капиллярной  
        сырости 210  
    с забиркой 203  
    свайные 185  
    сплошные 185  
    столбчатые 184  
    утепление 212

Фундаменты мелкого  
    заложения 230

Функциональное  
    зонирование города 27

## Х, Ц

Чарактеристики здания 237  
Целлюлоза 341  
Целлюлозная  
    теплоизоляция 103

Целлюлозное волокно 170  
Цемент 168, 169  
Цементно-стружечные  
    плиты 229  
Цоколь 184, 245, 246  
    выступающий 198  
    западающий 198  
    утепление 222, 224  
Цокольное перекрытие  
    утепленное 201  
ЦСП 229

## Ч

Части здания  
    подземные 181  
Чердак 157, 307  
    неотапливаемый 118  
Чердачное помещение 155

## Ш

Шатровая крыша 309  
Швы:  
    антисейсмические 248  
    температурно-  
        осадочные 248  
    усадочные 248  
Шиндель 314  
Ширококорпусные дома 20  
Шифер 307  
    проблемы вредности 307  
ШКД 20, 21  
    планировочная  
        маневренность 20  
Шлак 270, 275  
Шлакоблоки 259  
Штукатурка 132, 306  
    минерализованная 124

**Щ**

Щипец 309

Щипцовая крыша 309

**Э**

Эковата 175

Экологическая экспертиза  
участка 38, 39Экологические  
дома 58

Элабит 327

Электроэнергия  
рост цен 1Элементы здания 147  
несущие 147  
ограждающие 147

Эмиссивитет 366

Энергетически эффективная  
форма 46

Энергетически

эффективный дом  
принципы

проектирования 46

Энергетические паспорта 85

Энергоносители:

рост цен 1

тарифы 17

Энергопроницаемость 368

Энергосберегающие  
технологии 17Энергосбережение 81  
в строительстве 3

Этаж

мансардный 308

Эффективный кирпич 258

**Ю, Я**

Ютафол-Д 298

Ячеистые бетоны 102, 261