

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

**Учебное пособие**



**Воронеж 2023**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

---

ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный технический университет»

ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»

ФГАОУ ВО  
«Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

**Учебное пособие**

Воронеж 2023

УДК 691.327.33(075.8)+699.86(075.8)

ББК 38.331.7я7

С86

**Рецензенты:**

*кафедра металлических и деревянных конструкций НИУ МГСУ*

*(д-р техн. наук, профессор А. М. Ибрагимов);*

*Н. П. Умнякова, д-р техн. наук, доцент, заместитель директора по науке НИИСФ РААСН*

**Авторский коллектив:**

*А. Д. Жуков, И. И. Попов, Е. Ю. Боброва, А. С. Пилипенко, А. Ю. Ушаков*

С86 **Строительные системы с применением ячеистого бетона:** учебное пособие [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые, граф. данные (10,3 Мб) / А. Д. Жуков, И. И. Попов, Е. Ю. Боброва, А. С. Пилипенко, А. Ю. Ушаков; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»; ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. — 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM): цв. — Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024x768; Adobe Acrobat; CD-ROM дисковод; мышь. — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7731-1094-1

Стеновые изделия из ячеистого бетона (пенобетона, автоклавного газобетона и газосиликата) являются одним из наиболее востребованных строительных материалов. Эти изделия используют как в малоэтажном (коттеджном) строительстве, так и в ограждающих самонесущих конструкциях монолитно-каркасных зданий. Расширение возможностей применения ячеистых бетонов связано с созданием нового подкласса этих материалов — теплоизоляционных ячеистых бетонов. В учебном пособии рассмотрены особенности производства и применения эффективных автоклавных теплоизоляционно-конструкционных ячеистых бетонов «YTONG» и теплоизоляционных бетонов «Multipor».

Предназначено для студентов высших учебных заведений по направлениям 08.03.01 «Строительство» (профили «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» и «Промышленное и гражданское строительство»), 08.04.01 «Строительство» (программа магистерской подготовки «Проектирование зданий и сооружений») и специальности 08.05.01. «Строительство» (специализация «Строительство уникальных зданий и сооружений»).

Издание может быть полезно студентам строительных специальностей высших учебных заведений, а также колледжей, бакалаврам, магистрам, аспирантам, инженерно-техническим работникам, представляет интерес для менеджеров строительных компаний, строителей-профессионалов и всех, кто интересуется строительством.

Ил. 198. Табл. 47. Библиогр.: 22 назв.

**УДК 691.327.33(075.8)+699.86(075.8)**

**ББК 38.331.7я7**

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

ISBN 978-5-7731-1094-1

© Жуков А. Д., Попов И. И., Боброва Е. Ю.,  
Пилипенко А. С., Ушаков А. Ю., 2023

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет», 2023

## ВВЕДЕНИЕ

В течение трех десятилетий строительная отрасль России ориентировалась на требования европейской энергетической политики. Декларируемой целью этой политики было сокращение к 2050 году спроса на первичные энергоресурсы на 80 %. Предполагалось, что средняя удельная норма расхода электроэнергии, составляющая на сегодня от 180 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год и выше, должна сократиться до 30 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Пути достижения подобных показателей являлись утепление зданий и использование инженерных систем, основанных на применении альтернативных источников энергии: энергии солнца, ветра, приливов и пр.

Реалии позволяют предполагать невозможность достижения подобных показателей как в одной отдельно взятой стране, так и в содружестве таких стран. Альтернативная энергетика не позволяет даже на 10 % компенсировать энергетические затраты. В этом случае основным способом снижения энергетических затрат при эксплуатации зданий является широкое применение энергоэффективных строительных систем.

Строительные системы начали входить практику отечественной стройиндустрии с середины 90-х годов. Основой подобных решений было использование эффективных изоляционных, и, в первую очередь, теплоизоляционных материалов. В настоящее время, на основе высокоэффективной теплоизоляции реализуются системы фасадные теплоизоляционные композиционные, системы вентилируемых фасадов, системы изоляции плоской и скатной кровли, системы изоляции фундаментов, полов по грунту и подвалов. Основными теплоизоляционными материалами являются изделия на основе каменной ваты, плиты на основе экструзионного пенополистирола и пенополиизоцианурата, вспененный полиэтилен и пенополиуретан.

Каждая из перечисленных систем и, в первую очередь, систем изоляции фасадов предполагает использование изделий из различных материалов, каждый из которых имеет свои достоинства и особенности. В системных решениях достоинства каждого из материалов должны компенсировать недостатки других, хотя в реальных конструкциях это достигается не всегда. Имеют место две серьезные проблемы — наличие «мостиков холода» и проблема усложнения конструктивных решений.

Усложнение делает монтаж затратным и предполагает специальную подготовку строителей-монтажников, с одной стороны. С другой стороны, сложные конструкции, содержащие много комплектующих, попадают в область риска, обусловленного возможностью выхода из строя всей конструкции при отказе одного из элементов, являющегося слабым звеном при тех или иных условиях эксплуатации.

Мостики повышенной теплопередачи проявляются на стыках между отдельными теплоизоляционными плитами в местах прилегания теплоизоляции к несущим конструкциям, сверхнормативные потери тепла имеют место в местах расположения неизолированных несущих конструкций в местах крепления теплоизоляционных плит. Наличие мостиков передачи тепла («мостиков холода») приводит к тому, что термическое сопротивление реальных слоистых конструкций по глади поверхности получается на 20–50 % ниже получаемого при расчёте систем изоляции.

Теплоизоляционные изделия являются «слабым местом» практически любой изоляционной системы, а при деструкции теплоизоляции происходит деградация свойств изоляционной системы с её постепенным разрушением. В последнее время стало актуальным отсутствие (или, в лучшем случае, подорожание) некоторых компонентов (в частности, синтетических смол и химических добавок), производимых за рубежом. Этот факт также отрицательно влияет на долговечность теплоизоляции.

Таким образом, использование теплоизоляционно-конструктивных материалов, изделия из которых обладают необходимой несущей способностью, и, при этом имеющих невысокое термическое сопротивление, является актуальным. К таким материалам относятся ячеистые бетоны и, в первую очередь, автоклавные газобетоны и газосиликаты. Вопросы номенклатуры и применения таких материалов рассматриваются в учебном пособии.

# ЧАСТЬ 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

## 1.1. Строительные системы и системный подход

### 1.1.1. Энергетическая эффективность строительных систем

Направление на экономию энергетических ресурсов отражено в Федеральном законе № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Повышение термического сопротивления конструкций до оптимального уровня достигается применением эффективных теплоизоляционных материалов.

Энергетическая эффективность — понятие комплексное. Во-первых, изоляционная оболочка строительной системы должна иметь установленное нормами термическое сопротивление, а следовательно, обеспечивать сохранение тепла в холодный период и препятствовать проникновению тепла при повышенных температурах. Этим достигаются комфортные условия для людей, находящихся в изолированных помещениях, а также оптимальные параметры для технологических, транспортных, складских объектов. Этот фактор обеспечивается применением теплоизоляционных материалов.

Во-вторых, учитываются энергетические затраты на изготовление каждого из компонентов строительной конструкции. Наиболее энергоемкими являются материалы, в технологии которых используются обжиг или плавление. Энергетические затраты на изготовление материалов должны компенсироваться их «работой» в конструкции.

В-третьих, каждый из компонентов изоляционной системы должен сохранять свои свойства (функциональные, конструкционные, формостабильность) в течение всего времени эксплуатации конструкции. В наибольшей степени деградация свойств может происходить у теплоизоляционных материалов. В этом случае важным является соблюдение условий эксплуатации с учетом особенностей теплоизоляционных материалов. В частности, в конструкциях, контактирующих с грунтом, обязательным является использование материалов, имеющих низкую влагопроницаемость и высокую водостойкость, а также стойкость к агрессивным воздействиям влаги (например, экструзионного пенополистирола, пенополиуретана или пенополиэтилена). В системах с вентилируемым пространством необходимо использовать негорючую теплоизоляцию (например, изделия из каменной ваты, базальтового волокна, пеностекла).

В-четвертых, эксплуатация материала не должна значительно увеличивать нагрузки на окружающую среду — материалы должны быть экологически безопасны и не создавать дополнительных нагрузок на окружающую среду и изолируемые помещения.

Строительные системы внешней изоляции и отделки объединяют материалы различного функционального назначения, а конструктивные решения позволяют этим материалам проявить свою эффективность в наибольшей степени.

Комфортность помещения хотя и является субъективной характеристикой, но зависит от ряда объективных параметров. Во-первых, это температурный режим в помещении. Температуры у пола и у наружных стен, а также средняя температура в помещении являются показателями комфорта (или дискомфорта) и обуславливают нерегулируемую конвекцию воздуха. Во-вторых, это влажностный режим помещения, который в т. ч. зависит от паропроницаемости изоляционного слоя, влажности ограждающей конструкции. При грамотном выполнении изоляционной оболочки здания нагрузку на системы вентиляции и кондиционирования можно снизить до минимума, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать эксплуатационные затраты. В-третьих, создание акустически комфортных условий обусловлено тем, что теплоизоляционные изделия обладают хорошей звукоизолирующей способностью, и используются для защиты стен, перекрытий и конструкций кровли от внешнего шума.

Обеспечение пожарной безопасности зданий является обязательным требованием к строительным системам. Некоторые изоляционные материалы могут относиться к группе горючих, но их используют в конструкциях таким образом, чтобы минимизировать опасность возгорания. С другой стороны, существуют специальные конструктивные решения, в которых негорючая теплоизоляция выполняет функции огнезащитного барьера. Размещение изоляции и особенности реализации конструктивных решений так же связаны с архитектурными аспектами и, в частности, с дизайном фасадов, крыш, интерьеров.

Долговечность любой конструкции зависит от того, насколько эффективно изоляционные и защитные слои выполняют свои функции. Большинство материалов имеют высокую эксплуатационную стойкость. Условия эксплуатации постепенно изменяют свойства материалов, и это сказывается на долговечности конструкции в целом. Основы надежности конструкций закладываются на стадии проектирования, а их долговечность определяется как качеством проекта, так и профессионализмом монтажников.

Создание оптимального температурного режима в помещениях, экономия тепла (а следовательно, сокращение затрат на обогрев помещений и вредных выбросов от сжигания топлива), создание комфортных климатических и акустических условий, огнезащита, повышение долговечности — вот цели применения современных эффективных строительных систем.

Преимуществами систем, основанных на применении автоклавного ячеистого бетона, являются идентичность свойств всех основных компонентов системы и их подтвержденная экологическая безопасность.

### **1.1.2. Изоляционная оболочка здания**

Минимальное допустимое сопротивление теплопередаче стен и покрытий зданий различного назначения и разных климатических условий регламентировано СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

По назначению рассматриваемые здания образуют 3 группы:

- жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты;
- общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным режимом;
- производственные с сухим и нормальным режимами.

При новом строительстве необходимая толщина слоя теплоизоляции из минераловатных плит должна определяться с учетом группы зданий и при соблюдении ряда условий.

Стены без воздушной прослойки имеют несущую часть из полнотелого керамического кирпича или камней толщиной 380 мм и наружную защитно-декоративную стенку из штукатурки или из кирпича толщиной 120 мм. В зданиях 1 и 2 группы стена с внутренней стороны имеет отделочный штукатурный слой толщиной 20 мм. Коэффициент теплотехнической однородности составляет 0,95 без учета откосов проемов и их теплопроводных включений. При наличии замкнутой воздушной прослойки должно быть учтено ее термическое сопротивление. В конструкциях стен с вентилируемой воздушной прослойкой требуемая толщина теплоизоляции определяется на основе теплотехнического и аэродинамического расчета воздушной прослойки.

Стены подвала имеют несущую часть, выполненную из кирпича или камней толщиной 510 мм или из бетонных блоков толщиной 500 мм с отделочным штукатурным слоем толщиной 20 мм со стороны помещения. Теплоизоляция стен подвала рассчитывается только для «теплых» подвалов, в которых предусмотрена нижняя разводка труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб систем водоснабжения и канализации.

При реконструкции стен и покрытий толщина слоя дополнительной теплоизоляции определялась исходя из разности сопротивлений теплопередаче требуемого и существующего.

Необходимость устройства специального парозащитного слоя определяется расчетом по СНиП 23-02-2003 и СП 50.133330.2012 («Тепловая защита зданий»). Пароизоляционный слой в стене располагается между несущим слоем и слоем эффективной теплоизоляции, а в покрытии — по железобетонному основанию или стальному профилированному настилу.

Эффективное использование теплоизоляции основано на соблюдении следующих условий. Теплоизоляционный материал используют только сухим. Установку плит утеплителя необходимо производить вплотную друг к другу и элементам конструкции. Не допускается возникновение зазора между плитами, приводящего к образованию «мостиков холода», что увеличит теплопотери через ограждающую конструкцию. Является обязательным оптимизация возможных «мостиков холода», связанных со способами закрепления плит и элементов подконструкции, а также грамотный монтаж.

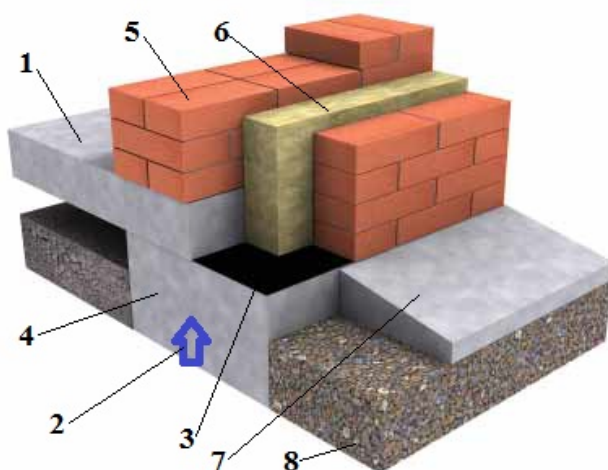


Рис. 1.1. Устройство горизонтальной отсечки влаги: 1 — плита перекрытия; 2 — капиллярный подсос влаги; 3 — гидроизоляция; 4 — фундамент; 5 — стена; 6 — утеплитель; 7 — отмостка; 8 — грунт

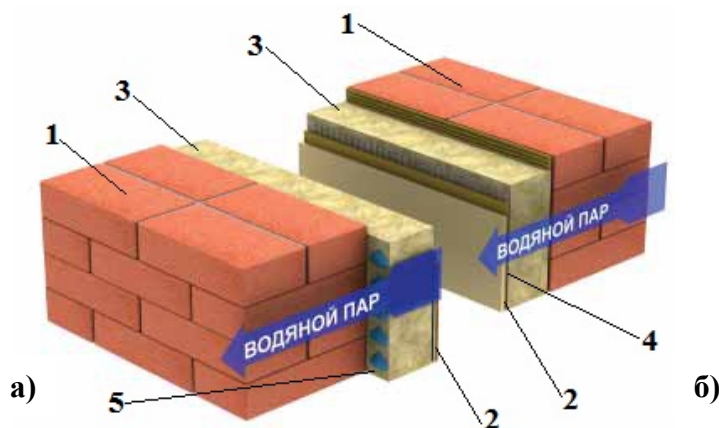


Рис. 1.2. Проектирование слоистой системы: а — правильно; б — неправильно; 1 — толстый слой; 2 — тонкий слой; 3 — утеплитель; 4 — отсутствие конденсата в толще стены; 5 — образование конденсата на поверхности толстого слоя

Обязательным является устройство горизонтальной гидроизоляции, защищающей стены от увлажнения грунтовой влагой (рис. 1.1). По периметру здания делается отмостка шириной 0,75–1 м с уклоном от здания. Теплоизоляционные плиты устанавливаются в горизон-

тальном положении и приклеиваются на основание снизу вверх, начиная от цокольного профиля рядами, с перевязкой вертикальных швов в каждом ряду, причем на внешних и внутренних углах следует выполнять зубчатое зацепление плит.

Выход диффузионной влаги через конструкцию наружу должен быть свободный (рис. 1.2). При этом необходимо плотные паронепроницаемые материалы располагать с внутренней стороны конструкции, а пористые паропроницаемые — с внешней. Запрещается устанавливать с «холодной» стороны утеплителя или на наружной поверхности стены материалы, плохо пропускающие водяные пары: пароизоляционные пленки, тяжелые цементные штукатурки.

## 1.2. Системы с применением ячеистого бетона

### 1.2.1. Системы кладки из эффективных блоков

**Системы кладки из эффективных блоков** (рис. 1.3) предполагают использование керамических поризованных строительных камней (в т. ч. крупноформатных), термоблоков, блоков из неавтоклавного пено-газобетона, пенополистиролбетона, газобетонных блоков автоклавного твердения.



Рис. 1.3. Система кладки из эффективных блоков

Наибольший эффект достигается при использовании газобетонных блоков автоклавного твердения. Основными элементами несущего каркаса являются стены из ячеистобетонных блоков; армирующие пояса, распределяющие нагрузку; железобетонные плиты перекрытия. Толщина стен назначается не только из условия прочности, но и из условия требуемого термического сопротивления.

В качестве растворов и штукатурки используются: лёгкий (теплоизоляционный) раствор для кладки стен под штукатурку без трещин, лёгкая (теплоизоляционная) штукатурка для фасадов без трещин, наружная кроющая штукатурка.

### 1.2.2. Кровельные строительные системы

Функциональное назначение кровель заключается в предохранении помещений зданий и сооружений от внешних негативных воздействий и создании архитектурного облика объекта. Для осуществления этих функций кровля должна обладать комплексом различных слоев



и образует многослойный «пирог». В прямой зависимости от конструкции и свойств материалов находятся долговечность, практичность, способ монтажа и другие характеристики кровельных покрытий. Изделия из теплоизоляционного ячеистого бетона используются в плоских кровлях. В скатных кровлях (с уклоном более 12 %) плиты из ячеистого бетона не применяют.

**Плоские кровли** (рис. 1.4) имеют уклон поверхности от 1,5 до 10 %. Каждый материал, входящий в кровельный «пирог», имеет определенное функциональное назначение, зависящее от свойств этого материала. Плиты из теплоизоляционного ячеистого бетона применяют, как правило, в традиционных и реже в инверсионных плоских кровлях.

Основные функциональные слои плоской кровли следующие. Основание служит опорой для всего кровельного «пирога». Пароизоляционный слой препятствует попаданию влаги в утеплитель при диффузии теплого воздуха изнутри помещения наружу. Основной целью утеплителя является сохранение тепла внутри эксплуатируемого помещения. Стяжки распределяют внешние нагрузки и служат основанием для гидроизоляционного ковра. Герметичный гидроизоляционный слой защищает от воды. Пригрузы, а также слои эксплуатации обеспечивают наличие на кровле ровных эксплуатируемых поверхностей с высокими противопожарными характеристиками. Доборные комплектующие элементы (воронки, флюгарки, крепеж, рейки и др.) служат для приобретения кровельными системами полноценных свойств и законченного вида.

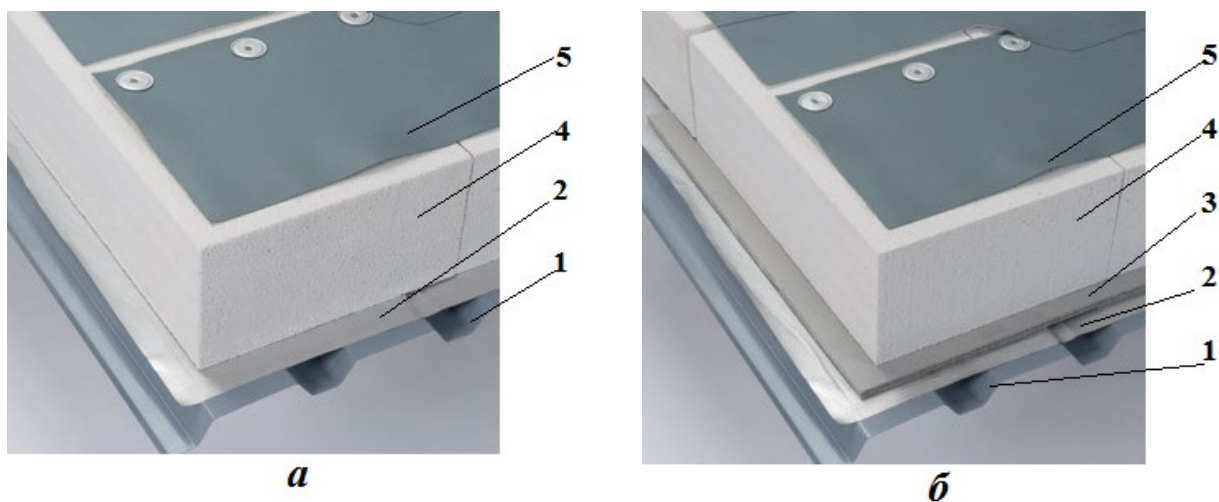


Рис. 1.4. Система полимерной кровли с механическим креплением и плитами Multipor в качестве теплоизоляции: а — без опоры для теплоизоляционного материала; б — с опорой для теплоизоляционного материала; 1 — профилированный лист; 2 — пароизоляция (многослойная алюминиевая фольга); 3 — опора для изоляционного материала; 4 — минеральная изоляционная плита; 5 — полимерная мембрана, механическое крепление

Для устройства водоизоляционного и пароизоляционного ковров применяют битумные или битумно-полимерные материалы. Для сохранения внутреннего тепла рекомендуются высокоэффективные утеплители: экструзионный пенополистирол, минераловатные изделия, пеностекло, ячеистый бетон и т.д. Для устройства монолитных стяжек применяют цементно-песчаные смеси или растворы прочностью на сжатие не менее 15 МПа и асфальтобетонные смеси с прочностью на сжатие не менее 0,8 МПа. При устройстве сборных стяжек рекомендуется применять плоские хризотилцементные прессованные листы или цементно-стружечные плиты толщиной не менее 10 мм, укладываемые в два слоя. Для герметизации стыков бетонных панелей или фартуков из оцинкованной стали, а также мест примыкания кровельного ковра к вертикальным поверхностям применяют однокомпонентные полиуретановые или полисульфидные (тиоколовые) кровельные герметики. Но использовать силиконовые герметики

для герметизации кровельных конструкций и сопряжений не рекомендуется из-за их неремонтопригодности. В сопряжениях кровельного ковра с трубами используют готовые переходные элементы из ЭПДМ резины (фитинги).

**Плоские балластные кровли** (рис. 1.5). Балластная система укладки применяется при устройстве новых и реконструкции старых кровель, в том числе с дополнительным утеплением. В зависимости от назначения, балластные кровли подразделяются на эксплуатируемые и неэксплуатируемые. Эксплуатируемые в свою очередь делятся на кровли с пешеходными нагрузками, транспортными нагрузками, а также «зеленые» кровли. По расположению утеплителя относительно гидроизоляции балластные кровли делятся на традиционные (гидроизоляция над утеплителем) и инверсионные (гидроизоляция под утеплителем).

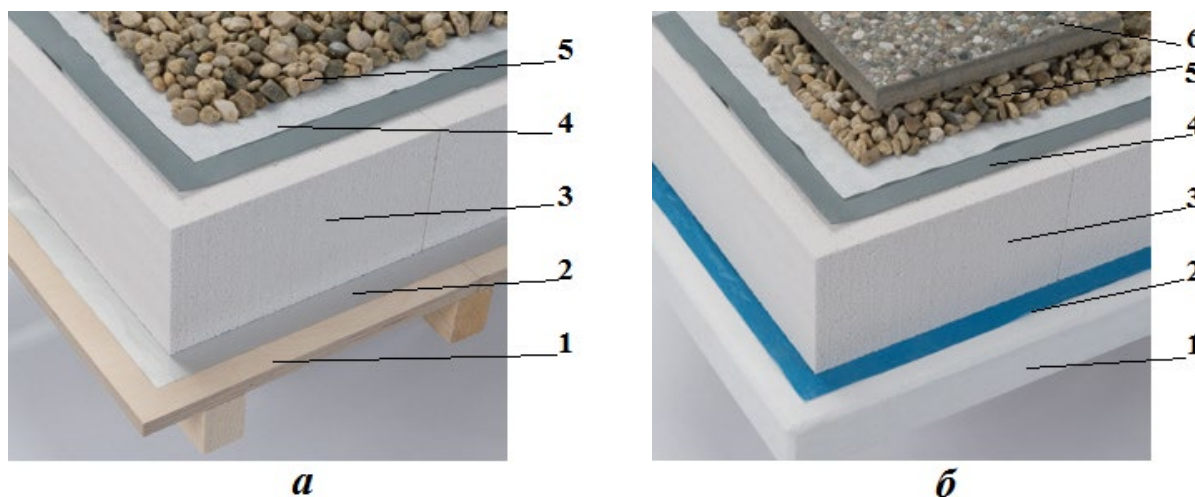


Рис. 1.5. Плоская балластная кровля: а – по деревянному основанию; б – по основанию из газобетона: 1 – основание; 2 – пароизоляция (а – многослойная алюминиевая фольга; б – полиэтиленовая пленка); 3 – минеральная изоляционная плита; 4 – полимерная кровельная мембрана; 5 – балласт (гравийное покрытие); 6 – тротуарная плитка

В такой системе кровельный ковер удерживается весом балласта, укладываемого сверху. Дополнительно к балласту, в местах примыканий к парапетам, воронкам, трубам, вентиляционным шахтам и другим выступающим элементам мембрана крепится к основанию с помощью крепежных элементов с шагом не более 330 мм.

**Плоские эксплуатируемые кровли.** Эксплуатируемые и «зеленые» крыши подразделяют на эксплуатируемые крыши под пешеходную или под транспортную нагрузку, а также на «зеленые» крыши с применением легкого или интенсивного озеленения. При разработке конструктивных решений для эксплуатируемых и «зеленых» крыш в качестве основной системы была принята инверсионная система устройства плоских крыш. В отличие от традиционной эта система предусматривает устройство теплоизоляционного слоя поверх гидроизоляции. Это возможно при использовании в качестве утеплителя материала, обладающего низким водопоглощением и устойчивого к длительному воздействию влаги. Таким материалом является экструзионный пенополистирол (XPS-плиты), могут использоваться теплоизоляционные плиты из ячеистого бетона, но с дополнительной гидроизоляцией.

«Зеленые» крыши с применением легкого озеленения являются наиболее распространенными. Конструкция крыши, не требующая сложного технического обслуживания, позволяет применять ее на зданиях и сооружениях различного назначения. Крыши с интенсивным озеленением требуют постоянного профессионального технического обслуживания.

## 1.3. Строительные системы как элемент экологически устойчивого строительства

### 1.3.1. Концепция экологически устойчивого строительства

Концепция экологически устойчивого строительства (ЭУС) включает требования к материалам, строительным системам, в которых эти материалы используются, к технологии ведения работ, к архитектурно-планировочным решениям и системам инженерного обеспечения. Строительные материалы должны иметь невысокую теплопроводность, не содержать опасных для здоровья веществ, оставаясь при этом прочными и сохраняющими эксплуатационную стойкость, обеспечивать звукоизоляцию помещений и пожарную безопасность. Технологические процессы организуют таким образом, чтобы минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду. Экономия тепла за счет сокращения потерь через оболочку здания должна в экономически оправданные сроки окупать энергетические затраты на изготовление материалов и их монтаж в системах изоляции.

Основой для любых системных решений и реализации проектов ЭУС является наличие материалов, соответствующих нормам «EcoMaterial». Основой системы добровольной сертификации продукции стройиндустрии «EcoMaterial» является экологический рейтинговый стандарт EcoMaterial 1.3. Стандарт составлен на базе законодательных актов РФ, ISO 14024, передовых разработок Всемирной организации здравоохранения, рекомендаций международных организаций по «зеленому строительству», стандартов DGNB, BREEAM и LEED.

Существует несколько уровней стандарта в зависимости от полученных баллов и особенностей материалов: EcoMaterial Basis — материал безопасен для человека; EcoMaterial Green — материал безопасен для человека и окружающей среды; EcoMaterial Absolut — экологически чистый материал; EcoMaterial Natural — абсолютно натуральный материал (наивысший по рейтингу).

Современный подход к нормированию теплозащиты здания основан на рассмотрении здания как единой энергетической системы. Этот подход предполагает нормировать энергопотребление здания в целом, а не ограничивать тепловой поток через отдельные ограждающие конструкции (наружные стены, крыша, пол). Чтобы исключить опасность достижения заданного энергопотребления за счет снижения комфортного микроклимата, вводятся дополнительные требования по условиям комфорта.

При проектировании здания поэлементное нормирование обеспечивает требования к теплозащите отдельных ограждающих конструкций, а системное нормирование может обязать проектировщика выбрать более высокие требования к теплоизоляции с целью удовлетворить требования по энергопотреблению.

Условия комфорта формируются температурной обстановкой в помещении: температурой внутреннего воздуха и температурой поверхностей всех ограждений помещения, наличием сквозняков и т.п. Основным показателем тепловой комфортности внутренней среды является средняя результирующая температура в помещении. Так в Российском стандарте оптимальная величина средней результирующей температуры для жилых помещений находится в интервале 19—20 °С (при минимально допустимом значении 17 °С).

За основу системного нормирования взят показатель удельных энергозатрат на отопление здания, для которого определяют теплозащитные свойства совокупности ограждающих конструкций или оболочки здания. В российских нормативах под удельным расходом тепловой энергии на отопление здания ( $q_{уд}$ , Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут)) понимают количество теплоты за отопительный период, отнесенное к м<sup>2</sup> общей отапливаемой площади здания и градусосуткам, представляющим произведение разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наружного воздуха за отопительный период на его продолжительность.

Корпорации и производственные объединения, производящие эффективные по теплофизическим характеристикам материалы, являются одновременно и инициаторами разработки строительных систем на основе этих материалов, а также и проектных решений и строительства объектов, соответствующих нормам ЭУС.

### 1.3.2. Ячеистый бетон в концепции экологически устойчивого строительства

Концепция *EnergieWertHaus* разработана совместно компаниями YTONG и Valliant. В основе этой концепции — сочетание монолитных ограждающих конструкций из газобетона YTONG и ресурсосберегающих систем отопления Valliant (на основе возобновляемых источников энергии). В рамках концепции *EnergieWertHaus* осуществляется детальная проработка архитектурных решений с целью ликвидации потенциальных «мостиков холода» и создания идеальной изоляционной оболочки. Монолитная стена YTONG теплопроводностью  $0,08 \text{ Вт/(м·К)}$  (рис. 1.6) дополняется при этом изоляцией крыши из газобетона.



Рис. 1.6. Коттеджи из газобетона YTONG: а – кладка стен; б – финишная отделка

Строительные системы изоляции периметра здания с использованием изделий из ячеистых бетонов низкой плотности можно рассматривать как ключевой элемент достижения низкого энергопотребления. Минимизация энергозатрат возможна, во-первых, за счет качественной теплоизоляции (рис. 1.7), применения и реализации грамотных конструктивных решений, и, во-вторых, за счет использования современных технологий остекления и инженерного обеспечения.

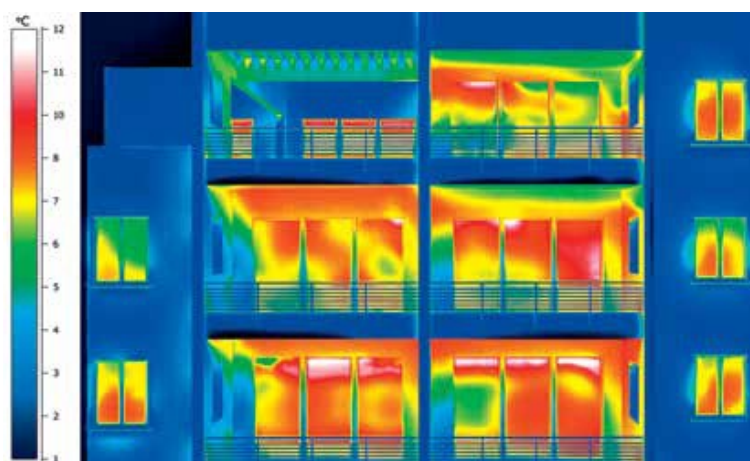


Рис. 1.7. Схема тепловых потерь

Концепция *EnergieWertHaus* ставит на передний план вопросы энергоэффективного строительства. Совместно с требованиями к энергоэффективности зданий важное значение

приобретают и вопросы обеспечения должного контроля за ходом строительных работ. В случае KfW–Energiehaus 55 или 40 предусмотрено обязательное подтверждение контроля за проектированием и строительством со стороны независимого эксперта.

В *малоэтажном строительстве* (от фундамента и до крыши) YTONG предлагает целый ряд существенных преимуществ. Отдельно или в комбинации с другими элементами, материал всегда остается оптимальным решением для строительства и эксплуатации здания. Газобетон YTONG соответствует всем техническим требованиям и нормам по несущей способности, тепло- и звукоизоляции и, что немаловажно, пожаробезопасности.

Газобетонные блоки YTONG являются обладателями сертификата Немецкого Института Строительства и Окружающей среды (IBU — Institut Bauund Umwelte.V.) а также международного знака экологически безопасной продукции Nature Plus. В России безопасность блоков YTONG подтверждена как государственной сертификацией на соответствие санитарным нормам, так и независимым стандартом экологической сертификации EcoMaterial. В 2012 году был проведен экологический аудит производства и экспертиза газобетонных блоков YTONG, по результатам которых материал получил статус EcoMaterial Absolute. Это означает, что газобетонные блоки YTONG — экологически чистый материал, который рекомендуются для строительства и реконструкции жилья, дошкольных учреждений, школ, лечебно-профилактических учреждений.

В *многоэтажном строительстве* применение YTONG для заполнения каркаса здания (однослойные и двухслойные конструкции наружных стен, внутренние перегородки) полностью исключает недостатки, свойственные трехслойным стенам: исключение дополнительного утепления; уменьшение количества температурно-деформационных швов; улучшение температурно-влажностного режима, исключение конденсата.

Применение однослойных и двухслойных стен из блоков YTONG в многоэтажном строительстве обеспечивает долговечность ограждающих конструкций, соответствующую долговечности монолитного железобетонного каркаса. Проведение ремонта и замены эффективного утеплителя не требуется.

Строительные системы изоляции периметра здания с использованием изделий из ячеистых бетонов низкой плотности можно рассматривать как ключевой элемент достижения низкого энергопотребления. Минимизация энергозатрат возможна, во-первых, за счет качественной теплоизоляции, применения и реализации грамотных конструктивных решений, и, во-вторых, за счет использования современных технологий остекления и инженерного обеспечения.

### **Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки**

1. Энергетическая эффективность строительных систем.
2. Критерии энергетической эффективности.
3. Комфортность помещения и критерии комфортности.
4. Изоляционная оболочка здания. Общие принципы конструирования.
5. Изоляционная оболочка и требования к материалам.
6. Условия эффективного использования теплоизоляции.
7. Системы кладки из эффективных блоков.
8. Особенности кладки из блоков на основе ячеистого бетона.
9. Виды изделий из ячеистого бетона.
10. Кровельные строительные системы.
11. Плоские традиционные кровли. Основные требования.
12. Плоские балластные кровли.
13. Плоские эксплуатируемые кровли.
14. Концепция экологически устойчивого строительства.
15. Концепция экологически устойчивого строительства и энергоэффективное строительство.
16. Системы изоляции и долговечность строительных конструкций.

## ЧАСТЬ 2. ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ

### 2.1. Производство ячеистого бетона

#### 2.1.1. Номенклатура ячеистых бетонов

Изделия из ячеистого бетона классифицируют по функциональному назначению, по способу поризации, по виду вяжущего вещества, по виду кремнеземистого компонента, по способу твердения.

Принципиально различают *три способа создания пористой структуры* ячеистых бетонов:

- 1) газообразование (газобетоны, газосиликаты);
- 2) пенообразование (пенобетоны, пеносиликаты);
- 3) аэрирование (аэрированный ячеистый бетон, аэрированный ячеистый силикат).

*Согласно ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения», ячеистые бетоны в зависимости от назначения подразделяются на:*

— *теплоизоляционный: класса по прочности на сжатие не ниже В0,35, марки по средней плотности — не выше D400;*

— *конструктивно-теплоизоляционный: класса по прочности на сжатие не ниже В1,5, марки по средней плотности — не выше D700;*

— *конструкционный: класса по прочности на сжатие не ниже В3,5, марки по средней плотности — D700 и выше.*

Известны и применяются разновидности этих способов, а также совокупные комбинации. К *модификациям способов поризации* относятся: вспучивание массы газообразованием в вакууме (небольшое разрежение), аэрирование массы под давлением (барботирование ее сжатым воздухом) с последующим снижением давления до атмосферного (баротермальный способ) и др. К *совокупным способам поризации* относится газопенная технология — сочетание метода аэрирования и газообразования и другие.

В качестве *вяжущего вещества* используют в основном цементы и известь, реже — гипс. Исходя из вида вяжущего и способа поризации, ячеистые бетоны называют:

- на цементе — газобетоны, пенобетоны;
- на извести — газосиликаты, пеносиликаты;
- на шлаке — газшлакобетоны, пеношлакобетоны;
- на гипсе — газогипс, пеногипс и т. д.

*По виду кремнеземистого компонента.* Наиболее широко при производстве ячеистых бетонов используют кварцевый песок. При этом предпочтение отдается пескам, содержащим не менее 90 % кремнезема. Можно использовать пески с меньшим содержанием кремнезема, например, барханные (полиминеральные) пески. В качестве кремнеземистого компонента применяют также золу-унос от сжигания бурых и каменных углей, кислые металлургические шлаки, отходы глиноземного производства и т. п.

Вид кремнеземистого компонента входит составной частью в название ячеистого бетона. Например, при использовании золы применяют названия: газозолобетон, газозолосиликат, пенозолобетон и т. д.

*По способу твердения* ячеистые бетоны делятся на два класса: неавтоклавные или безавтоклавные, предусматривающие пропаривание, электропрогрев или другие виды прогрева при нормальном давлении, и автоклавные, которые твердеют при повышенном давлении и температуре. Способ твердения находит отражение в названии ячеистого бетона, например, пропаренный газозолосиликат и т. д.

Применение *автоклавирования* открыло широкие возможности производства ячеистых бетонов из материалов, проявляющих эффект гидратационного твердения при повышенных

температурах тепловлажностной обработки (давление 0,9–1,3 МПа, температура 175–191 °С). К этим материалам относятся отходы промышленности и некоторые горные породы (в основном искусственные и природные стекла), содержащие оксиды натрия, кальция, магния, алюминия, железа и кремния. Наиболее широко из этой группы материалов применяются металлургические шлаки, отходы глиноземного производства, перлиты.

Основной объем производства теплоизоляционного ячеистого бетона приходится на газосиликат, значительно меньше — на газобетон и пенобетон. Ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон, пеносиликат, газосиликат, пеногазошлакобетон, пенополистиролбетон, полистиролпенобетон, поробетон и т. д.) имеют невысокую плотность, низкую теплопроводность, пониженное водопоглощение, стойкость к воздействию открытого пламени, высокие санитарно-гигиенические свойства; материал технологичен при изготовлении.

### 2.1.2. Состояние производства ячеистых бетонов

В технологиях ячеистого бетона выделилось два магистральных направления: заводы с высокой производительностью, ориентированные на выпуск автоклавного газобетона, и предприятия, выпускающие неавтоклавные газобетон и пенобетон. Отдельное технологическое направление: литой ячеистый бетон, изготавливаемый непосредственно на строительной площадке и применяемый в монолитных конструкциях.

**Производства неавтоклавных ячеистых бетонов** представлено десятками технологий, реализуемых в условиях средних и малых производств. Близкими по свойствам и области применения к пено- и газобетону являются *поризованные бетоны* (поробетоны). *Пенополистиролбетоны* являются композиционными материалами и по своему функциональному назначению близки к ячеистым бетонам. Гранулы вспененного (подвспененного) полистирола выполняют функции легкого заполнителя. Минеральная матрица может состоять из портландцемента, цементнопесчаной (в том числе и на пористых песках) смеси, гипса; в некоторых случаях используют полимерные или поризующие добавки.

Практика получения неавтоклавных ячеистых бетонов показывает, что существенные трудности возникают при получении материала с плотностью от D500 и ниже. Эти трудности связаны в первую очередь с усадочными явлениями в процессе схватывания свежеприготовленной ячеистобетонной массы. Другим недостатком является неравноплотность изделий в массиве.

Специфика технологии ячеистых бетонов (в т. ч. неавтоклавного газобетона) требует повышенного расхода цемента, что связано с увеличением расхода воды. При гидратации и твердении газобетона в естественных условиях или при пропаривании конечная прочность изделия формируется за счет высокого химического потенциала системы «цемент—вода». Высокая усадка является следствием низкой степени гидратации цемента в составе газобетонной смеси. Другой причиной усадочных деформаций, напряжений и трещинообразования в ячеистом бетоне является его карбонизация в процессе эксплуатации. Этот же фактор становится определяющим при оценке эксплуатационной стойкости материала.

Снизить усадочные деформации возможно при использовании приемов, повышающих пластичность смеси: вибрации, добавок пластификаторов и пр. Одним из перспективных методов улучшения качества газобетона гидратационного твердения, при котором ему придаются повышенные прочность и влагостойкость, является использование в качестве наполнителя отходов, содержащих аморфный кремнезем, глинозем и готовый двухкальцевый силикат, который сам является медленно твердеющим вяжущим. Все эти заполнители, вступая в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция, выделяющейся в процессе твердения цемента, образуют с ней гидросиликаты и гидроалюминаты кальция. Последние придают изделию более высокие прочностные характеристики (например, при плотности D 500 позволяют получить класс бетона по прочности B 2,5), а также, обладая пуццолановой активностью, связывают известь в труднорастворимые соединения, что придает изделиям повышенную водостойкость.

Нестабильность вспучивания является вторым (после усадки) и наиболее серьезным недостатком технологии газобетона, поскольку она приводит к колебаниям его плотности.

На «феномен нестабильности вспучивания» влияет множество трудно учитываемых факторов:

- реологические свойства смеси;
- температура сырья и окружающей среды;
- сотрясение формы;
- щелочность и экзотермичность вяжущего;
- колебания атмосферного давления;
- сквозняки и др.

Величину этого показателя строго регламентируют нормативные документы, в т.ч. ГОСТ 27005-86 «Бетоны легкие и ячеистые. Правила контроля средней плотности». Отклонение от вычисляемой статистическими методами так называемой требуемой плотности бетона может приводить к браку изделий.

Еще более неприятным следствием нестабильности вспучивания является вынужденное искусственное снижение практически всех эксплуатационных характеристик газобетона. От плотности любого поризованного материала зависят все его показатели, включая прочность, теплопроводность, стойкость, усадку и др. Например, прочность газобетона является кубической функцией его плотности, то есть снижение последней в два раза приводит к восьмикратному падению прочности.

Нестабильность характеристик бетона привела к появлению термина «требуемая прочность бетона». Для ячеистого бетона (и в частности для газобетона) требуемая прочность  $R_T$  может быть определена по формуле в ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности»

$$R_T = 1,1B_{\text{норм}}/0,7,$$

где  $B_{\text{норм}}$  — нормируемое значение прочности бетона.

Из этого выражения следует, что нестабильность характеристик вынуждает более чем в полтора раза завышать прочность бетона. Завышенная прочность требует либо применения более качественных сырьевых материалов, либо повышенного расхода вяжущих, либо интенсификации режимов тепловой обработки.

Ситуация усугубляется тем, что показатели газобетона искусственно (условно) снижают в отношении всех его эксплуатационных характеристик. При оценке прочности полагают, что она близка к минимальной, а при назначении расчетной теплопроводности считают, что плотность газобетона соответствует значениям, близким к максимальным для данного интервала, то есть условно считают, что газобетон более тяжелый и более холодный. В любом случае для нормируемых характеристик принимают не фактические и не средние значения, а наименее выгодные безопасные показатели. *Отсюда следует чрезвычайная важность уменьшения интервала плотности (разноплотности) газобетона.*

Выделяющийся водород ( $H_2$ ) поризует (вспучивает) смесь и создает ячеистую структуру газобетона, а над бортами формы образует так называемую горбушку высотой 2—8 см. Наличие горбушки — серьезный недостаток технологии газобетона. На ее создание расходуется до 10 % сырьевых материалов, включая цемент, алюминиевую пудру. Срезка и удаление горбушки требуют значительных затрат ручного труда (утилизация горбушки экономически оправдана только на больших, полностью механизированных заводах, а на предприятиях небольшой производительности она обычно идет в отвалы, загрязняя окружающую среду). Объем выделившегося газа зависит от трех веществ — извести, воды и алюминия. В газобетонной смеси меньше всего алюминия (сотые доли процента), а других реагентов всегда в избытке. Следовательно, точность дозировки алюминия должна заметно влиять на степень вспучивания газобетонной смеси и высоту горбушки.



Снизить, и весьма существенно, интервал плотности газобетона, исключить потери ресурсов и времени на срезку горбушки возможно. Для этого достаточно заливать в форму строго определенное количество газобетонной смеси и обеспечить ее вспучивание до заранее заданного ограниченного объема. Метод формования газобетонных изделий под крышкой был предложен еще в 1959 г. и впоследствии получил название *автофреттаж*. В процессе изучения этого метода было обнаружено интересное явление: после заполнения вспучивающейся смесью всего объема через зазоры между элементами формы из смеси отжимается прозрачная вода.

Несмотря на все преимущества автофреттажа, в свое время он не получил широкого промышленного применения. Попытки внедрить его на нескольких заводах позволили выявить основные причины отрицательного результата. Это повышение металлоемкости форм, увеличение высоты форм и связанная с этим меньшая заполняемость камер тепловой обработки, необходимость дополнительной производственной площади для складирования крышек, увеличение ручного труда при распалубке, чистке, смазке, транспортировании крышки, её установки и закреплении. Главным же недостатком было то, что длительность установки и крепления крышки оказалась сопоставимой со временем вспучивания газобетонной смеси, так что закрепить крышку не всегда успевали. Однако за последние десятилетия предложены такие новые технические решения, которые устраняют практически все перечисленные недостатки технологии автофреттажа. Разработаны приемы, обеспечивающие установку и крепление, а также снятие крышки в течение одной секунды без применения ручного труда и, возможно, без крана.

Решением научно-технического совета Госстроя России (2003 г.) сформулированы основные задачи развития ячеистых бетонов. Среди прочих приоритетными являются следующие направления:

1) развитие новых путей получения изделий из ячеистых бетонов с плотностью ниже  $400 \text{ кг/м}^3$  для широкого применения их в строительном производстве и с плотностью  $100\text{--}300 \text{ кг/м}^3$  для использования в качестве теплоизоляционных материалов;

2) совершенствование производства ячеистого бетона с целью получения стеновых изделий с плотностью  $400\text{--}500 \text{ кг/м}^3$ ;

3) исследования по повышению прочности, снижению усадки и ускорению твердения изделий;

4) разработка и внедрение ячеистых бетонов, дисперсно-армированных неметаллическими волокнами;

5) создание мини-заводов по производству блоков из неавтоклавно ячеистого бетона;

6) совершенствование новых методов испытаний материалов, в том числе на основе современных достижений физики и химии;

7) разработка и организация производства низкотеплопроводных малоклинкерных и бесклинкерных композиционных вяжущих для теплоизоляционных ячеистых бетонов.

Отметим, что основные предложения, направленные на минимизацию недостатков технологии и свойств неавтоклавно ячеистого бетона плотностью до  $500 \text{ кг/м}^3$  находятся на исследовательской стадии.

**Производства ячеистых бетонов с применением тепловлажностной обработки** (автоклавно ячеистых бетонов) сконцентрировано в европейской части России. Это связано с историческими предпосылками, а также с преобладающими темпами строительства. По данным на конец 2011 года на долю Центрального округа приходится 43,3 % объема производимого в стране газобетона; Приволжского ФО — 17,6 %; Северо-Западного — 15,3 %; Уральского — 10,5 %; Южного и Сибирского соответственно 6,8 % и 6,4 %.

Доля Центрального округа росла до 2009 г., а затем начала снижаться. До кризиса темп прироста находился на уровне 25–3 %. В 2009 г. падение составило 20 %, а в 2010 г. прирост оставил 21 %. Прирост 2011 и 2012 годов составил порядка 30 %.

В Центральном ФО расположены 16 заводов автоклавного газобетона и 4 завода газосиликатных блоков. В Приволжском ФО расположены 12 заводов автоклавного газобетона и 4 завода газосиликатных блоков — ведущие производители изделий из ячеистого бетона. Уральский ФО представлен пятью производителями. В Северо-Западном ФО функционируют 2 крупных предприятия и 3 среднего масштаба. Сибирский ФО не демонстрирует активных темпов потребления газобетона. В округе действуют три завода. В Южном ФО три производителя автоклавного газобетона.

Технологии позволяют получать продукцию высокого качества, но предполагают значительные большие капитальные вложения. Стоимость молотого песка шаровыми (трубными) мельницами приближается к стоимости цемента, а расход электроэнергии достигает 100 кВт/ч на 1 т песка. Тепловлажностная обработка в автоклавах требует большого расхода энергии на получение насыщенного водяного пара с температурой 180–200 °С, а также затрат тепла на обогрев камер предварительного твердения (форкамер) для набора сырцом начальной (резательной) прочности, но эти расходы несравнимо меньшие, по сравнению с расходами технологий обжиговых изделий — например, керамического кирпича и крупноформатных керамических камней.

## 2.2. Основы формирования структуры и свойств ячеистых бетонов

### 2.2.1. Способы формирования ячеистых структур

Структура ячеистого бетона формируется одним из перечисленных способов: газообразованием, пенообразованием, аэрированием, кавитационным вспениванием, сухой минерализацией.

**Способ газообразования.** Этот способ основан на выделении газообразных продуктов во всем объеме материала, находящегося в пластично-вязком состоянии. Он имеет ряд разновидностей, различающихся по следующим признакам: химизму процесса газообразования, виду газообразователя, температуре газообразования и вспучивания массы.

По химизму процесса газообразование подразделяется на несколько способов, один из которых основан, например, на выделении газа при взаимодействии газообразователя с компонентами массы (газообразователь – алюминиевая пудра, кислоты и др.); второй — на выделении газа из газообразователя (перекись водорода и др.) без взаимодействия с массой.

Для ячеистых бетонов характерно низкотемпературное газообразование. Современные газообразователи должны удовлетворять следующим требованиям: плавное течение процесса газовыделения с получением нетоксичных и не вызывающих коррозию продуктов; большой объем выделяющегося газа – большое газовое число; устойчивость в условиях хранения и транспортирования, доступность.

*Газовое число* — это объем газа (мл), приведенный к нормальным условиям, выделяемый в единицу времени 1 г газообразователя при температуре максимального газовыделения. Оно служит для первичной оценки эффективности газообразователей.

Самый распространенный низкотемпературный газообразователь — алюминиевая пудра. Она представляет собой тонкодиспергированный порошок алюминия, имеющий форму лепестков со средним диаметром около 20–50 и толщиной 1–3 мкм. Каждая частица алюминия покрыта тонкой оболочкой стеарина, придающего пудре гидрофобность. В результате пудра приобретает высокую кроющую способность и всплываемость (она предназначена для лакокрасочной промышленности). Однако в технологии теплоизоляционных материалов это резко ухудшает распределение газообразователя в массе. Один грамм *Al* выделяет 1250 см<sup>3</sup> водорода, а при температуре оптимального газовыделения (~50 °С) — почти 1500 см<sup>3</sup>.

Не весь выделяющийся газ удерживается массой. Поэтому оперируют понятиями коэффициентов газовыделения  $K_{гв}$  и газодержания  $K_{гд}$ , употребляют также идентичные понятия — коэффициент использования порообразователя  $V_{гв}$  и коэффициент выхода пор  $V_{гд}$ .

*Коэффициент газовыделения* характеризует объем газа, выделяемый газообразователем в технологически рациональный отрезок времени. Этот коэффициент всегда на 10–15 % ниже теоретического для данного вида газообразователя, что связано с наличием в его составе нереакционноспособных примесей (например, в алюминиевой пудре 3 % стеарина, 5–12 % оксидов и примесей), газовыделением после окончания вспучивания и рядом других причин.

*Коэффициент газодержания* показывает отношение объема газа, удержанного массой, к объему газа, образовавшегося в массе.  $K_{гд}$  изменяется в интервале 0,7–0,85. Чем больше несоответствие между кинетикой газообразования и реологическими свойствами массы, тем меньше  $K_{гд}$ . Снижение средней плотности изделий приводит к уменьшению  $K_{гд}$ , что должно учитываться при назначении расхода газообразователя.

Решающим фактором создания высокопористой ячеистой структуры, достижения высоких значений коэффициента газодержания и получения оптимальных характеристик пористости является *направленное регулирование пластично-вязких свойств массы и кинетики газовыделения*. Регулирование кинетики газовыделения осуществляется разными приемами для различных видов газообразователей.

Скорость газовыделения алюминиевой пудры зависит от водородного показателя среды, температуры массы, удаления с поверхности алюминиевой частицы продуктов реакции, тормозящих химическое взаимодействие, наличия в составе массы активаторов и пассиваторов газовыделения.

Интенсификации газовыделения способствуют: введение в массу активаторов реакции (хлоридов, например NaCl); повышение температуры массы; применение вибрационных воздействий, чтобы очистить поверхность металла от продуктов реакции; повышение pH среды введением щелочей и снижением водотвердого отношения.

Существенными факторами управляемого воздействия на кинетику газовыделения, реологические свойства массы и формирование пористой структуры являются вибрирование массы и введение в нее поверхностно-активных добавок.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), обладая пластифицирующим эффектом и повышая смачиваемость частиц газообразователя, повышают однородность его распределения в массе. Снижение поверхностного натяжения в массе с ПАВ уменьшает коалесценцию газовых пор, повышает устойчивость тонких обводненных межпоровых перегородок.

В системах, проходящих при вспучивании стадию *пиропластического состояния*, вибрация в период активного газовыделения также повышает качество пористой структуры и способствует увеличению объемов пористости, так как реологические свойства массы при этом улучшаются.

*Таким образом, введение поверхностно-активных веществ в массу и динамические воздействия на стадии вспучивания являются основными факторами улучшения пористой структуры и снижения средней плотности изделий.*

**Способ пенообразования.** Основан на введении воздуха в растворы или массы, содержащие ПАВ, равномерном его распределении и стабилизации образовавшейся пеномассы. По принципу создания пеномассы различают следующие способы поризации:

1) *пенообразование*, предусматривающее отдельное приготовление пены, массы и их смешивание;

2) *аэрирование*, при котором пена отдельно не приготавливается, а воздух вовлекается непосредственно в массу;

3) *сухая минерализация пены*, основанная на приготовлении пены и смешивании ее с сухой тонкодисперсной композицией исходных компонентов.

В основе всех этих способов лежит способность ПАВ сорбироваться на поверхности раздела «жидкость—воздух» и резко снижать поверхностное натяжение на границе раздела. При растворении в воде поверхностно-активные вещества, вследствие полярности молекул, ориентированно адсорбируются на поверхности раздела фаз, повышая вязкость и механическую прочность поверхностных слоев и пленок. С повышением концентрации ПАВ поверхностное натяжение раствора падает до некоторого наименьшего значения, оставаясь в дальнейшем практически постоянным.

Длительное время в технологии пеноматериалов использовали пенообразователи на основе природных органических продуктов. Сейчас в качестве пенообразователей и воздухово-влекающих добавок используют синтетические ПАВ — продукты нефтепереработки и нефтехимического синтеза. Как правило, это вещества анионактивного класса, применяемые в производстве моющих средств. К ним относятся:

- сульфанола — смесь натриевых солей алкилбензосульфокислот, крупнотоннажный нетоксичный продукт нефтехимического синтеза, выпускаемый в виде порошка или 45 %-ного раствора со стабильными свойствами и неограниченным сроком сохранности, не имеющего запаха;
- вещество «Прогресс» — смесь натриевых солей сернокислых эфиров вторичных спиртов; поверхностноактивный компонент большинства моющих средств;
- пенообразователь ПО-1 и другие модификации – нейтрализованный керосиновый контакт на основе сульфокислот, выпускаемый химической промышленностью для противопожарной техники;
- вещество «эффект» — триэтаноламиновая соль лаурилсульфата — промышленный продукт, используемый как пенообразователь во многих областях техники.

Поверхностное натяжение этих синтетических ПАВ находится в пределах  $27-35 \cdot 10^3$  Н/м ( $27-35$  эрг/см<sup>2</sup>), что предопределяет их значительную пенообразующую способность.

Пенообразующая способность катионактивных и неионогенных ПАВ, как правило, ниже, чем у анионактивных. Кратность пены для большинства из них не превышает 2,5—4. Кроме того, пенообразование этих ПАВ сильно зависит от температуры — сырьевая база их производства более ограничена.

Получаемая способом пенообразования и аэрирования ячеистая структура характеризуется высокой замкнутостью пор, плотной и гладкой их внутренней поверхностью, равномерной пористостью по объему материала, примерно одинаковой по сечению толщиной межпоровых перегородок.

*Двухстадийный способ пенообразования* включает следующие этапы:

- 1) приготовление из водных растворов ПАВ устойчивых технических пен («чистых» пен);
- 2) приготовление жидкотекучих минеральных или полимерных композиций, образующих твердую фазу (остов) теплоизоляционного материала;
- 3) смешивание пены и композиции до получения пеномассы заданной пористости. Из готовой пеномассы формуют изделия.

Получать пены, как и другие дисперсные системы, можно двумя способами — дисперсионным и конденсационным. При *дисперсионном способе* пена образуется в результате интенсивного совместного диспергирования пенообразующего раствора и воздуха. Технологически это осуществляется:

- при прохождении струй газа (воздуха) через слой жидкости (в барботажных или аэрационных установках, в пеногенераторах);
- при действии движущихся устройств на жидкость в атмосфере газа или при действии движущейся жидкости на преграду (при перемешивании мешалками, встряхивании, взбивании, переливании растворов);
- при эжектировании воздуха движущейся струей раствора (в пеногенераторах некоторых типов).

*Конденсационный способ образования пен* основан на изменении параметров физического состояния системы, приводящих к пересыщению раствора газом. К этому же способу относится образование пен в результате химических реакций и микробиологических процессов, сопровождающихся выделением газообразных продуктов. Пересыщение раствора газом и соответственно вспенивание происходят при создании пониженного давления в аппарате с раствором, при повышении температуры раствора (при выпаривании растворов, дистилляции и т. д.), при введении в раствор веществ, уменьшающих растворимость газов. Этот способ используют при получении пены для приготовления вспененных пластмасс.

**Способ аэрирования.** Основан на вовлечении заданного объема воздуха в процессе приготовления массы, содержащей ПАВ. Этот способ характеризуется:

- а) простотой технологического процесса (однотадийная поризация);
- б) возможностью с высокой точностью регулировать плотность получаемого поризованного материала в широком интервале значений, малой дефектностью поровой структуры и отсутствием трещин и «дырок формования» в межпоровых перегородках;
- в) отсутствием «горбушки» и операций по ее удалению и переработке.

Использование *воздухововлекающих добавок* в технологии бетонов имеет длительную историю, однако объемы поризации при этом составляли обычно 2–5, максимально 10–12 %. В теплоизоляционных поризованных материалах воздухововлечение должно быть увеличено в 10–12 раз. Это стало возможным благодаря синтезу новых высокоэффективных воздухововлекающих веществ и разработке технологии перемешивания, обеспечивающей заданное воздухововлечение.

При аэрировании одновременно происходят два процесса: вовлечение воздуха в систему и выход его наружу при недостаточной удерживающей способности массы. Вовлечение воздуха в смесь из пространства над ее поверхностью осуществляется вследствие образования воздушных каверн лопастями смесителя. Вероятность возникновения каверны и ее объем зависят, прежде всего, от скорости вхождения лопасти в систему и размера лопасти. В ходе образования «воздушного следа» гидростатическая сила сообщает смеси ускорение, направленное внутрь каверны. Кинетика последующего разобцения каверн на множество мелких пузырьков определяется интенсивностью перемешивания и реологическими характеристиками массы. Поэтому объем воздухововлечения сильно зависит от типа смесительного агрегата, режима перемешивания, реологических свойств смеси.

Вовлеченные в смесь воздушные пузырьки под действием поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) испытывают разрушающие усилия ( $\Delta P$ ) и лопаются в результате утоньшения стенок:

$$\Delta P = \frac{\sigma}{2r},$$

где  $r$  — радиус кривизны границы раздела.

Введение поверхностно-активных веществ снижает поверхностное натяжение и тем самым уменьшает величину  $\Delta P$ , при этом повышается вероятность устойчивого существования воздушного пузырька в массе.

Регулирование объема вовлеченного воздуха и характеристик получаемой пористости может осуществляться за счет следующих технологических факторов: выбора ПАВ и оптимизации его дозировки, направленного регулирования реологических свойств поризуемой массы, изменения гидродинамических условий перемешивания. Вид поверхностно-активного вещества оказывает решающее влияние на поризацию аэрированием. Выбирать ПАВ следует с учетом рН массы, ее дисперсности, предельных значений поризации, кинетики набора структурной прочности массы.

На размер пор, образующихся при воздухововлечении, и общий объем поризации большое влияние оказывают условия перемешивания системы. Увеличение скорости вращения ло-

пастей смесителя до определенного предела способствует дроблению пузырьков воздуха, затем этот эффект исчезает и, наконец, при определенном значении скорости вращения возможно разрушение пузырьков, или их коалесценция.

В качестве воздухововлекающих добавок (ВВД) в технологии теплоизоляционных материалов используют синтетические ПАВ из группы нефтяных сульфокислот (пенообразователь ПО-1), триэтаноламиновою соль лаурилсульфата (вещество «эффект») и комплексные поверхностно-активные вещества (смесь алкилбензосульфокислот, синтетических жирных кислот, эфиров вторичных спиртов). Эти ВВД — поверхностно-активные вещества анионоактивного класса. Дозировка ВВД — 0,05–0,1 % массы сухих компонентов смеси. ВВД обеспечивают воздухововлечение в объеме 70–75 %, однако для этого требуется длительное перемешивание (более 20–25 мин). Поэтому целесообразно вводить ВВД на стадии подготовки компонентов, например, при мокром помолу песка в технологии ячеистого бетона — в этом случае до 20 % воздуха вовлекается в шлам в процессе его приготовления.

Способ аэрирования открывает широкие возможности направленного регулирования характеристик пористой структуры материала и, в частности, создания полифракционного распределения пор по размерам. Достигается это изменением гидродинамических условий перемешивания.

**Способ сухой минерализации пены.** Процесс образования минерализованной пены включает приготовление устойчивой чистой пены, сухую подготовку твердой сырьевой композиции (например, помол и смешивание минерального вяжущего и кремнеземистого компонента), смешивание пены и минерального порошка, т. е. бронирование пены. Последняя технологическая операция — наиболее ответственная в производстве высокопористого материала, так как в этот период возможно разрушение пены и пеномассы.

Минерализация пены основана на прилипанию твердых минеральных частиц к пузырькам пены. Минерализованные пузырьки образуют сплошную ячеисто-минерализованную пену, каждая ячейка в ней бронирована большим числом твердых частиц.

Устойчивость минерализованной пены зависит от типа пенообразователя, а также от вида, количества и дисперсности минерализатора, введенного в пену. Чем большая поверхность покрыта твердыми частицами и чем более дисперсна твердая фаза, тем устойчивее пена, так как мелкие твердые частицы стабильно располагаются на поверхности пленки пузырька, в то время как крупные частицы предрасположены к сдвигу (перемещению).

Способ минерализации пены эффективен при изготовлении пеностекла, ячеистого бетона и пенопластов из резольных порошковых полимерных композиций. Этот способ нашел широкое применение в технологии силикатного вспененного стекла, изделий на основе пеногипса, композиционных материалов на основе полимергипсового вяжущего повышенной водостойкости, а также интерьерных звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов, в том числе содержащих цеолиты. Значительный интерес представляет технология изготовления ячеистого бетона сухой минерализацией пены, разработанная в НИУ МГСУ.

При видимой простоте технологии процесс формирования макроструктуры ячеистого бетона трудно поддается управлению и регулированию. Это связано с необходимостью контроля большого числа технологических параметров: качества и количества сырьевых компонентов, расхода газообразователя, водотвердого отношения, температуры и pH среды, изменяющихся в процессе изготовления и твердения изделий. Поэтому реальные условия структурообразования ячеистых бетонов часто отклоняются от оптимальных, что приводит к возникновению дефектов в структуре.

### 2.2.2. Оптимизация ячеистой структуры

Оптимальной ячеистой структурой следует считать равномерно распределенную в объеме материала пористость в виде полидисперсных по размеру, замкнутых, деформированных

в правильные многогранники пор, разделенных тонкими и плотными, одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками с глянцевой поверхностью. Форма пор должна приближаться к правильному додекаэдру (двенадцатигранник).

Чтобы получить высокие значения пористости и добиться рационального ее строения, что обеспечивает повышенные строительно-эксплуатационные свойства материалов, необходимо оптимизировать следующие характеристики ячеистой структуры:

- *Однородность распределения пористости в объеме материала.* Этот параметр изделий может быть оценен средним квадратическим отклонением (дисперсией) от среднего значения пористости  $\sigma\{\Pi\}$  или коэффициентом вариации  $V^n$ . Экспериментально установлено, что для ячеистых теплоизоляционных бетонов  $\sigma\{\Pi\}$  изменяется от 3 до 11 %, причем с повышением пористости дисперсия, как правило, увеличивается. В теплоизоляционно-конструкционных ячеистых бетонах она может достигать 24 %.

Равномерность распределения пористости в поризованных системах подчиняется статистическим законам. Известны также направленные закономерности распределения пористости в изделиях, при которых еще больше увеличивается  $\sigma\{\Pi\}$ . Пористость в горизонтальных сечениях возрастает от периферийных зон к центральной, в вертикальных сечениях — снизу вверх, и эта разница становится больше с увеличением высоты изделия.

Однородность распределения пористости зависит от:

- однородности смеси и, прежде всего, от равномерности распределения порообразователя;
- однородности температурного поля и реологических характеристик по объему материала;
- воздействия «пристенного эффекта», тормозящего вспучивание массы;
- кинетики изменения пластично-вязких свойств массы во времени и ряда других технологических факторов.

Теоретический анализ и экспериментальная проверка показывают, что однородность распределения пористости в объеме большинства теплоизоляционных материалов может быть значительно повышена путем совершенствования технологии. Значение  $\sigma\{\Pi\}$  для эффективных материалов не должно превышать 2—5 %.

- *Толщина межпоровых перегородок.* Этот показатель объединяет три параметра: толщину перегородки (величину сечения в наиболее тонкой части), равномерность сечения по периметру поры (неоднородность сечения в пределах одной поры) и неоднородность толщин перегородок в объеме материала. Толщина перегородок зависит от величины пористости, плотности упаковки твердых частиц и среднего размера частиц компонентов теплоизоляционного материала. В конечном счете, исходные компоненты и способ поризации определяют среднюю толщину межпоровой перегородки.

Равномерность сечения перегородки по периметру пор зависит от характера упаковки пор в объеме материала, степени и вида деформации пор, полидисперсности распределения пор по размерам. Этот параметр не поддается прямому регулированию. С увеличением объема пористости равномерность сечения перегородок повышается.

На неоднородность толщин перегородок в объеме материала влияют в первую очередь равномерность распределения порообразователя в исходной смеси, однородность температурного поля и реологических свойств во всем объеме материала. Наименьшие колебания толщин перегородок характерны для теплоизоляционных пластмасс, наибольшие — для ячеистых бетонов. Неоднородность целесообразно оценивать средним квадратическим отклонением толщин перегородки в наиболее тонком сечении от среднего значения толщин всех перегородок  $\sigma\{\delta\}$  или коэффициентом вариации этого параметра  $V^n$ . Для теплоизоляционного ячеистого бетона значение  $\sigma\{\delta\}$  колеблется от 0,05 до 0,16 мм. В принципе, чем выше пористость, больше диаметр пор, а также меньше воды затвердевания ( $V/T$ ) в составе минеральных материалов, тем ниже абсолютные значения  $\sigma\{\delta\}$ .

Реально достижимые толщины перегородок и неоднородность толщин в объеме материала составляют для полимерных теплоизоляционных изделий с ячеистой структурой соответственно 0,006–0,01 и  $1-2 \cdot 10^{-3}$  мм, для изделий из неорганических материалов — 0,09–0,12 и 0,04–0,07 мм.

• *Плотность межпоровых перегородок.* Плотность межпоровых перегородок определяется пористостью, которую составляют:

- пористость, создаваемая водой затворения или различными разбавителями, вводимыми в систему для придания массе определенных реологических свойств;
- межзерновая пористость, характерная для неорганических материалов из зернистых компонентов.

Первый из этих двух факторов зависит от водотвердого отношения или количества разбавителя и доли жидкой фазы, связываемой в процессе твердения, а второй – от гранулометрического состава компонентов, формы и шероховатости зерен, реологических характеристик смеси, интенсивности уплотнения.

Повышение плотности перегородок достигается:

- для полимерных систем — уменьшением количества разбавителей и наиболее полной полимеризацией системы;
- для минеральных систем гидратационного твердения — снижением В/Т, подбором оптимального гранулометрического состава, интенсивным уплотнением и обжатием перегородок;
- для минеральных систем, проходящих стадии пиропластического состояния, — оптимизацией тепловой обработки, обеспечивающей полное омоноличивание зернистых составляющих жидким расплавом.

С учетом сказанного, возможно доведение плотности межпоровых перегородок почти до 100 % для полимерных систем и до 74–78 % для минеральных материалов гидратационного твердения.

• *Форма пор.* Это параметр, характеризующий степень деформирования сферических пор в правильные многогранники. Повышение ячеистой пористости системы, снижение поверхностного натяжения, повышение устойчивости массы, быстрая фиксация структуры путем отверждения приводят к формированию пор многогранников. О степени деформирования пор можно судить по объему ячеистой пористости: если значение  $\Pi_{\text{я}}$  превышает 75–80 % — это четко указывает на переход сферических пор в многогранники. Чем выше пористость, тем более правильной формы должны быть многогранники.

• *Характер внутренней поверхности пор.* Необходимо стремиться к таким параметрам поризации, которые обеспечивают формирование пор с плотной гладкой поверхностью. Для этого в системе в период поризации должно поддерживаться низкое поверхностное натяжение, положительно влияют также динамические воздействия (вибрация). Недопустимы интенсивное порообразование и объемные изменения компонентов во вспученной массе, так как это приводит к разрыхлению оболочки (поверхности) воздушных пор.

• *Замкнутость ячеистой структуры.* Идеальной является структура с замкнутыми ячейками. Для промышленной теплоизоляции характерны дефекты ячеистой структуры, нарушающие замкнутость пор:

- «контактные дырки» и трещины в перегородках, возникающие из-за несоответствия скорости газообразования и темпа нарастания предельного напряжения сдвига и пластической вязкости массы;
- вертикально направленные каналы со значительным разрыхлением структуры в приствольной зоне канала (результат интенсивного порообразования или прорыва массы газами);
- поперечные и косые трещины в перегородках, образующиеся при транспортировании поризованной массы в формах с недостаточной жесткостью.

Контактные дырки — трудно устранимый дефект ячеистой структуры, получаемой способом газообразования; они почти полностью отсутствуют при пенообразовании. Связано это с



тем, что количество газообразователя при газообразовании в различных микрообъемах массы и порах неодинаковое, в результате чего в соседних порах возникает неравное давление. По мере роста перепада давления и уменьшения толщины перегородок создаются условия, при которых происходят прорыв стенки и выравнивание давления, в результате чего и образуется контактная дырка. Что касается трещин, то они возникают в массе, затвердевшей раньше, чем закончился процесс газообразования, поэтому этот дефект структуры относительно легко устраним.

Таким образом, в материалах с ячеистой структурой, изготавливаемых способами пенообразования и введения выгорающих добавок, контактных дырок и трещин не должно быть, в материалах, поризуемых газообразователями, возможно возникновение контактных дырок (как показывает эксперимент, 3—8 шт. на 100 пор).

Дефекты ячеистой структуры ТИМ можно минимизировать оптимизацией технологии.

Для получения пористой структуры, близкой к идеальной, необходимо реализовать в промышленных условиях следующие комплексы технологических мероприятий:

1) для минеральных систем гидратационного твердения:

— направленно регулировать реологические свойства и кинетику поризации массы, вводя поверхностно-активные добавки и электролиты, изменяя температурный режим и применяя внешние механические воздействия;

— увеличить однородность многокомпонентных смесей;

— снизить водотвердое отношение до значения, близкого к необходимому для гидратации вяжущего;

— оптимизировать гранулометрический состав смеси с учетом не только реакционной поверхности составляющих, но и плотной упаковки композиции в сухом и влажном состояниях;

— создать условия для интенсивного уплотнения и обжата твердой фазы материала;

2) для минеральных систем, проходящих стадию пиропластического состояния:

— увеличить однородность распределения порообразователя в массе и оптимизировать его концентрацию в материале;

— выбрать рациональные режимы тепловой обработки, чтобы достичь соответствия кинетики изменения реологических свойств и газовыделения в массе, а также омоноличивания компонентов смеси и уменьшения остаточных напряжений в поризованном материале.

## 2.3. Технологии автоклавного ячеистого бетона

### 2.3.1. Технология автоклавного газобетона

Производство теплоизоляционного ячеистого бетона включает следующие технологические переделы (рис. 2.1): подготовку сырьевых материалов, приготовление ячеисто-бетонной смеси, формование изделий и тепловлажностную обработку.

**Подготовка сырьевых компонентов.** Чтобы обеспечить повышенную устойчивость поризованной массы на стадиях формования изделий и набора структурной прочности, а также создание большего объема цементирующих новообразований при твердении, в технологии ячеистых бетонов используют тонкодисперсные композиции.

Тонкому измельчению подвергаются кремнеземистый компонент и известь. Применяют два способа подготовки сырьевых материалов: *мокрый помол* основной массы кремнеземистого компонента (песка) и *сухой помол* известково-песчаного вяжущего (при соотношении известь: песок — 1:0,2).

Содержание воды в песчаном шламе поддерживается на уровне, обеспечивающем хорошую текучесть суспензии (плотность шлама около 1,6 г/см<sup>3</sup>). Совместный сухой помол компонентов сырьевой шихты — извести, цемента и песка (при его влажности не более 2 %) активизирует цемент и обеспечивает повышенную однородность смеси. Как мокрый, так и сухой

помол должен производиться в присутствии ПАВ, что интенсифицирует измельчение, предотвращает слипание частиц, уменьшает намол металла. Дозировка ПАВ — 0,1—0,25 % массы сухих компонентов.

Газообразователь — алюминиевую пудру — смешивают с поверхностно-активным веществом и водой в соотношении соответственно 1:0,5:30. Полученную алюминиевую пасту дозируют в смеситель.

**Приготовление ячеистобетонной смеси.** Способы приготовления формовочных масс зависят от принятой технологии (безвибрационной или вибрационной) и вида применяемого порообразователя. Этот технологический передел при газобетонном и пенобетонном производстве имеет различные конечные задачи. При газобетонной технологии приготовление смеси включает дозирование и смешивание всех компонентов до получения однородного раствора с заданными технологическими свойствами. Поризация раствора происходит на стадии формования изделия. При пенобетонной технологии получают готовую поризованную массу.

Приготовление формовочной газобетонной смеси состоит в следующем. Отдозированные компоненты ячеистобетонной смеси загружаются в вертикальный самоходный газобетоносмеситель вместимостью до 5 м<sup>3</sup> при включенном перемешивающем механизме в такой последовательности: песчаный или зольный шлам, вода, вяжущее и газообразователь в виде суспензии. Добавки — гипс, жидкое стекло, ПАВ — вводятся в газобетоносмеситель совместно с вяжущим.

Продолжительность перемешивания составляющих до загрузки газообразователя — 3–5 мин. После загрузки газообразователя перемешивание осуществляется в течение 1–3 мин во время перемещения газобетоносмесителя к формовочному посту. При вибрационной технологии перемешивание осуществляется в процессе вибрации корпуса смесителя — виброгазобетономешалки. Приготовление формовочных масс для газобетона предусматривает подогрев шлама и воды до 40–50 °С для достижения температуры смеси не ниже 35 °С. Это обеспечивает интенсификацию реакций взаимодействия алюминиевой пудры с Ca(OH)<sub>2</sub> раствора.

**Формование изделий или массивов.** Стадия формования — одна из важнейших операций в технологии газобетонных изделий. На этой стадии должно быть соблюдено основное условие получения поризованной массы с хорошо организованной пористостью: *кинетика газовыделения должна соответствовать изменению реологических свойств массы*. В отечественной практике производства теплоизоляционных ячеистобетонных изделий используют литьевую и вибрационную схемы формования. При литьевой технологии вспучивание ячеистобетонной массы происходит в неподвижных формах в течение 25–50 мин. При вибровспучивании форму вибрируют в течение всего процесса газовыделения (3–6 мин) с частотой 15–150 Гц и амплитудой 0,2–0,6 мм.

Средняя плотность газобетона при постоянной дозировке газообразователя зависит от газодерживающей способности смеси, которая определяется изменением во времени ее структурно-механических характеристик. Если после газовыделения смесь не будет обладать определенной несущей способностью, произойдет ее осадка, сопровождающаяся «ложным кипением» — прорывом газа из формируемого изделия. Для образующейся в этих условиях структуры ячеистого бетона характерны наличие пор неправильной формы, большое число сообщающихся пор, неоднородность распределения пористости. Если схватывание опережает газовыделение, то смесь затвердеет до того, как завершатся процессы газовыделения и заданная средняя плотность не будет достигнута, а межпоровые перегородки окажутся пронизанными трещинами. В результате снижаются эксплуатационные показатели материала.

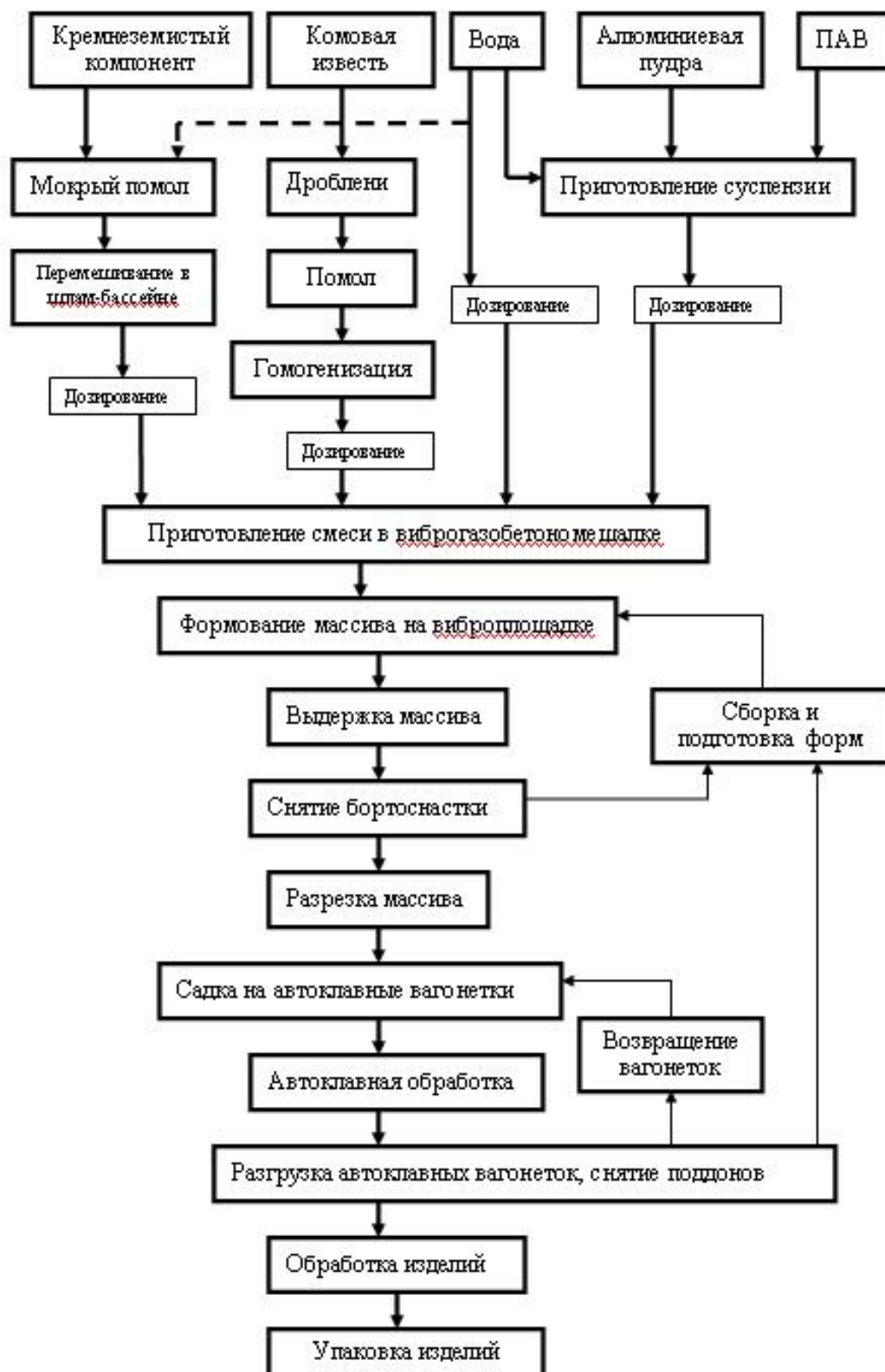


Рис. 2.1. Технологическая схема

В связи с этим основным этапом в управлении процессами вспучивания и структурообразования газобетонных смесей является сбалансирование скоростей этих процессов, причем в начале газовыделения пластично-вязкие свойства массы должны возрастать медленно, а в конце — быстро.

Специальные технологические приемы позволяют активно воздействовать на процессы формирования структуры ячеистого бетона. Наиболее эффективно управление структурообразованием путем вибровспучивания массы. Разработана технология ячеистого бетона, предусматривающая применение вибрационных воздействий на стадиях приготовления ячеистой смеси и формования изделий.

*Вибрационная технология* базируется на использовании высоковязких ячеистобетонных смесей с низким водотвердым отношением около 0,35–0,4 против 0,55–0,65 (литьевой теплоизоляционный газобетон).

Под воздействием вибрации происходит тиксотропное разжижение ячеистобетонной массы, обеспечивающее высокую степень гомогенизации смеси во время виброперемешивания и интенсивную поризацию на стадии вибровспучивания.

Степень тиксотропного разжижения массы и достигаемые при этом реологические характеристики при постоянном составе массы зависят от параметров вибрации. При вибрационном способе регулирования пластично-вязких свойств ячеистобетонных масс в крупноразмерных «массивах» оптимальны следующие параметры вибрации:

— низкочастотная вибрация с большой амплитудой ( $f = 10\text{--}25$  Гц,  $A = 1\text{--}2,5$  мм) до начала активного газовыделения

— вибровспучивание массы под действием высокочастотного вибрирования ( $f = 100\text{--}150$  Гц,  $A = 0,15\text{--}0,2$  мм).

Вибрация может передаваться на массу с помощью «плавающего» виброшита. После прекращения вибрационных воздействий быстро восстанавливаются разрушенные вибрацией структурные связи, и в результате резко возрастают пластическая прочность и несущая способность поризованной массы, исключается ее осадка. Применение вибрационной технологии позволяет значительно снизить водотвердое отношение, использовать грубодисперсные композиции, интенсифицировать технологический процесс изготовления ячеистого бетона.

Для получения теплоизоляционного ячеистого бетона низкой средней плотности используют предварительную поризацию смеси — так называемую *газопенную технологию*. Предварительную поризацию осуществляют, аэрируя песчаный шлам на стадии мокрого помола песка в присутствии ПАВ или формовочную смесь с ПАВ на стадии приготовления ячеистобетонного раствора в смесительном агрегате.

Теплоизоляционные изделия из газобетонных смесей вспучиваются в металлических формах высотой до 600 мм, перед заливкой формы должны быть тщательно очищены, смазаны, собраны, стыки уплотнены, чтобы смесь не вытекала во время заливки.

Формы заполняют ячеистобетонной смесью за один прием на высоту, обеспечивающую полное заполнение формы после вспучивания (высота заливки составляет примерно 1/3). Высоту заполнения формы ячеистобетонной смесью определяют по формуле

$$h = 1,2h_0 \frac{\rho_m}{\rho_p},$$

где  $h_0$  — высота формы, см;

$\rho_m$  и  $\rho_p$  — соответственно плотности ячеистобетонной массы и раствора, кг/м<sup>3</sup>.

Чтобы вспучивание смеси протекало нормально, температура окружающей среды должна быть не ниже 20 °С.

*При литьевой технологии применяют агрегатно-поточный метод формования.* В этом случае формы устанавливают вдоль пути передвижения газобетономешалки, при этом обеспечиваются условия, предотвращающие какие-либо перемещения или сотрясение форм после заливки газобетонного раствора до завершения вспучивания и схватывания ячеистобетонной смеси.

*При вибрационной технологии используют стеновый или конвейерный принцип формования.* Изделия из ячеистобетонной смеси формируются на специальном посту, оборудованном виброплощадкой. Металлические формы жестко фиксируются на виброплощадке. Вибрация начинается одновременно с началом заливки форм ячеистобетонной смесью и продолжается до

окончания активного газовыделения — прекращения вспучивания смеси. При вибрационной технологии формования ячеистобетонных изделий резко сокращаются сроки предавтоклавной выдержки изделий, что позволяет значительно уменьшить площади формовочного отделения.

Следует отметить, что в технологиях, приходящих из-за рубежа, используется *безвибрационный принцип*. Совмещение использования эффективных добавок и обоснованных технологических приемов позволяет получать теплоизоляционно-конструкционные материалы плотностью 300–400 кг/м<sup>3</sup>. По *технологии YTONG* заливка форм и вспучивание осуществляется в формах на конвейере.

**Тепловая обработка.** Перед тепловой обработкой изделия выдерживают в формах 2–4 ч, распалубливают и отправляют на посты резки. Назначение резки ячеистобетонных изделий — выровнять открытую поверхность изделия в форме (удаление «горбушки») и разрезать массив (его примерные размеры 6x1,5x0,6 м) на изделия заданных габаритов. Горбушка срезается только в газобетонных изделиях, в пенобетоне она не образуется. Все эти операции осуществляют на резательной машине с помощью металлических струн, совершающих возвратно-поступательное и вращательное движения.

При изготовлении безавтоклавных изделий режим пропаривания при нормальном давлении следующий (ч): подъем температуры до 90–95 °С — 3 ч, выдержка при температуре 90–95 °С — 12 ч, снижение температуры до 40 °С — 2 ч. Этот режим корректируют в зависимости от размеров изделия, вида вяжущего и др.

Автоклавирование осуществляют при давлении 0,9–1,3 МПа и температуре 175–191 °С в среде насыщенного или перегретого водяного пара (в автоклавах диаметром 2; 2,6 или 3,6 м).

По А. В. Волженскому, автоклавная обработка проходит в три стадии. Первая стадия начинается с момента впуска пара в автоклав и заканчивается при достижении равенства температур теплоносителя и изделий по толщине. Нагревается изделие двумя путями: за счет теплопроводности и теплом, выделяющимся при конденсации пара, который проникает в материал через его поры. При этом увеличивается влажность изделий.

Начало второй стадии соответствует моменту выравнивания температуры изделия по его сечению. Решающие факторы, определяющие скорость прогрева изделий, — интенсивность подъема давления пара на первой стадии, значения исходной температуры и влажности ячеистобетонной массы. Быстрый подъем давления в автоклаве, повышение температуры массива и снижение его влажности позволяют значительно сократить длительность первой стадии и всего цикла автоклавной обработки (табл. 2.1).

Начало второй стадии совпадает с максимальным развитием химических и физико-химических процессов, обуславливающих формирование структуры цементирующего вещества и интенсивный набор материалом прочности. Первоначально в результате избытка насыщенного раствора Са(ОН)<sub>2</sub> и недостатка в растворе силикат-ионов (из-за медленного растворения кремнезема) образуются богатые известью двухосновные гидросиликаты кальция CSH (А). В дальнейшем при полном связывании свободной Са(ОН)<sub>2</sub> в высокоосновные гидросиликаты кальция процесс растворения кремнезема приводит к образованию низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH (В) и тоберморита. Формирование этих новообразований сопровождается интенсивным набором прочности.

Таблица 2.1

**Продолжительность прогрева газобетонных изделий плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> при автоклавной обработке**

Длительность подъема температуры в автоклаве до 175 °С, ч	Исходная температура массива, °С	Длительность прогрева середины изделия до максимальной температуры, ч при толщине изделия, мм		
		200	300	600
1	30	4,5	7	11,5
	75	9	3,5	6,5

Окончание табл. 2.1

2	30	5,5	8	12,5
	75	2,5	4	7,5
4	30	6,5	9,5	14
	75	3	4,5	8

Продолжительность второй стадии (изобаротермической выдержки) определяется дисперсностью, активностью и соотношением компонентов, водотвердым отношением, температурой обработки.

*Третья стадия* — снижение температуры и давления. При этом интенсивно испаряется вода. Интенсивное парообразование, связанное со снижением давления пара в автоклаве, вызывает значительные напряжения, иногда превышающие прочность бетона, что приводит к образованию трещин. Для предотвращения трещинообразования при коротких режимах охлаждения применяют ступенчатый режим снижения давления пара в автоклаве. Рациональные режимы автоклавной обработки теплоизоляционного ячеистого бетона приводятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Режимы автоклавной обработки теплоизоляционного ячеистого бетона средней плотностью 200–300 кг/м<sup>3</sup>**

Толщина изделий, мм	Продолжительность, ч				Общая продолжительность, ч
	Подъема давления до 1 МПа (температура =183 °С)*	Изотермической выдержки	снижения давления по ступенчатому режиму	Вакуумирования автоклава	
200	1	5	1	1	8
300	1	5	1	1	8
600	1,5	8	1,5	1	12

\*При избыточном давлении автоклавной обработки 0,8 МПа продолжительность изобаротермической выдержки увеличивается на 1 ч, а при давлении 1,2 МПа уменьшается на 1 ч.

При выпуске калиброванных теплоизоляционных изделий заготовки, на которые ячеистобетонный массив разрезается до или после автоклавной обработки, фрезеруют. Калиброванные изделия могут подвергаться поверхностной гидрофобизации на конвейерной линии для уменьшения увлажнения при транспортировании и монтаже. Готовые изделия из теплоизоляционного ячеистого бетона должны быть упакованы в пакеты и храниться в помещениях с хорошей вентиляцией. Транспортировать изделия нужно в контейнерах, предохраняющих бетон от воздействий атмосферной влаги.

### 2.3.2. Технология газосиликата

Принципиальными отличиями технологии YTONG (рис. 2.2) от отечественных технологий являются вспучивание смеси с помощью поверхностных вибраторов и использование камер термоподготовки изделий перед автокалвированием. Завод автоклавного ячеистого бетона YTONG расположен в г. Можайск, его мощность до 500000 м<sup>3</sup> в год.

**Сырьем** являются портландцемент, известь негашеная кальциевая (содержание активных СаО и MgO не менее 85 %). В качестве воды для затворения и воды для приготовления песчаного шлама используется смесь воды из внешней сети с конденсатом, получаемом при автоклавной обработке изделий. В качестве газообразователя применяют алюминиевую пасту, получаемую из Германии в 200-литровых бочках (расход на 1 м<sup>3</sup> — 380 г).

**Помол сырьевых компонентов.** Для приготовления песчаного шлама предусмотрена шаровая мельница мокрого помола (8×3 м), в которую из подготовительного отделения ленточным конвейером непрерывно подается песок с добавкой гипса. Песок размалывают до

остатка на сите Ø 0,09 мм не более 10 %. Перекачка шлам-песка (плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup>) идет насосами в две шламовые емкости, которые являются смесителями непрерывного действия.

**Приготовление газобетонной смеси** производят в смесителе емкостью 5 м<sup>3</sup>. В смеситель предварительно отдозированные компоненты смеси загружаются в следующем порядке: песчаный шлам, шлам-отходы, вода затворения, сухие компоненты и алюминиевая суспензия. Сухие компоненты — это предварительно перемешанные в заданной пропорции цемент, известь и молотые отходы.

**Использование алюминиевой пасты.** Приготовление водно-алюминиевой суспензии производят путем ее смешения с водой. Смешение осуществляется в специальном суспензаторе. Приготовленная суспензия перекачивается в расходные баки с мешалками, которые работают непрерывно и из которых дозируется в смеситель. Время дозирования компонентов и их перемешивания рассчитано таким образом, чтобы цикл заливки форм составлял 5 мин.

**Формование массивов.** Приготовленная смесь выгружается из смесителя в предварительно собранную и смазанную форму, стоящую под смесителем на конвейере. Объем формы — 6,8 м<sup>3</sup>, всего на конвейере 76 форм. Далее происходит «вспучивание» и увеличение материала в объеме до 5 раз. Заполненная вспучившейся массой форма толкателями конвейера перемещается на посты созревания, где происходит схватывание и твердение смеси. Для ускорения схватывания и твердения поддерживается температура 50–70 °С и влажность 60–80 %. Время нахождения форм на постах выдержки (созревания) — 4–6 ч.

**Разрезка массивов и комплектация автоклавных тележек.** После прохождения всех постов выдержки формы с ячеистым бетоном, имеющим необходимую сырцовую прочность (не менее 400 г/см<sup>2</sup>), поступают на последние 5 постов, которые обслуживаются краном для переноски массивов, действующим полностью в автоматическом режиме. Кран оборудован вакуумным захватом, имеющим по контуру уплотнительные манжеты. До резки массива подрезается верхняя кромка «пирога» по периметру, затем после захвата массива краном выполняется очистка поддона, а массив идет на подрезку нижней горбушки.

**Резательная машина фирмы «Hebel»** имеет клавишный стол, в который перед установкой на него массива закладывается специальная решетка, предназначенная для дальнейшей транспортировки и автоклавной обработки разрезанных массивов.

Сначала выполняется поперечная вертикальная разрезка массива. Затем — продольная вертикальная разрезка массива, обеспечивающая требуемую ширину блоков и обрезку боковой поверхности массива. Подрезанная верхняя горбушка и торцевые обрезки снимаются вакуумным захватом. Время резки — 4 мин. Высота блоков — 249 мм; длина — 625 мм; ширина (толщина) — от 50 до 500 мм (пазогребневых — от 175 до 500).

Каждая автоклавная вагонетка загружается тремя массивами на решетках, располагаемых по высоте с помощью специальных стоек, закрепляемых на решетках.

**Предварительная выдержка.** Автоклавные тележки с массивами подаются в две камеры, в которых производится их выдержка перед подачей в автоклав. В камерах создается и поддерживается режим, исключающий остывание массива перед загрузкой в автоклав. Поскольку массив за счет тепла, выделяемого при гидратации извести и цемента разогревается до 85–90 °С, это тепло необходимо максимально сохранить в массиве до автоклавной обработки.

**Автоклавная обработка.** Из камер выдержки массивы направляются в один из автоклавов, в каждом из которых может находиться 6 автоклавных вагонеток. В один автоклав загружают 100,8 м<sup>3</sup> изделий. Автоклавная обработка производится при давлении 1,2 МПа, рабочая температура — 190 °С, продолжительность — 12,25 ч.

**Упаковка и хранение.** Автоклавные тележки с запаренными массивами по завершению автоклавной обработки с помощью передаточного моста и систем толкателей подаются на упаковочную машину. В упаковочной машине на пакет изделий одевается полиэтиленовая пленка, которая нагревается кольцевой газовой горелкой, дает усадку и обжимает массив. Упакованные массивы на поддонах поступают на склад готовой продукции.

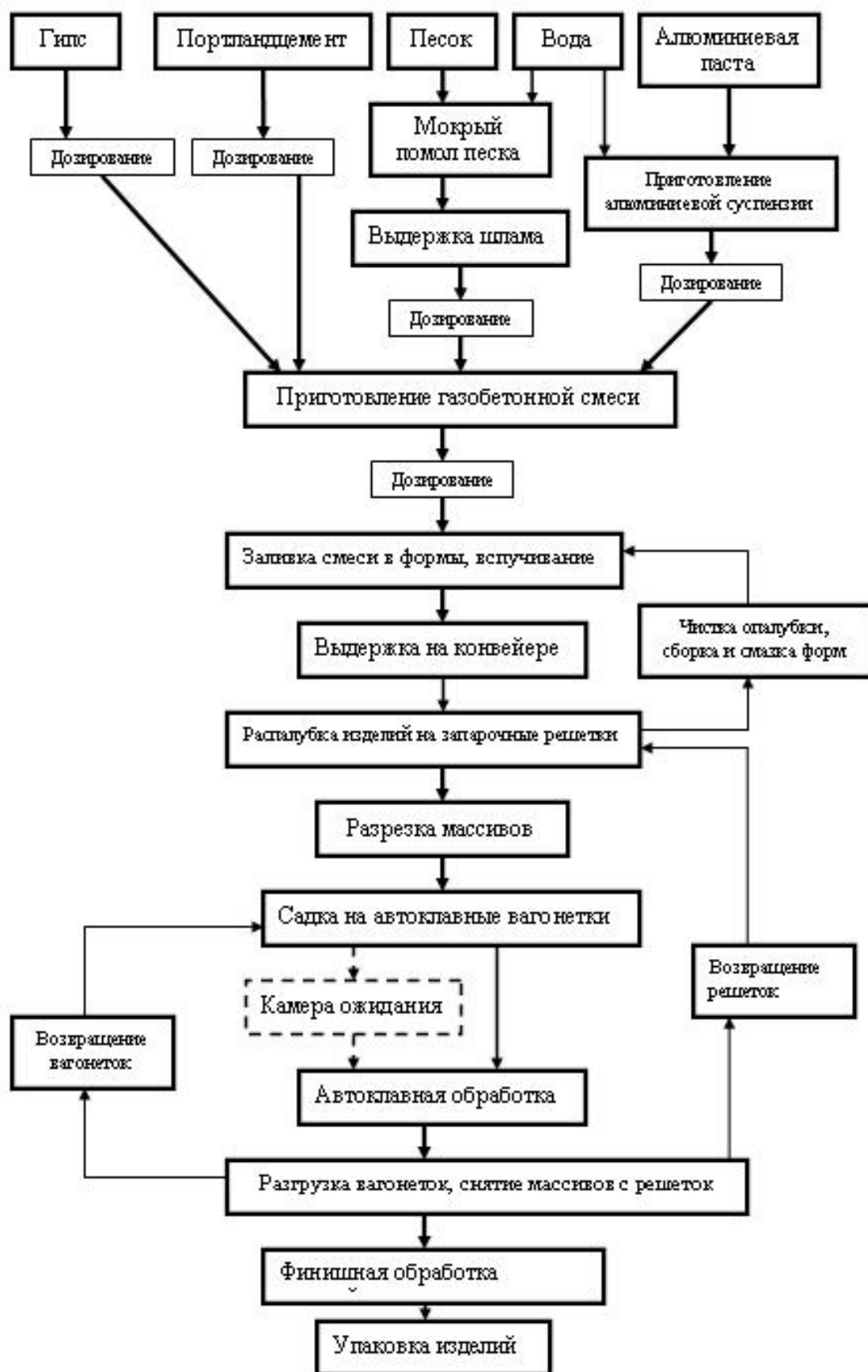


Рис. 2.2. Технологическая схема



### ***Направления совершенствования технологии ячеистого бетона***

Совершенствование технологии ячеистого бетона направлено на стабильное получение в заводских условиях изделий средней плотностью 180–200 кг/м<sup>3</sup>, прочностью на сжатие 0,4–0,6 МПа и теплопроводностью 0,065–0,07 Вт/(м·К). Это позволит уменьшить себестоимость изделий более чем на 40 %.

Снижение средней плотности изделий достигается путем формирования силикатного камня повышенной прочности и создания структуры порового пространства, характеризующейся равномерным распределением пор в объеме изделия и рациональным соотношением ячеистой и капиллярной пористости.

*Основными технологическими направлениями повышения прочностных показателей силикатного камня в бетоне являются:*

— применение кремнеземистого компонента композиционного полифракционного состава, обеспечивающего снижение пустотности песка и соответственно расхода вяжущего при одновременном повышении плотности межпоровых перегородок;

— повышение однородности ячеистобетонной смеси в результате совместного помола ее твердых компонентов, дисперсное армирование волокнистой добавкой;

— применение шлакощелочных вяжущих, искусственных или природных стекол, приобретающих в процессе автоклавной обработки в присутствии активизаторов твердения высокие прочностные показатели;

— предавтоклавное «вызревание» ячеистобетонных массивов в специальной камере (туннеле) при температуре 80–90 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %.

*Формирование высококачественной структуры порового пространства с общим объемом пористости более 90 % достигается в результате:*

— повышения однородности распределения алюминиевой пудры в ячеистобетонной смеси;

— предварительной поризации массы на стадиях мокрого помола кремнеземистого компонента или в смесителе при подготовке ячеистобетонной смеси в результате применения ПАВ воздухововлекающего типа;

— применения гидрофильных газообразователей характеризующихся хорошим распределением в ячеистобетонной массе, способствующих воздухововлечению при перемешивании ячеистобетонного раствора в смесителе;

— создания интенсивных внешних механических воздействий (с обязательным учетом исходных рецептов и вида газообразователя) на стадии вспучивания ячеистобетонной смеси.

*На стадии автоклавного твердения целесообразны:*

— запаривание при интенсивном подъеме температуры и давления предварительно разогретых и подсушенных ячеистобетонных массивов;

— сокращение длительности изотермической выдержки, что исключило бы деструктивные явления в результате рекристаллизации новообразований;

— быстрый ступенчатый сброс давления (1,5–2 ч) на третьей стадии автоклавной обработки, что обеспечивает получение изделий с пониженной влажностью.

Улучшению экономических показателей производства теплоизоляционного бетона способствует применение пара пониженной температуры (142–151 °С) и давления (0,4–0,5 МПа), что снижает более чем на 50 % расход пара и топлива и более чем в 2 раза повышает коэффициент загрузки автоклавов.

Для повышения долговечности поверхность ячеистобетонных изделий следует подвергать обработке специальными эмульсиями латексов, затирочными растворами с битумом, жидким стеклом, отходами нефтехимического синтеза.

## Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки

1. Определение ячеистого бетона как строительного материала.
2. Номенклатура ячеистых бетонов.
3. Способы создания пористой структуры ячеистых бетонов.
4. Бетоны ячеистые автоклавного твердения.
5. Неавтоклавные ячеистые бетоны.
6. Классификация ячеистых бетонов в зависимости от назначения.
7. Классификация ячеистых бетонов по виду кремнеземистого компонента.
8. Кварцевый песок как основной компонент ячеистого бетона.
9. Перспективы использования отходов других производств: золы и шлаки.
10. Классификация ячеистых бетонов по способу твердения.
11. Преимущества и особенности автоклавной обработки.
12. Перспективы автоклавной обработки.
13. Вяжущие материалы, проявляющие эффект гидратационного твердения.
14. Особенности применения алюминиевой пасты в технологии газобетона.
15. Газосиликат как одна из разновидностей ячеистого бетона.
16. Стадии автоклавной обработки и их влияние на свойства материала.
17. Особенности применения малоклинкерных и бесклинкерных вяжущих.
18. Технология неавтоклавных ячеистых бетонов.
19. Основные задачи развития номенклатуры ячеистых бетонов.
20. Теплоизоляционные ячеистые бетоны.
21. Теплоизоляционно-конструкционные ячеистые бетоны.
22. Производства ячеистых бетонов с применением тепловлажностной обработки.
23. Способы формирования ячеистых структур. Общая характеристика.
27. Способ сухой минерализации пены.
28. Способы оптимизации ячеистых структур.
29. Технология автоклавного газобетона.
30. Принципиальные особенности технологии YTONG.
31. Направления совершенствования технологии ячеистого бетона.

## ЧАСТЬ 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ YTONG

### 3.1. Материалы и комплектующие системы

#### 3.1.1. Блоки из ячеистого бетона

**Стандартные блоки YTONG** (табл. 3.1) являются классическими стеновыми элементами из газобетона, используемыми для ручной обработки и выпускаемыми в различных вариантах размеров и плотностей. Данный материал оптимальным образом подходит для создания несущих, самонесущих и ненесущих стен. Кладку блоков рекомендуется осуществлять на тонкошовный кладочный раствор (рис. 3.1). Благодаря этому создается ровная высококачественная, практически бесшовная стеновая конструкция с превосходной теплоизоляцией, позволяющая избежать возникновения «мостиков холода». Экологически чистый и негорючий материал обеспечивает безопасность готового строения и многофункциональность его использования.



Рис. 3.1. Стандартный блок YTONG

Таблица 3.1

**Физико-технические свойства газобетонных блоков YTONG**

Показатели	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>		
	D 400	D 500	D 600
Класс бетона по прочности	B 2,5	B 3,5	B 5,0
Прочность при сжатии, МПа	3,4	4,8	6,8
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·К)	0,088	0,099	0,112
Морозостойкость, циклы	100	100	100
Огнестойкость, час	4	4	4
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,24	0,21	0,17
Усадочные деформации при высыхании, мм/м	0,45	0,40	0,35
Отклонение геометрических размеров, мм			
- по длине	0,3	0,3	0,7
- по толщине	0,3	0,4	0,5
- по высоте	0,7	0,8	0,3

Таблица 3.2

**Энергоэффективные блоки**

Маркировка	Длина/высота/ширина, мм	Формат	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс бетона по прочности
D400/200	625×250×200	Ровные	400	2,5
D400/300 п/г	625×250×300	п/г*	400	2,5
D400/300	625×250×300	Ровные	400	2,5
COMFORT	625×250×375	п/г	400	2,5
D400/375	625×250×375	Ровные	400	2,5
ENERGO+	625×250×500	Ровные	400	2,5

\* паз — гребень

Таблица 3.3

**Блоки стеновые повышенной прочности**

Маркировка	Длина/высота/ширина, мм	Формат	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс бетона по прочности
D500/200 п/г	625×250×200	п/г	500	3,5
D500/200	625×250×200	Ровные	500	3,5
D500/250 п/г	625×250×250	п/г	500	3,5
D500/250	625×250×250	Ровные	500	3,5
ECONOM п/г	625×250×300	п/г	500	3,5
ECONOM	625×250×300	Ровные	500	3,5
STANDART п/г	625×250×375	п/г	500	3,5
STANDART	625×250×375	Ровные	500	3,5
ENERGO	625×250×500	Ровные	500	3,5

Таблица 3.4

**Блоки стеновые звукоизоляционные, ультрапрочные**

Маркировка	Длина/высота/ширина, мм	Формат	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс бетона по прочности
D600/100	625×250×100	Ровные	600	5
D600/150	625×250×150	Ровные	600	5
Soundproof	625×250×200	Ровные	600	5

Таблица 3.5

**Специальные блоки**

Маркировка	Длина/высота/ширина, мм	Формат	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс бетона по прочности
HARD	625×250×250	Ровные	600	5
ULTRAHARD	625×250×300	Ровные	600	5
D500/125	625×250×125	Ровные	500	3,5
D500/175 п/г	625×250×175	п/г	500	3,5
D400/250	625×250×250	Ровные	400	2,5
D400/250 п/г	625×250×250	п/г	400	2,5
D500/400	625×250×400	Ровные	500	3,5
D500/100	625×250×100	Доборный	500	3,5
D500/400	625×250×400	Ровные	500	3,5
D500/150	625×250×150	Доборный	500	3,5
D500/400	625×250×400	Ровные	500	3,5
D500/300	625×250×300	Доборный	500	3,5

Блоки YTONG подходят для любых стеновых конструкций (ненесущие, несущие стены). Блоки могут быть использованы при выполнении любых видов реставрационных работ и модернизации, а также для облицовки других материалов.

Блоки YTONG тонких форматов используются (табл. 3.6) в основном для создания внутренних ненесущих перегородок и декоративной отделки помещений. Благодаря малому весу и универсальному формату, они особенно удобны в обработке, многофункциональны и практически не имеют ограничений по воплощению дизайнерских идей.

Таблица 3.6

**Блоки YTONG тонких форматов**

Маркировка	Длина/высота/ширина, мм	Формат	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс бетона по прочности
D500/50	625×250×50	Ровные	500	3,5
D500/100	625×250×100	Доборные	500	3,5
D500/75	625×250×75	Ровные	500	3,5
D500/100	625×250×100	Ровные	500	3,5
D500/150	625×250×150	Ровные	500	3,5
D600/100	625×250×100	Ровные	600	5
D600/150	625×250×150	Ровные	600	5



Рис. 3.2. Блок тонкого формата

Блоки применяют в ненесущих внутренних стенах, для облицовки ванн и каминов, для возведения книжных шкафов, полок, кухни и пр.

### *Дугообразные блоки YTONG*

Дугообразные блоки YTONG позволяют сделать дизайн помещения оригинальным и уютным. С новыми сегментными дугообразными блоками YTONG возможно любое решение и реализация самого смелого замысла дизайнера, начиная от душа в форме улитки и до создания плавных форм полукруглой межкомнатной перегородки.

#### **Технические характеристики дугообразных блоков YTONG:**

Прочность при сжатии, МПа	— 4,8;
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	— 500;
Теплопроводность, Вт/(м·К)	— 0,099;
Радиус внутренней/внешний, см	— 50/60 или 90/100;
Высота, см	— 25;
Толщина, см	— 10.



Рис. 3.3. Дугообразный блок

#### **Область применения:**

- бассейны, фонтаны;
- камины;
- душевые кабины различных конфигураций;
- дизайнерские решения (закругленные внутренние стены, вертикальные лестницы и т. д.);
- фасадные решения (эркеры, башни и т. д.);
- элементы декора.

### **3.1.2. Специальные изделия из ячеистого бетона**

#### *Перемычки YTONG*

Газобетонные перемычки имеют незначительный вес и предназначены для создания дверных и оконных проемов в газобетонных стеновых конструкциях. С точки зрения строительной физики, перемычки YTONG оптимально сочетаются со стеновыми блоками и стандартными элементами системы YTONG благодаря схожести их технических характеристик со свойствами монолитной газобетонной стены (рис. 3.4).

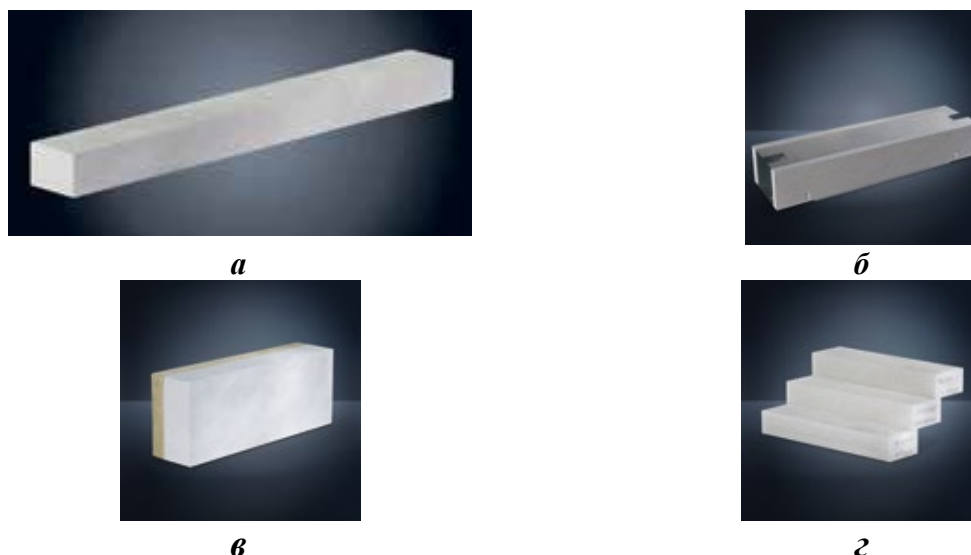


Рис. 3.4. Специальные изделия YTONG: а — ненагружаемая перемычка; б — перемычка для рольставен; в — элемент утепления венца; г — лестница

Кроме основной несущей функции перемычки YTONG, применяемые в наружных стенах, обеспечивают соответствующую тепловую изоляцию без дополнительного утепления. Благодаря использованию таких перемычек можно получить однородное основание под штукатурку на всей поверхности стены (табл. 3.7, табл. 3.8).

Таблица 3.7

**Основные характеристики перемычек YTONG**

Перемычка YTONG: Длина×высота×ширина, мм	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс по прочности при сжатии	Масса, кг/шт.
1300×124×115	0,16	D 600	B 3,5	16
1500×124×115				19
1750×124×115				22
2000×124×115				25
2250×124×115				28
2500×124×115				31
2750×124×115				34
3000×124×115				37
1300×124×x150				0,16
1500×124×150	25			
1750×124×150	29			
2000×124×150	33			
2250×124×150	37			
2500×124×150	41			
2750x124x150	45			
3000×124×150	49			
1300×124×175	0,16	D 600	B 3,5	
1500×124×175				28
1750×124×175				33
2000×124×175				38
2250×124×175				42
2500×124×175				47
2750×124×175				52
3000×124×175				57

**Несущая способность перемычки при выполнении перекрытия из блоков  
(швы замоноличены)**

Перемычка YTONG: Высота×Ширина, мм	Длина перемычки, мм	Пролет в свету, мм	Допустимая равномерно распределенная нагрузка, кН/м при высоте перекрытия ( $h_p$ ), мм		
			250	375	500
124×115	1300	920	13,9	21,8	26,0
	1500	1120	9,4	16,1	20,1
	1750	1270	6,7	12,5	16,2
	2000	1520	4,3	9,0	12,3
	2250	1770	2,8	6,7	9,5
	2500	2020	1,8	5,0	7,5
	2750	2270	1,1	3,8	6,0
	3000	2520	0,6	2,9	4,8
124×175	1300	920	21,2	33,1	39,5
	1500	1120	14,3	24,5	30,6
	1750	1270	10,2	19,0	24,6
	2000	1520	6,6	13,7	18,7
	2250	1770	4,3	10,2	14,5
	2500	2020	2,8	7,6	11,5
	2750	2270	1,7	5,8	9,1
	3000	2520	1,0	4,5	7,4

**Готовые перемычки YTONG** заменяют железобетонные перемычки (сборные или монолитные). Если перемычки из других строительных материалов являются источниками большого количества «мостиков холода», то при использовании перемычек YTONG этого удастся избежать. Относительно легкий вес перемычек позволяет монтировать их вручную.

Перемычки для рольставен YTONG (рис. 3.4) объединяют функции перемычки и кожуха рольставен. Может быть несущей или ненесущей и выпускается в двух модификациях размером:  $(1070 \div 4450) \times 300 \times 250$  и  $(1070 \div 4450) \times 300 \times 250$  (мм). Как только поверхности прилегания обработаны раствором, перемычку устанавливают над проемом с соблюдением минимальной глубины опоры и ее сразу же можно нагружать. Минимальная глубина опоры составляет 22,5 см на сторону.

**Элемент утепления венца YTONG** обеспечивает утепление венца, образует сплошное кольцо по краю перекрытия и вписывается в стеновую систему YTONG. Элемент сокращает «мостики холода», обеспечивает общую основу для штукатурки и может использоваться в качестве теплоизоляции краев перекрытия. Термическое сопротивление элемента утепления  $R = 2,143 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Размеры —  $624 \times 150 \times (160, 180, 200, 240, 250)$  мм. Элемент утепления можно использовать для заделки железобетонных перекрытий снаружи, а также для изоляции рабочего шва при бетонировании.

Элемент утепления венца YTONG монтируется несколькими рабочими операциями. Сначала раствор для тонкошовной кладки наносится по всей поверхности на край кладки. Затем элемент утепления венца с обшивкой минеральной ватой прикладывается к бетону или к внутренней стороне. В заключение блок выравнивается перпендикулярно и вровень. Затем укладывают следующие блоки с обработанным раствором вертикальным швом. Чтобы обеспечить лучшую связку, вертикальные швы элемента утепления венца обрабатываются тонкошовным раствором для кладки YTONG.

**Лестница YTONG** обеспечивает рациональную возможность выполнения лестниц по индивидуальному проекту в соответствии с системой во внутренней части здания, с прямыми или закрученными маршами и в качестве открытой или закрытой лестничной клетки. Теплопроводность материала —  $0,16 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ , средняя плотность —  $600 \text{ кг} / \text{м}^3$ , прочность при сжатии —  $4,4 \text{ МПа}$ .

Лестница YTONG состоит из армированных ступеней, вставляющихся в пазы кладки лестничной клетки или на приставных стенах с постоянной глубиной опорной части, равной 50 мм. Таким образом, монтаж лестницы возможен с обычной этажной кладкой, и лестницы выдерживают шаговую нагрузку непосредственно после монтажа. Следует соблюдать глубину опорной части минимум 50 мм.

Стандартная ступень имеет ширину 1,10 м (ширина пролета 1 м) и высоту 17,5 см. Более высокие ступени также возможны благодаря раствору, нанесенному между прямоугольными ступенями.

После соответствующей подготовки ступени можно снабдить любым из популярных покрытий (например, деревом, природным камнем, керамическим покрытием, бетонной кладкой или ковровым покрытием). Для наружного монтажа лестницы YTONG принципиально непригодны.

**U-образные блоки YTONG** (табл. 3.9) представляют собой несъемные опалубочные элементы из газобетона с превосходной теплоизоляцией и являются хорошим дополнением ко всем стеновым материалам YTONG.



Рис. 3.5. U-образный блок YTONG

Физические свойства U-образных блоков аналогичны характеристикам газобетонной кладки YTONG и гарантируют отсутствие теплопотерь и однородность штукатурного основания. Для улучшения теплоизоляционного эффекта с внешней стороны (до заливки бетона) рекомендуется проложить дополнительный изоляционный слой.



Рис. 3.6. Правильно подготовленная перед бетонированием перемычка из U-образных блоков YTONG



Таблица 3.9

**Характеристики U-образных блоков YTONG**

Маркировка	Перемычка YTONG: Длина/высота/ширина, мм	Марка по плотности, кг/м <sup>3</sup>	Класс по прочности при сжатии
200	500×250×200	D 500	B 3,5
250	500×250×250	D 500	B 3,5
300	500×250×300	D 500	B 3,5
375	500×250×375	D 500	B 3,5

U-образные блоки YTONG идеальны для изготовления армированных железобетонных перемычек, рёбер жёсткости, монолитных поясов и пр. непосредственно на строительной площадке. U-образные блоки имеют такую же ширину, что и блоки YTONG, что позволяет их использовать для кладки стен без дополнительных работ. U-образные блоки укладываются на клеевую смесь YTONG для тонкошовной кладки.

Таблица 3.10

**Несущая способность сборно-монолитных перемычек из U-образных блоков YTONG**

Сечение перемычки, мм	Длина перемычки, м	Диаметр рабочей арматуры, мм	Максимальная поперечная сила, воспринимаемая, т	Максимально допустимая распределенная нагрузка, т/пог.м
200×250	1	10	8,19	4,09
		12		4,09
		14		4,09
	1,5	10		4,30
		12		5,29
		14		5,86
	2	10		2,42
		12		2,97
		14		3,30
	2,5	10		1,54
		12		1,90
		14		2,11
	3	10		1,07
		12		1,32
		14		1,46
250×250	1	10	8,55	4,27
		12		4,27
		14		4,27
	1,5	10		4,69
		12		6,07
		14		6,41
	2	10		2,63
		12		3,41
		14		4,10
	2,5	10		1,68
		12		2,18
		14		2,62
	3	10		1,17
		12		1,51
		14		1,82

250×300	1	10	8,74	4,36
		12		4,36
		14		4,36
	1,5	10		4,81
		12		6,31
		14		6,55
	2	10		2,70
		12		3,55
		14		4,35
	2,5	10		1,73
		12		2,27
		14		2,78
	3	10		1,20
		12		1,57
		14		1,93

### **Сборно-монолитные перекрытия YTONG**

Сборно-монолитное перекрытие разработано для применения в жилищном, гражданском и промышленном строительстве и предпочтительно используется при возведении зданий в системе YTONG. Перекрытие состоит из легких железобетонных балок и Т-образных блоков перекрытий (рис. 3.7, рис. 3.8).

Легкие железобетонные балки, армированные пространственными каркасами, имеют длину, определяемую габаритами перекрываемых пролетов длиной до 7 м. Балки перекрытий имеют следующие характеристики:

- диаметр нижней арматуры — 12 мм;
- диаметр верхней арматуры — 8 мм;
- диаметр дополнительной арматуры — 16 мм;
- высота арматурного каркаса — 200 мм;
- размер сечения балок (высота/ширина) — 40/120 мм;
- масса — до 17 кг/пог.м.

На железобетонные балки опираются Т-образные блоки перекрытий YTONG, это блоки-вкладыши с двумя боковыми пазами в нижней части. Т-образные блоки перекрытий имеют следующие характеристики:

- длина/высота/ширина — 600×200×250 мм;
- марка по плотности — D250 или 250 кг/м<sup>3</sup>;
- класс по прочности при сжатии — В3,5 или 2,5;
- несущая способность готового перекрытия — не менее 450 кг/м<sup>2</sup>.



Рис. 3.7. Сборно-монолитное перекрытие YTONG

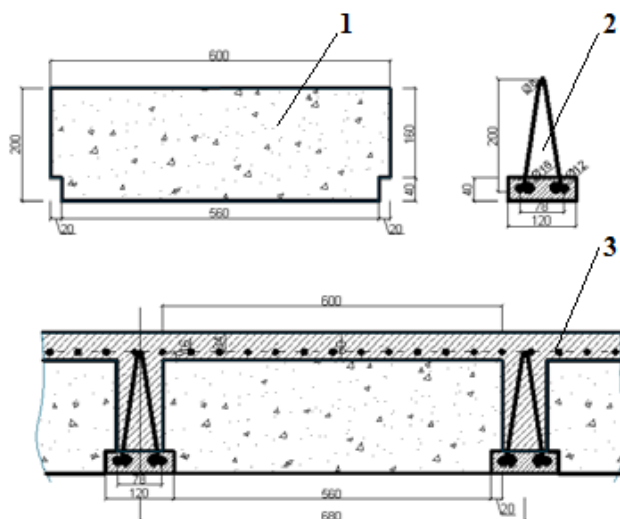


Рис. 3.8. Элементы сборно-монолитного перекрытия YTONG: 1 – блок YTONG D500 размером 600x200x250 мм; 2 – балка YTONG; 3 – арматурная сетка

*Монтаж сборно-монолитных перекрытий* осуществляется без использования крана и позволяет перекрывать конструкции сложной формы с эркерами и выступами, а также обеспечивает устройство перекрытия в труднодоступных местах, что особенно важно при реконструкции зданий. Использование систем позволяет сократить затраты на устройство перекрытия и позволяет проводить замену деревянных и ослабленных перекрытий на сборно-монолитные в реконструируемых зданиях. Эта система делает возможным коррекцию размеров и формы элементы конструкции непосредственно на строительной площадке, а также позволяет отказаться от использования стяжки для выравнивания основания. В сравнении с монолитными железобетонными перекрытиями затраты сокращаются примерно на 30 %.

Сборно-монолитные перекрытия YTONG обеспечивают высокие показатели перекрытия по теплопроводности и звукоизоляции. Высокая несущая способность перекрытия, позволяет отказаться от специальных фундаментов для каминов, печей и бассейнов.

Энергетическая эффективность систем перекрытий обусловлена:

- а) снижением затрат и времени на монтаж перекрытия (а следовательно, и меньшей стоимостью работ);
- б) исключением из технологического процесса съемной опалубки;
- в) возможностью проведения работ без использования крана;
- г) снижением объёма арматурных и подготовительных работ на строительной площадке по сравнению с монолитом.

### 3.1.3. Комплектующие материалы и изделия

#### *Кладочные растворы YTONG*

Для обеспечения высокого качества готовых построек со всеми стандартными продуктами YTONG компания предлагает специально разработанный раствор для тонкошовной кладки. Регулярные исследования позволяют постоянно улучшать характеристики раствора, обеспечивая тем самым оптимальную и надежную обработку газобетона YTONG, основываясь на требованиях конкретного проекта.

Для обеспечения высокого качества готовых построек со всеми стандартными продуктами YTONG компания предлагает специально разработанный раствор для тонкошовной кладки. Регулярные исследования, проводимые компетентными специалистами, позволяют постоянно улучшать характеристики раствора, обеспечивая тем самым оптимальную и надежную обработку газобетона (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Кладочные растворы

### ***Растворы для тонкошовной кладки (зимняя и летняя модификации)***

Идеальная геометрия блоков YTONG позволяет осуществлять кладку стен на основе клеевого раствора с толщиной швов, не превышающей 1–3 мм (рис. 3.10). Раствор используется для внутренних и наружных работ при кладке стен из блоков YTONG, а также при выравнивании поверхности и шпаклевании. Раствор для тонкошовной кладки блоков YTONG представляет собой многокомпонентную сухую смесь на основе цементного вяжущего, фракционированного кварцевого песка и комплекса модифицирующих добавок.

Тонкий растворный шов обеспечивает однородность кладки и максимальное термическое сопротивление ограждающей конструкции и, соответственно, значительно снижает теплотери через стены здания. Теплотери происходят не только через поверхность строительного материала, но и через кладочный раствор, причем уровень этих потерь возрастает с увеличением толщины швов.

Стеновая кладка, выполненная на толстый растворный шов, представляет собой сплошную сетку «мостиков холода», увидеть которую позволяет снимок термографа. Причиной этому является неоднородность кладки и низкие теплотехнические показатели кладочных растворов. Наличие «мостиков холода» в кладке может привести к промерзанию ограждающих конструкций, повышенной влажности в помещениях, что, в свою очередь, будет способствовать образованию плесени и грибка.



Рис. 3.10. Тонкошовная кладка

Сравнение теплотерь при устройстве кладки на обычный кладочный раствор и раствор для тонкошовной кладки блоков YTONG дало следующие результаты: при толщине растворного шва 10 мм термическое сопротивление конструкции снижается на 20 %, в сравнении с термическим сопротивлением тонкошовной кладки, а при толщине растворного шва 20 мм

данный показатель снижается более чем на 30 %. Таким образом, использование специализированного клеевого состава YTONG для тонкошовной кладки вместо обычных кладочных растворов позволяет значительно улучшить теплоизоляционные характеристики стены.

Помимо снижения теплопотерь применение раствора для тонкошовной кладки блоков YTONG позволяет сократить расход кладочного материала и трудозатраты. При устройстве кладки на тонкошовный раствор увеличивается скорость возведения конструкций, что приводит к снижению затрат на строительство в целом. Вдобавок использование раствора YTONG позволяет обеспечить чистоту строительного процесса и улучшить эстетическое восприятие зданий.

### ***Анкерные соединения и крепежи***

Очень часто возникает необходимость крепить к газобетонной стене различные объекты или конструкции, как с внутренней, так и с наружной стороны. Из существующего разнообразия крепёжных элементов очень важно подобрать наиболее подходящий для каждой конкретной ситуации вариант. Для этого требуется с детальной точностью знать технические характеристики обрабатываемой поверхности. В равной степени необходимо учитывать и функциональное назначение укрепления. При этом уровень воздействия как постоянных (например, собственный вес), так и дополнительных нагрузок (например, влияние температур) должен быть установлен заранее.

В случае применения крепёжных элементов для крепления ответственных конструкций и систем, влияющих на безопасность эксплуатации здания, рекомендуется использовать сертифицированную продукцию, выбор вида крепления необходимо подкреплять детальным расчетом.

Ошибка при выборе крепежных систем может привести к причинению вреда жизни и здоровью человека или к высокому материальному ущербу (к примеру, в случае балконных ограждений, фасадов и навесов). Простые объекты интерьера (плинтуса и картины) могут быть установлены с применением всех видов крепежных элементов. Помимо дюбелей и анкеров применяются гвозди и шурупы, установка которых может осуществляться как с предварительным сверлением каменной кладки, так и без него.

Монтаж всех видов крепёжных систем (рис. 3.11) без исключения осуществляется в строгом соответствии с инструкциями производителя, и в случае возникновения сомнений следует проводить испытания на определение фактической прочности крепежного элемента непосредственно на строительной площадке. В случае следования инструкциям и соблюдения всех рекомендаций по монтажу систем какие-либо препятствия на пути создания надежной конструкции отсутствуют.

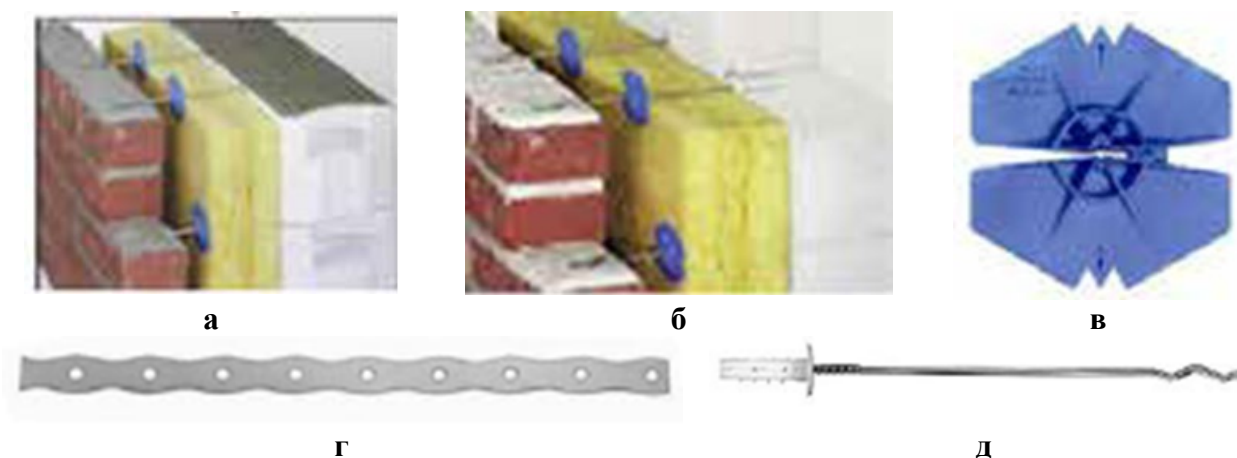


Рис. 3.11. Соединения: а — гибкая связь Multi; б — гибкая связь-анкер РВ; в — фиксатор; д — связь кладки MV; г — распорно-связующий элемент

**Гибкая связь Multi 250** из нержавеющей стали. Длина — 250 мм, зазор — до 100 мм. Предназначена для установки в кладочные швы (как тонкие, так и стандартные) соединяемых стен (несущей и облицовочной). Может использоваться как в системах с эффективной теплоизоляцией, так и без неё.

Нагрузки (разрушающие) на вырыв из кладки из силикатного кирпича с тонким швом — 1,5 кН, давление — не менее 1 кН. В зависимости от величины зазора между соединяемыми стенами (до 120; от 120 до 150; от 150 до 170 (мм)) рекомендуется установка 5; 7; 9 крепежей на 1 м<sup>2</sup>.

**Монтаж.** Закладывается в шов в процессе кладки несущей стены. Глубина закладки в несущую кладку — 90 мм и облицовочную кладку по 60 мм. В краевых зонах фасада здания рекомендуем установить дополнительно еще 3 анкера на м<sup>2</sup>.

**Гибкая связь-анкер PB 10.** Размеры — 4,0×160 мм (под зазор до 60 мм); 4,0×200 мм (под зазор до 100 мм). Предназначена для установки на имеющееся основание из газобетона и служит для соединения его со штучной облицовочной кладкой на определённом расстоянии. Это расстояние используется, как правило, для расположения эффективной теплоизоляции и воздушного вентиляционного зазора.

При нагрузках соответственно (1–1,2); 2; 2,8 (кН) и давление не менее 1 кН, в зависимости от величины зазора между соединяемыми стенами (соответственно до 120; от 120 до 150; от 150 до 170; от 170 до 200 (мм)) рекомендуется установка (5–6); 7; 8; 9 крепежей на 1 м<sup>2</sup>.

**Связь кладки MV 300/5** (для связки перпендикулярных кладок) из нержавеющей стали. Размер 300 мм. Применяется для связки между собой одновременно укладываемых кладок, расположенных перпендикулярно друг к другу и имеющих нормальные или тонкие швы. Расход материала: на высоте обычного этажа требуются 3–4 соединителя.

**Распорно-связующий элемент из нержавеющей стали и полиамидная шнекообразная гильза** (входит в комплект).

**Монтаж.** Просверливают отверстие диаметром 10 мм, глубиной 60 мм. Закручиванием, используя специальную насадку, устанавливают шнекообразную гильзу в просверленное отверстие. Закручивают распорно-связующий элемент специальным адаптером, в ранее установленную гильзу. В краевых зонах фасада здания рекомендуется дополнительная установка 3 анкеров на м<sup>2</sup>.

**Фиксатор Iso-Clip blue** диаметром 60 мм. Применяется для фиксации теплоизоляционных материалов к кладке из блоков YTONG в комплекте с гибкими связями и гибкими связями-анкерами диаметром 3—6 мм.

### **Крепежные элементы**

**Забивной анкер** используют при монтаже картин, полок и устройстве проводки. **Химический анкер** применяют при монтаже навесов, карнизов, перил, сантехники и вентилируемых фасадов. **Кронштейны** используют в сочетании с дополнительными элементами крепления: навесами, тентами, перилами. **Потолочный анкер** используют при монтаже светильников, полок и подвесных шкафов, подвесных потолков, перил, устройстве проводки и сантехники.

**Дюбель для газобетона** применяют при монтаже оконных и дверных рам, полок и навесных шкафов, устройстве проводки и сантехники. **Пластиковый дюбель распорный** применяют при креплении деревянных конструкций, картин, легких полок и подвесных шкафов, элементов мебели, светильников, при прокладке кабеля, электрических узлов (выключателей) и розеток. **Пластиковый дюбель скручивающийся** применяют при монтаже подвесных потолков и фасадов.

**Металлический дюбель** используют при монтаже проводки. **Комбинированные крепления** применяют при устройстве светильников, выключателей, прокладке кабелей. **Шуруп для газобетона** и **металлический рамный дюбель** используют при закреплении деревянных конструкций, в т. ч. оконных и дверных рам.

## 3.2. Проектирование строительных систем

### 3.2.1. Общие рекомендации по проектированию систем YTONG

Проектирование стен из газобетонных блоков выполняют в соответствии с рекомендациями по СП 15.13330.2012 (актуализированная версия СНиП II-22–81\* «Каменные и армокаменные конструкции»). Не допускается применение газобетонных блоков для цоколей и стен подвалов, а также в местах, где возможно усиленное увлажнение конструкций или наличие агрессивных сред.

Стеновые блоки из автоклавного газобетона имеют низкую среднюю плотность и прочность, достаточную для возведения зданий, начиная от индивидуальных жилых домов и заканчивая самонесущими стенами в многоэтажных каркасных домах.

Толщину стен назначают как из условия прочности (несущей способности), так и из условия требуемого термического сопротивления. Расчет толщины стен выполняют в соответствии с рекомендациями СП 50 13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная редакция СНиП 23-02–2003). Расчетные коэффициенты теплопроводности для наружных стен принимают для условия равновесной влажности 5 %.

Конструктивные решения наружных стен аналогичны типовым конструкциям. Во-первых, это однородная стена из блоков со штукатурным покрытием снаружи (интерьерные штукатурки или листы гипсокартона) (рис. 3.12). В зависимости от условий строительства и требований, предъявляемых к проекту здания, возможно использование конструктивных решений с облицовкой из вагонки по деревянной обрешетке (рис. 3.13).

Во-вторых, это конструкции с использованием вентилируемого пространства с утеплением или без утепления (рис. 3.14). В-третьих, это многослойные стены с использованием внешней облицовки из керамического кирпича с воздушным зазором (рис. 3.15) и с утеплением (рис. 3.16, рис. 3.17).

В зависимости от плотности и прочностных показателей стены из ячеистобетонных блоков выполняются несущими, самонесущими и ненесущими. В малоэтажном строительстве (до 5 этажей включительно) для несущих стен могут использоваться блоки марки D500 и D400. В самонесущих стенах, а также при выполнении ограждающих конструкций каркасных зданий используют блоки марки D400 и D300. Конструктивные решения должны подтверждаться отчетом по несущей способности проектируемых конструкций.

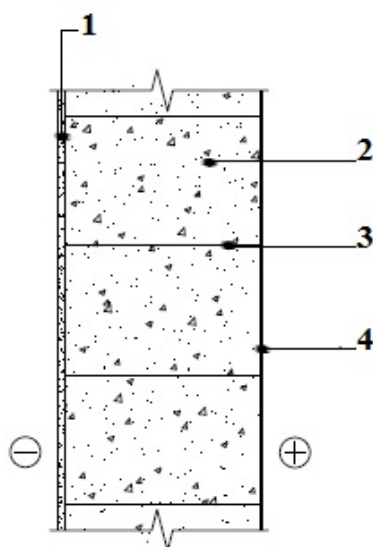


Рис. 3.12. Стеновой блок со штукатуркой: 1 — наружная паропроницаемая штукатурка; 2 — блоки YTONG; 3 — раствор для тонкошовной кладки; 4 — внутренняя отделка

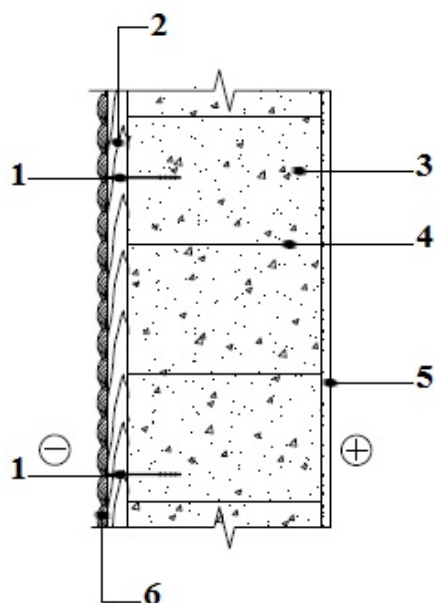


Рис. 3.13. Стеновой блок с обшивкой вагонкой (по деревянной обрешетке): 1 — анкер; 2 — вертикальная направляющая (деревянный брус 30–40 мм); 3 — блоки YTONG; 4 — раствор для тонкошовной кладки; 5 — внутренняя отделка; 6 — наружная отделка (вагонка)

Допустимую высоту (этажность здания) стен из газобетонных блоков для зданий, возводимых в обычных условиях, определяют расчетом по СНиП II-22-81\* (СП 15.13330.2012) «Каменные и армокаменные конструкции»; для зданий, возводимых в сейсмоопасных регионах Российской Федерации — по СНиП II-7-81\* (СП 14.13330.2011) «Строительство в сейсмических районах».

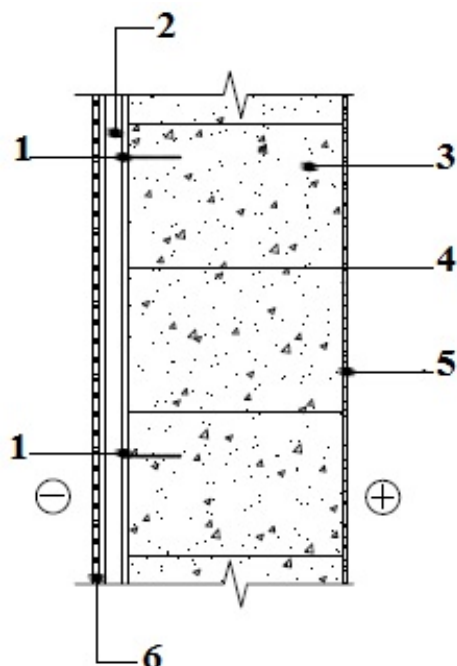


Рис. 3.14. Стеновой блок и система вентилируемого фасада: 1 — анкер, шаг по проекту; 2 — металлические направляющие; 3 — блоки YTONG; 4 — раствор для тонкошовной кладки YTONG; 5 — внутренняя отделка; 6 — навесной фасад (сайдинг, керамогранит, композитные панели и пр.)



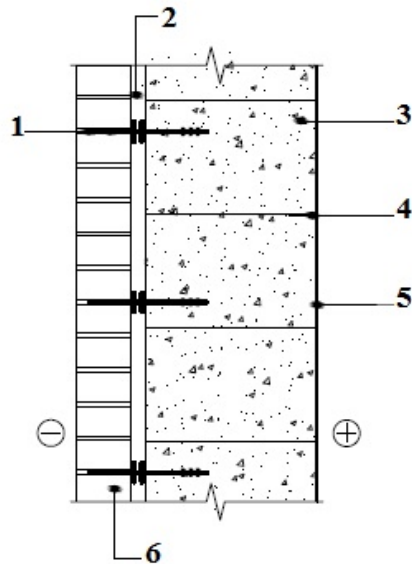


Рис. 3.15. Стеновой блок и внешняя кладка из облицовочного кирпича: 1 — анкер-фиксатор РВ, шаг по горизонтали 600 мм, шаг по вертикали — через 5 рядов кладки; 2 — воздушный зазор от 40 мм; 3 — блоки YTONG; 4 — раствор для тонкошовной кладки; 5 — внутренняя отделка; 6 — кладка из облицовочного кирпича

Перегородки выполняют из газобетонных блоков марок по плотности D400 и D500 и при классе бетона по прочности на сжатие не менее В 2,5. Допустимые отношения высоты перегородок к их толщине определяют с учетом требований СНиП II-22-81\* и рекомендаций СП 15.13330.2012. Толщину перегородок из газобетонных блоков принимают с учетом требований по звукоизоляции помещений.

Этажность каркасных зданий с заполнением каркасов кладкой стен из газобетонных блоков не ограничивается. Для зданий, возводимых в сейсмических районах, допустимую этажность определяют в соответствии с рекомендациями и требованиями СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах». Прочность и устойчивость стен зданий, возводимых в сейсмоопасных районах, определяется расчетом.

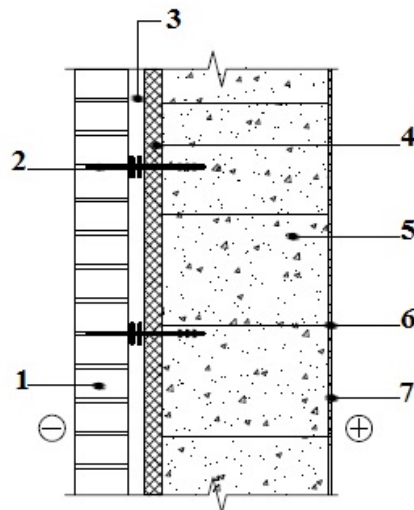


Рис. 3.16. Стеновой блок + утеплитель + облицовочный кирпич: 1 — кладка из облицовочного кирпича; 2 — анкер-фиксатор РВ 10, шаг по горизонтали шаг 600 мм, шаг по вертикали — через 5 рядов кладки; 3 — воздушный зазор от 40 мм; 4 — минераловатные плиты; 5 — блоки YTONG; 6 — раствор для тонкошовной кладки; 7 — внутренняя отделка

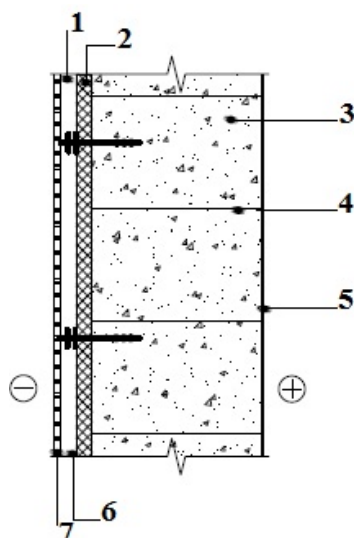


Рис. 3.17. Стеновой блок «вентилируемый фасад (облицовка с утеплением)»: 1— система крепления фасада (условно не показана); 2 – минераловатная плита (толщина по проекту); 3 — блоки YTONG; 4 — раствор для тонкошовной кладки YTONG; 5 — внутренняя отделка; 6 — воздушный зазор от 40 мм; 7 — навесной фасад (сайдинг, керамогранит, композитные панели и пр.)

Класс бетона по прочности на сжатие «В» определяется значением гарантированной прочности ячеистого бетона на сжатие в МПа с обеспеченностью 0,95. В каждой партии среднее значение коэффициентов вариации газобетонных блоков YTONG при определении марки бетона по плотности и при определении класса бетона по прочности на сжатие принимают равным 5 %.

### 3.2.2. Теплопередача и теплоустойчивость ограждающих конструкций

Современные требования по теплоизоляции, предъявляемые к ограждающим конструкциям, в первую очередь направлены на обеспечение комфортных условий проживания, долговечности конструкций и сооружений. Стены должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать комфортную температуру и влажность внутри помещений зимой и летом, исключив образование конденсата и плесени на стенах, при наименьших затратах на отопление и кондиционирование. На данный момент здания являются основным потребителем энергии. Постоянно растущие общемировые объемы энергопотребления и соответственно цены энергоносителей, диктуют повышенные требования к тепловой защите сооружений.

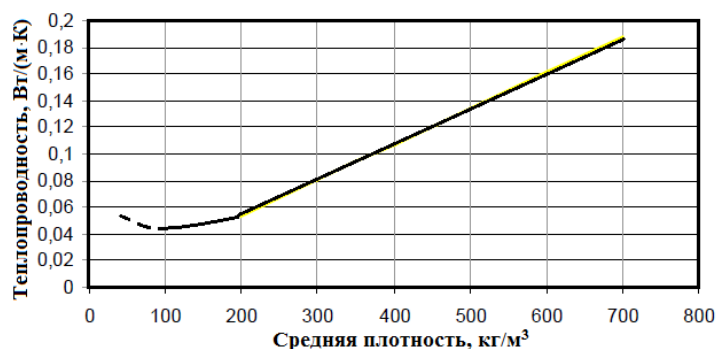


Рис. 3.18. Зависимость теплопроводности от плотности для газобетона YTONG при равновесной влажности 5 %

Теплопроводность газобетонных блоков является функцией средней плотности и структуры пористого пространства. Для газобетона YTONG при его влажности 5 % зависимость теплопроводности от прочности представлена на рис. 3.18. Тепловой поток по глади стен ориентирован по нормали к их поверхности. Необходимым условием передачи теплоты является наличие перепада температур (температурный градиент). Эффективность изоляционных возможностей конструкции определяется минимизацией таких потоков тепла, в том числе и за счет неувеличения влажности изоляционных оболочек.

С увеличением плотности растет теплопроводность материала (табл. 3.11). Теплотехнические характеристики газобетонных блоков YTONG по результатам испытаний, проведенных ГУП НИИ Мосстроем, представлены в табл. 3.12.

Таблица 3.11

**Коэффициент сопротивления теплопередаче однослойной, оштукатуренной с 2 сторон конструкции из газобетона R, м<sup>2</sup>·°C/Вт**

Влажность, %	Марка по плотности	Толщина стены, мм		
		300	375	500
4	D 400	3,06	3,78	4,98
	D 500	2,61	3,22	4,24
	D 600	2,41	2,97	3,90
5	D 400	2,90	3,58	4,72
	D 500	2,45	3,02	3,96
	D 600	2,18	2,68	3,50

Таблица 3.12

**Физико-технические свойства газобетонных блоков YTONG**

Показатели	Марка по плотности		
	D 400	D 500	D 600
Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda$ , Вт/(м·К)	0,088	0,099	0,112
Теплопроводность для условий эксплуатации А, $\lambda_A$ , Вт/(м·К)	0,104	0,123	0,135
Теплопроводность для условий эксплуатации Б, $\lambda_B$ , Вт/(м·К)	0,110	0,132	0,151

Расчетная влажность ячеистого бетона (табл. 3.12) для условий эксплуатации А и при относительной влажности воздуха 80 % принимается сорбционная влажность  $W_{80} = 4$  %. Для условий эксплуатации В при относительной влажности воздуха 97 % принимается сорбционная влажность  $W_{97} = 5$  %.

В нормах по энергетической эффективности и тепловой защите установлены требования к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий, ограничению температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции. Также нормируются:

- удельный расход тепловой энергии на отопление здания;
- показатель теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года;
- воздухопроницаемость ограждающих конструкций и помещений зданий;
- защита от переувлажнения ограждающих конструкций.

### 3.2.3. Защита от влаги

Водяные пары находятся в окружающем нас воздухе практически всегда. Влажный воздух характеризуется физическими величинами: абсолютной и относительной влажностью, парциальным давлением водяного пара, а также температурой точки росы.

Содержание влаги (водяных паров) в воздухе выражается следующими величинами. *Абсолютная влажность* — это содержание массы водяных паров в одном кубическом метре объема влажного воздуха. *Парциальное давление водяного пара  $p$*  (или упругость водяных паров) — это давление, которое имел бы водяной пар, если бы он один занимал весь объем. Зная парциальное давление водяного пара, можно по уравнению состояния найти количество водяного пара, находящегося в единице объема газа, а затем вычислить абсолютную влажность.

*Температура точки росы* — это температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), при которой становится возможной конденсация паров влаги и их фазовый переход в жидкость. Достижение такой температуры в теплоизоляционную оболочку конструкции крайне нежелательно, так как приводит к резкому возрастанию теплопроводности теплоизоляционного материала и стимулирует деструктивные процессы в этом материале и в прилегающих слоях конструкции.

*Относительная влажность воздуха* показывает отношение фактической, абсолютной влажности к максимально возможной абсолютной влажности воздуха при той же температуре. Относительную влажность  $\phi$  принято выражать в процентах:  $\phi = (w/w_{max}) \cdot 100 \% \approx (p/p_{max}) \cdot 100 \%$ .

Содержание паров воды в воздухе существенно зависит от температуры  $T$  и давления  $P$ . Данная зависимость является экспоненциальной и изображается как кривая зависимости давления насыщенных паров от температуры. Зная величину  $\phi$ , можно помощью таблиц или графиков сначала определить абсолютную влажность, а затем (при известной температуре  $T$ ) вычислить и все остальные величины: парциальное давление паров воды ( $p$ ) и температуру точки росы ( $t$ ), используемые для характеристики содержания водяных паров в воздухе.

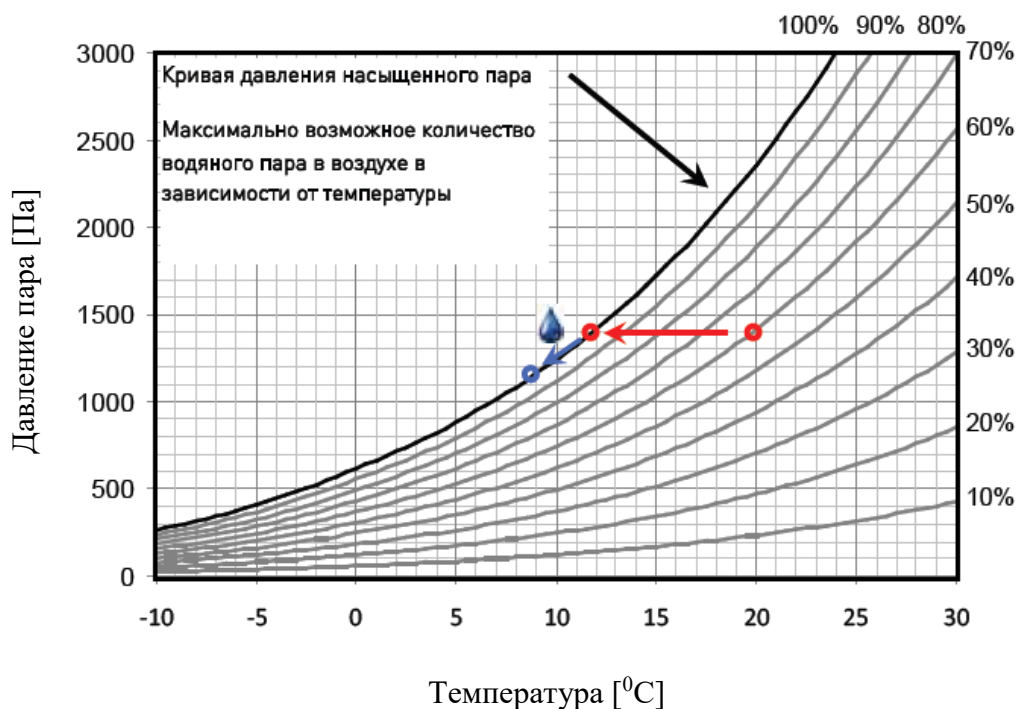


Рис. 3.19. Зависимость содержания паров воды в воздухе существенно зависит от температуры и давления

Например, на графике (рис. 3.19) изображена зависимость давления насыщенного пара от температуры в виде кривых для разных значений относительной влажности. Красной стрелкой обозначен процесс изобарического охлаждения воздуха с относительной влажностью 60 % с температурой 20  $^{\circ}\text{C}$  до полного насыщения пара, тем самым температура точки росы по графику будет иметь значение 9  $^{\circ}\text{C}$ . При дальнейшем понижении температуры происходит выпадение конденсата и снижение парциального давления (процесс обозначен синей стрелкой), воздух «высыхает по кривой насыщения».

### ***Влажность материала и особенности его взаимодействия с воздушной средой***

Строительные материалы обладают способностью впитывать в себя влагу и накапливать ее внутри пор. В процессе эксплуатации изменение влажности блоков из ячеистого бетона обусловлено изменением влажности среды как внутри помещений, так и снаружи, а также контактом блоков с капельной жидкостью дождевой, капиллярного подъема из грунта и пр. Повышенная влажность ухудшает как теплофизические характеристики кладка, так и отрицательно сказывается на её долговечности.

*Влажность материала* — это величина, численно равная количеству воды, находящейся в порах материала, которая может быть выражено в единицах массы (массовая влажность) или объема (объемная влажность) либо в процентах. Чаще всего содержание влаги в материале характеризуют при помощи массовой влажности ( $W$ ), которая представляет собой отношение массы влаги, содержащейся в образце материала ( $m$ ) к массе влажного образца материала ( $M_1$ ):

$$W = \frac{m}{M_1}.$$

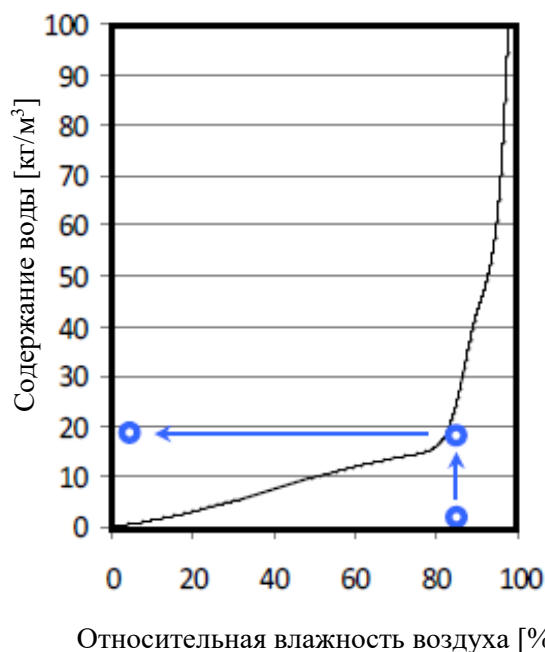


Рис. 3.20. Изотерма сорбции газобетона

Влажность материала, соответствующую состоянию динамического равновесия с окружающим воздухом (имеющим свою температуру, давление и относительную влажность), называют *равновесной влажностью*  $W_p$  (рис. 3.20). *Сбалансированная влажность* — это такое содержание воды, которое в определенный момент устанавливается в нормальных условиях использования. Обычно для сбалансированной влажности берется равновесное содержание влаги при относительной влажности 80 %, которое обозначается  $W_{80}$ . В соответствии с ГОСТ 31359–2007 равновесная влажность газобетона для условий эксплуатации А и Б (см. СНиП 23-02–2003) составляет 4 % и 5 % соответственно.

### ***Распространение влаги в материале***

Существуют два механизма распространения влаги в материале. В первую очередь — это диффузия водяного пара по заполненным воздухом порам за счет разности концентраций. Молекулы воды свободно двигаются в воздухе. Если имеется разница в концентрации, моле-

кулы воды перемещаются из области высокой концентрации в область меньшей концентрации. Они стремятся к выравниванию концентрации. При этом говорят о диффузии пара в воздухе. Внутри пористых материалов водяной пар также перемещается в рамках процесса диффузии пара в направлении меньшей концентрации.

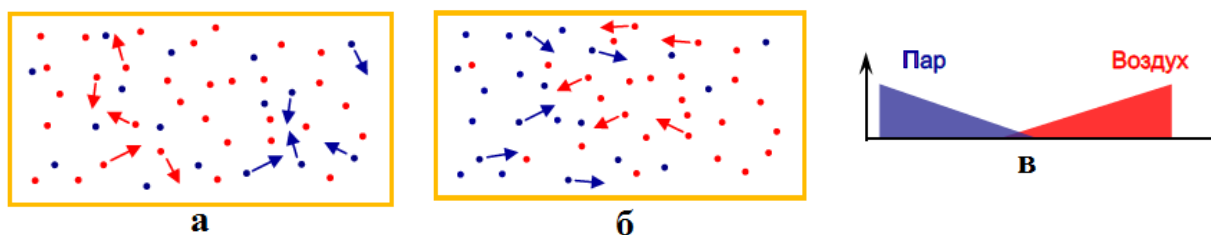


Рис. 3.21. Диффузия пара в материале: а — сбалансированные концентрации; б — разница в концентрации; в — диффузия в сторону меньшей концентрации

Закономерности остаются теми же самыми. Диффузия в пористых материалах в общем случае осуществляется медленнее, чем в свободном воздушном пространстве, так как система пор ограничивает свободу движений молекул и заставляет их двигаться обходными путями (рис. 3.21).

При непосредственном контакте материала с водой распространение влаги происходит в жидком виде через капиллярную систему (так называемый капиллярный подсос) и зависит от уже имеющегося уровня влаги. Распространение влаги зависит от параметров окружающей среды: влажности воздуха и от его температуры, а также от свойств материала: характера и величины пористости. Вне пористых материалов жидкая вода следует законам гравитации.

Внутри пористых материалов также действует гравитация, однако к ней добавляются значительно большие силы, которые могут привести к транспортировке воды в направлении, противоположном действию гравитационных сил. Эта движущая сила — капиллярное напряжение, которое также называют капиллярным давлением. Ее обуславливает поверхностное натяжение воды вместе с малым диаметром пор. Капиллярное напряжение зависит от диаметра пор. Поры с малым диаметром обладают гораздо большей всасывающей силой, чем поры с большим диаметром. Итак, вода в жидкой форме движется в пористых строительных материалах по капиллярам в сторону уменьшения давления. Упрощая, часто используют разницу в содержании влаги как движущую силу транспортировки жидкости.

### ***Влажность и свойства кладки из газобетонных блоков***

Влажность материала влияет на теплопроводность, прочность и долговечность материала. Избыточная влажность может привести к образованию конденсата, а в дальнейшем — к появлению плесени и грибка на внутренней поверхности стены. Плесень и грибок может нанести вред здоровью, не говоря уже о повреждении внутреннего декоративного покрытия. По этим причинам важно защитить строительные материалы от воздействий осадков и обеспечить беспрепятственное прохождение пара из внутренних помещений наружу.

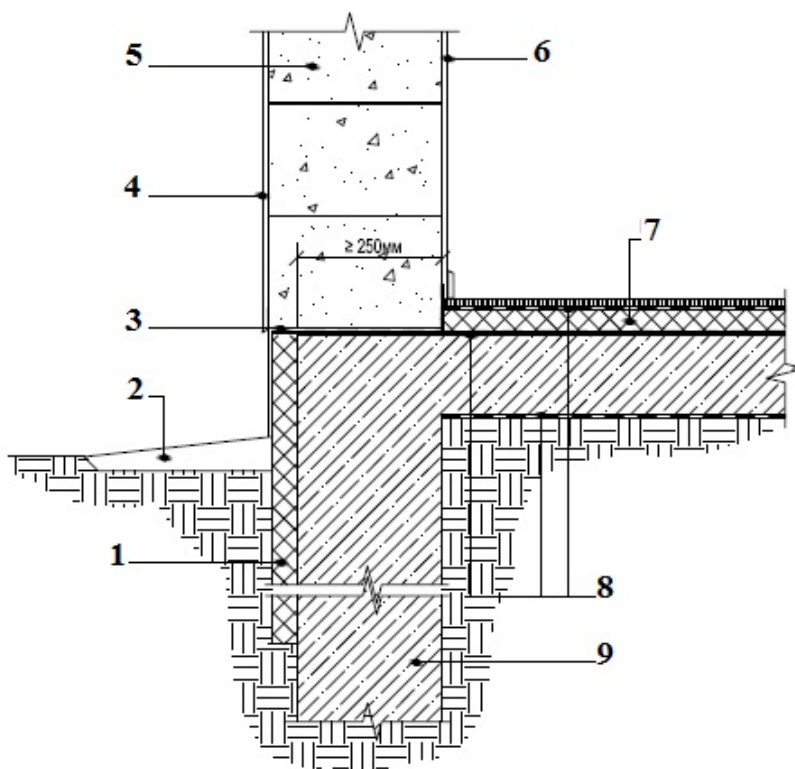


Рис. 3.22. Узел опирания наружной стены на железобетонное основание:  
 1 — пенополистирол (ниже глубины промерзания); 2 — отводка; 3 — цементно-песчаный раствор; 4 — наружная отделка; 5 — блоки YTONG; 6 — внутренняя отделка;  
 7 — конструкция пола; 8 — гидроизоляция; 9 — монолитный железобетон

**Защита газобетонной кладки от воздействия атмосферных осадков.** Несмотря на высокую пористость, капиллярный подсос газобетона незначителен. Это объясняется тем, что капилляры замыкаются сферическими, несоединенными друг с другом порами. Даже при длительном непосредственном контакте газобетона с влагой, увлажнение газобетона ограничивается глубиной 2–3 см, что делает кладку менее уязвимой перед атмосферными осадками.

Отделка фасада «мокрыми» штукатурными системами обеспечивает необходимую защиту кладки от атмосферных осадков (рис. 3.22). При отделке фасада системами, устраиваемыми «на отnose» (такими, как вентилируемые фасады или лицевая кирпичная кладка с вент зазором), поверхность кладки и вовсе не подвергается воздействию осадков. Повышенное внимание стоит обратить лишь на цокольную часть стены, куда могут попадать брызги, отбиваемые от отводки и участка соприкасающимися с грунтом, из которого вода может поступать в конструкции. Эти места стоит защищать дополнительно традиционными гидроизоляционными материалами либо обрабатывать проникающими гидрофобизирующими составами и отделывать плотной керамической плиткой.

**Защита от влаги, поступающей изнутри.** В процессе жизнедеятельности людей, животных и растений, а также в процессе работы оборудования образуется избыточная влажность внутри помещения, которая стремится выйти в окружающую среду через наружные стены (рис. 3.22). Параллельно с этим происходит процесс потери влажности газобетоном (в начале строительства влажность газобетона составляет 25–30 % и в течение первых двух лет эксплуатации достигает равновесной влажности 4–5 %). Для того чтобы вода беспрепятственно покидала газобетон, наружная отделка должна быть выполнена из паропроницаемых материалов.

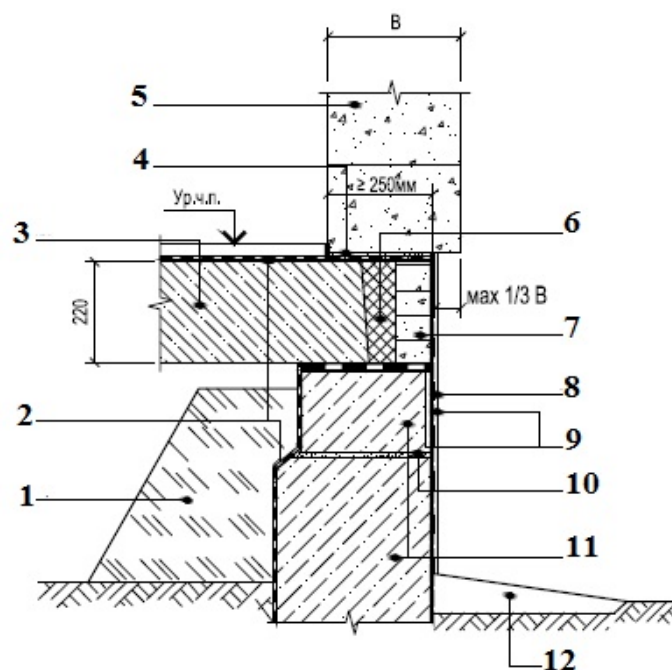


Рис. 3.23. Устройство цоколя при железобетонном перекрытии: 1 — шлак, песок, газобетонный щебень; 2 — гидроизоляция; 3 — плита перекрытия; 4 — цементно-песчаный раствор; 5 — блоки YTONG; 6 — минеральный утеплитель или пенополистирол; 7 — кладка из полнотелого кирпича; 8 — штукатурка по сетке; 9 — гидроизоляция; 10 — раствор; 11 — бетонный блок; 12 — отмостка

**Защита газобетонной кладки от влаги во время строительства.** При консервации строительства или при эксплуатации кладки, не защищенной штукатурным покрытием или облицовочными материалами, необходимо устраивать гидроизоляцию и обеспечивать отвод воды со всех не вертикальных поверхностей и всех мест, где может застояться вода, горизонтальных поверхностей в оконных проемах, областей примыкания к козырькам и отмостке (рис. 3.23).

Эти участки кладки необходимо укрывать водонепроницаемыми покрытиями (полиэтиленовая пленка, толь, брезент), устраивать водоотливы и защитные экраны, отделяющие газобетон от лежащего снега и отбиваемых отмосткой брызг. Показатель  $R_h$  газобетона лежит в пределах 9–9,5. Для роста спор грибов необходима нейтральная или кислая среда, поэтому риск возникновения плесени в блоках YTONG минимален.

**Морозостойкость ячеистого бетона.** При отрицательных температурах вода, содержащаяся в порах материала, превращается в лед, увеличиваясь в объеме. При недостатке объема пустот в структуре материала вода начинает давить на стенки пор и капилляров, вызывая внутренние напряжения в материале, что приводит к появлению микротрещин, а при многократном воздействии — к разрушению материала. Высокая пористость и низкая гигроскопичность обеспечивают высокую морозостойкость газобетонных блоков.

Марка морозостойкости представляет собой количество циклов попеременного замораживания и оттаивания в водонасыщенном состоянии, которое может воспринять материал, потеряв не более 15 % прочности и 5 % по массе. Марка морозостойкости газобетонных блоков YTONG F100, что превышает марку морозостойкости плотных строительных материалов, таких как бетон, керамический и тем более, силикатный кирпич.

### 3.2.4. Основные технические решения

К основным факторам, влияющим на работу конструкций и на комфортность проживания, можно отнести:



- разность температур наружного и внутреннего воздуха;
- атмосферные осадки;
- влажность воздуха внутри отапливаемого помещения;
- ветровые нагрузки.

Строго говоря, к сопротивлению теплопередаче наружных стен предъявляются требования, обусловленные не только заботой об экономии энергоресурсов, но и соображениями комфорта проживания.

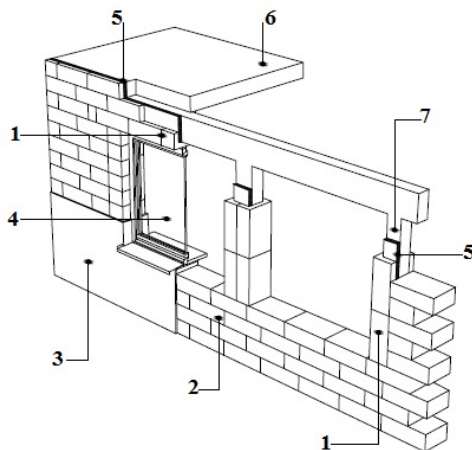


Рис. 3.24. Схематический фасад наружной несущей стены: 1 — U-образные блоки; 2 — блоки YTONG; 3 — наружная отделка; 4 — оконный блок; 5 — минеральная вата; 6 — перекрытие; 7 — монолитный железобетон

Наружные стены — это несущие и (или) ограждающие конструкции. Можно выделить два основных типа конструктивных систем: бескаркасный (с несущими стенами) и каркасный (при котором все нагрузки воспринимаются каркасом здания, а функция наружных стен сводится только к изоляции помещений от воздействий окружающей среды). В *бескаркасной конструктивной системе* наружные стены выполняют не только ограждающую, но и несущую функцию, воспринимая нагрузки от верхних этажей, перекрытий и крыши дома. Именно стены здесь обеспечивают объемную целостность здания. Но при этом требования к их тепло-сберегающей способности остаются на уровне, задаваемом современными нормами.

Прочность и теплопроводность большинства строительных материалов обратно пропорциональны друг другу. Такая взаимозависимость механической прочности и теплопроводности привела современное строительство к созданию многослойных стен, в которых несущую функцию выполняет слой прочного материала с высокой теплопроводностью, а теплосберегающую роль берет на себя значительно менее прочный материал с высоким термическим сопротивлением. Впрочем, из этого правила существуют исключения, когда однослойные несущие стены для зданий высотой до трех этажей возводят из автоклавного газобетона (рис. 3.24).

У зданий с *несущим каркасом* с наружных стен снимается требование к восприятию значительных нагрузок. Все, что должны выдерживать такие стены, — это свой собственный вес и ветровые нагрузки, которые они передают каркасу.

### **Однослойная наружная стена**

Однослойная наружная стена является самым функциональным видом стеновой конструкции, свойства которой обеспечивают хорошую статику, защиту от непогоды и теплоизоляцию современных энергоэффективных строений. Хорошая теплозащита однослойных наружных стен дает возможности значительной экономии энергии.

Оптимальная теплоизоляция при высокой несущей способности — основная цель исследований газобетона YTONG. Это необходимо для того, чтобы для любых типов зданий требования по энергосбережению были удовлетворены без дополнительных мер.

Однослойные наружные стены удовлетворяют всем требованиям по энергоэффективности наиболее экономичным образом. Стена из газобетона YTONG толщиной 37,5 см имеет термическое сопротивление  $R = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Блоки толщиной 50 см имеют показатель  $R$  до  $5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  и наилучшим образом подходят для домов с минимальным потреблением энергии.

Монолитная конструкция из газобетона YTONG позволяет избежать появления так называемых «мостиков холода», т. е. участков, имеющих высокую степень теплопроводности. «Мостики холода» могут присутствовать в каждом здании, даже там, где стены имеют хорошую теплоизоляцию и характеризуются низкой теплопроводностью.

Температура на внутренней поверхности стены на этих участках обычно бывает на несколько градусов ниже, чем в правильно изолированных местах. Охлаждение фрагментов стены и потолка может привести к появлению конденсата и, в конечном итоге, к постоянной сырости стены. Чем более сложная форма здания, тем больше вероятность появления «мостиков холода» и труднее правильно создать изоляцию. Если в здании оставить плохо утепленные места, теряется весь смысл утепления стен, перекрытий и крыш. «Мостики холода» появляются обычно там, где существует разрыв в материале стены или слое теплоизоляции, например: в местах стыков наружных и внутренних стен, в углах наружных стен, в местах расположения венцов перекрытий, бетонных столбов и перемычек в наружной стене, в местах соединения стен с крышей или покрытием, в местах установки окон и дверей в наружных стенах.

Использование тонкослойного раствора в кладке YTONG сводит к минимуму появление в швах «мостиков холода», одновременно уменьшая расходы на строительство. При этом одинаковые свойства материала по всем направлениям блока и отсутствие необходимости в дополнительных изоляционных материалах обеспечивают постоянство энергоэффективных свойств (рис. 3.25).

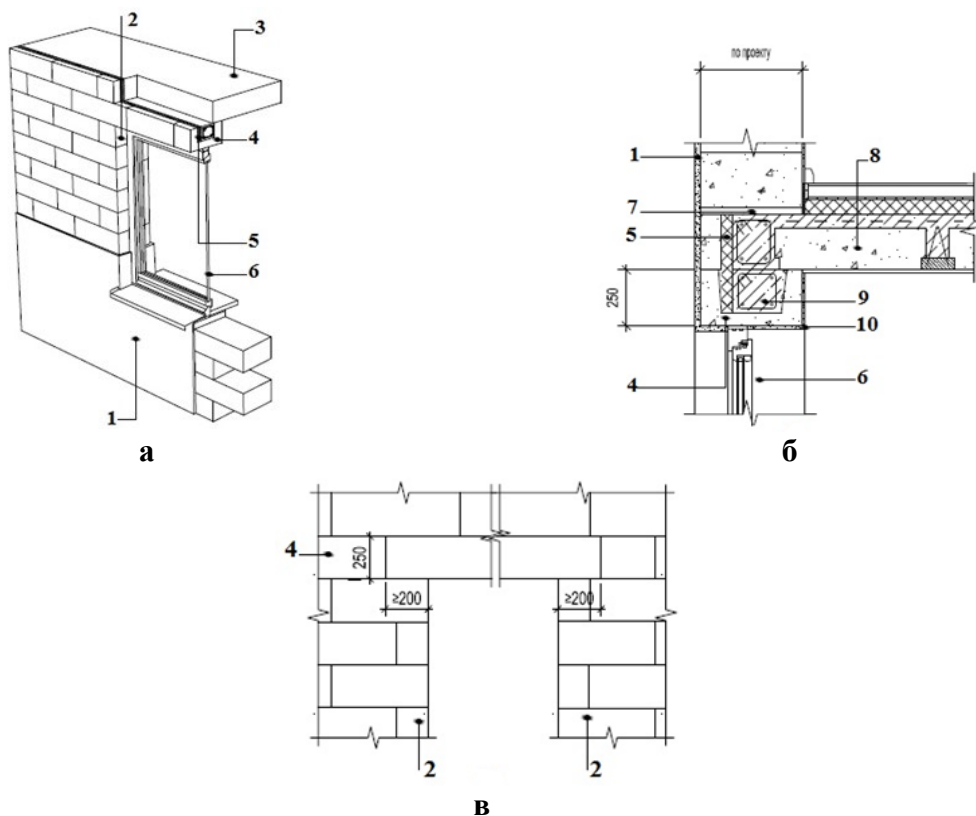


Рис. 3.25. Наружная несущая стена из блоков: а — элемент конструкции; б — разрез по стене; в — разрез по оконному проёму; 1 — наружная стена; 2 — блоки YTONG; 3 — перекрытие; 4 — U-образный блок YTONG; 5 — минеральная вата; 6 — оконный блок; 7 — шов из цементного раствора; 8 — сборное монолитное перекрытие; 9 — монолитный железобетонный пояс; 10 — внутренняя отделка

Железобетонные венцы в стенах YTONG утепляют с внешней стороны — доборным блоком и слоем эффективного утеплителя (рис. 3.26, рис. 3.27), что предотвращает создание вдоль венца «мостика холода» и обеспечивает однородную наружную поверхность стены под штукатурку. Правильно спроектированные узлы без «мостиков холода» позволяют возводить экономически эффективные и ориентированные на будущее стеновые конструкции.

Специально подобранная под строительный материал штукатурка облегчает создание индивидуального дизайна фасада здания. Таким образом обеспечивается защита от ветра всей стеновой конструкции, а также предотвращается попадание влаги в теплоизолирующий слой стены. Поскольку наружная штукатурка служит в качестве мембраны, диффузия водяного пара изнутри наружу никогда не нарушается. Внутренняя штукатурка, с другой стороны, обеспечивает герметичность конструкции и контролирует циркуляцию влаги. Внутренняя штукатурка может быть нанесена непосредственно на газобетон YTONG тонким слоем.

Монолитная кладка из газобетона YTONG принадлежит к наиболее экономичным конструкциям стен, поскольку требуемый уровень допустимой нагрузки и необходимая теплоизоляция достигаются одновременно, что невозможно при использовании других строительных материалов. Простая технология строительства экономит время и снижает тем самым общие затраты на строительство.

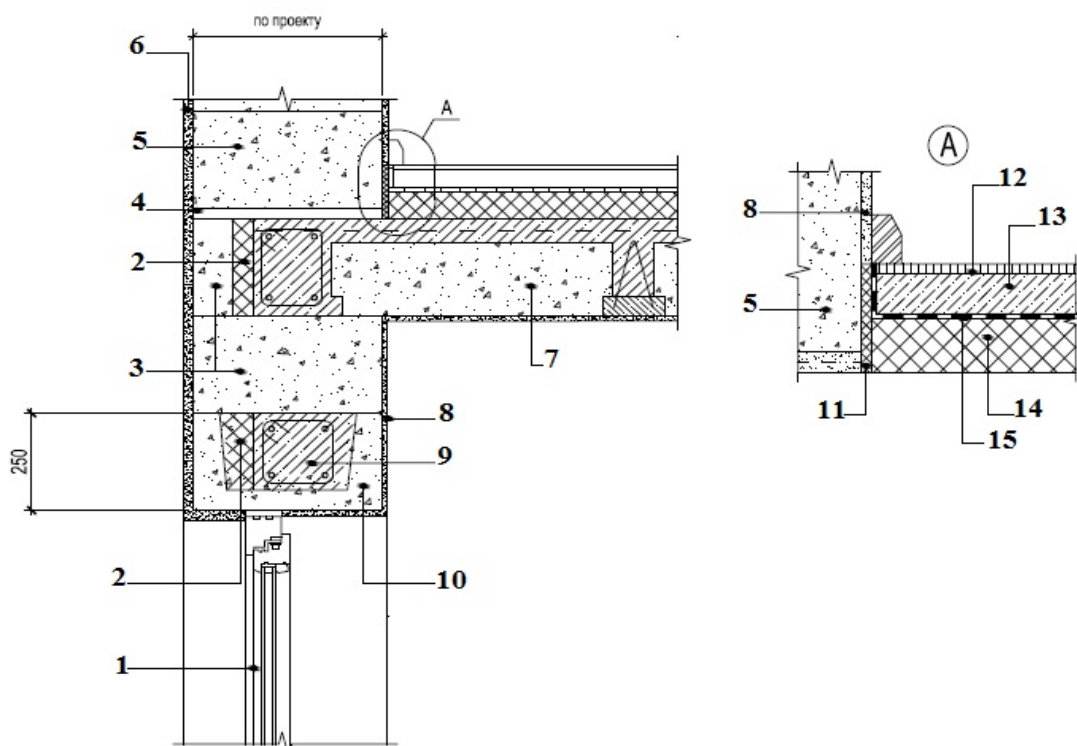


Рис. 3.26. Узел опирания перекрытия на стену из газобетонных блоков в районе оконного проема: 1 — оконный блок; 2 — минеральная вата; 3 — доборный блок; 4 — шов из цементного раствора армированный; 5 — блоки YTONG; 6 — наружная стена; 7 — сборно-монолитное перекрытие YTONG; 8 — внутренняя отделка; 9 — монолитный железобетонный пояс; 10 — U-образный блок; 11 — пенополистирол; 12 — покрытие пола; 13 — цементная стяжка; 14 — утеплитель; 15 — гидроизоляция

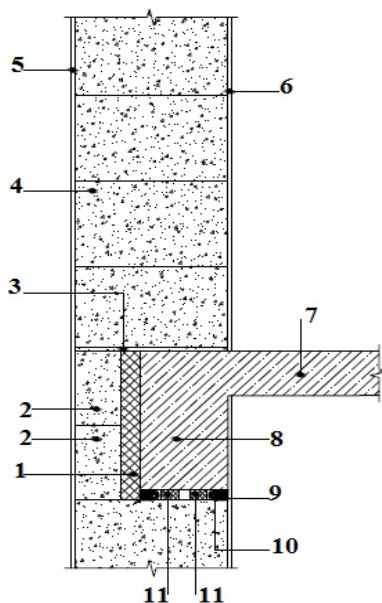


Рис. 3.27. Стена из газобетонных блоков на монолитном железобетонном ригеле в составе перекрытия (каркасно-монолитное строительство): 1 — вкладыш из эффективного утеплителя; 2 — доборные блоки; 3 — выравнивающий раствор; 4 — блоки YTONG; 5 — наружная отделка; 6 — внутренняя отделка; 7 — монолитное железобетонное перекрытие; 8 — железобетонный ригель; 9 — герметизирующая нетвердеющая мастика; 10 — поризол (гернит); 11 — минеральная вата

При возведении стен здания стеновые блоки дополняются армированными перемычками и U-блоками для создания оконных проемов. Сборно-монолитные перекрытия YTONG гармонично дополняют систему строительства и позволяют возводить здания из единого материала.

### Многослойные конструкции стен

Конструкция наружной стены состоит из газобетонных блоков YTONG, отделываемых с наружной и внутренней сторон минеральной штукатуркой. Наружная поверхность стены может также отделываться керамической плиткой, кирпичом (рис. 3.28), естественным и искусственным камнем, другими отделочными материалами (деревянной вагонкой, металлическим сайдингом и др).

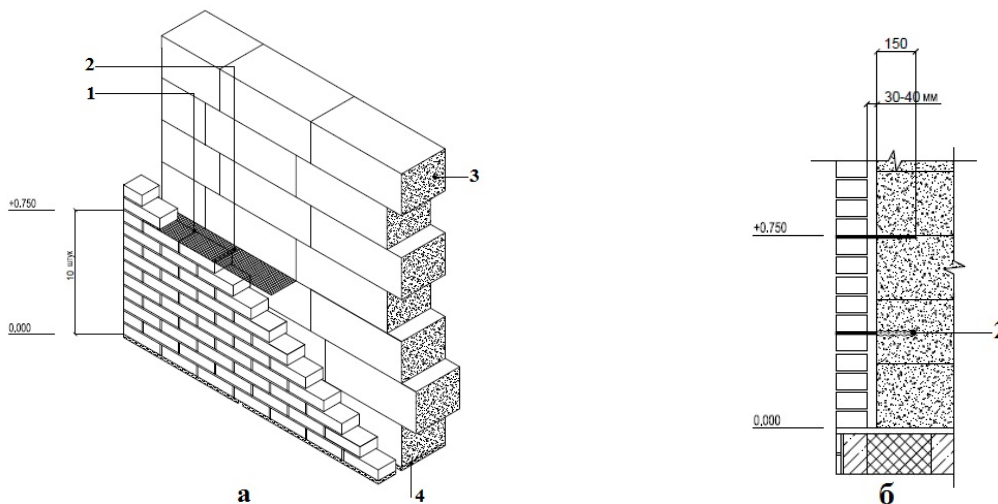


Рис. 3.28. Вариант крепления кирпичной кладки к несущей стене из газобетонных блоков YTONG: а — элемент конструкции; б — разрез по стене; 1 — сетка кладочная Ø 4 мм, огрунтованная; 2 — связи MV 300/5, закладываются в вертикальный шов кладки; 3 — блоки YTONG; 4 — растворный шов

Толщина стены определяется теплотехническим расчетом, исходя из материала газобетонных блоков (D400 или D500) и категории строящегося здания (жилое, производственное, офисное и др.).

При использовании газобетонных блоков меньшей толщины, чем в однослойных конструкциях, возможно устройство дополнительной теплозащиты — устройство «мокрого», вентилируемого фасада и др. В качестве утеплителя рекомендуется использовать минеральные утеплители, в частности плиты Multipor, закрепляемые на газобетонной стене с помощью специального клеевого раствора и дюбелей.

Для отделки малоэтажных строений достаточно вертикальной деревянной обрешетки с обшивкой досками, сайдингом или с облицовкой плитными или листовыми материалами. В этом случае (для зданий, не подвергающихся значительным ветровым нагрузкам) крепление деревянной обрешетки можно осуществлять разжимными пластиковыми дюбелями или гвоздями, попарно забиваемыми через рейки обрешетки в блоки под углом к плоскости стены.

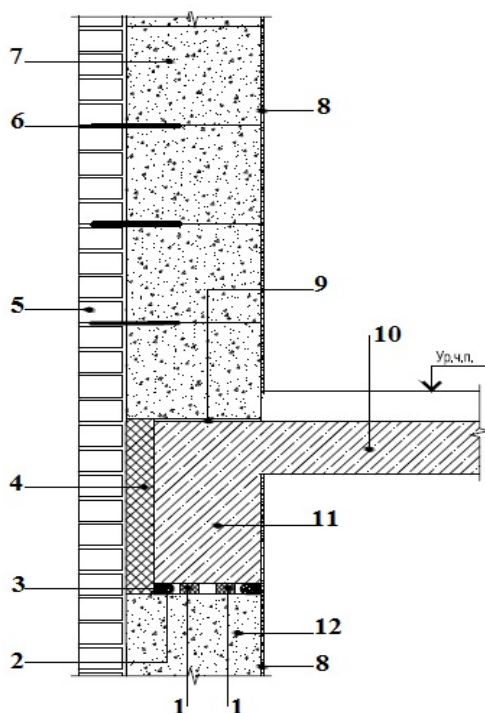


Рис. 3.29. Наружная стена из газобетонных блоков с облицовкой и опиранием на монолитный железобетонный ригель каркаса (каркасно-монолитное строительство): 1 — минераловатная плита; 2 — пороизол (гернит); 3 — герметизирующая нетвердеющая мастика; 4 — эффективный утеплитель; 5 — кладка из лицевого кирпича, 120 мм; 6 — металлическая связь фирмы Bever; 7 — блоки YTONG; 8 — внутренняя отделка; 9 — выравнивающий раствор; 10 — монолитное железобетонное перекрытие; 11 — железобетонный ригель; 12 — доборные блоки

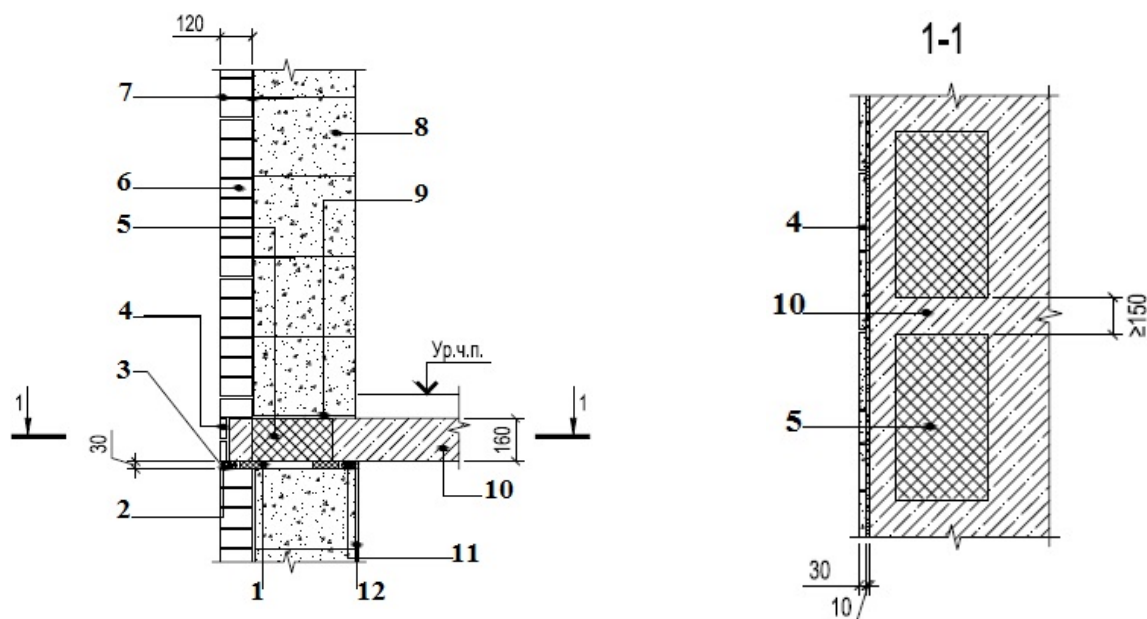


Рис. 3.30. Наружная стена из газобетонных блоков с облицовкой и поэтажным опиранием на монолитное железобетонное перекрытие (каркасно-монолитное строительство):

- 1 — минераловатная плита; 2 — герметизирующая нетвердеющая мастика; 3 — затирка цементным тестом; 4 — керамическая плитка на цементном растворе; 5 — вкладыш из эффективного утеплителя; 6 — кладка из лицевого кирпича; 7 — металлическая связь фирмы Bever; 8 — блоки YTONG; 9 — выравнивающий раствор; 10 — монолитное железобетонное перекрытие; 11 — поризол; 12 — внутренняя отделка

Другим вариантом устройства наружной стены является двухслойная стена, состоящая из внутреннего слоя газобетона YTONG, воздушной прослойки толщиной около 40 мм и лицевого защитного слоя толщиной 120 мм в виде кладки из силикатного или глиняного кирпича (рис. 3.29).

При такой конструкции улучшается влажностный режим газобетонных блоков и, кроме того, случайно попавшая между слоями влага может быть удалена при помощи специально предусмотренных сливных отверстий в кирпичной облицовке. У основания внешнего слоя, в месте его опоры на подвальную стену, необходимо предусмотреть возможность вывода воды. С этой целью у основания облицовочного слоя делается фартук из рубероида на подкладке из цементного раствора, а в самом внешнем слое оставляются отверстия, прикрытые решеткой, через которые вытекает вода. Аналогичные отверстия необходимо оставить у внешнего края стены.

Соединение газобетонных блоков и лицевого кирпича производится при помощи специальных соединителей или анкеров-фиксаторов (рис. 3.30). Элементы крепления должны быть расположены через 5–7 рядов кирпичной кладки с шагом порядка 600 мм по горизонтали по всей поверхности стены. Разнообразие структуры и широкая цветовая палитра облицовки позволяет реализовать любые дизайнерские идеи стеновой кладки.

**Вентилируемый фасад** (рис. 3.31) является оптимальным вариантом наружной отделки стен многоэтажных зданий. Существует много сертифицированных фасадных систем, комплектуемых элементами крепежа, кронштейнами, направляющими профилями, уплотнителями и фиксаторами для разных вариантов облицовки — эти системы пригодны для облицовки зданий различной этажности, однако для надежной работы фасадных конструкций для крепления к газобетонной кладке необходимым является использование специальных крепежных элементов.

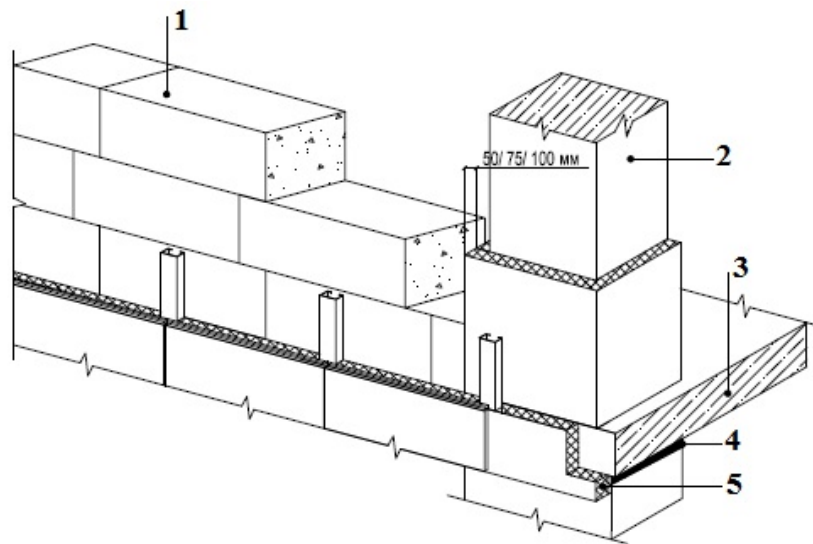


Рис. 3.31. Вариант крепления вентилируемого фасада к стене в каркасном строительстве: 1 — блоки YTONG; 2 — монолитная колонна; 3 — монолитное перекрытие; 4 — заполнение монтажной пеной; 5 — минераловатная плита

### *Стены, заполняющие каркас*

Стены из блоков в системе YTONG используются часто для заполнения каркасных железобетонных или стальных конструкций (рис. 3.32). Стены, заполняющие каркас, требуют соединения как вдоль верхнего края с нижней частью балки или перекрытия, так и вдоль вертикальных краев со столбами или стенами (рис. 3.33, 3.34).

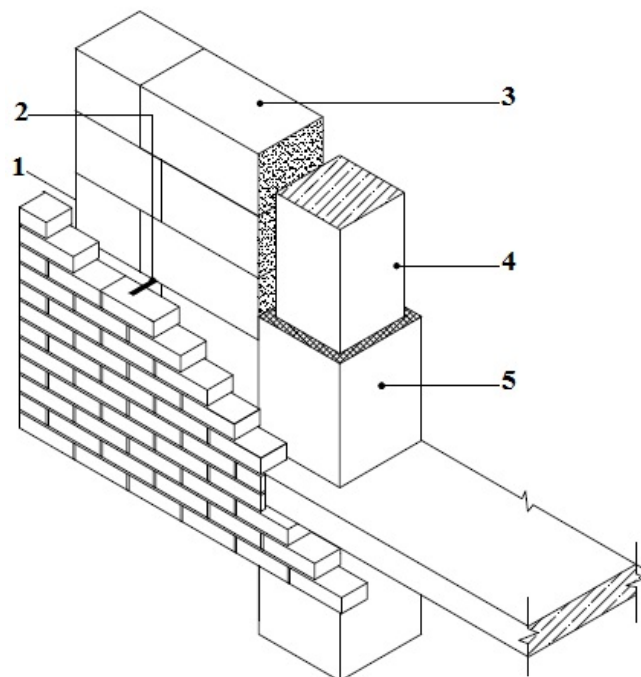


Рис. 3.32. Схематический фасад наружной несущей стены из блоков YTONG с облицовкой из кирпича: 1 — воздушный зазор, 30–40 мм; 2 — связь; 3 — блоки YTONG; 4 — монолитная колонна; 5 — минераловатная плита

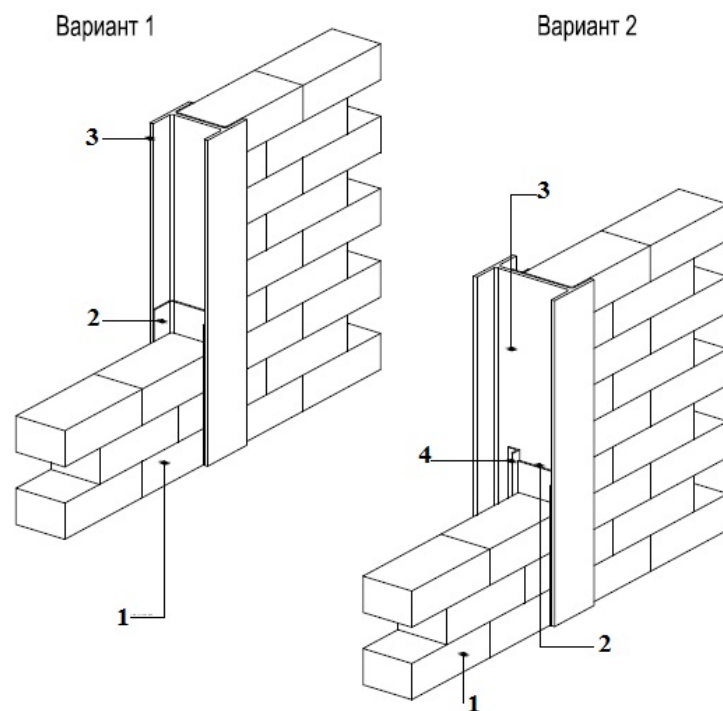


Рис. 3.33. Соединение стены, заполняющей каркас, с металлической колонной: 1 — стена из блоков YTONG; 2 — пенополистирол, 10 мм; 3 — стальная колонна; 4 — металлический уголок

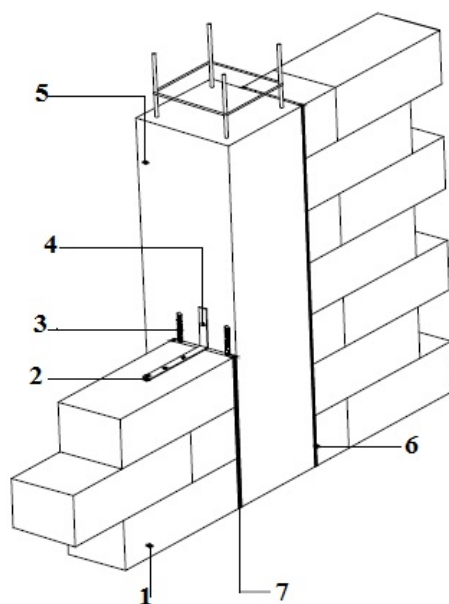


Рис. 3.34. Соединение стены, заполняющей каркас, с железобетонной колонной (каркасно-монолитное строительство): 1 — стена из блоков YTONG; 2 — металлический соединитель; 3 — пароизол; 4 — анкер; 5 — железобетонная колонна; 6 — герметизирующая нетвердеющая мастика; 7 — пенополистирол, 10 мм



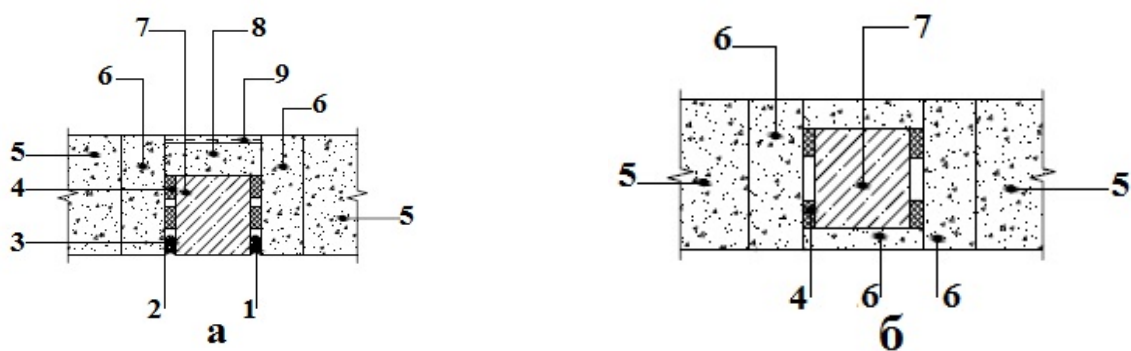


Рис. 3.35. Схемы примыкания стен из газобетонных блоков к железобетонной колонне каркаса: а — снаружи; б — в середине; 1 — затирка цементно-песчаным раствором; 2 — герметизирующая нетвердеющая мастика; 3 — пороизол; 4 — минеральная вата; 5 — блоки YTONG; 6 — доборные блоки; 7 — железобетонная колонна каркаса; 8 — вкладыш из эффективного утеплителя; 9 — штукатурка по сетке

При длине стен более 6,0 м, а также, когда ветровая нагрузка будет достаточно сильной (верхние этажи высоких зданий), используют дополнительные опоры стены в её центральной части. Такие опоры выполняют в виде фахверка из прокатного профиля: из уголков, швеллеров, двутавров и др.

Соединение стены, заполняющей каркас, с колоннами, столбами и перпендикулярной к ней другой стене, выполняют при помощи металлических соединителей. Соединители устанавливаются через каждые 2 или 3 слоя кладки (рис. 3.35). Одна часть соединителя помещается в шве кладки и крепится гвоздем к блоку, а вторая часть крепится к боковой поверхности столба или стены. Чтобы минимизировать формирование «мостиков холода», железобетонные столбы в наружных стенах защищают снаружи теплоизоляцией, например, плитами Multipor.

Соединение стен, заполняющих каркас, с вышележащим перекрытием или балками каркаса можно выполнить при помощи оставленной щели толщиной 20–25 мм и заполнения минватой, пороизолом, нетвердеющей герметизирующей мастикой. При больших площадях стен, заполняющих каркас, рекомендуется предусматривать устройство горизонтальных и/или вертикальных железобетонных балок, например, выполняемых с помощью U-образных блоков. Такие балки располагаются на расстоянии, определяемом расчетом.

### ***Внутренние стены и перегородки***

Общий термин «внутренняя стена» включает в себя различные виды стеновых кладок во внутреннем пространстве помещений. Внутренние стены должны реализовывать любые индивидуальные решения, начиная от простого разделения пространства и до создания многофункциональных стен и перегородок. Тем самым, очень важно определиться с выбором правильного строительного материала и его функциональными особенностями еще на стадии проектирования.

Газобетон YTONG идеально подходит для создания любых архитектурных форм стен. Благодаря уникальным свойствам материала внутренние стены из блоков сочетают в себе все необходимые эксплуатационные качества. Для простой и быстрой обработки газобетон является наилучшим решением. Незначительный вес строительных блоков не только существенно облегчает их транспортировку, но и позволяет возводить легкие конструкции внутренних стен, снижая тем самым нагрузку на несущие конструкции и фундамент и значительно сокращая сметную стоимость строительства.

В зависимости от конкретного объекта и его функционального назначения при проектировании внутренних стен необходимо учитывать следующие характеристики: несущую способность и устойчивость, защиту от влаги, тепловую защиту, противопожарную защиту, звукоизоляцию (рис. 3.36).

Для устройства внутренних стен и перегородок используются газобетонные блоки YTONG с толщиной, определяемой конкретным проектом. Для перегородок чаще всего используются блоки YTONG D500 толщиной 100–200 мм. Эти перегородки могут иметь высоту до 3,5 м, а свободную длину — не более, чем 8 м. Свыше этих размеров перегородки требуют укрепления (например, вертикальными вкладышами-сердечниками и промежуточными венцами в железобетонной конструкции).

Перегородки устанавливаются на конструкции перекрытия или на выравнивающем слое перекрытия, а также на слое рубероида или пленки, и не доводят до низа вышележащего перекрытия на 10–20 мм. По завершении кладки эту щель заполняют монтажной пеной или другим эластичным материалом.

*Соединение внутренних стен и перегородок с несущей стеной* выполняется при помощи металлических соединителей, закладываемых во время кладки несущих стен. Как правило, по высоте обычного этажа требуются 3 или 4 соединителя. Железобетонный венец на внутренней стене располагается по всей ширине стены, и армировать поперечные несущие швы нет необходимости, т.к. передача нагрузки с вышележащего этажа происходит равномерно. Внутренние стены из материала YTONG, покрытые тонким слоем минеральной штукатурки, обладают высокой паропроницаемостью (способностью «дышать»), легкостью и прочностью, обеспечивая тем самым комфорт проживания и благоприятный микроклимат помещений.

Конструкции из ячеистого бетона не требуют предварительной установки закладных элементов для крепления тяжелых элементов мебели и сантехнического оборудования. Любые полки, кухонные шкафы, зеркала, батареи отопления и т.п. с легкостью монтируются при помощи специальных дюбелей для ячеистого бетона, способных выдерживать весьма значительные нагрузки. Для навески легких предметов интерьера (картины, фотографии и т.д.) используются обычные гвозди, которые рекомендуется забивать под углом 45° (сверху вниз).

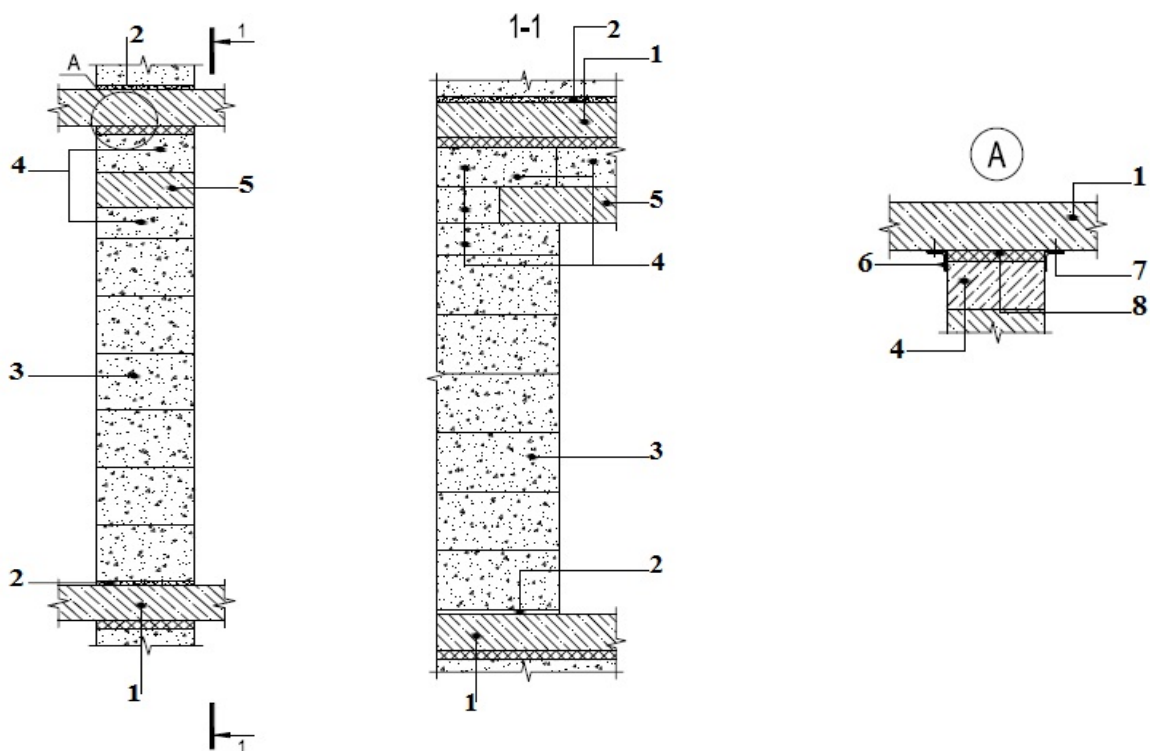


Рис. 3.36. Узлы внутренних стен из газобетонных блоков: 1 — монолитное железобетонное перекрытие; 2 — выравнивающий раствор; 3 — блоки YTONG; 4 — доборные блоки; 5 — перемычка; 6 — металлический уголок (нащельник-фиксатор); 7 — винты-саморезы; 8 — минеральная вата

*Оштукатуривание внутренних стен.* В интерьерах жилых помещений, стены которых выполнены из блоков с точной геометрией для выравнивания можно использовать невлагоустойкие смеси. Смеси на основе гипсового вяжущего подходят для работы в сухих помещениях. Во влажных помещениях (ванная, душевая комнаты, холодные комнаты и т. п.) используют влагостойкие смеси на основе портландцемента, а поверхности стен обрабатывают водоотталкивающим раствором.

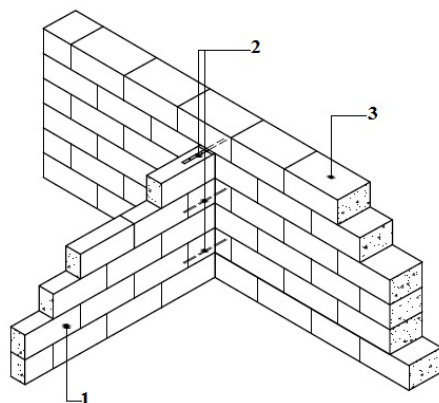


Рис. 3.37. Сопряжение кладки наружной и внутренней стен из газобетонных блоков:  
1 — перегородка из блоков; 2 — связи MV 300/5, через каждые 2 ряда кладки;  
3 — наружная стена из блоков YTONG

#### ***Сопряжение стен из газобетонных блоков***

Несущие (наружные и внутренние) стены из блоков YTONG соединяют при помощи перевязки кладочных элементов. Если внутренняя стена выполнена из блоков большей плотности, то в месте примыкания внутренней стены в наружной стене делается штраба глубиной не более 150 мм, в которую заводятся блоки внутренней стены (рис. 3.37).

Если стены из блоков YTONG должны быть соединены со стенами, выполненными из других кладочных материалов, то их соединяют встык и закрепляют с помощью связей, входящих на 150 мм внутрь шва на одном уровне в обеих соединяющихся стенах. Соединители могут использоваться для соединения перегородок из блоков с несущими стенами.

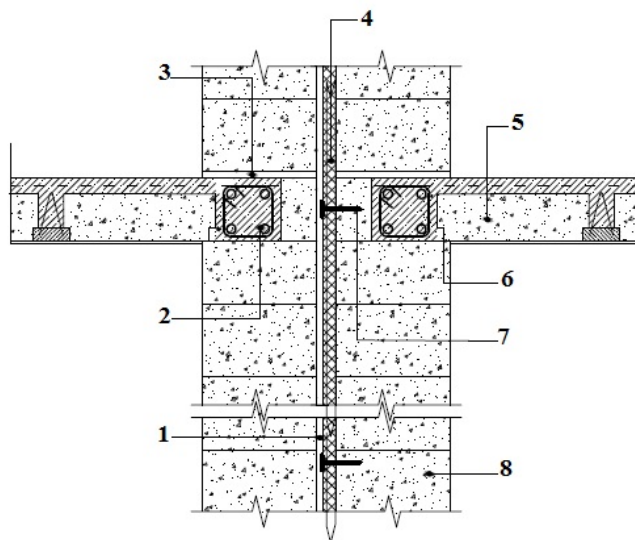


Рис. 3.38. Схема устройства межсекционной несущей стены из газобетонных блоков:  
1 — воздушный зазор 10 мм; 2 — каркас железобетонного пояса; 3 — шов из цементного раствора; 4 — минераловатная плита, 40 мм; 5 — сборно-монокрипное перекрытие YTONG;  
6 — опирание не менее 20 мм; 7 — анкер; 8 — блоки YTONG

В пределах одного этажа связи между продольными и поперечными стенами устанавливают не менее чем на двух уровнях. Металлические скобы, анкеры, накладки изготавливают из нержавеющей стали, из обычной стали с антикоррозионным покрытием; возможно применение базальто-пластиковых связей. В межсекционных стенах устанавливаются все элементы несущего каркаса, в том числе пояса жесткости, а также предусматривается воздушный зазор и шумоизоляция (рис. 3.38).

**Сопряжения стен с перекрытиями.** В малоэтажном строительстве находят применение различные типы междуэтажных перекрытий: специальные перекрытия YTONG, плиты из газобетона и железобетона, монолитные железобетонные перекрытия, сборно-монолитные перекрытия, перекрытия балкам каркаса и др. (рис. 3.39–3.43). Многopустотные железобетонные плиты перекрытий могут монтироваться на стены из газобетонных блоков на слой цементно-песчаного раствора с армированием двумя стержнями  $\varnothing 8$  и поперечной арматурой  $\varnothing 6$  с шагом 150 мм. Минимально допустимая глубина опирания плит — 120 мм.

При больших пролетах плиты перекрытий следует опирать на монолитный железобетонный пояс, позволяющий равномернее распределить нагрузку на стену, устранить возможность сколов стеновых блоков. На наружной стене слой тяжелого бетона рекомендуется укладывать в U-образные блоки, с внутреннего ребра которых снимается фаска 5 мм во избежание скола внутренней части блока.

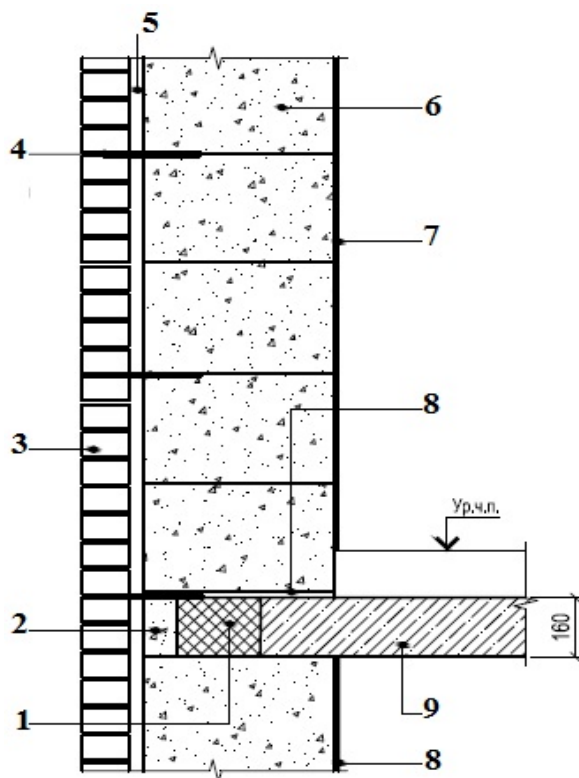


Рис. 3.39. Крепление кирпичной кладки к несущей стене из газобетонных блоков и опирание перекрытий на стену (малоэтажное строительство): 1 — минераловатная плита; 2 — доборный блок, 125–150 мм; 3 — кладка из лицевого кирпича, 120 мм; 4 — связь Multi, шаг по вертикали и по горизонтали 600 мм; 5 — воздушный зазор, 40 мм; 6 — блоки YTONG; 7 — внутренняя отделка; 8 — шов из цементного раствора неармированный; 9 — монолитная железобетонная плита

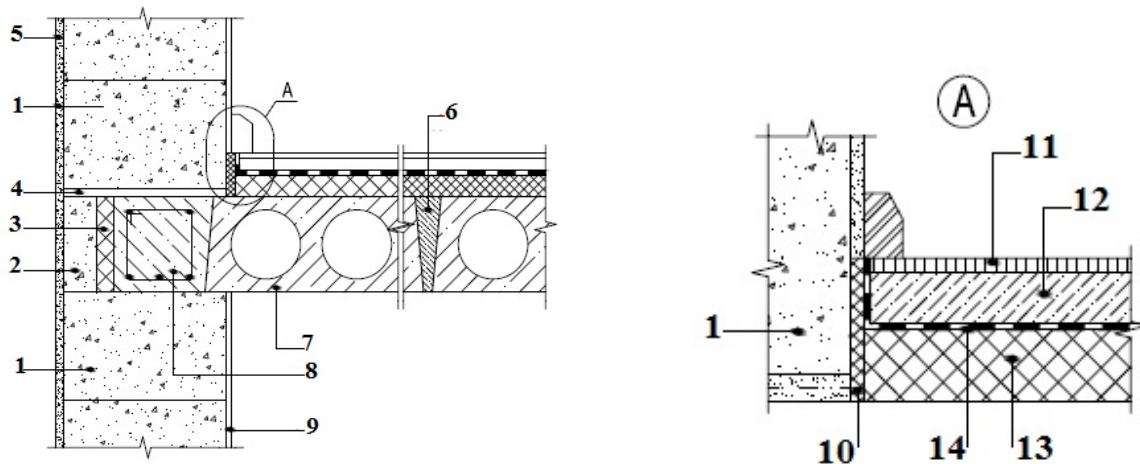


Рис. 3.40. Узел примыкания железобетонных плит перекрытий к наружной стене из газобетонных блоков: 1 — блок YTONG; 2 — доборный блок; 3 — минераловатная плита; 4 — шов из цементного раствора; 5 — наружная отделка; 6 — арматура для анкерки плиты в венце; 7 — сборные железобетонные плиты; 8 — монолитный железобетон; 9 — внутренняя отделка; 10 — пенополистирол; 11 — покрытие пола; 12 — цементная стяжка; 13 — утеплитель; 14 — гидроизоляция

За глубину опирания плиты на стену принимается глубина ее опирания на слой тяжелого бетона (не менее 80 мм). Перед бетонированием внутрь U-образного блока с внешней стороны устанавливается дополнительный слой высокоэффективного утеплителя. Торцы плит перекрытий в местах их опирания на наружные стены следует защищать доборными газобетонными блоками и слоем эффективного утеплителя.

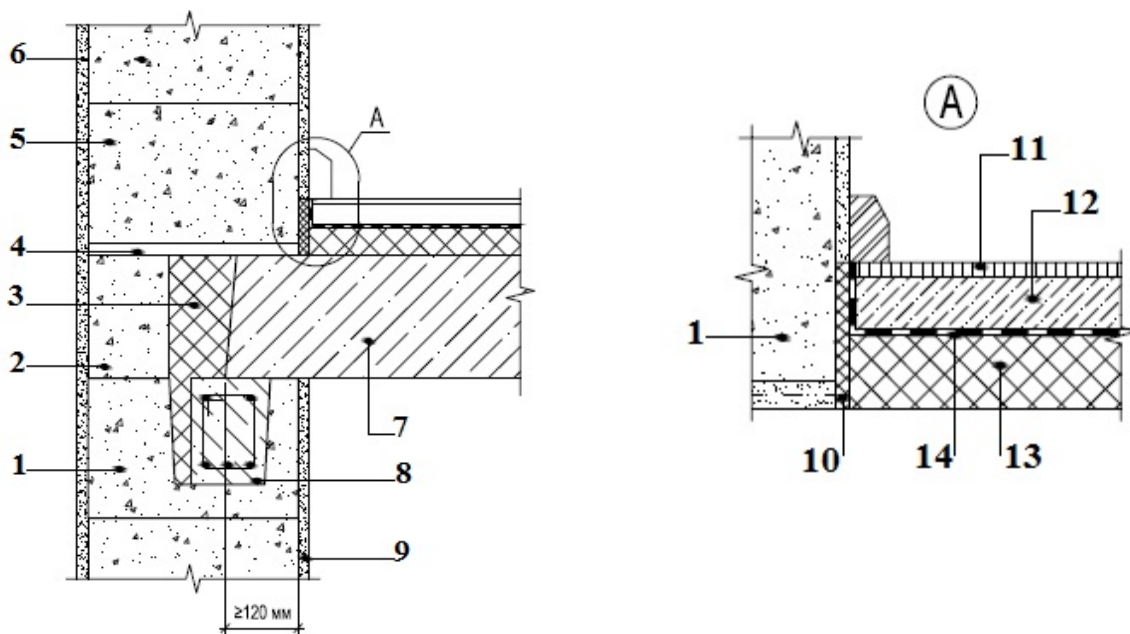


Рис. 3.41. Узел опирания железобетонных плит перекрытий на наружную стену из газобетонных блоков: 1 — U-образный блок; 2 — доборный блок; 3 — минеральная вата или пенополистирол; 4 — шов из цементного раствора; 5 — блок YTONG; 6 — наружная отделка; 7 — сборные пустотные железобетонные плиты; 8 — монолитный железобетон; 9 — внутренняя отделка; 10 — пенополистирол; 11 — покрытие пола; 12 — цементная стяжка; 13 — утеплитель; 14 — гидроизоляция

Опираие монолитного железобетонного перекрытия осуществляют непосредственно на несущие стены из газобетонных блоков. Торцы перекрытий защищают слоем эффективной теплоизоляции (жесткими плитами на основе каменной ваты или плитами из экструзионного пенополистирола). Армирование опорного шва в наружных стенах над перекрытием выполняют сетками  $\varnothing 3$  мм.

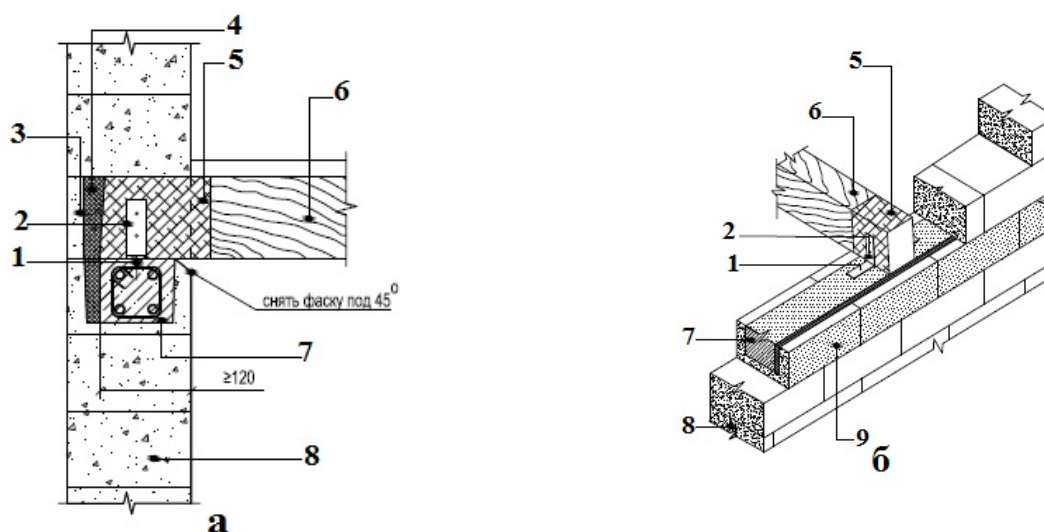


Рис. 3.42. Опираие деревянных балок перекрытия на наружную стену из газобетонных блоков YTONG: а – разрез по стене; б – элемент конструкции; 1 — дюбель-винт; 2 — соединитель; 3 — доборный блок YTONG; 4 — минераловатный утеплитель; 5 — рубероид, обернутый вокруг деревянной балки; 6 — деревянная балка перекрытия; 7 — железобетонный пояс; 8 — блок YTONG; 9 — U-образный блок

Балки деревянных перекрытий опирают на стену из газобетонных блоков через выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора. Рекомендуется выполнение железобетонного монолитного пояса, в том числе в одноэтажных зданиях (особенно, когда длина здания превышает 18 м), а также, когда в стене имеются большие проемы. Концы балок в опорном узле обертывают толем (рубероидом) или антисептируют, оставляя торцы балок свободными.

Деревянные балки крепят к стенам из газобетонных блоков с помощью металлических оцинкованных полос и нагелей. Узлы опирания на кладку из газобетонных блоков сборно-монолитного перекрытия YTONG приведены на рис. 3.43.

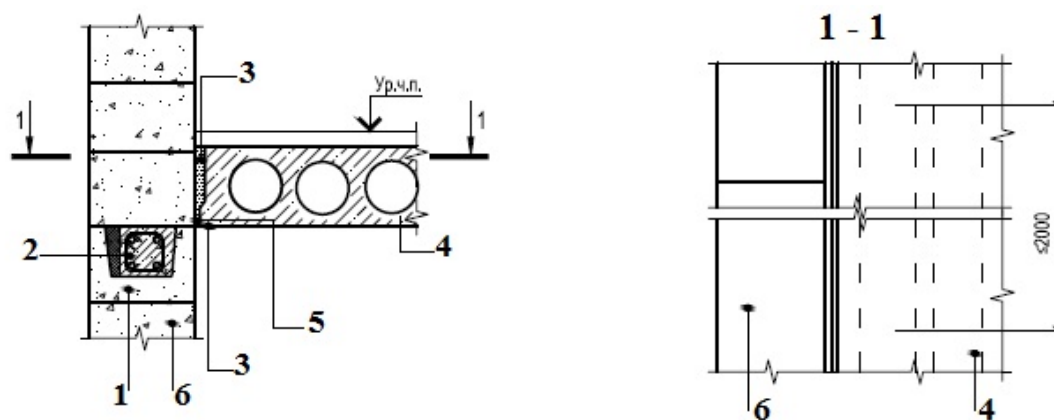


Рис. 3.43. Примыкание наружной стены из газобетонных блоков к железобетонной плите перекрытия: 1 — U-образный блок; 2 — железобетонный пояс; 3 — раствор; 4 — железобетонная плита перекрытия; 5 — поризол; 6 — блоки YTONG

В местах устройства оконных и дверных проемов опирание перекрытий осуществляется на несущие перемычки (рис. 3.44). Рекомендуется изготавливать несущие перемычки с использованием U-образных блоков в качестве несъемной опалубки или применять армированные перемычки YTONG.

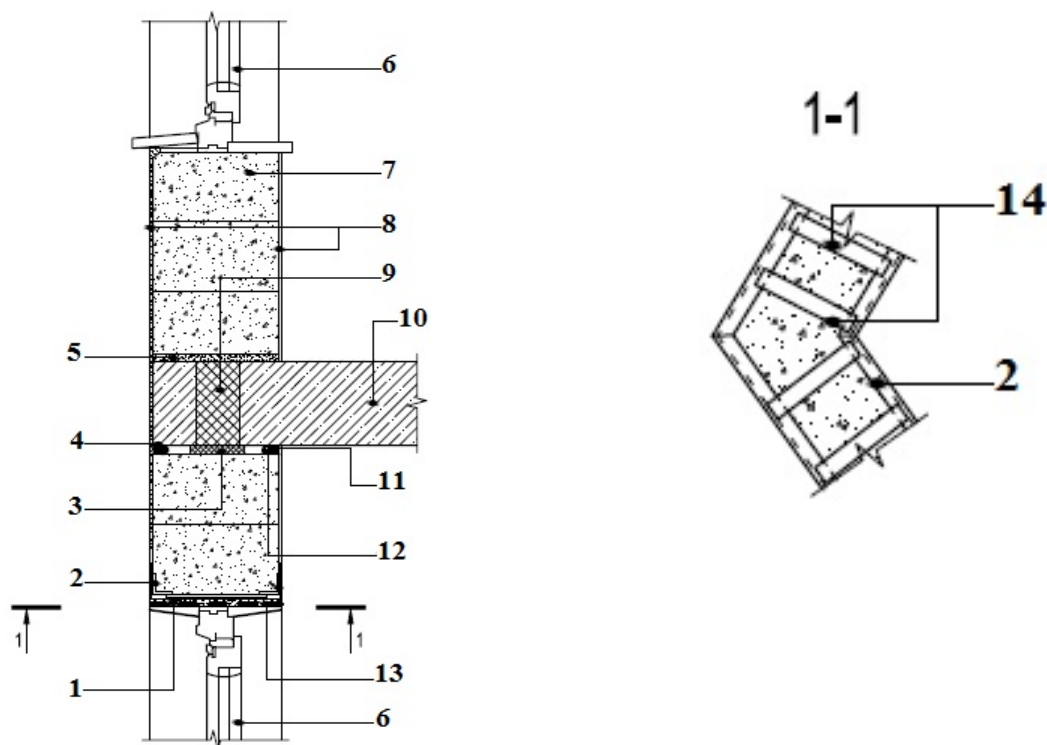


Рис. 3.44. Пример устройства перемычки стены из газобетонных блоков над оконным блоком в местах излома фасадов (каркасно-монолитное строительство): 1 — штукатурка по сетке; 2 — уголок перемычки 50x50x4; 3 — минераловатная плита; 4 — нетвердеющая герметизирующая мастика; 5 — выравнивающий раствор; 6 — оконный блок; 7 — блоки YTONG; 8 — штукатурка; 9 — вкладыш из эффективного утеплителя; 10 — железобетонное перекрытие; 11 — затирка цементно-песчаным раствором; 12 — поризол; 13 — сетка; 14 — планки шириной 50 мм и толщиной 4 мм

**Железобетонные пояса.** В уровне перекрытий каждого этажа устраиваются железобетонные пояса по периметру всех несущих стен. Исключение составляют монолитные железобетонные перекрытия. Железобетонные пояса связывают воедино части здания, а в случае значительного удаления друг от друга стен жесткости — образуют армированный пояс по периметру перекрытий. Пояса выравнивают деформации стен с разными модулями упругости и (или) несущих разную нагрузку.

Арматура поясов воспринимает растягивающие усилия, появляющиеся в стене в результате тепловой деформации, а также в результате неравномерной осадки здания. Кроме того, пояс является основным элементом конструкции, создающим вторичную несущую систему в случае локального повреждения здания, например, в результате взрыва. Армирование поясов должно быть непрерывным, выполняемым, как правило, арматурными стержнями 3Ø10 или 2Ø12 класса АIII, с нахлестом стержней не менее 1 м.

**Железобетонные колонны в стенах из блоков YTONG.** Если колонны проектируются в наружных стенах из блоков YTONG, их следует прикрыть снаружи эффективным утеплителем (минеральная вата, пенополистирол, Multipor). Отдельно стоящие колонны с небольшим сечением и импосты в оконных проемах рекомендуется выполнять из U-образных блоков (рис. 3.45).

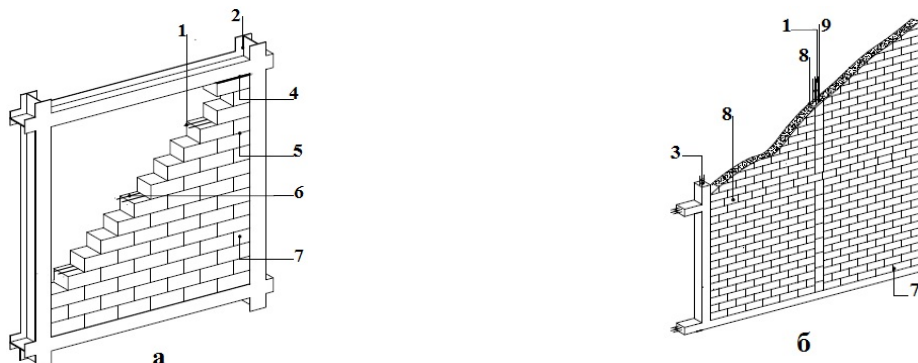


Рис. 3.45. Вариант заполнения несущего каркаса блоками: а — каркас металлический; б — каркас железобетонный; 1 — арматурный стержень Ø 8–12 мм; 2 — несущий каркас металлический; 3 — несущий каркас железобетонный; 4 — заполнение монтажной пеной; 5 — клеевой шов 1–3 мм; 6 — заполнение раствором; 7 — блоки YTONG; 8 — U-образные блоки; 9 — бетон

Таким образом, можно избежать устройства дополнительной опалубки, что значительно ускоряет работы и позволяет получать однородную поверхность стены, пригодную к оштукатуриванию без дополнительных работ.

**Устройство проемов в стенах из газобетонных блоков** (рис. 3.46). Для перекрытия проемов в стенах из газобетонных блоков применяют оконные и дверные перемычки: армированные перемычки YTONG; армированные железобетонные перемычки; составные перемычки из U-образных блоков и пр.

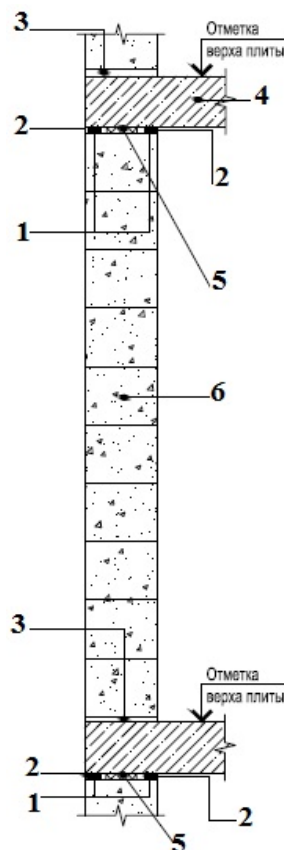


Рис. 3.46. Схема кладки наружных самонесущих стен с поэтажным опиранием в каркасно-монолитном строительстве: 1 — упругие прокладки из поризола; 2 — затирка цементно-песчаным раствором; 3 — выравнивающий раствор; 4 — железобетонное перекрытие; 5 — минеральная вата; 6 — блоки YTONG



Перемычки могут быть несущими и самонесущими. Несущие перемычки армируются конструктивно. Самонесущие армируются расчетной рабочей арматурой в растянутой зоне (рис. 3.47, рис. 3.48). Глубина опирания перемычек на стены составляет 250 мм и более. Проемы шириной до 2,5 м в самонесущих стенах из газобетонных блоков устраиваются с помощью армированных перемычек YTONG.

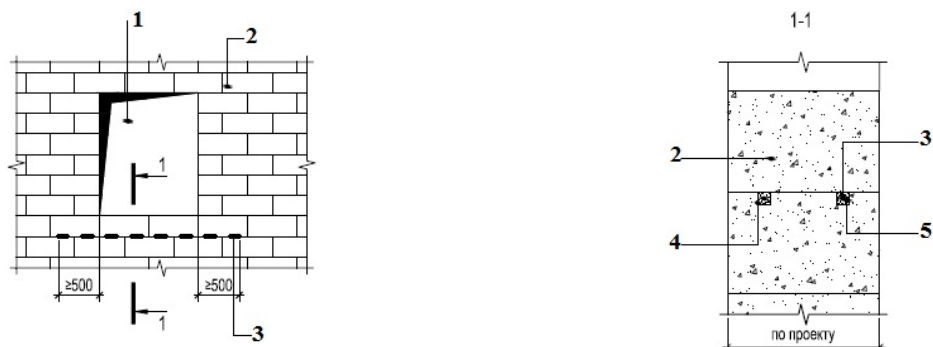


Рис. 3.47. Дополнительное армирование подоконной части кладки стен из газобетонных блоков: 1 — оконный проем; 2 — блоки YTONG; 3 — арматура  $\varnothing 6$  мм; 4 — штраба; 5 — цементный раствор

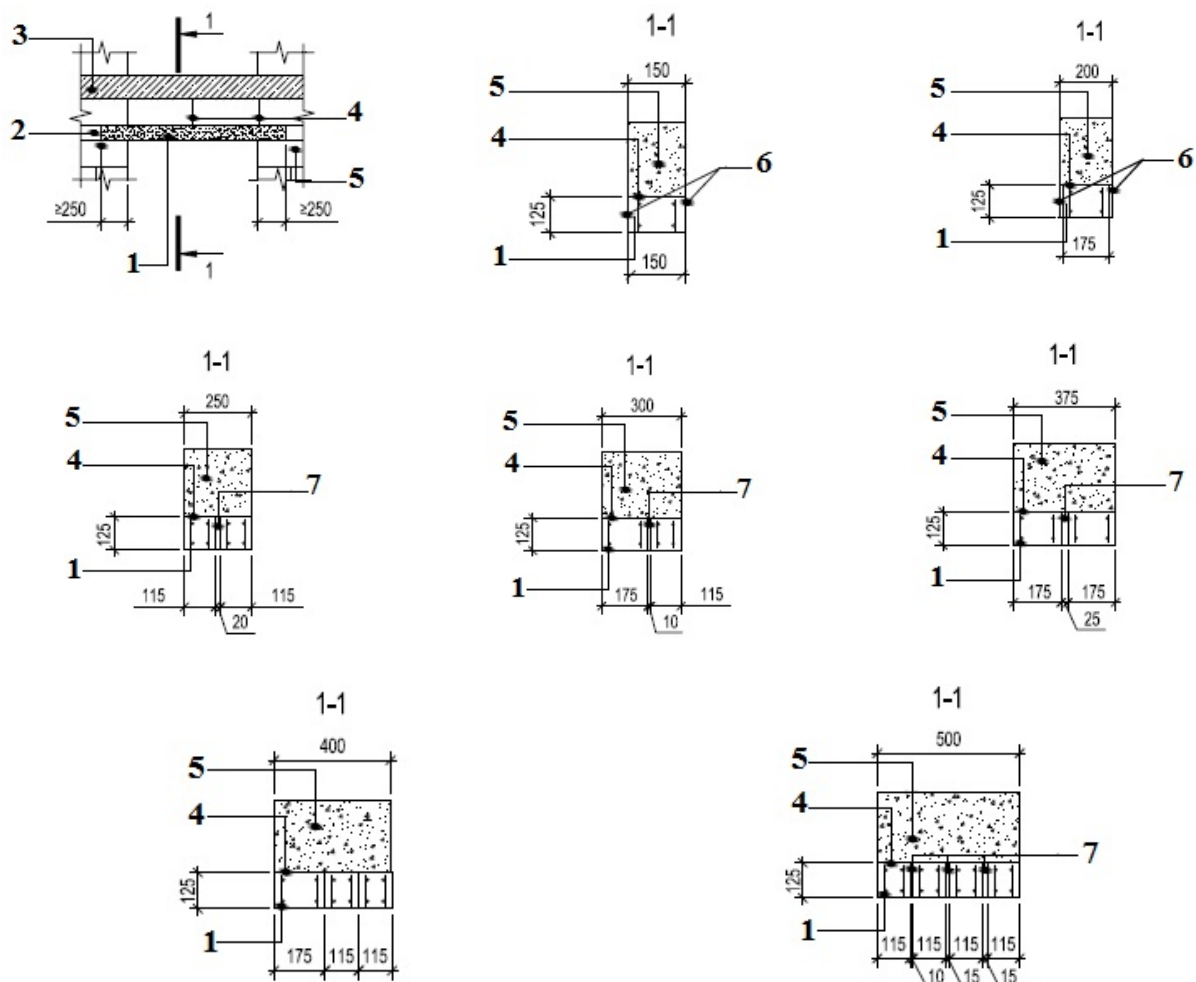


Рис. 3.48. Схемы устройства комплексных перемычек YTONG: 1 — армированная сборная перемычка YTONG; 2 — доборный блок; 3 — перекрытие; 4 — клеевой шов 1–3 мм; 5 — блок YTONG; 6 — цементный раствор; 7 — вертикальный шов, заполненный раствором

Следует учитывать то обстоятельство, что полная несущая способность такой перемычки обеспечивается только после укладки на неё как минимум одного ряда стеновых блоков YTONG на клеевом растворе с обязательным заполнением вертикальных швов. Несущие перемычки могут выполняться из стальных труб прямоугольного сечения (гнутого сварного профиля) или других прокатных профилей. Возможно применение сборных и монолитных железобетонных перемычек, однако их использование в наружных стенах ведет к дополнительным затратам на теплоизоляцию этих участков.

Крепление дверных и оконных коробок в стенах из газобетонных блоков выполняется с применением специальных крепежных изделий для газобетона. Возможно применение оцинкованных гвоздей и металлических ершей. Зазоры между проемом и оконной (дверной) коробкой заполняются монтажной пеной, а откосы оштукатуривают (рис. 3.49). Подоконную часть наружной стены защищают отливом из кровельной стали. Под оконными проёмами в кладке стен из газобетона имеет место скачкообразное изменение нагрузок. Во избежание появления трещин на таких участках укладывают арматуру в заполненных раствором углублениях (два стержня  $\varnothing 6$  мм). Стержни заводят за пределы проема минимум на 50 см с каждой стороны.

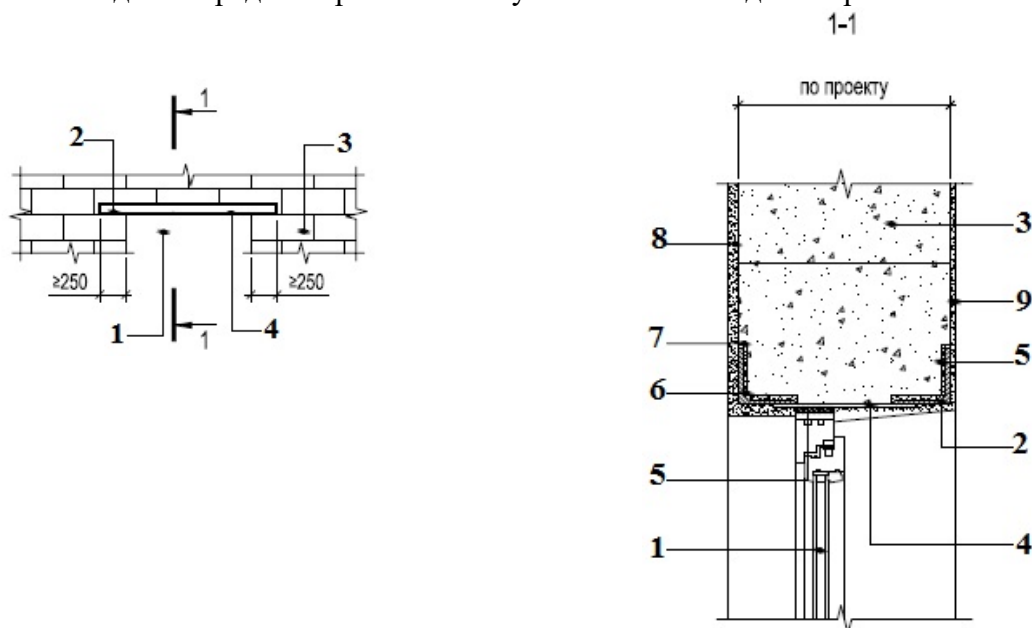


Рис. 3.49. Пример устройства перемычек из прокатного профиля: 1 — оконный проем; 2 — металлическая перемычка; 3 — блоки YTONG; 4 — металлическая пластина 40x4 мм (приваривается к уголкам); 5 — монтажная пена; 6 — раствор YTONG; 7 — штраба на толщину полки уголка; 8 — наружная отделка; 9 — внутренняя отделка

**Осадочные швы** в зданиях со стенами из газобетонных блоков формируют согласно общим правилам проектирования, исходя из конструкции здания и с учетом характеристики грунтов основания. Устройство осадочных швов обязательно в местах резкого изменения нагрузок на фундаменты, например, при изменении этажности здания. Здания сложной конфигурации разрезают осадочными швами на отсеки прямоугольной формы.

**Температурно-усадочные швы**, исключая растрескивание кладки вследствие перепада температур, устраивают в наружном лицевом слое в системах кладки с кирпичной облицовкой. Температурно-усадочные швы устраивают через 12–15 м в зависимости от интенсивности нагрева стены под внешними атмосферными факторами.

Температурно-усадочные швы выполняют в процессе кладки лицевого слоя, или формируют пропиливанием уже выложенной облицовки. Ширина температурного шва составляет 10–15 мм, шов заполняют герметизирующим материалом. Температурно-усадочные швы рекомендуется совмещать с осадочными швами.

### 3.2.5. Проектирование конструкций из ячеистого бетона

Механические свойства строительных материалов, характеризующие их отношение к внешним силовым воздействиям, являются наиболее важными. В группу *механических* входят деформативные и прочностные свойства, определяющие соответственно способность материалов сопротивляться деформированию и разрушению под действием внешних сил.

#### *Кладка и клеевые растворы*

При кладке стен из ячеистобетонных блоков применяют клеевые растворы YTONG эконома класса (состав I) или зимние растворы (состав II) (табл. 3.13).

Таблица 3.13

#### **Физико-механические характеристики клеевых растворов**

Характеристика	Клей YTONG-эконом (состав I)	Клей YTONG-зимний (состав II)
Водопотребление, г/кг	200	200
Сухая плотность после 28 суток, кг/м <sup>3</sup>	1604	1561
Предел прочности при изгибе, сухое хранение (28 суток), Н/мм <sup>2</sup>	3,70	4,76
Предел прочности при изгибе, влажное хранение (28 суток), Н/мм <sup>2</sup>	2,87	3,23
Прочность на сжатие, сухое хранение (28 суток), Н/мм <sup>2</sup>	9,86	12,0
Прочность на сжатие, на сжатие, влажное хранение (28 суток), Н/мм <sup>2</sup>	10,84	12,97

Расчетные сопротивления сжатию кладки из ячеистобетонных блоков YTONG на клеевом растворе составляют 1,2 МПа для блоков марки В 2,5 и 1,6 МПа для блоков марки В 3,5.

Для экспериментального строительства расчетное сопротивление кладки сжатию повышают на 10 %. Расчетные сопротивления кладки осевому растяжению ( $R_t$ ), растяжению при изгибе ( $R_{ib}$ ), срезу ( $R_{sq}$ ) и главным растягивающим напряжениям при изгибе ( $R_{tw}$ ) при расчете сечений кладки, проходящих по горизонтальным и вертикальным швам, следует принимать по табл. 3.14.

Таблица 3.14

#### **Расчетные сопротивления кладки из блоков на клеевом растворе**

Вид напряженного состояния	Расчетное сопротивление кладки (МПа) на клеевых растворах
Осевое растяжение	
– по неперевязанному сечению (нормальное сцепление)	0,12
– по неперевязанному сечению	0,16
Растяжение при изгибе	
– по неперевязанному сечению (главные растягивающие напряжения при изгибе)	0,4
– по неперевязанному сечению	—
Срез по неперевязанному сечению (касательное сцепление)	0,21

**Максимальное расстояние между температурно-усадочными швами кладки из ячеистобетонных мелких блоков (камней)**, допустимое без расчета, принимается равным 50 м, при наличии армированных сеток через 2 ряда кладки — 60 м, при устройстве армированных поясов в уровне перекрытий сечением арматуры не менее 2Ø12 АШ — 70 м. Осадочные швы и швы для ослабления природных воздействий должны предусматриваться в местах изменения высоты зданий более, чем на 6м, а также между блок-секциями с углом поворота более 30 °С.

### 3.2.6. Звукоизоляция строительных конструкций

Достаточная звукоизоляция ограждающих конструкций важна для комфортного проживания в здании не менее, чем энергоэффективность оболочки, комфортный внутренний климат помещений и надежность всех конструкций. Поэтому вопросы обеспечения надежной звукоизоляции должны быть решены уже на стадии проектирования объектов.

*Звук* — физическое явление (давление), вызванное колебательными движениями частиц в таких средах, как газы, жидкости и твердые тела. Звуковые колебания имеют определенную амплитуду и частоту.

*Шум* — одно из проявлений звукового воздействия — может быть воздушный, структурный и ударный. *Воздушный шум* — попадает на препятствие после того, как он был излучен в воздух. *Ударный шум* — возникает непосредственно при механическом воздействии какого-либо предмета на перекрытие. *Структурный шум* — передается по элементам конструкции здания (как воздушный, так и ударный). Нормативный уровень шума составляет 40 ДБА днем, 30 ДБА ночью. В диапазоне 35–60 ДБА — реакция индивидуальная (может мешать или нет). Шумы уровня 70–90 ДБА — заболевание нервной системы, более 100 ДБА — снижение слуха, вплоть до глухоты (табл. 3.15, табл. 3.16).

Таблица 3.15

#### Расчетные индексы изоляции воздушного шума для стеновых конструкций YTONG D500 и D600 кг/м<sup>3</sup> при соответственной толщине, дБ

Плотность блоков, кг/м <sup>3</sup>	Толщина стены, мм					
	150	200	250	300	375	500
500	41	46	50	53	56	61
600	43	48	52	55	58	63

Таблица 3.16

#### Расчетные индексы изоляции воздушного шума для оштукатуренных (10 мм с каждой стороны) стеновых конструкций YTONG D500 и D600 кг/м<sup>3</sup> при соответственной толщине, дБ

Плотность блоков, кг/м <sup>3</sup>	Толщина стены, мм					
	150	200	250	300	375	500
500	44	48	51	54	57	62
600	46	50	53	56	59	64

Основные способы улучшения шумоизоляции: снизить уровень шума источника или установить на пути звука преграду.

*Повысить звукоизоляцию ограждений можно следующими способами:*

1) сделать так, чтобы звуковая волна не смогла заставить преграду колебаться, передавая при этом звук внутрь помещения — массивная тяжелая преграда. Чем тяжелее и толще монолит и выше частота звука, тем меньше стена вибрирует, и, значит, ее звукоизолирующая способность лучше;

2) добиться поглощения и рассеивания энергии звуковой волны внутри ограждающей конструкции — для этого используются многослойные конструкции из пористых и волокнистых материалов.

Газобетон YTONG благодаря особой структуре поверхности характеризуется более высоким поглощением звука по сравнению с совершенно гладкими и «жесткими» для звука поверхностями. Благодаря этому газобетон идеально подходит, например, для глушения внутренних шумов промышленных зданий.

### **Рекомендации по проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций**

Ограждающие конструкции необходимо проектировать таким образом, чтобы в процессе строительства и эксплуатации в стыках этих конструкций не возникло любых сквозных щелей и трещин. Щели и трещины, возникшие в процессе строительства, после их расчистки устраняются конструктивными мерами. Рекомендуется заделка невысыхающими герметиками или другими материалами на всю глубину. Внутренние стены и перегородки из блоков проектируют с заполнением швов клеевым раствором на всю толщину (без пустошовки) и с оштукатуриванием с двух сторон безусадочным раствором. Двойные стены или перегородки проектируют с жесткой связью между элементами по контуру или в отдельных точках. Величина зазора между элементами конструкций не менее 0,04 м.

Стыки между внутренними ограждающими конструкциями, а также между ними и другими примыкающими конструкциями проектируются без сквозных пустот (рис. 3.50). В случае возникновения сквозных щелей или трещин, они герметизируются на всю глубину.

Стыки, в которых в процессе эксплуатации, несмотря на принятые конструктивные меры, возможно взаимное перемещение стыкуемых элементов под воздействием нагрузки, температурные и усадочные деформации, следует конструировать с применением долговечных герметизирующих упругих материалов и изделий, приклеиваемых к стыкуемым поверхностям.

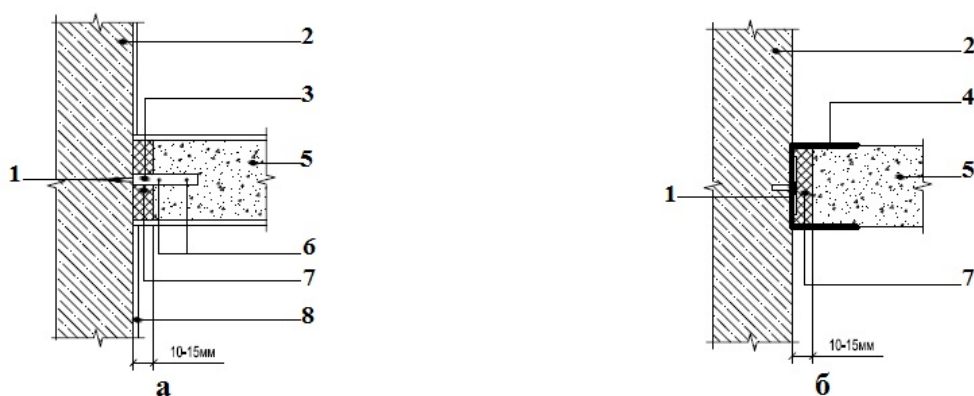


Рис. 3.50. Узлы примыкания внутренних стен к несущей стене или железобетонной колонне: а — крепление с помощью полосового анкера; б — крепление с помощью стального профиля: 1 — дюбель; 2 — несущая стена или железобетонная колонна; 3 — полосовой анкер; 4 — стальной профиль; 5 — внутренняя стена (перегородка из блоков); 6 — винты-саморезы; 7 — уплотнитель (минеральная вата, пенополистирол, монтажная пена; 8 — внутренняя отделка

Стыки между несущими элементами стен и опирающимися на них перекрытиями выполняют с заполнением раствором или бетоном. Если в результате нагрузок или других воздействий возможно раскрытие швов, при проектировании должны быть предусмотрены меры, не допускающие образования в стыках сквозных трещин.

### **3.2.7. Противопожарная защита**

Мероприятия по противопожарной защите, принятые на стадии проектирования, позволяют ограничить распространение огня, снизить ущерб и обеспечить безопасную эвакуацию людей при пожаре.

В первую очередь стоит обратить внимание на подбор конструкционных, теплоизоляционных и отделочных материалов. Предпочтение стоит отдавать негорючим материалам, конструкциям с высоким пределом огнестойкости и низким классом пожарной опасности (табл. 3.17). Также немаловажны планировочные решения с применением противопожарных преград, ограничивающие площадь пожара. Требования по противопожарной защите регламентируются ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

**Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций**

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалом)	Элементы бесчердачных перекрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в том числе с утеплением)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	Не нормируется						

*Классификация строительных материалов* основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара. Пожарная опасность строительных материалов характеризуется следующими свойствами:

- горючесть;
- воспламеняемость;
- способность распространения пламени по поверхности;
- дымообразующая способность;
- токсичность продуктов горения.

По горючести строительные материалы подразделяются на горючие (Г) и негорючие (НГ).

**Противопожарные преграды**

Противопожарные преграды предназначены для предотвращения распространения пожара и продуктов горения из помещения или пожарного отсека с очагом пожара в другие помещения. Сдерживание распространения огня позволяет организовать эвакуацию людей и эффективное пожаротушение, а также снизить сумму ущерба от пожара. К противопожарным преградам относятся противопожарные стены, перегородки и перекрытия.

Противопожарные преграды 1-ого типа должны выполняться из материалов группы горючести НГ. Противопожарные преграды 2–4-ого типов должны выполняться из материалов группы горючести не ниже Г1. Противопожарные преграды характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью. Показателем огнестойкости является предел огнестойкости, пожарную опасность конструкции характеризует класс ее пожарной опасности.

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний:

- потери несущей способности (R);
- потери целостности (E);
- потери теплоизолирующей способности (I).

Пределы огнестойкости строительных конструкций и их условные обозначения устанавливаются по ГОСТ 30247 (табл. 3.18).

**Требуемые пределы огнестойкости противопожарных преград**

Противопожарные преграды	Тип противопожарных преград	Предел огнестойкости противопожарной преграды, не менее	Тип заполнения проемов, не ниже	Тип тамбур-шлюза, не ниже
Стены	1	REI 150	1	1
	2	REI 45	2	2
Перегородки	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2

Перекрытия	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

По пожарной опасности (ГОСТ 30403) строительные конструкции подразделяют на четыре класса:

- 1) непожароопасные (К0);
- 2) мало пожароопасные (К1);
- 3) умеренно пожароопасные (К2);
- 4) пожароопасные (К3).

Противопожарные преграды должны быть класса К0. Допускается в специально оговоренных случаях применять противопожарные преграды 2–4-го типов класса К1. Типы и материалы строительных конструкций выбирают с учетом характеристик пожара и свойств этих материалов (рис. 3.51). Противопожарные стены, перегородки, перекрытия, конструкции противопожарных зон и тамбуров шлюзов, а также заполнение световых проемов в противопожарных преградах должны выполняться из негорючих материалов.

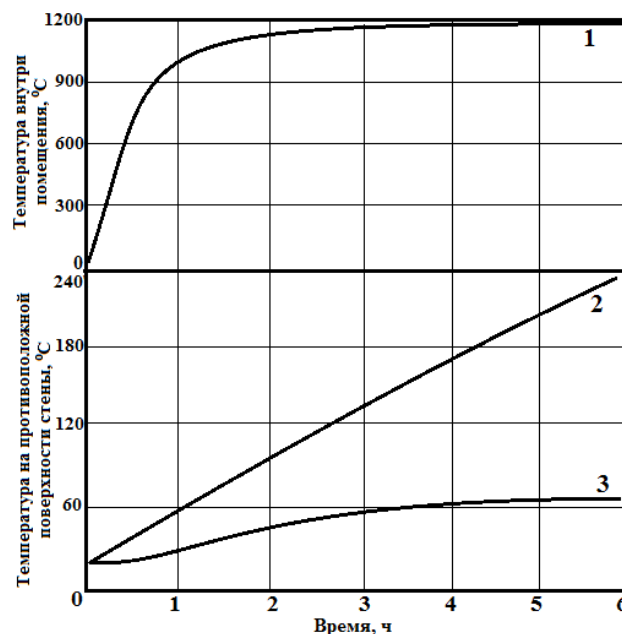


Рис. 3.51. Нагрев во время пожара: 1 — рост температуры внутри помещения во время пожара; 2 — рост температуры на противоположной поверхности стены из железобетона; 3 — тоже из газобетона плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>

### **Пожарно-технические характеристики блоков YTONG**

Газобетонные блоки YTONG имеют исключительно минеральный состав (тоберморит искусственного происхождения), вследствие чего являются негорючим материалом. При пожаре блоки YTONG не выделяют дыма и вредных веществ.

Газобетон в своем составе кроме физически связанной воды имеет большое количество химически связанной воды в составе тоберморита ( $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). При сильном нагревании газобетон сначала высвобождает воду, находящуюся в порах, связанную физически, при температуре приблизительно 100 °C. Начиная с 190 °C, происходит отщепление кристаллической воды. При этом образуются дополнительные кристаллы тоберморита, что ведет к повы-

шению прочности. При температуре 700 °С газобетон все еще характеризуется исходной прочностью, и только после этого прочность его значительно снижается. Все остальные известные конструктивные строительные материалы, например, дерево, сталь или бетон, к этому моменту либо полностью разрушаются (дерево), либо обладают небольшой прочностью по сравнению с исходной. Высвобождение влаги из пор и кристаллической воды приводит к эффекту охлаждения, который вместе с высокими теплоизоляционными свойствами обеспечивает высокую противопожарную устойчивость газобетона YTONG.

При одинаковой толщине стены газобетон YTONG значительно дольше защищает от огня и высокой температуры, чем обычный бетон. Высокая тепловая защита газобетона обеспечивает сохранение низкой температуры на противоположной пожару поверхности стены. Благодаря своим характеристикам газобетонные блоки могут применяться для повышения огнестойкости металлических конструкций.

По результатам испытаний предел огнестойкости конструкций из блоков YTONG составляет 240 минут для несущих стен и перегородок, класс пожарной опасности K0(45) (в соответствии с ГОСТ 30403–96). Газобетонные блоки YTONG можно применять для устройства противопожарных стен и перегородок 1 типа (в соответствии со СНиП 21-01–97 «Противопожарные нормы» и СП 6.13130.2021. Системы противопожарной защиты).

### ***Требования по устройству противопожарных преград из блоков YTONG***

В противопожарных стенах необходимо устанавливать противопожарные двери, ворота, окна и клапаны 1-го типа. В противопожарных перегородках необходимо устанавливать противопожарные двери, ворота, окна и клапаны 2-го типа.

Противопожарные стены проектируют с опорой на фундаменты или фундаментные балки. Стены возводятся на всю высоту здания с пересечением всех конструкций и этажей. Если конструкции каркаса здания или сооружения выполнены из негорючих материалов, то противопожарные стены их ячеистобетонных блоков допускается устанавливать непосредственно на такие конструкции. При этом предел огнестойкости каркаса вместе с его заполнением и узлами креплений должен быть не менее требуемого предела огнестойкости соответствующего типа противопожарной стены.

Если хотя бы один из элементов чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнен из горючих материалов, то противопожарные стены должны возвышаться над кровлей не менее чем на 60 см. Если эти элементы выполнены из трудногорючих материалов, то противопожарные стены должны возвышаться не менее чем на 30 см. Противопожарные стены могут не возвышаться над кровлей, если все элементы чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнены из негорючих материалов. Противопожарные стены в зданиях с наружными стенами, выполненными с применением горючих или трудногорючих материалов, должны пересекать эти стены и выступать за наружную плоскость стены не менее чем на 30 см.

При устройстве наружных стен из негорючих материалов с ленточным остеклением противопожарные стены должны разделять остекление. При этом допускается, чтобы противопожарная стена не выступала за наружную плоскость стены. При разделении здания на пожарные отсеки противопожарной должна быть стена более высокого и более широкого отсека (рис. 3.52).

Допускается в наружной части противопожарной стены размещать окна, двери и ворота с ненормируемыми пределами огнестойкости на расстоянии над кровлей примыкающего отсека не менее 8 м по вертикали и не менее 4 м от стен по горизонтали. В противопожарных стенах допускается устраивать вентиляционные и дымовые каналы так, чтобы в местах их размещения предел огнестойкости противопожарной стены с каждой стороны канала был не менее 2,5 ч.

Противопожарные перегородки в помещениях с подвесными потолками должны разделять пространство над ними. При размещении противопожарных стен или противопожарных пе-



перегородок в местах примыкания одной части здания к другой под углом необходимо, чтобы расстояние по горизонтали между ближайшими гранями проемов, расположенных в наружных стенах, было не менее 4 м, а участки стен, карнизов и свесов крыш, примыкающие к противопожарной стене или перегородке под углом, на длине не менее 4 м, были выполнены из негорючих материалов. При расстоянии между указанными проемами менее 4 м они должны заполняться противопожарными дверями или окнами 2-го типа. Противопожарные стены и зоны должны сохранять свои функции при одностороннем обрушении примыкающих к ним конструкций.

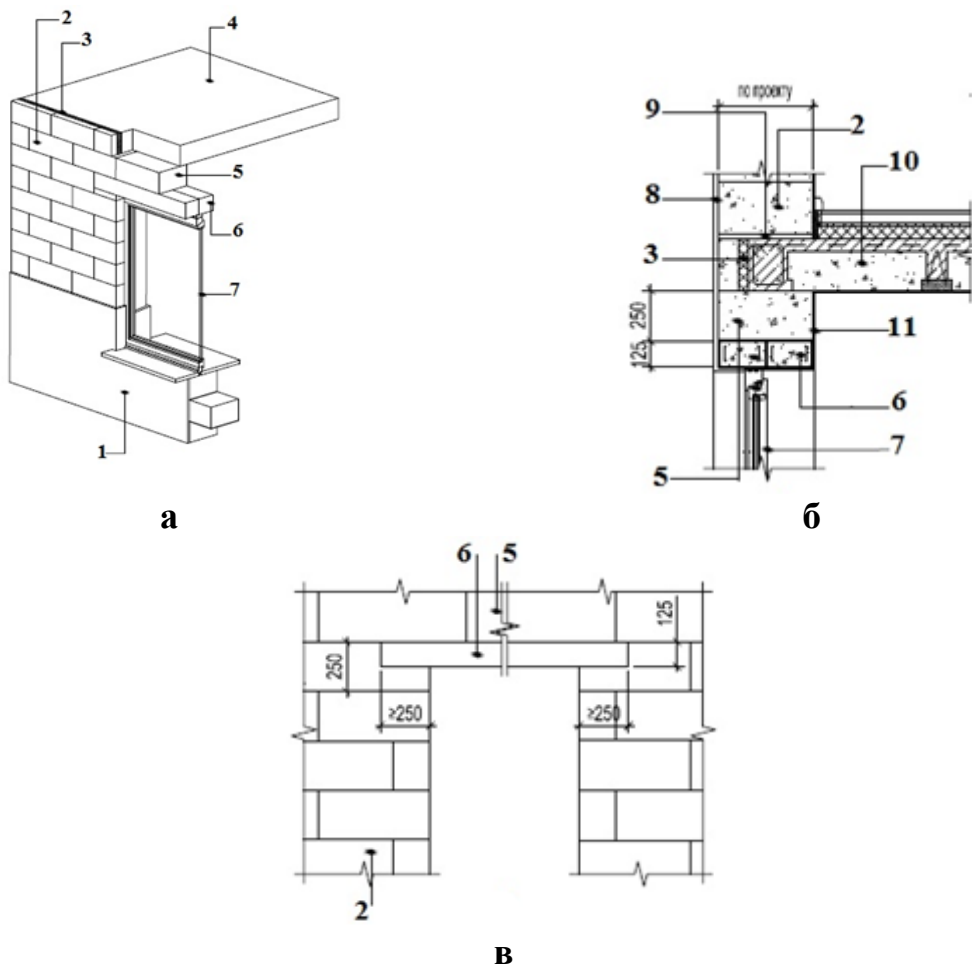


Рис. 3.52. Деталь устройства системы YUTONG: а — элемент конструкции; б — разрез по стене; в — разрез по оконному проёму; 1 — наружная стена; 2 — блоки YUTONG; 3 — минеральная вата; 4 — перекрытие; 5 — гладкие блоки с наполненным вертикальным швом; 6 — газобетонная армированная перемычка; 7 — оконный блок; 8 — наружная отделка; 9 — шов из цементного раствора; 10 — сборное перекрытие; 11 — внутренняя отделка

В противопожарных преградах допускается предусматривать проемы при условии их заполнения противопожарными дверями, окнами, воротами, люками и клапанами или при устройстве в них тамбуров-шлюзов. Общая площадь проемов в противопожарных преградах, за исключением ограждений лифтовых шахт, не должна превышать 25 % их площади. Противопожарные двери и ворота в противопожарных преградах должны иметь уплотнения в притворах и приспособления для самозакрывания. Противопожарные окна должны быть неоткрывающимися.

Противопожарные стены не допускается пересекать каналами, шахтами и трубопроводами для транспортирования горючих газо- и пылевоздушных смесей, горючих жидкостей, веществ и материалов.

### 3.2.8. Защита от сейсмических воздействий

Проектирование зданий и сооружений из газобетонных блоков YTONG в сейсмоопасных районах следует выполнять в соответствии с СП 14.13330.2011, являющимся актуализированной редакцией СНиП II-7—81 «Строительство в сейсмических районах» и настоящими рекомендациями.

Таблица 3.19

#### Предельная высота здания в зависимости от конструктивного решения. Высота, м (число этажей)

Несущие конструкции	Сейсмичность площадки, баллы		
	7	8	9
Стены комплексной конструкции из кирпича, бетонных и природных камней правильной формы и мелких блоков, усиленные монолитными железобетонными включениями:			
1-й категории	20(6)	17(5)	14(4)
2-й категории	17(5)	14(4)	11(3)
Стены из кирпича, природных бетонных камней и мелких блоков, кроме указанных в пункте 1			
1-й категории	17(5)	14(4)	12(3)
2-й категории	14(4)	11(3)	8(2)
Стены из мелких ячеистых и легобетонных блоков	8(2)	8(2)	4(1)

За высоту здания принимают разность отметок низшего уровня отмотки или спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего чердачного перекрытия или покрытия. Высота зданий больниц и школ при сейсмичности площадки строительства 8 и 9 баллов ограничивается тремя надземными этажами. Покрытие массой менее 50 % массы верхнего перекрытия в число этажей и высоту здания не включается.

#### **Проектирование кладки несущих и самонесущих стен из блоков YTONG**

Несущие кирпичные и каменные стены должны возводиться из кладки на клеевых растворах YTONG, имеющих повышенное сцепление с блоком, с обязательным заполнением всех вертикальных швов раствором (рис. 3.53). Выполнение кладки при отрицательной температуре для несущих и самонесущих стен (в том числе усиленных армированием или железобетонными включениями) при расчетной сейсмичности 9 баллов и более запрещается. При расчетной сейсмичности 8 баллов и менее допускается выполнение зимней кладки на зимний клеевой раствор, твердеющий при отрицательных температурах.

Расчет каменных конструкций должен проводиться на одновременное действие горизонтально и вертикально направленных сейсмических сил. Значение вертикальной сейсмической нагрузки при расчетной сейсмичности 7–8 баллов должно быть 15 %, а при сейсмичности 9 баллов — 3 % соответствующей вертикальной статической нагрузки. Направление действия вертикальной сейсмической нагрузки (вверх или вниз) следует принимать более невыгодным для напряженного состояния рассматриваемого элемента.

Для несущих стен следует применять газобетонные блоки YTONG классов по прочности на сжатие не ниже В 3,5, марок по средней плотности не менее D500, для самонесущих стен и ненесущих стен — классов по прочности на сжатие не ниже В 2,5.

Кладки в зависимости от их сопротивляемости сейсмическим воздействиям подразделяют на категории, определяемые в зависимости от временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление). Значение сопротивления осевого растяжения должно быть не менее 180 кПа для кладки I-й категории и не менее 120 кПа для кладки II-й категории.

Фактическое сопротивление осевому растяжению кладки из блоков YTONG, смонтированных на клеевом растворе, составляет 200 кПа (2 кгс/см<sup>2</sup>). Это больше требований, предъявляемых к кладке категории I.

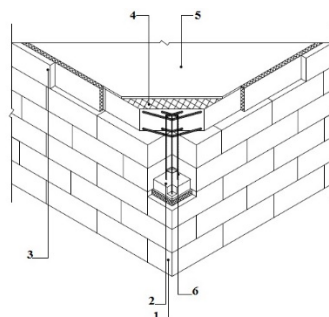


Рис. 3.53. Вариант устройства монолитных колонн в углах зданий для сейсмоопасных регионов: 1 — блоки YTONG; 2 — тяжелый бетон; 3 — доборный блок; 4 — металлическая сетка 40x40 мм; 5 — монолитное межэтажное перекрытие; 6 — армирующий каркас (4 стержня Ø 8–12 мм)

Высота этажа зданий с несущими стенами из газобетонных блоков, не усиленных армированием или железобетонными включениями, не должна превышать при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов 5, 4 и 3,5 м соответственно. При усилении кладки армированием или железобетонными включениями высоту этажа допускается принимать равной 6, 5 и 4,5 м соответственно. При этом отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 12. В зданиях из газобетонных блоков расстояние между стенами независимо от расчетной сейсмичности не должно превышать 9 м. Размеры элементов стен каменных зданий следует определять расчетом (табл. 3.20). В углах зданий возможно устройство монолитных колонн (рис. 3.53).

Таблица 3.20

**Допустимые размеры элементов стен каменных зданий**

Элементы стены	Размер элемента стены, м, при расчетной сейсмичности, баллы		
	7	8	9
Простенки шириной не менее, м, при кладке:			
– 1-й категории	0,64	0,90	1,16
– 2-й категории	0,77	1,16	1,55
Проемы шириной не более, м	3,5	3,0	2,5
Отношение ширины простенка к ширине проема, не менее	0,33	0,50	0,75
Выступ стен в плане не более, м	2	1	—
Вынос карнизов не более, м:			
– из материала стен	0,20	0,20	0,20
– из железобетонных элементов, связанных с антисейсмическими поясами	0,40	0,40	0,40
– из деревянных, оштукатуренных по металлической сетке	0,75	0,75	0,75

Ширину угловых простенков следует принимать на 25 см больше указанной. Простенки меньшей ширины необходимо усиливать железобетонным обрамлением. Проемы большей ширины следует окаймлять железобетонной рамкой. Вынос деревянных неоштукатуренных карнизов допускается до 1 м.

**Проектирование каркасных зданий с заполнением стен из газобетонных блоков в сейсмоопасных районах**

Применение самонесущих стен из каменной кладки допускается при шаге пристенных колонн каркаса не более 6 м, при высоте стен зданий, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, не более 12, 9 и 6 м соответственно. Для обеспечения раздельной работы

ненесущих и несущих конструкций при сейсмических воздействиях конструкция узлов сопряжения каменных стен и колонн, диафрагм и перекрытий (ригелей) должна исключать возможность передачи на них нагрузок, действующих в их плоскости. Прочность элементов стен и узлы их крепления к элементам каркаса должны быть подтверждены расчетом на действие расчетных сейсмических нагрузок из плоскости.

Кладка самонесущих стен в каркасных зданиях должна иметь гибкие связи с каркасом, не препятствующие горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен. Между поверхностями стен и колонн каркаса должен предусматриваться зазор не менее 20 мм. По всей длине стен в уровне плит покрытия и верха оконных проемов должны устраиваться антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания.

Связь стен с колоннами и диафрагмами по вертикали должна осуществляться не менее чем в трех точках, распределенных по высоте равномерно. Связь с перекрытиями должна осуществляться с шагом не более 3 м при обязательной постановке связей в местах сопряжения колонн (диафрагм) и перекрытий (ригелей).

Проектирование перегородок из газобетонных блоков в сейсмоопасных районах проводится в соответствии с СП 14.13330.2011. Перегородки следует соединять с колоннами, несущими стенами, а при длине более 3,0 м — и с перекрытиями. Конструкция крепления перегородок к несущим элементам здания и узлов их примыкания должна исключать возможность передачи на них горизонтальных нагрузок, действующих в их плоскости (рис. 3.54, рис. 3.55).

Крепления, обеспечивающие устойчивость перегородок в плоскости, должны быть жесткими. Прочность перегородок и их креплений должна быть подтверждена расчетом на действие сейсмических нагрузок. Для обеспечения независимого деформирования перегородок предусматривают антисейсмические швы вдоль вертикальных торцевых и верхних горизонтальных граней перегородок и несущими конструкциями здания. Ширину швов принимают по максимальному значению перегиба этажей здания при действии расчетных нагрузок, но не менее 20 мм. Швы заполняют упругим эластичным материалом.

Крепление перегородок к несущим железобетонным конструкциям выполняют соединительными элементами, приваренными к закладным изделиям или накладным элементам, а также анкерными болтами или стержнями. Крепление перегородок к несущим элементам пристрелкой дюбелей не допускается. По верху перегородок из газобетонных блоков укладывают горизонтальные арматурные сетки в слое цементно-песчаного раствора марки 100 толщиной не менее 30 мм. Общее поперечное сечение продольных стержней арматурной сетки должно быть не менее  $0,3 \text{ см}^2$ .

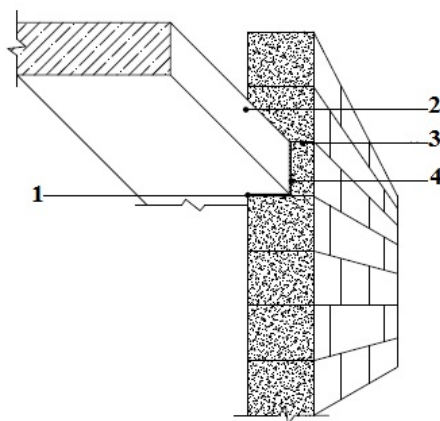


Рис. 3.54. Наружная стена из газобетонных блоков и опирание на монолитный железобетонный ригель каркаса (каркасно-монолитное строительство): 1 — заполнение монтажной пеной; 2 — монолитное перекрытие (ригель); 3 — доборный блок; 4 — растворный шов

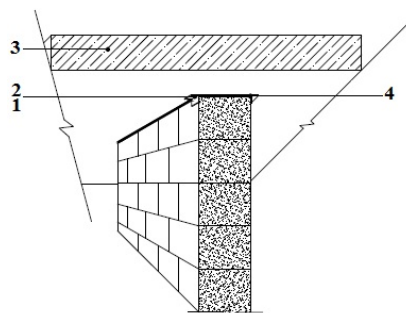


Рис. 3.55. Примыкание внутренней стены из газобетонных блоков к железобетонному перекрытию (каркасно-монолитное строительство): 1 — металлический уголок (45×45×5); 2 — крепеж (пневмодюбель); 3 — плита перекрытия; 4 — заполнение монтажной пеной

Дверные проемы в перегородках из газобетонных блоков на площадках сейсмичностью 8 и 9 баллов должны иметь железобетонное или металлическое обрамление.

В Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко были произведены динамические испытания стены с проемом из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG. Прочность нормального сцепления блоков, смонтированных на клеевом растворе марки «YTONG-эконом», составила 0,2 МПа, на цементном растворе — 0,07 МПа, т. е. прочность сцепления на клеевом составе в 2,8 раза выше, чем на цементном растворе.

Согласно пункту 6.14.5 СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах» для кладки I-ой категории нормальное сцепление должно быть не менее 0,18 МПа. Таким образом, в случае применения ячеистых бетонов класса В3,5 (М50) блоки из указанного материала могут быть рекомендованы для применения в сейсмически опасных регионах для кладки в несущих и самонесущих стен или заполнения каркаса.

### 3.2.9. Проектирование фундаментов, стен и подвалов

#### *Фундаменты и стены подвалов*

Стены подземной части зданий выполнять традиционным способом из бетонных блоков или монолитного железобетона (рис. 3.55, рис. 3.56). Применение газобетонных блоков YTONG для стен подвальных этажей не рекомендуется. В подвале здания при обеспечении требуемого влажностного режима (влажность воздуха не более 75 %) допускается устройство несущих внутренних стен из газобетонных блоков. При влажности воздуха более 60 % стены требуется защищать от намокания путем устройства на их поверхностях пароизоляционных покрытий.

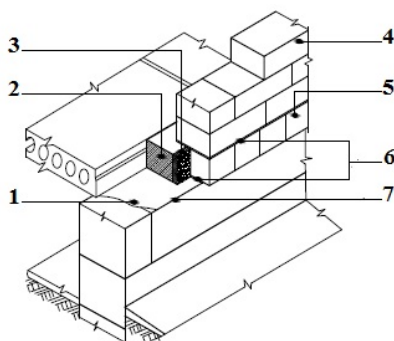


Рис. 3.56. Схема опирания наружной стены на железобетонное основание в местах примыкания плит перекрытий: 1 — гидроизоляция; 2 — монолитный железобетонный пояс; 3 — эффективный утеплитель; 4 — блоки YTONG; 5 — доборные блоки; 6 — цементно-песчаный раствор; 7 — кирпичная кладка

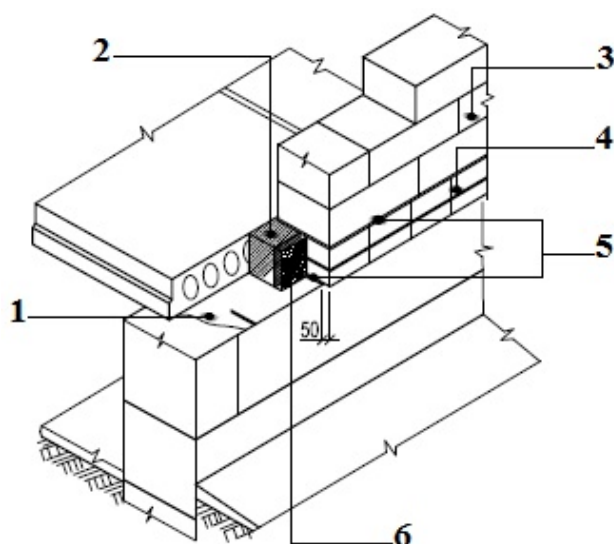


Рис. 3.57. Схема устройства цоколя в местах опирания плит перекрытий: 1 — гидроизоляция; 2 — монолитный железобетонный пояс; 3 — блоки YTONG; 4 — доборные блоки; 5 — цементно-песчаный раствор; 6 — эффективный утеплитель

Стены первого надземного этажа из газобетонных блоков YTONG должны быть защищены от проникновения влаги в местах их примыкания к цоколю, фундаментам, полу первого этажа здания и грунту с помощью гидроизоляции из рулонных, клеечных и обмазочных материалов. Наружную грань стены выполняют со свесом над цоколем не менее, чем на 50 мм, но не более  $1/3$  толщины кладки. Стены подвала и цокольного этажа могут быть монолитными или смонтированными из тяжелых бетонных плит.

Одним из наиболее надежных видов фундамента для дома из газобетонных блоков является железобетонная плита, обеспечивающая минимальность и равномерность усадочных деформаций. Допускается применение монолитного ленточного фундамента на песчаной подушке или столбчатого фундамента, обвязанного монолитным железобетонным поясом.

Газобетон характеризуется низкой устойчивостью к деформирующим нагрузкам при изгибе. Монолитный фундамент минимизирует деформационные нагрузки и предотвращает появление трещин в газобетонных стенах. Для изготовления монолитного фундамента используют высокопрочный бетон. Армирование выполняют арматурными стержнями диаметром не менее 12–14 мм.

Монолитный фундамент является универсальным основанием дома, применяемым на всех видах грунтов (рис. 3.57). Фундамент выдерживает жесткие климатические условия и значительные колебания грунта без образования перекосов здания. Оптимальное конструктивное решение по выбору типа фундаментов можно принять только на основании геологических изысканий грунта и расчетов, проводимых специализированными сертифицированными организациями.

### 3.2.10. Проектирование кровли

Практически любая строительная конструкция (и кровельная не исключение), имеет комбинированное функциональное назначение: конструктивное, несущее, теплозащитное, гидро- и звукоизоляционное и др. Такая конструкция представляет собой систему, объединяющую различные строительные материалы, расположенные в строгой последовательности. Совокупность материалов, объединяемых в систему, напрямую влияет на итоговые характеристики всей конструкции. Поэтому ряд стандартных совокупностей строительных материалов именуется строительными системами.

### **Кровля как строительная система**

Каждый слой, входящий в кровельный «пирог», имеет определенное функциональное назначение, зависящее от свойств строительного материала, составляющего этот слой. Основными функциональными слоями кровельной системы являются:

- основание, служащее опорой для всей конструкции крыши и кровли, в частности;
- пароизоляционный слой, препятствующий попаданию влаги в утеплитель;
- утеплитель (теплоизоляция), основной целью которого является препятствие прохождению тепловых потоков через конструкцию;
- стяжки в плоских кровлях, распределяющие внешние нагрузки и служащие основанием для гидроизоляционного ковра;
- защищающий от воды герметичный гидроизоляционный слой;
- пригрузки, а также слои эксплуатации, обеспечивающие наличие на кровле ровных эксплуатируемых поверхностей с высокими противопожарными характеристиками;
- доборные комплектующие элементы: воронки, флюгарки, крепеж, рейки и др.

Наиболее сложными участками крыш являются места: примыканий горизонтальной (наклонной) поверхности крыши к стенам и вертикальным поверхностям выступающих элементов; примыканий к проходкам (трубам, вентиляционным и дымовым шахтам, антеннам и пр.), а также сопряжений несущих стен их ячеистого бетона с конструкциями кровли (рис. 3.58).

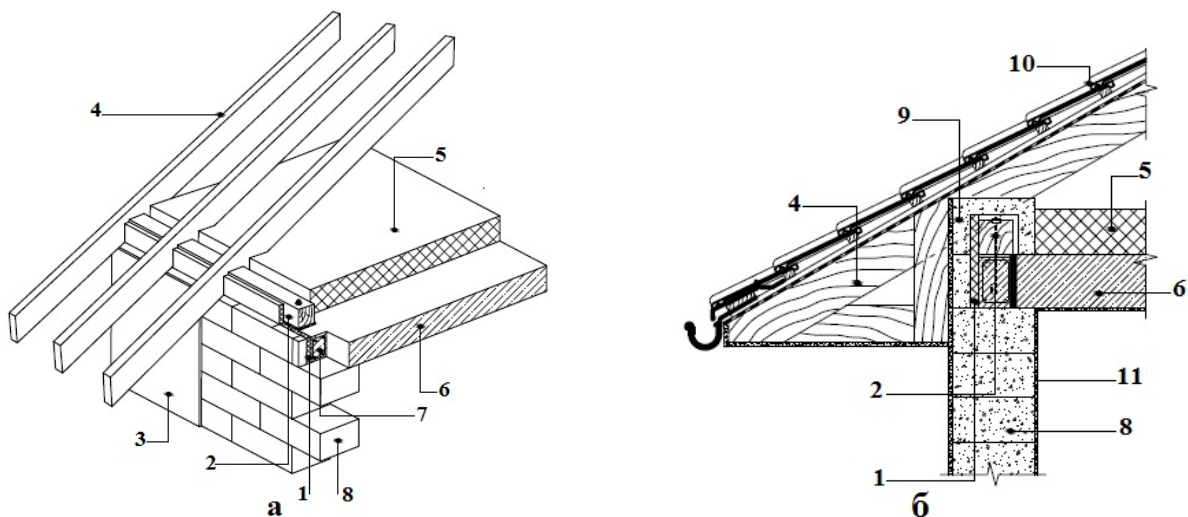


Рис. 3.58. Фрагмент кладки несущей стены из газобетонных блоков и кровельной системы: а — элемент конструкции; б — разрез по стене; 1 — минеральная вата; 2 — мауэрлат по рубероиду заанкеренный к венцу и утепленный минеральной ватой; 3 — наружная отделка; 4 — стропила; 5 — изоляция из минеральной ваты; 6 — монолитное железобетонное перекрытие или сборно-монолитное; 7 — железобетонный пояс; 8 — стена из блоков YTONG; 9 — перевернутые U-образные блоки, накрывающие мауэрлат между стропильными ногами; 10 — черепичная кровля по деревянной обрешетке; 11 — внутренняя отделка

**Сопряжение стен из газобетонных блоков с покрытием.** В скатной кровле деревянные стропила опираются на мауэрлат. Мауэрлат укладывают на гидроизоляционную прокладку и крепят к верхнему ряду кладки из газобетонных блоков металлическими оцинкованными анкерами (рис. 3.59).

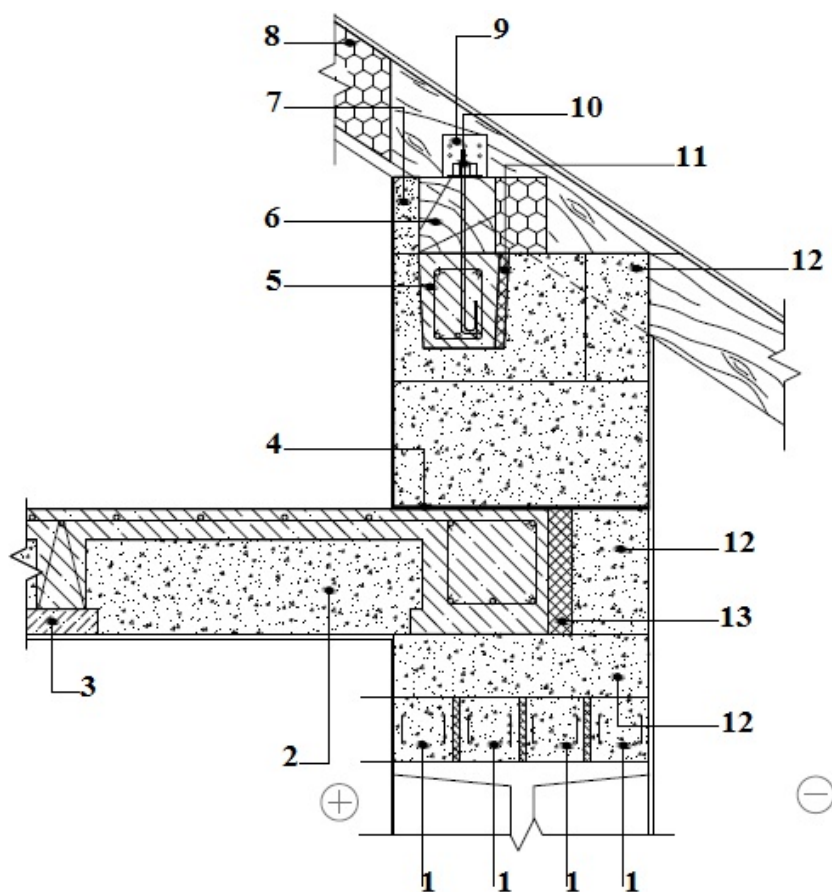


Рис. 3.59. Сопряжение несущей стены из газобетона с мансардным этажом и сборно-монолитным перекрытием: 1 — перемычка YTONG; 2 — Т-образные блоки; 3 — балка перекрытия; 4 — растворный шов, 10–30 мм; 5 — монолитный пояс в U-образных блоках; 6 — брус мауэрлата; 7 — блоки YTONG; 8 — минеральная вата; 9 — анкерный уголок; 10 — шпилька резьбовая, шайба, гайка (Ø 12 мм); 11 — минераловатная или экструзионный пенополистирол (ЭППС) толщиной 30 мм; 12 — доборный блок; 13 — ЭППС толщиной 50 мм

Пространственную жесткость конструкций скатной кровли обеспечивают дополнительно. Если кладка из газобетонных блоков возвышается над чердачным перекрытием более чем на 2 ряда блоков, то по верху кладки устраивают армированный пояс (рис. 3.60).

Крепление стропил к газобетонной кладке выполняется с помощью полосовых соединительных элементов на уровне 2-го и 3-го рядов блоков, считая от верха, или к чердачному перекрытию с помощью скруток из отожжённой проволоки. Парапет здания с совмещенной кровлей может выполняться из двух или более рядов газобетонных блоков в зависимости от размеров здания и уклонов кровли.

Для повышения устойчивости парапета верхние 2 ряда кладки соединяют между собой металлическими нагелями. Карниз плоской совмещенной кровли с неорганизованным водосток может изготавливаться из железобетона с обязательной анкерровкой карнизной плиты, препятствующей ее опрокидыванию и горизонтальному смещению (рис. 3.61). Устройство парапета здания (каркасно-монолитного) с совмещенной кровлей представлено на рис. 3.62.



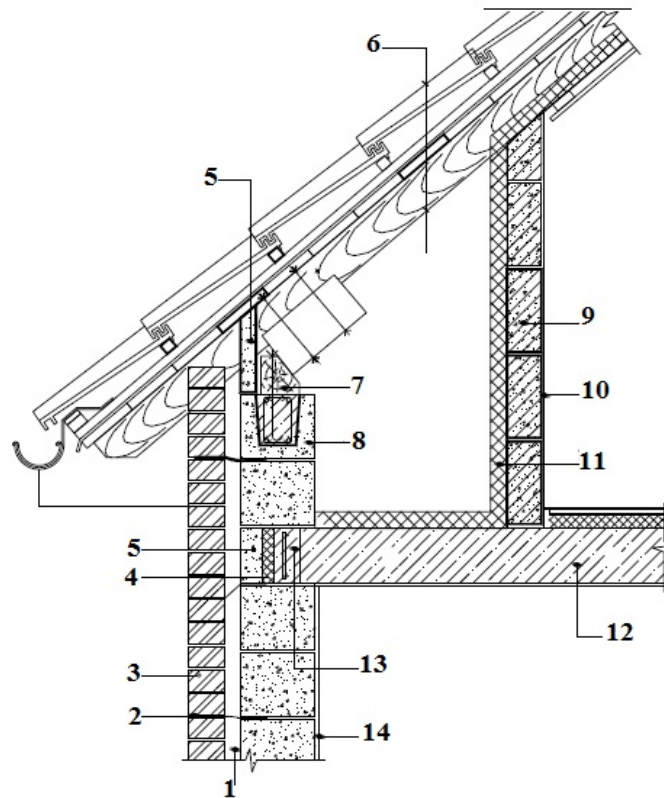


Рис. 3.60. Сопряжение несущей стены из газобетона с мансардным этажом и монолитным перекрытием: 1 — воздушный зазор; 2 — гибкие связи; 3 — облицовочный кирпич; 4 — минеральная вата или пенополистирол; 5 — доборный блок; 6 — кровельная конструкция; 7 — мауэрлат; 8 — U-образные блоки; 9 — блоки YTONG; 10 — внутренняя штукатурка; 11 — минеральная вата; 12 — железобетонная плита; 13 — монолитный армированный пояс; 14 — внутренняя отделка

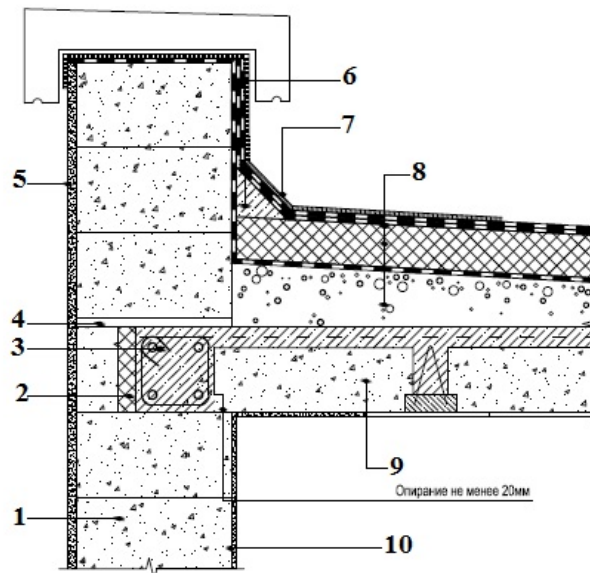


Рис. 3.61. Узел сопряжения стены из газобетонных блоков с совмещенной кровлей и парапетом: 1 — блоки YTONG; 2 — минеральная вата; 3 — железобетонный пояс; 4 — шов из цементного раствора; 5 — наружная отделка; 6 — бортик из цементно-песчаного раствора; 7 — дополнительный слой гидроизоляции; 8 — кровельная конструкция; 9 — сборно-монолитное перекрытие; 10 — внутренняя отделка

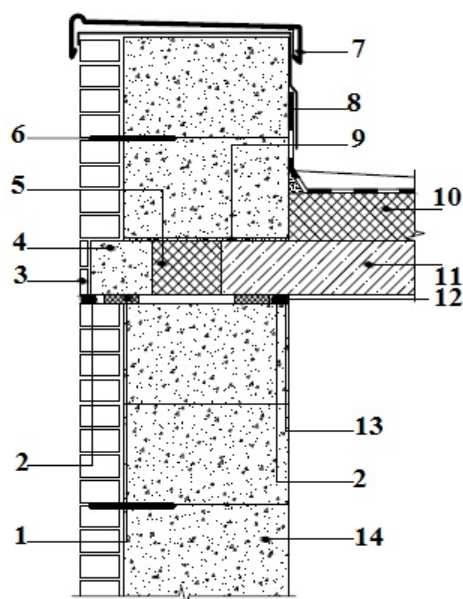


Рис. 3.62. Устройство парапета здания с совмещенной кровлей (каркасно-монолитное строительство): 1 — минераловатная плита; 2 — пороизол; 3 — керамическая плитка на цементном растворе; 4 — доборный блок; 5 — вкладыш из эффективного утеплителя; 6 — металлическая связь; 7 — защитный фартук из оцинкованного стального листа; 8 — гидроизоляция; 9 — выравнивающий раствор; 10 — конструкция кровли (по проекту); 11 — монолитное железобетонное перекрытие; 12 — затирка цементно-песчаным раствором; 13 — нетвердеющая герметизирующая мастика; 14 — блоки YTONG

Для малоэтажного строительства характерным является проектирование мансардного этажа. Мансарда — это чердачное эксплуатируемое и утепленное помещение под крутой с изломом крышей. Оптимальный комплект мансарды обычно включает деревянные (реже металлические) стропильные конструкции, теплоизоляционные материалы, энергосберегающие оконные блоки, кровельную систему и листовые отделочные материалы на основе гипса: гипсоволокнистые или гипсокартонные листы, в том числе водо- и огнестойкие.

### 3.3. Технология работ в системах YTONG

#### 3.3.1. Общие рекомендации по проведению работ

*Строительные работы в летний сезон при повышенных температурах.* При температурах свыше 30 °С требуются дополнительные меры при возведении каменной кладки. При жаркой погоде испарение воды и смеси происходит значительно быстрее, тем самым количества влаги для нормального процесса затвердения становится недостаточно. Если потеря влаги слишком велика, то готовый раствор не в состоянии обеспечить полноценную связку строительных конструкций. Также при высоких температурах поверхность блоков нагревается и негативный процесс ускоряется. Чтобы избежать отрицательного воздействия жарких погодных условий настоятельно рекомендуется предварительно смачивать блоки: строительные блоки малых форматов опускают в ванночку (любую форму), заполненную водой, в то время как поверхность крупногабаритных элементов обрабатывают мокрой кистью.

*Строительство в зимнее время.* При отрицательных температурах обработка любых строительных блоков крайне сложна и затраты на необходимые меры безопасности крайне высоки. При низких температурах вода для смеси должна быть заранее подогрета, однако, в любом случае, необходимо проконтролировать, чтобы на протяжении всего процесса «схватывания»

температура раствора не опускалась ниже установленного минимума. Использование дополнительных противоморозных добавок не требуется. Кладка блоков допускается только при условии, что их поверхность полностью свободна ото льда, а сам материал не заморожен. Применение специальных размораживающих веществ — в частности, соли — не допустимо, поскольку они могут отрицательно сказаться на существующей концентрации хлорида, а также повредить швы каменной кладки и другие бетонные элементы. Готовые стеновые конструкции в зимние месяцы необходимо накрывать защитным теплоизолирующим чехлом. Внутренняя часть покрытия должна обеспечивать температуру, необходимую для нормального процесса затвердения.

*Защита стеновой кладки при консервации (для длительного последующего использования).* Важно обеспечить должную защиту от влаги, необходимо избегать непосредственного попадания влаги в основание возводимой конструкции, а также предусмотреть укрытие верхнего ряда кладки для защиты от осадков.

*Безопасность работ на строительных площадках.* При организации строительного процесса необходимо руководствоваться установленными правилами и нормами безопасности. Данные нормы охватывают как вопросы грамотного планирования строительной площадки, так и требования к строительному процессу в целом. Техника безопасности является важнейшим инструментом для предотвращения аварийных ситуаций в процессе работ. Исполнители на местах должны быть ознакомлены с индивидуальными средствами защиты (включая рабочую обувь, одежду, защиту для глаз, головы и слуха) и использовать их надлежащим образом.

### 3.3.2. Устройство фундаментов различного типа

*Сплошной фундамент-монолит для дома из газобетона — железобетонная плита.* Плиты закладывают под всю площадь здания. Большая площадь опоры железобетонной плиты уменьшает давление на грунт. Фундамент-монолит устойчив к нагрузкам, возникающим при просадке, замораживании и оттаивании грунта. Обязательно устройство дренажа вокруг фундамента и укладка двухслойной гидроизоляции на подбетонке (тонком слое бетона в основании фундамента).

После укладки гидроизоляции выполняется армирование и заливка фундаментной плиты. Когда бетон затвердевает, проводятся работы по вязке арматурного каркаса и созданию опалубки стен. Каркас создается в виде цельной конструкции, захватывающей отмостку. Для предотвращения вспучивания стен опалубка жестко фиксируется выравнивающими балками, стяжными болтами и домкратами. Чтобы бетон не вытекал, к внутренней стороне опалубки прикрепляют полиэтилен или рубероид.

Бетонирование выполняют слоями не более 15 см. Бетон разравнивают лопатой и утрамбовывают штыкованием. Для того, чтобы бетон заполнил пустоты между опалубкой и арматурой, опалубку простукивают снаружи. Армированные фундаменты бетонируют в один прием. Демонтаж опалубки производят после того, как бетон набрал необходимую прочность. Полости, образующиеся между стенами котлована и фундаментом, засыпают грунтом.

При опирании стен на фундаментную плиту цокольная часть кладки (высотой не менее 500 мм) должна быть гидроизолирована как с наружной стороны стен (для защиты от снега), так и в месте опирания кладки на плиту. С целью снижения теплопотерь располагающийся под свесом кладки торец фундаментной плиты рекомендуется утеплить. Толщина утеплителя определяется по расчету, но в любом случае должна составлять не менее 50 мм.

Утеплитель может располагаться как под свесом кладки, так и выступать за ее пределы (при толщине утеплителя большей ширины свеса). В качестве утеплителя для данного конструктивного решения рекомендуется использовать изделия из экструдированного пенополистирола (ЭППС).

*Ленточный монолитный фундамент для дома из газобетона.* При ленточном фундаменте кладку наружных стен рекомендуется производить по цоколю здания высотой не менее 500 мм (от уровня отмостки) в целях предотвращения намокания кладки снегом при его подтаивании. Железобетонная полоса, идущая по периметру здания, образует жесткую горизонтальную раму, которая обеспечивает устойчивость строения.

Поскольку газобетон имеет малый удельный вес, при строительстве домов из газобетонных блоков (как и при возведении деревянных домов) возможно устройство мелкозаглубленного ленточного фундамента. Если под домом планируется построить цокольный этаж, подвал или гараж, необходимо устанавливать заглубленный ленточный фундамент.

*Столбчатый монолитный фундамент для дома из газобетона.* Каркас столбчатого монолитного фундамента — столбы, устанавливаемые в углах здания, местах с повышенной нагрузкой и местах пересечения стен. Столбы могут быть изготовлены из бетона, железобетона, кирпича или камня. Очень важно, чтобы столбы были установлены строго вертикально.

Пространство между столбами заполняют крупнозернистым песком или щебнем. Затем фундамент заливают бетоном или железобетоном. Столбчатый монолитный фундамент не применяют на слабонесущих грунтах и в местах с перепадами высот. Такой фундамент нельзя использовать в качестве опоры для зданий из газобетонных блоков с цокольным этажом, подвалом или гаражом. Фундаменту для дома из газобетона необходима горизонтальная и вертикальная гидроизоляция, которая выполняется в соответствии с индивидуальным проектом.

Стены подвала и цокольного этажа могут быть монолитными или смонтированными из тяжелых бетонных плит. Проводятся работы по гидроизоляции и утеплению подвала и цоколя.

### 3.3.3. Приготовление растворов YTONG

*Приготовление раствора для тонкошовной кладки блоков YTONG летней модификации (Premium, Econot).* Содержимое мешка высыпают в емкость с чистой водой из расчета 7–8 л воды на 1 мешок (25 кг) и тщательно перемешивают в течение 3 минут с помощью миксера, установленного на дрели с малыми оборотами. Выдерживают паузу в 5 мин и повторно перемешивают раствор миксером. Консистенция раствора должна быть пластичной. Пластичность оценивают следующим образом: при нанесении раствора зубчатой кельмой бороздки не должны растекаться. При сгущении раствора необходимо повторно перемешать его. Недопустимо повторное добавление воды.

Раствор для тонкошовной кладки блоков YTONG следует равномерно наносить на блок специальной зубчатой кельмой. При температурах выше +30 °С поверхность блока после обеспыливания необходимо сильно смачивать водой.

Использование стандартного цементно-песчаного раствора для тонкошовной кладки возможно только при условии идеально ровного первого ряда стены. Для этого кладку первого ряда осуществляют на обычный цементно-песчаный раствор. Блоки укладывают с легким нажимом, постукивая резиновым молотком, заполняют раствором и вертикальные швы. Рабочий раствор наносят по ровной поверхности в 1 слой толщиной от 1 до 3 мм. Время схватывания рабочего раствора при температуре (20±2) °С и влажности (65±80) % составляет до 4 часов.

*Приготовление зимнего раствора для тонкошовной кладки блоков YTONG.* Зимняя модификация используется для внутренних и наружных работ в зимнее время года при кладке стен из блоков, изготовленных по высокому классу точности. Имеет повышенную водоудерживающую способность и дает возможность выполнять кладку с тонкими швами (1–3 мм), сводя к минимуму теплопотери через швы кладки. При этом работа отличается простотой, высокой скоростью монтажа, возможностью проведения корректировки положения блока.

### 3.3.4. Кладочные работы

#### *Подготовка поверхностей и материалов*

Поверхность блоков YTONG должна быть чистой и сухой. Укладываемые блоки должны быть прочными, обеспыленными, без отслаивающихся элементов и материалов, снижающих адгезию. Незначительные неровности необходимо предварительно выровнять раствором для тонкошовной кладки блоков. В жаркую погоду поверхность блоков рекомендуется смачивать водой.

Раствор равномерно наносится на горизонтальную поверхность блока с помощью кельмы. На вертикальную поверхность блока раствор наносят посредством прижатия кельмы к нижней части вертикальной стенки блока и перемещения ее вверх. На нанесенный на основание клеевой слой укладывают с легким нажатием блок не позднее, чем через 5 минут после нанесения клея. Положение блока можно скорректировать в течение 10–15 минут после его укладки. Толщина шва — 1–3 мм.

Изготовление доборных элементов осуществляется при помощи ножовки или электрической ленточной пилы. Чтобы получить гладкую поверхность и обеспечить хорошее сцепление раствора с блоком, поверхность блока выравниваем рубанком или шлифовальной доской (рис. 3.63).



**а**



**б**

Рис. 3.63. Резка блоков: а – резка вручную; б – резка с использованием ленточной пилы



**а**



**б**



**в**

Рис. 3.64. Подготовка поверхности: а — нанесение первого слоя цементно-песчаного раствора на фундаментное основание; б, в — выравнивание с помощью уровня и резинового молотка

Для обработки газобетонных блоков используют стандартные инструменты — кельма, киянка, уровень, рубанок, шлифовальная доска и пр. (рис. 3.64). Фундаментные плиты и бетонные основания не обладают идеально ровной поверхностью. Данные недочеты могут быть сведены до минимума, если первый ряд стеновой кладки установить на стандартный цементно-песчаный раствор.

Перед началом кладки стен проверяют горизонтальность фундамента и, при необходимости, осуществляют его выравнивание. Допустимое отклонение составляет 30 мм. Далее очищают поверхность фундамента щеткой и укладывают рулонный гидроизоляционный материал: соединение полос производится с нахлестом не менее 150 мм.

### ***Кладка первого ряда стен***

Точность укладки первого слоя блоков влияет на укладку последующих рядов, а в результате — на точность возведения стен в целом. Первый ряд изделий из ячеистого бетона

укладывается на цементно-песчаный раствор, содержащий противоморозные добавки с толщиной не менее 20 мм. Толщина растворного слоя может изменяться в зависимости от неровности фундамента. Последующие ряды блоков укладываются на раствор для тонкошовной кладки. Раствор применяют при температуре от минус 10 °С до +5 °С.

Кладка первого ряда стен начинается с закладывания блока в каждом углу здания. Первым закладывается блок в самом высоком углу здания, уровень которого определяется с помощью нивелира (рис. 3.65). Горизонтальное и вертикальное положение блоков контролируется с помощью уровня и при необходимости корректируется резиновым молотком.

Угловые элементы особенно важны, поскольку именно они определяют положение и стабильность всей стеновой конструкции. Оставшиеся угловые элементы устанавливают аналогично первому. Укладку последующих блоков ориентируют на шнур-причалку, натянутый между установленными угловыми блоками. Если расстояние между углами превышает 10 метров, то между угловыми блоками устанавливается дополнительный блок, за который закрепляется шнур. Данная мера предотвращает его провисание.

Далее блоки плотно прижимают друг к другу и корректируют их положение при помощи уровня и резинового молотка. Имеющиеся неровности кладки устраняются при помощи шлифовальной доски или рубанка. Мелкие загрязнения и пыль удаляются щеткой (рис. 3.65).



**а**



**б**



**в**



**г**

Рис. 3.65. Кладка первого ряда: а — шнур-причалка для ориентации высоты укладки блоков; б — вертикальный шов первого углового элемента; в — установка первого ряда блоков; г — готовая кладка 1-го ряда на растворе



Рис. 3.66. Удаление неровностей кладки: а — выравнивание с использованием шлифовальной доски; б — шлифовка с использованием рубанка; в — удаление пыли и загрязнений при помощи щетки

### **Укладка второго ряда**

К кладке второго ряда блоков приступают после схватывания цементного раствора, т. е. спустя 1–2 часа после кладки первого ряда. По окончании возведения первого ряда по всему периметру будущего здания устраняют имеющиеся неровности при помощи шлифовальной доски или рубанка для того, чтобы обеспечить ровную горизонтальную укладку последующих блоков. Очищают поверхность от пыли и прочих мелких загрязнений. Далее при помощи кельмы или каретки наносят раствор для тонкошовной кладки. Стартовой точкой является любой угловой элемент здания.



Рис. 3.67. Нанесение клеящего слоя: а — каретка для нанесения раствора; б — равномерное нанесение раствора

Кельму или каретку подбирают в соответствии с толщиной стены и с их помощью равномерно распределяют раствор по всей поверхности блоков. Толщина швов в 1–3 мм. За один раз раствор для тонкошовной кладки наносится не более чем на 2–3 блока. Консистенция раствора считается оптимальной, если при его нанесении образуемые борозды не растекаются (рис. 3.67). С целью предотвратить чрезмерно быстрое высыхание раствора при длительной сухой погоде, швы между отдельными блоками смачивают.

После закладки углов растягивают шнур-причалку, как это делалось при кладке первого ряда, и заполняют очередной ряд. Наносят раствор с помощью кельмы, затем, перевернув кельму, равномерно распределяют по всей поверхности блока.

Все последующие блоки устанавливают аналогично (рис. 3.68, рис. 3.69). Расположение блоков корректируется при использовании резинового молотка и уровня. Очередные ряды наружных углов кладут, используя перевязку. Глубина плашковой перевязки составляет не менее 10 см.

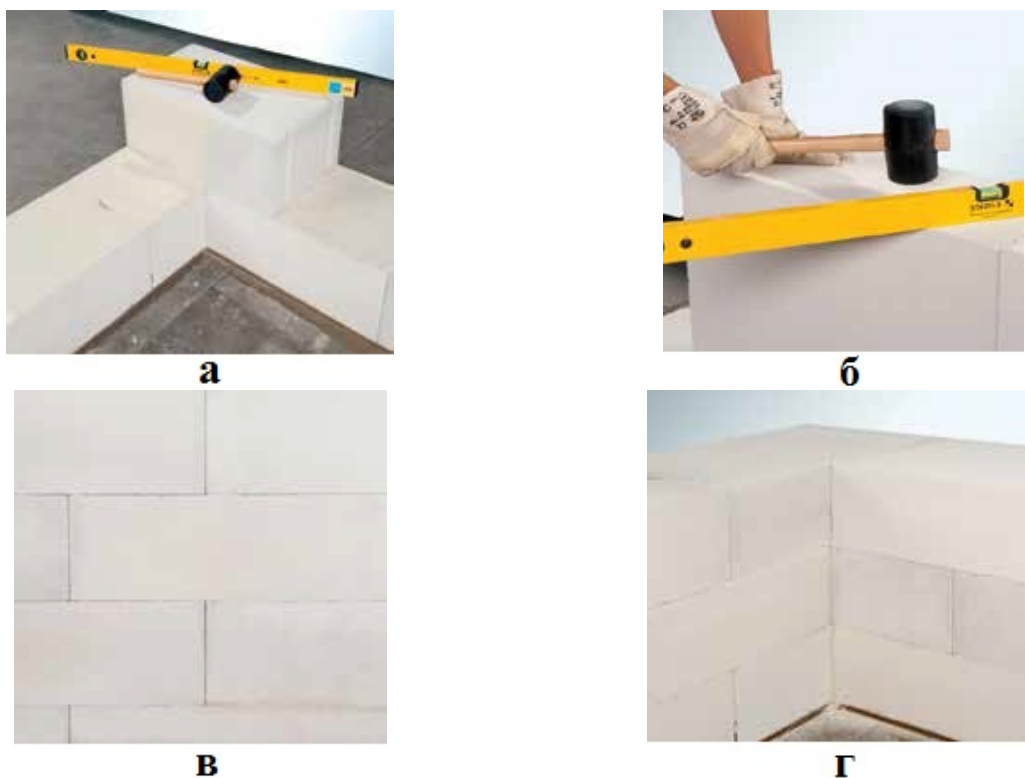


Рис. 3.68. Укладка блоков 2-го ряда: а — закладка углового элемента второго ряда; б — проверка и корректировка при помощи уровня и резинового молотка; в — правильная перевязка; г — правильное соединение угловых элементов



Рис. 3.69. Укладка углового блока 3-его ряда

Длина крайних блоков (на краях дверных и оконных проемов или углов здания) должна быть не менее 11,5 см. Равно как и при кладке первого ряда, при строительстве второго ряда необходимо проконтролировать поверхность блоков на наличие неровностей и изъянов, и при необходимости скорректировать их с использованием шлифовальной доски или рубанка. Возведение всех последующих рядов осуществляется аналогично укладке второго ряда, при этом, при высоте более 1,25 м, используют подъемную технику.

#### ***Перевязка внешних и внутренних несущих стен и перегородок***

Кладку стены проверяют и тщательно очищают от пыли и загрязнений. Несущая внутренняя стена связывается с наружной стеной кладкой с перевязкой блоков и фиксацией связями и (или) закладными элементами.



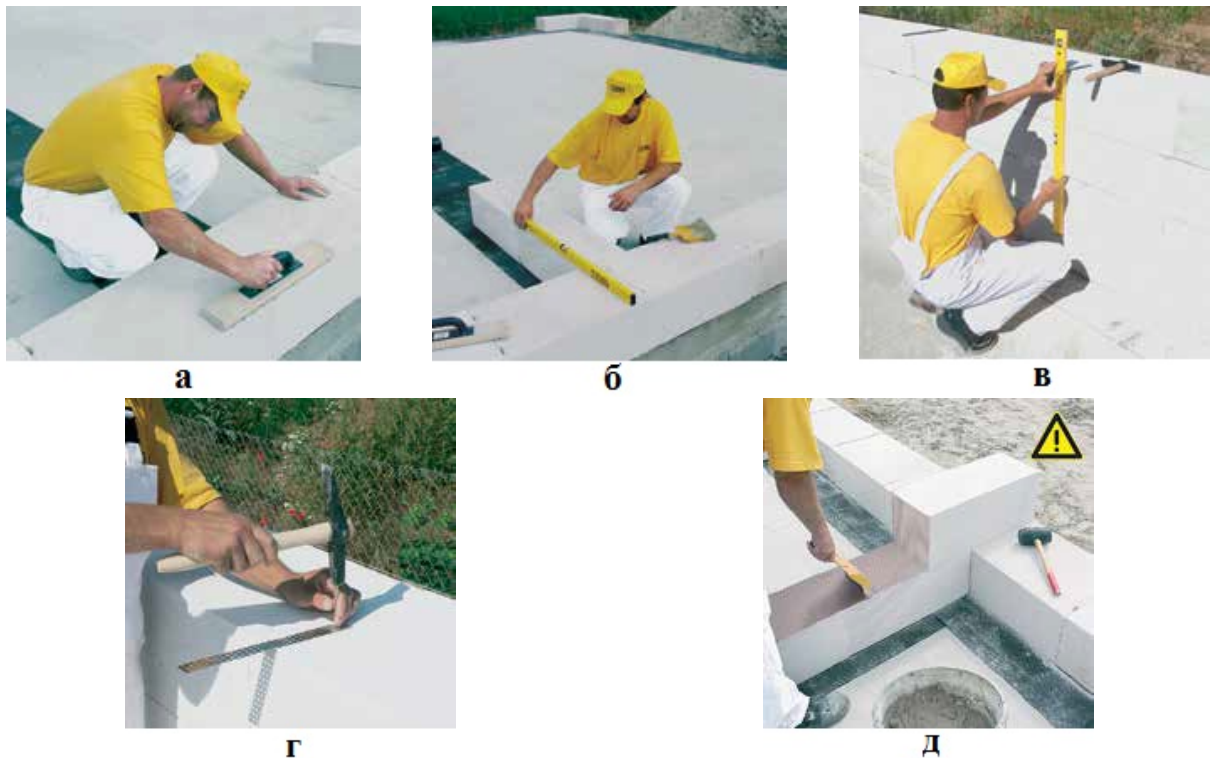


Рис. 3.70. Перевязка внешних и внутренних несущих стен: а — выравнивание поверхности; б, в — проверка точности кладки по горизонтали и вертикали; г — установка пластиковой связи; д — нанесение раствора



Рис. 3.71. Установка связей: а — закладка связи в шов; б — закладка связи в шов примыкающей стены

Первый ряд блоков кладут на цементно-песчаный раствор толщиной не менее 20 мм. Контролируют совпадение уровней стен по горизонтали, а также точность кладки блока по горизонтали и вертикали. Уровень блоков выравнивают с помощью резинового молотка. Раствор также наносят на вертикальную поверхность блока.

В соответствии с проектом дома обозначают на несущей стене место для будущей перегородки. Разметка должна быть строго перпендикулярна фундаменту. В месте, где будет перегородка, в клеевой шов вкладывается гибкая связь из нержавеющей стали. Анкеры одним концом монтируют в несущую стену, а другим концом — в шов перегородки. Гибкие связи кладки закрепляются в шве гвоздями (рис. 3.70).

При дальнейшей кладке необходимо следить за тем, чтобы раствор укладывался по всей ширине блока. Гибкие связи кладки вкладываются в каждый второй ряд блоков несущей стены (рис. 3.71). Гибкие связи кладки можно монтировать в слой раствора и без гвоздей — путем вдавливания.

Если однослойные стены из блоков используют для заполнения железобетонного (в том числе монолитного) каркаса, то для крепления перегородок к перекрытиям используют гибкие связи с герметизацией монтажной пеной.

Соединение стены, заполняющей каркас, с железобетонной колонной или перпендикулярной железобетонной стеной выполняют при помощи металлических связей. Связи располагают через каждые 2–3 слоя блоков (рис. 3.72). Одну часть связи помещают в шве кладки из блоков и закрепляют специальными гвоздями, а вторую часть связи крепят к боковой поверхности столба или стены.

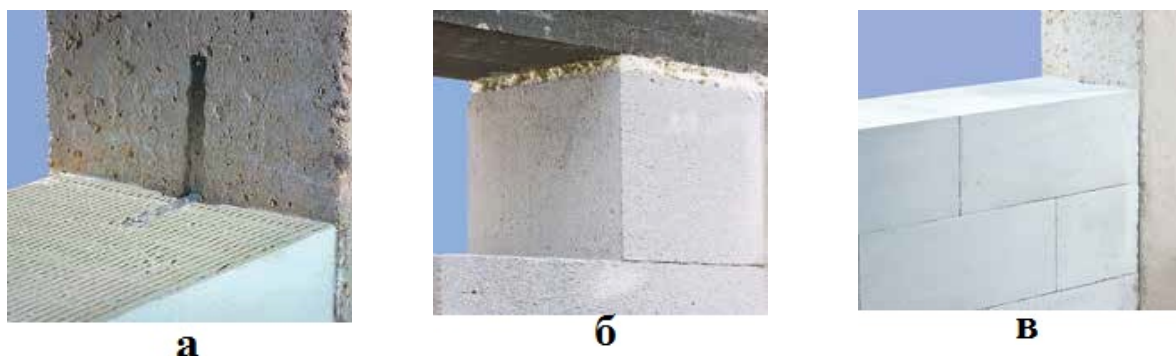


Рис. 3.72. Примыкания стены: а — к железобетонной колонне; б — к железобетонному ригелю; в — к железобетонному каркасу

#### *Армирование под оконным проемом*

Армирование осуществляют в предпоследнем ряду блоков (рис. 3.73). На поверхности блоков обозначают длину оконных проемов. Длина арматуры должна быть длиннее оконного проема не менее чем на 0,5 м с каждой стороны. В средней части кладки блоков при помощи ручного штробореза делают пазы, соответствующие длине арматуры. Размеры паза не менее 40х40 мм. Удаляют пыль, образовавшуюся при вырезке пазов. Перед заполнением паза раствором и укладки арматуры паз увлажняют. Подготовленный паз заполняют цементным раствором до половины глубины. Можно использовать и раствор для тонкошовной кладки блоков.



Рис. 3.73. Армирование под оконным проемом: а, б — штробирование пазов и удаление пыли; в — увлажнение паза; г — частичное заполнение паза раствором; д — укладка арматуры; е — заполнение паза раствором; ж — укладка следующего ряда блоков

Стальной стержень (арматуру из профилированной стали диаметром не менее 6 мм) укладывают в паз. После погружения стержня в цементный раствор паз полностью заполняют раствором. Излишек раствора удаляют мастерком. Поверхность кладки выравнивают, удаляют щёткой загрязнения и пыль. Необходимость в технологическом перерыве отсутствует. Приступают к кладке очередного ряда блоков, который будет находиться непосредственно под оконным проемом. При этом контролируют перевязку блоков минимум на 10 см. Блоки укладывают на тонкий слой раствора для тонкошовной кладки.

### 3.3.5. Выполнение специальных узлов

#### *Укладка блоков тонких форматов*

**Закладка первого ряда.** Первый ряд стеновой кладки определяет последующее положение стены в целом. Для обеспечения горизонтальности первый ряд блоков устанавливают на стандартный цементно-песчаный раствор, его вертикальное положение контролируется при помощи уровня (рис. 3.74). В случае необходимости дополнительно устанавливают элементы горизонтального уплотнения. При возведении перегородок в ванных комнатах всегда целесообразна горизонтальная гидроизоляция. По окончании закладки первого ряда в горизонтальные швы устанавливают анкера, обеспечивая соединение стены с соседней конструкцией. Дальнейшая кладка осуществляется на раствор для тонкошовной кладки.



Рис. 3.74. Укладка блоков тонкого формата: а — проверка правильности установки 1-го блока; б — установка анкера; в — 1-й блок 2-го ряда

**Возведение второго ряда.** При укладке блоков YTONG тонких форматов необходимо соблюдать минимальную перевязку 10 см. Возведение второго ряда начинают с закладки половины блока, распиленного с помощью ножовки. Чем больше перевязочное расстояние, тем стабильнее возводимая перегородка. При помощи кельмы на горизонтальные швы кладки наносится тонкошовный раствор и устанавливают блоки. Неровности корректируют с помощью шлифовальной доски или рубанка. Шов между перекрытием и верхним краем перегородки необходимо заполнить эластичным материалом.

#### *Монтаж дугообразных блоков*

Дугообразные блоки YTONG (рис. 3.75, рис. 3.76) позволяют формировать широкий спектр дизайнерских решений. Формирование криволинейных поверхностей рассмотрим на примере выполнения душевой кабины. В соответствии с проектом (чертежом) душа в форме улитки или закругленного душа, на строительной площадке 1-й ряд сегментных дугообразных блоков укладывают горизонтально на известково-цементный раствор. Для более оптимального соединения блоки укладывают ряд за рядом с перевязкой. На торцы блоков наносится раствор для тонкошовной кладки (рис. 3.77).

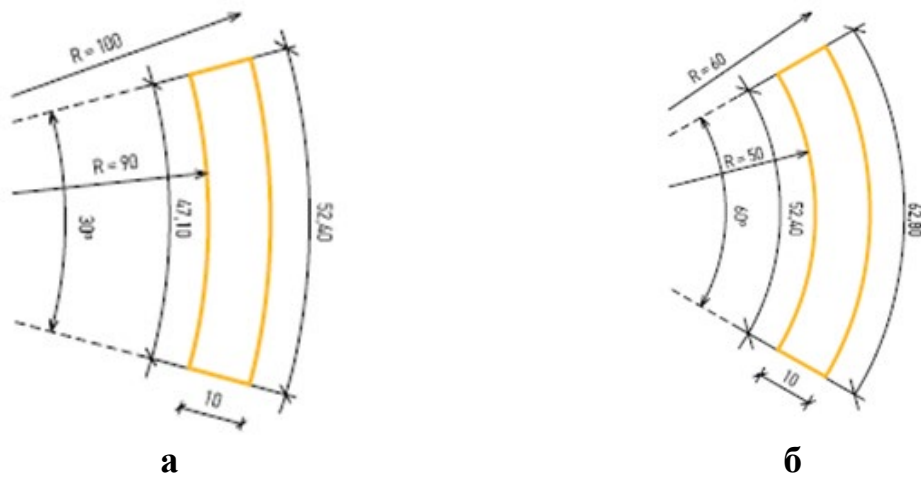


Рис. 3.75. Дугообразные блоки с радиусом кривизны: а — 70 см; б — 50 см

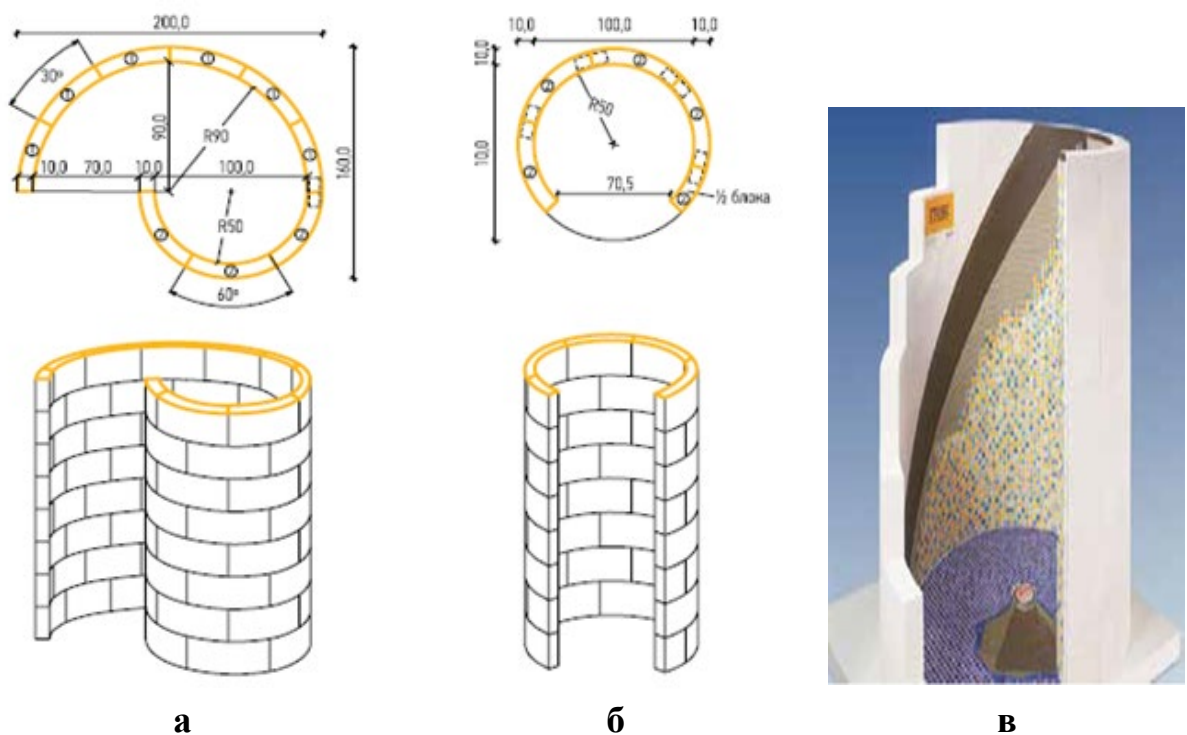


Рис. 3.76. Варианты конструкций из дугообразных блоков: а — ракушка; б — сегмент; в — закругленная перегородка

Каждый уложенный ряд блоков обрабатывают шлифовальной доской, пыль убирают щеткой, после чего укладывают следующий ряд блоков. Горизонтальные швы в области смены радиуса армируют. После армирования наносят раствор. При помощи штробореза формируют каналы для прокладки электропроводки и коммуникации. Проложенные коммуникации (проводка, труба) цементируют в стене. Далее на всю внутреннюю стену душевой кабины наносят влагостойкое грунтовое покрытие толщиной 2–5 мм.

После высыхания грунтовочного слоя наносят два слоя обмазочной гидроизоляции. Оптимальным вариантом для облицовки душа в форме улитки или закругленного душа является облицовочная плитка (рис. 3.78). После заделки швов облицовочной плитки душ в форме улитки из дугообразных блоков готов.



**а**



**б**



**в**



**г**

Рис. 3.77. Укладка дугообразных блоков: а — укладка первого ряда дугообразных блоков; б — армирование горизонтальных швов; в — о поверхности кладки шлифовальной доской; г — изготовление каналов для прокладки электропроводки



**а**



**б**



**в**

Рис. 3.78. Облицовка душа: а — нанесение влагостойкого грунтового покрытия; б — облицовка плиткой; в — затирка поверхности

### **Технология монтажа армированных перемычек**

Перемычки имеют высоту 125 мм. Проектная несущая способность перемычек достигается перекрытием как минимум одним рядом кладки блоков (рис. 3.79, рис. 3.80). Необходимую ширину перекрытия формируют из комбинации готовых перемычек разной ширины. Глубина опоры составляет минимум 250 мм. В местах опирания перемычки укладывают на раствор для тонкошовной кладки.

При толщине наружной стены 500 мм используют две перемычки шириной 175 мм и перемычку с шириной 150 мм (или четыре перемычки с толщиной 125 мм). Положение перемычки регулируют при помощи резинового молотка. Перемычку укладывают так, чтобы напечатанная на ней стрелка указывала вверх. При использовании комбинаций из нескольких перемычек их омоноличивание осуществляют раствором для тонкошовной кладки. Перемычки должны плотно прилегать друг к другу, неровности на их поверхности выравнивают рубанком. После этого поверхность очищают от грязи и пыли щеткой.

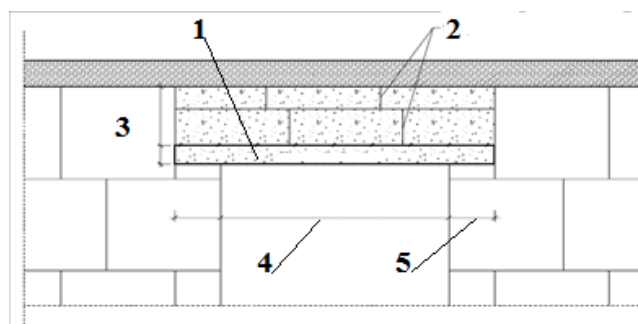


Рис. 3.79. Конструкция перемычки: 1 — перемычка; 2 — вертикальные швы, заполненные раствором; 3 — перекрытие перемычки; 4 — пролет в свету; 5 — глубина опирания



**а**



**б**

Рис. 3.80. Монтаж перемычки: а — нанесение раствора; б — укладка перемычки

Если перемычки укладываются на блоки со стандартной высотой, то для достижения требуемой высоты укладывают выравнивающий слой из блоков. Перемычка может быть уложена на блоки с предварительным выпилом.

При проеме в свету менее 1,25 м не требуется установка дополнительных опор. При большем проеме требуются дополнительные опоры. Блоки укладывают на перемычку на раствор для тонкошовной кладки. Вертикальные стыки омоноличивают также с применением тонкошовного раствора. Раствор в стыках распределяют по всей поверхности блоков. Перемычки приобретают несущую способность после затвердевания раствора для тонкошовной кладки. Временные опоры удаляются.

### **Возведение сборно-монолитных перемычек из U-образных блоков**

Сборно-монолитные перемычки состоят из U-образных блоков и железобетона, укладываемого в желоб, формируемый U-образными блоками. U-образные блоки, таким образом,

можно рассматривать как элемент опалубки для железобетона. Железобетон имеет соответствующее проведенным расчетам армирование, как правило, пространственными арматурными каркасами.

U-образные блоки укладывают на подготовленное горизонтальное основание (доски или брус), имеющее надежную опору, исключающую прогибы перемычек в процессе заливки бетона. Глубина опирания перемычки на стены составляет не менее 250 мм. Вертикальные швы между U-образными блоками заполняют раствором для тонкошовной кладки блоков.

После установки U-образных блоков в них закладывают и фиксируют арматурные каркасы. Арматурные каркасы укладывают ближе к внутренней грани U-перемычки. Между внешней стенкой U-перемычки и арматурным каркасом укладывается теплоизоляция, которая, как правило, представляет собой листы из экструзионного пенополистирола толщиной до 20 мм.

Перед началом бетонирования U-перемычку смачивают водой. Для бетонирования применяют бетон установленного проектом класса. Бетон тщательно уплотняют, поверхность залитого бетона выравнивают. После полного затвердевания бетона перемычка приобретает несущую способность. Удаление временных опор осуществляют после достижения несущей способности перемычки.

### **Монтаж сборно-монолитного перекрытия**

Сборно-монолитное перекрытие разработано для применения в жилищном, гражданском и промышленном строительстве (рис. 3.81) и используется для возведения зданий по комплексной системе YTONG. Монтаж балок производится вручную или с применением средств малой механизации.

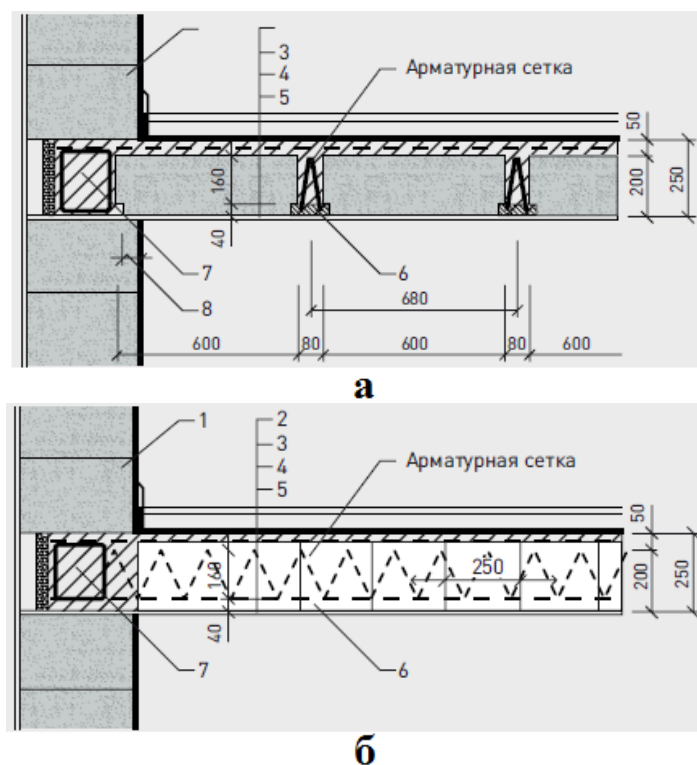


Рис. 3.81. Конструкция сборно-монолитного перекрытия: а — сечение конструкции перекрытия перпендикулярно оси балки; б — сечение конструкции перекрытия параллельно оси балки; 1 — стеновой блок YTONG; 2 — конструкция пола; 3 — бетонная заливка (B20), армированная сеткой; 4 — блок перекрытия; 5 — штукатурка; 6 — балка перекрытия; 7 — монолитный пояс; 8 — зона опоры блока перекрытия (мин. 20 мм)

Использование сильно поврежденных элементов (балок с треснутой бетонной пятой балки, с деформированной или лопнувшей арматурой, сломанных блоков или блоков с отломанным зубцом) не допускается.

Балки укладываются на очищенную горизонтальную поверхность стены. Если верхняя часть кладки из блоков имеет небольшие неровности, то их сглаживают при помощи рубанка и создают ровную горизонтальную поверхность для опоры. В случае наличия ярко выраженных неровностей (более 15 мм), а также при пролётах более 6 м, используют армированную бетонную или цементно-песчаную стяжку М 100 толщиной не менее 50 мм.

Перед началом сбора перекрытия проводят проверку правильности установки опорной конструкции. Ставить опоры на замерзший грунт не рекомендуется, под опорные столбы укладывают прокладки.

Балки на время монтажа и бетонирования могут иметь инвентарные временные опоры: телескопические стойки и профильные трубы  $80 \times 40 \times 3$  мм в качестве подпорных реек (рис. 3.82). Несущая способность перекрытия, на которое передают нагрузку временные опоры, должна быть не менее  $400 \text{ кг/м}^2$ . При отсутствии инвентарных телескопических стоек допускается использовать деревянные монтажные опоры в виде столбов диаметром 140–160 мм или брусков.

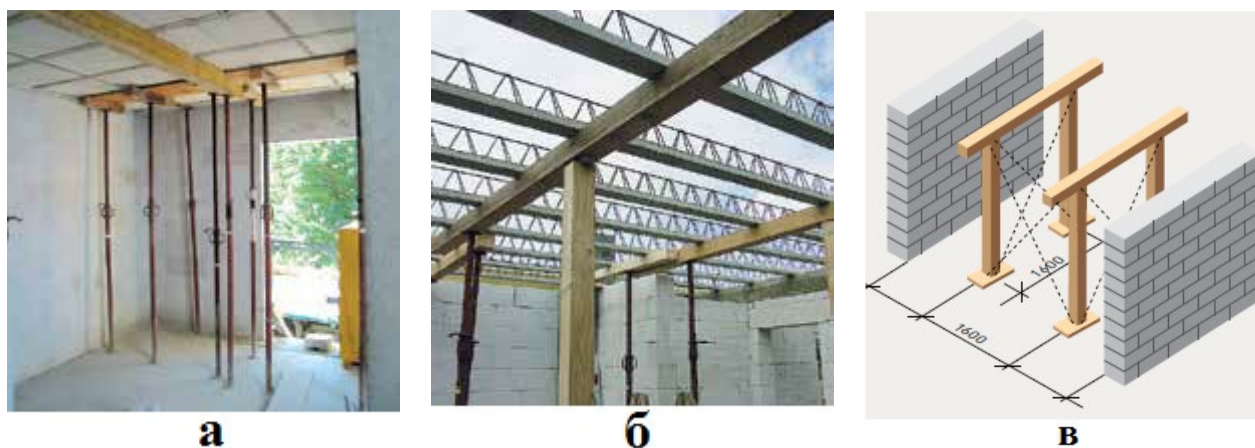


Рис. 3.82. Устройство промежуточных опор: а — телескопические стойки; б — профилированные рейки; в — конструктивная схема

Опорные металлические трубы допускается заменять подпорными рейками из досок сечением не менее  $50 \times 120$  мм (или брусков  $100 \times 100$  мм не менее), установленными горизонтально ребром вверх и закрепленными на опорных столбах или инвентарных телескопических стойках. Расстояние между подпорными рейками и расстояние между опорными столбами (стойками), удерживающими одну и ту же подпорную рейку, должны быть не более 1,6 м.

Использование в качестве подпорных реек досок, имеющих сучковатую структуру, выходящую на опорную поверхность, не допускается. Стойка должна быть изготовлена из единого элемента: наращивание стоек из двух или более коротких досок запрещено.

При использовании в качестве подпорок деревянных брусков или досок осуществляют диагональное укрепление столбов с целью обеспечения жесткости опорной конструкции. Укрепление столбов осуществляют с помощью досок, прибитых в двух непараллельных направлениях. При возведении конструкций перекрытия в многоэтажных зданиях опоры под перекрытия устанавливают соосно, т. е. опоры на каждом этаже здания должны устанавливаться по одной оси.

**Монтаж Т-образных блоков (блоков перекрытия).** Т-образные блоки укладывают вручную вдоль продольного направления балок (рис. 3.83) с минимальным зазором между соседними блоками. Первый и последний блоки перекрытия между двумя балками подгоняют к



внутреннему краю опорной стены. При соблюдении достаточной ширины и армирования монолитного пояса возможен вынос блока на стену. Блоки вкладыши первого (от стены) ряда сборно-монолитного перекрытия опираются одной стороной на балку, а другой — на стену или ригель с минимальной зоной опоры 20 мм. Размеры блоков перекрытия корректируют распиливанием.

Не рекомендуется укладывать балки в одну линию, если толщина внутренних несущих стен меньше 250 мм. При большей толщине стены балки можно укладывать в одну линию. После монтажа сборных элементов перекрытия на верхние стержни арматуры балок укладывают арматурную сетку 100×100×5 мм. Положение арматурной сетки, высота её установки и связь с верхней арматурой балки определяются проектом. Стыковка отдельных сеток между собой осуществляется с нахлестом не менее 150 мм.



Рис. 3.83. Монтаж Т-образных блоков перекрытия: а — укладка первого блока; б — укладка блока-вкладыша; в — уложенные в перекрытие блоки

Перемещение по уложенным блокам-вкладышам осуществляют по настилам из досок толщиной не менее 30 мм или из листов фанеры толщиной не менее 20 мм.

**Формирование монолитного пояса.** *Монолитный пояс* — это элемент, связывающий и фиксирующий несущие стены здания по периметру. Монолитный пояс придает пространственную жесткость всей конструкции здания (рис. 3.84). Монолитный пояс устраивают в уровне межэтажного перекрытия и выполняют замкнутым. Правильно собранный монолитный пояс воспринимает и распределяет нагрузки на стеновую коробку здания.



Рис. 3.84. Устройство монолитного пояса: а — армирование пояса; б — соединение перпендикулярных каркасов

В перекрытиях длиной до 6 м для армирования монолитного пояса монтируют минимум 3 продольных стержня 10 мм. Диаметр проволоки для хомутов — 4,5 мм, расстояние между хомутами — 250 мм. В перекрытиях большей длины для армирования монолитного

пояса монтируют минимум 4 продольных стержня 12 мм. Диаметр проволоки для хомутов — 5,5 мм, расстояние между хомутами — 300 мм.

Монолитный пояс бетонируют одновременно с перекрытием. Продольную арматуру пояса последовательно связывают внахлест (длина нахлеста — минимум 900 мм) или сваривают. Особо важной является стыковка арматуры в углах.

**Бетонирование.** Перед началом бетонирования сборно-монолитных перекрытий производят контрольный осмотр опорных элементов конструкции. Для бетонирования монолитной части используют мелкозернистый (максимальная величина зерен — 10 мм) тяжелый бетон классом не ниже В20. Бетонирование осуществляют с использованием бетононасоса, крана с бадьей или тележек (рис. 3.85).

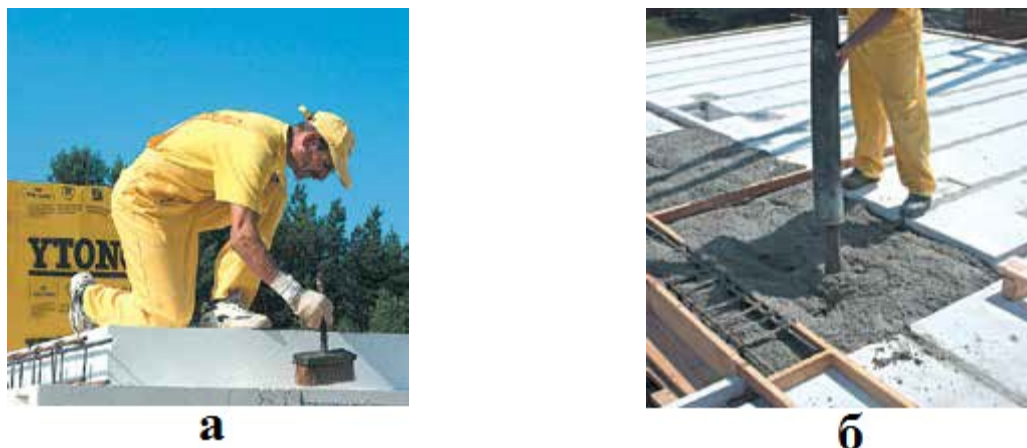


Рис. 3.85. Контрольный осмотр (а) и бетонирование (б) перекрытия

Перед бетонированием все поверхности элементов перекрытия очищают от мусора и пыли, перекрытие увлажняют. Сам процесс производят при температуре выше +5 °С. Арматуру несущих балок, бетонной заливки и монолитного пояса перед бетонированием очищают от грязи, пыли и коррозии.

При бетонировании избегают концентрированных нагрузок, возникающих при подаче большого количества бетонной смеси в одно место перекрытия. Уплотняют бетон штыкованием или с помощью поверхностного вибратора.

В случае возникновения визуального прогиба конструкции (в результате деформации опорных стоек или подпорных реек) при заливке бетоном работы на данном участке прекращают. Дальнейшие работы проводят только после выяснения причин и устранения всех недоделок.

Бетонирование перекрытия ведется захватками за одну рабочую смену. Ширина захватки не менее 620 мм. На период схватывания уложенную бетонную смесь предохраняют от пересыхания и периодически увлажняют. Во время бетонирования данного участка перекрытия запрещается дополнительные укрепления опорных элементов. При проведении бетонирования перекрытий запрещается нахождение людей под перекрытиями.

**Снятие промежуточных опор** допускается, при достижении бетоном 70 % проектной прочности. При средней температуре выше 10 °С снимать опоры можно через 10 дней, от 5 до 10 °С — через 20 дней. При снятии опор следят за сохранностью отдельных фрагментов перекрытий, особенно блоков. Полностью опорную конструкцию снимают по истечении 28 суток, при достижении бетоном нормативной прочности 20 МПа.

### *Анкерные соединения и крепежи*

Очень часто возникает необходимость крепить к газобетонной стене различные объекты или конструкции как с внутренней, так и с наружной стороны. Из существующего разнообразия крепёжных элементов очень важно подобрать наиболее подходящий для каждой

конкретной ситуации вариант (рис. 3.86). Для этого требуется с детальной точностью знать технические характеристики обрабатываемой поверхности. В равной степени необходимо учитывать и функциональное назначение укрепления. При этом уровень воздействия как постоянных (например, собственный вес), так и дополнительных нагрузок (например, влияние температур) должен быть установлен заранее. В случае применения крепежных элементов для крепления, ответственных конструкции и систем, влияющих на безопасность эксплуатации здания, рекомендуется использовать сертифицированную продукцию, выбор вида крепления необходимо подкреплять детальным расчетом.



Рис. 3.86. Анкерное соединение

Ошибка при выборе крепежных систем может привести к причинению вреда жизни и здоровью человека или к высокому материальному ущербу (к примеру, в случае балконных ограждений, фасадов и навесов). Простые объекты интерьера (плинтуса и картины) могут быть установлены с применением всех видов крепежных элементов. Помимо дюбелей и анкеров применяются гвозди и шурупы, установка которых может осуществляться как с предварительным сверлением каменной кладки, так и без него. Монтаж всех видов крепежных систем без исключения осуществляется в строгом соответствии с инструкциями производителя, и в случае возникновения сомнений следует проводить испытания на определение фактической прочности крепежного элемента непосредственно на строительной площадке. При следовании инструкциям и соблюдении всех рекомендаций по монтажу систем какие-либо препятствия на пути создания надежной конструкции отсутствуют.

### 3.3.6. Отделочные работы в системе YTONG

#### *Обработка внутренних поверхностей*

Обработка поверхности блоков дает защиту от влаги, обеспечивает должную герметичность, предотвращает негативное влияние внешней среды на внутренний климат помещений, повышает механическую прочность и улучшает эстетическое восприятие здания.

Используемые при этом отделочные материалы в обязательном порядке должны быть совместимыми с основой, а именно, с газобетонной кладкой. Помимо упомянутых ниже основных правил рекомендуется учитывать информацию по методам обработки, предоставляемую производителями отделочных материалов.

**Внутреннее оштукатуривание.** В общем случае к внутренним штукатуркам не предъявляются специальные требования. Внутреннее оштукатуривание позволяет поддерживать необходимый уровень влажности и обеспечить благоприятный климат помещений. Должное сопротивление воздухопроницанию кладки стены обеспечивается толщиной внутренней штукатурки от 5 мм и плотностью от 1000 кг/м<sup>2</sup>.

Наиболее часто применяются минеральные штукатурки. Использование экологически чистых материалов для внутренней отделки, не содержащих каких-либо растворителей, летучих органических соединений или пластификаторов, особенно важно для обеспечения безопасности здоровья человека на протяжении длительного времени.

*Материалы для внутреннего оштукатуривания.* В качестве внутренней штукатурки, как правило, используют однослойные интерьерные штукатурки в соответствии с инструкциями производителя. Выбор конкретного материала при этом напрямую зависит от дизайн-проекта и функционального назначения помещений и варьируется от экологически чистых известковых штукатурок и до особенно легких в обработке гипсовых. Для влажных помещений рекомендуется использовать цементные составы, для жилых комнат оптимальным вариантом являются гипсовая и известковая штукатурки.

Превосходная геометрия блоков и возможность их укладки на тонкий шов позволяют использовать как тонкослойные шпаклевки, так и традиционные штукатурки толщиной 15 мм. Окончательный выбор зависит от множества факторов: от используемых материалов, имеющейся площади поверхности кладки, а также желаемого качества покрытия. Практика показывает, что интерьерная штукатурка со средней толщиной слоя в 5 мм дает наилучшие результаты. Важной характеристикой штукатурки является ее удобоукладываемость.

*Нанесение внутренней штукатурки.* В зависимости от требований производителя штукатурки газобетонная поверхность должна быть очищена от пыли и грязи. Небольшие пустоты в стеновой кладке могут быть скорректированы при помощи раствора для тонкошовной кладки YTONG. При этом во избежание возникновения повышенного напряжения в штукатурном слое дефекты кладки должны быть ликвидированы заранее. Углы и края стеновых конструкций дополняют перфорированными уголками. В зависимости от рекомендаций производителя и технологии перед нанесением штукатурки необходимо нанести грунтовочный состав. Однако многие современные штукатурные рецептуры обладают достаточной высокой водоотталкивающей способностью и позволяют отказаться от нанесения грунтовки.

Штукатурка для внутренней отделки предлагается как в сухом виде (мешки), так и в жидкой консистенции (ведра). В случае использования сухой расфасовки смесь замешивается в чистой емкости с добавлением необходимого количества воды. При этом важно достичь однородной консистенции. По истечении определенного периода готовую смесь необходимо ещё раз перемешать, а затем нанести на поверхность стены. После нанесения штукатурки образующееся покрытие необходимо выровнять при помощи влажной терки, а затем отполировать. Возможно как ручное, так и машинное нанесение штукатурки.

*Индивидуальные решения внутренних поверхностей с использованием интерьерной штукатурки.* Помимо описанного выше оштукатуривания возможно и множество других способов ручной отделки внутренних поверхностей. Правильно подобранная штукатурка позволяет обеспечить комфортный внутренний климат и создать желаемую структуру поверхности.

**Настенная плитка в интерьере.** Благодаря тому, что стеновая кладка YTONG имеет минимальные отклонения размеров, существует возможность приклеивать керамическую плитку непосредственно на кладку (в том случае, если клеевая смесь является водонепроницаемой, в ином случае, необходимо предварительное нанесение влагозащитного слоя или расшивка швов силиконовыми герметиками). В случае, если стена находится во влажном помещении или имеется непосредственный контакт с водой, облицовка плиткой позволяет предотвратить негативное воздействие влаги.

*Последовательность работ по укладке плитки.* Перед началом отделочных работ поверхность стен очищают должным образом от посторонних частиц, грязи и пыли. Имеющиеся дефекты и неровности необходимо выровнять, используемые при этом материалы не должны содержать гипсового раствора.

Плиточный клей наносится непосредственно на стеновую поверхность с использованием зубчатого шпателя. До того, как клей окончательно застынет плитку, укладывают на свежий раствор, придавливая и контролируя ее положение. Многие клеевые составы содержат добавки, повышающие способность конструкции задерживать воду, исключая, тем самым, необходимость дополнительного смачивания стеновой поверхности или ее грунтования.

Обшивка листовыми материалами: деревянной вагонкой, панелями блок-хаус, обрезной доской, ориентированно-стружечными плитами; фанерой, гипсокартоном, пластиковыми панелями и пр. осуществляется как на подконструкции, так и непосредственным закреплением к кладке.

**Окрашивание стен.** Для внутренних стен подвальных и чердачных помещений бывает достаточно простого покрытия стен краской. Доступные на рынке силикатные и дисперсионные краски позволяют непосредственно наносить желаемый цвет на каменную кладку и создавать её равномерную окраску, не разрушая при этом структуру обрабатываемого материала и стеновой конструкции в целом.

Если требования к качеству отделки значительно выше, то сначала рекомендуется наносить слой штукатурки и лишь затем — требуемую систему покрытия, позволяющую, кроме всего прочего, избежать и воздействия на стеновую кладку влаги.

### **Обработка наружных поверхностей**

*Отделка может быть* адгезионно связана с кладкой (окраска, оштукатуривание, оклейка штучными материалами) или осуществляться механическим монтажом: облицовка на отnose или облицовочная кладка с воздушным зазором.

Наружная отделка, наносимая на поверхность кладки (штукатурка, окраска, наклейка плитки или каменных плит), имеет ряд особенностей. Слой такой отделки должен обладать достаточной паропроницаемостью, т. е. обеспечивать удаление из кладки начальной технологической влаги и не вызывать значительного увлажнения кладки за отделкой в отопительный сезон.

**Наружное оштукатуривание внешней стены.** В процессе постоянного совершенствования газобетона YTONG улучшается и его тепловая защита, благодаря снижению плотности материала и его эластичности. Вслед за этим производителями отделочных материалов разрабатываются все более легкие штукатурные смеси, следуя правилу «мягкая штукатурка на твердую поверхность».

Принцип выбора материала для оштукатуривания фасада с технической точки зрения строится на одном простом правиле: физико-технические характеристики штукатурки должны максимально соответствовать тем же физико-техническим характеристикам основания. Только при соблюдении этого принципа возможно сохранять на максимально низком уровне неизбежные внутренние напряжения в штукатурке, которые возникают при твердении и последующих нагрузках, в основном вызванных действием температуры и воды. Прочность, «упругость», теплопроводность штукатурки и основания должны быть примерно одинаковыми, а паропроницаемость штукатурного покрытия должна быть не менее паропроницаемости основания. Штукатурка и основание должны работать как единое целое, быть монолитной конструкцией, однородно работающей под нагрузкой. Это возможно при высокой адгезии штукатурки к основанию, при этом сцепление материалов должно быть надежным, равномерно распределенным по всей поверхности основания.

При выборе материала для оштукатуривания газобетона YTONG следует применять штукатурные системы, не снижающие паропроницаемости газобетонных блоков. Влага не должна задерживаться и конденсироваться под плотной штукатуркой в ограждающей конструкции. При оштукатуривании фасадов это возможно при применении специальных легких штукатурок, характеристики которых не препятствуют диффузии водяных паров из внутренних помещений наружу. В идеальном случае, паропроницаемость отдельных штукатурных слоев должна увеличиваться в направлении от стены к наружной поверхности.

Для газобетонных блоков YTONG возможно применение как штукатурки слоем 15–20 мм, так и тонкослойных штукатурок. *Наружная штукатурка должна обладать следующими характеристиками:*

- плотность в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup> — 600–1300;
- прочность на сжатие, Н/мм<sup>2</sup> — 1,5–5,0;

— сопротивление паропрооницанию,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$  не выше — 0,2–0,5;

— коэффициент эластичности, не более 1.

**Технология нанесения наружной штукатурки слоем 15–20 мм.** Оштукатуривание фасадов рекомендуется производить на следующий сезон после возведения стен (рис. 3.87). За это время влажность газобетона YTONG снизится примерно до 10 %, стены и перекрытия будут нести нагрузку от внутренних стяжек и штукатурок, фундамент здания даст небольшую осадку. Естественно, должны быть завершены все кровельные работы и у здания должен быть закрыт теплый контур. До оштукатуривания фасада необходимо закончить все «мокрые процессы» по внутренней отделке.

Если оштукатуривание будет производиться на следующий сезон после укладки блоков, то армирования по всей поверхности фасада не требуется. Достаточно усилить диагональными полосками армирующей сетки наружные углы фасадных проемов, а также места сопряжений газобетона с другими стеновыми материалами. Сплошное армирование штукатурного покрытия рекомендуется только в случае оштукатуривания свежей газобетонной кладки.



Рис. 3.87. Наружное оштукатуривание: а — нанесение штукатурки; б — выравнивание; в — затирка

Поверхность перед финишным оштукатуриванием подготавливают. Осуществляют ремонт и заполнение раствором трещин, сколов и швов. Убирают (счищают и сошлифовывают) подтеки клея и бетона, удаляют пыль. Впитывающую способность всех участков кладки выравнивают увлажнением или грунтованием. Штукатурные и окрасочные работы проводят в температурном диапазоне от +5 до +25 °С. Меньшая температура предполагает применение специальных смесей, большая — требует защиту поверхностей от пересушивания.

Легкие штукатурки могут наноситься вручную или с помощью штукатурных машин, в частности, с помощью открытых и закрытых систем шнековых насосов. Расход воды определяется типом штукатурной машины и необходимой рабочей консистенцией. После добавления воды раствор следует использовать в течение 2 часов.

При машинном нанесении на основание наносится слой набрызга, спустя 1–3 часа следует нанести верхний слой штукатурки. После набора штукатуркой определенной прочности ее можно затереть смоченным в воде пластиковым полутерком до достижения гладкой поверхности. Время до начала затирки составляет примерно 2–3 часа и определяется следующим образом: большим пальцем руки с небольшим нажимом давят на поверхность штукатурки — при этом на поверхности остается лишь легкий отпечаток пальца. В процессе затирания штукатурка должна уплотняться, задиры на поверхности штукатурки появляться не должно — это говорит о правильно выбранном времени для затирания. Временные характеристики могут изменяться в зависимости от температурно-влажностных условий на стройплощадке. Свежий раствор следует предохранять от слишком быстрого высыхания и беречь от воздействия неблагоприятных погодных условий (палящее солнце, дождь, сильный ветер, мороз и т.д.).

**Технология нанесения наружной тонкослойной штукатурки.** Тонкослойная штукатурка должна быть паропроницаемой, препятствовать водопоглощению, легко наносится и

иметь высокую водоудерживающую способность. Она применяется для выравнивания и нанесения армированного слоя со стеклотканной сеткой по основаниям из газобетона YTONG для наружных и внутренних работ при толщине слоя от 3 мм до 8 мм.

Основание должно быть чистым, сухим, непромерзшим, без выцветов, впитывающим, немелящим, неосыпающимся, прочным. Перед нанесением армированного слоя поверхность ячеистого бетона YTONG грунтуется составом или обильно смачивается водой и на нее наносится шпателем слой материала «на сдир». Растворная смесь наносится на увлажненное или загрунтованное основание теркой с зубчатым шпателем из нержавеющей стали. В свежий слой растворной смеси укладывается армирующая стеклотканная сетка вертикальными полотнищами с перехлестами 10 см и вдавливается шпателем. Армирующая сетка должна перекрываться слоем не менее 1 мм (в местах перехлестов — 0,5 мм, максимальный слой — 3 мм). Выступающую над армирующей сеткой растворную смесь необходимо сразу выровнять гладкой стороной терки (не давать раствору схватываться), при необходимости для перекрывания сетки добавляется растворная смесь. Перед нанесением последующих покрытий армирующий слой должен твердеть не менее 7 дней. Температура воздуха, материалов и основания во время нанесения и высыхания материалов должна быть не ниже +5 °С.

Не рекомендуется работать при прямых солнечных лучах, дожде или ветре (например, закрыть фасад сеткой для лесов). Высокая влажность воздуха и низкие температуры могут заметно увеличить время высыхания.

**Декоративная отделка.** Нанесение декоративной штукатурки и окрашивание производится после равномерного высыхания легкой штукатурки (поверхность стала светлой и сухой). Следует планировать по 24 часа высыхания на каждый 1 мм толщины штукатурного слоя.

Для декоративной отделки легких штукатурок необходимо использовать декоративные штукатурки и краски, обладающие высокой адгезией и не снижающие общей паропроницаемости системы.

При цветовой наружной отделке необходимо учитывать, что фасады темных оттенков нагреваются значительно быстрее и связанные с этим перегревы отдельных слоев штукатурки могут привести к возникновению трещин, требующих обязательную корректировку при толщине, превышающей 0,2 мм. Микротрещины менее 0,2 мм, как правило, не критичны и являются в большей степени оптическим дефектом.

Согласованные друг с другом стеновая кладка из газобетона YTONG и система оштукатуривания обеспечивают, при условии грамотного возведения, прочные и эстетичные фасадные решения, требующие обновления покрытия лишь по истечению эксплуатационного срока.

**Кирпичная кладка в качестве облицовочного слоя** — один из самых распространенных способов наружной отделки газобетонных стен. В зависимости от региона строительства и от текущей моды предпочтения отдаются лицевому керамическому или силикатному кирпичу, бетонным камням.

К связям между слоями каменных стен с облицовками СП 15.13330.2012 предъявляет следующие конструктивные требования. Гибкие связи и сетки следует проектировать из коррозионностойких сталей или сталей, защищенных от коррозии, возможно применение связей и сеток из композиционных полимерных материалов (на основе базальтовых, углеродных и др. волокон). Диаметр круглого сечения одиночных стальных связей при закреплении к армирующим сеткам следует принимать не менее 4 мм, диаметр сечения арматурных стержней металлических сеток — не менее 3 мм, диаметр одиночных связей — не менее 5 мм.

Функция гибких связей сводится к обеспечению устойчивости облицовочного слоя и независимости его температурных и усадочных деформаций. Для сопротивления ветровому давлению и возможным изгибным деформациям тонкой облицовочной кладки в малоэтажном строительстве достаточно условных 100 кгс/м<sup>2</sup>. Конструктивно назначаемая прочность связей составляет 1000 кгс.

Поскольку при малом количестве точек крепления лимитировать надежность связи слоев будет не прочность связей, а прочность закрепления связей в кладке, следует также принять конструктивный минимум удельного количества связей — 4 шт/м<sup>2</sup>, а при связи слоев штукатурными сетками — 1 пог.м/м<sup>2</sup>. Связи из армированного пластика (базальтовые, стеклянные волокна) также могут использоваться для соединения слоев. При их выборе нужно учитывать сложность их монтажа: армированные пластиковые связи не являются забивными, их установка должна осуществляться заведением в шов кладки. Клеевые швы газобетонной кладки и растворные швы кирпичной облицовки часто не совпадают по высоте, монтаж пластиковых стержней требует подгонки высоты ряда толщиной растворного шва, что может влиять на внешний вид облицовочной кладки. Стальные связи и стекловолоконные сетки лишены этого недостатка: стальные стержни могут монтироваться в плоскость уже возведенной кладки, стальные полосы и гибкие анкерные соединения, заложенные в клеевые швы кладки из блоков, могут перегибаться для подгонки к высоте ряда облицовочной кладки.

**Навесные вентилируемые фасады.** Популярность вентилируемых фасадов объясняется возможностью в короткие сроки и практически в любых климатических условиях отделать фасад здания, обеспечить тепловую защиту, высокое качество и долговечность фасада. Используются они в основном для облицовки жилых и офисных зданий. По зазору между облицовкой и стеной свободно циркулирует воздух, который выводит пары влаги из конструкции. Воздушный зазор необходим для обеспечения вентиляции под облицовочного пространства.

Навесной вентилируемый фасад — это оптимальное решение для стен из газобетонных блоков YTONG, поскольку он не препятствует выводу влаги из стен и внутренних помещений, накопление которой в стене здания нежелательно. Наличие вентилируемого воздушного зазора исключает применение горючих утеплителей. Поэтому стена из блоков может быть рекомендована в качестве основания для крепления вентилируемых фасадов. В случае, если необходима дополнительная теплоизоляция, рекомендуется применение минераловатных утеплителей.

*Преимущества вентилируемого фасада.* Красивый внешний вид и огромные возможности выбора современных фасадных материалов, форматов и цветов. Возможность монтажа в любое время года. Из-за отсутствия «мокрых» процессов, которые необходимы при штукатурных работах, вентилируемый фасад можно монтировать и при отрицательных температурах.

Сокращение расходов на эксплуатацию. В отличие от оштукатуренных фасадов, навесные вентилируемые не нужно будет со временем обновлять. Так же при необходимости вентилируемый фасад удастся отремонтировать: облицовочные плиты легко снимаются и устанавливаются обратно. Вентилируемому фасаду требуется самый минимальный уход. Системы вентилируемых фасадов домов легко очищаются от осевшей на них пыли и агрессивных налетов обычной водой.

Эффективное удаление влаги из стен и внутренних помещений. Система универсально применима при любой толщине теплоизоляции (при условии ее паропроницаемости не меньшей, чем у материала основной кладки).

Блоки YTONG обладают превосходными прочностными характеристиками, что позволяет монтировать анкера непосредственно в кладку. Данная система позволяет экономить на сложной и дорогостоящей системе крепления в перекрытия. Система быстро монтируется на блок: первым этапом устанавливаются анкера в кладку, к которым устанавливаются крепления для каркаса и направляющих, завершающим этапом становится установка панелей.

Для дополнительного утепления наружных конструкций из блоков YTONG между стеной и облицовкой может устанавливаться теплоизоляционный слой, наличие которого определяется путем теплотехнического расчета, — в этом случае воздушный зазор оставляется между облицовкой и теплоизоляцией.



Подоблицовочная конструкция включает в себя кронштейны и направляющие, она воспринимает и перераспределяет нагрузки от облицовки и передает их на основные конструкции каркаса здания или сооружения. Площадь сечения кронштейнов напрямую влияет на величину коэффициента теплотехнической однородности слоя теплоизоляции (при ее необходимости) и теплозащитные качества ограждения.

Для зданий, возводимых под государственным строительным контролем, действуют строгие требования по пожарной безопасности, в силу чего спектр применяемых материалов несколько ограничен. Применяются плиты керамогранита, натурального камня, фиброцемента, многопустотные керамические, различного рода мелкоформатные плитки, в частности, имитирующие кирпичную кладку, кассеты из металлов и металлокомпозиции. Для частных застройщиков требования, по сути, отсутствуют, в силу чего возможно применение таких материалов, как виниловый сайдинг, деревянная вагонка и прочих материалов.

В соответствии с действующим СТО 44416204-010—2010, определение несущих способностей анкера при вырыве различных строительных материалов осуществляется с использованием двух методик. *Первая методика* осуществляется путем непрерывного нагружения анкера до момента разрушения анкерного узла. Время нагружения 2—3 минуты с замером деформации анкера на каждом шаге нагружения.

*Методика ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко* основана на пошаговом нагружении анкера с выдержкой 3—5 минут на каждом шаге нагружения и замером величин перемещений анкера сразу после нагружения образца и после выдержки анкера под нагрузкой с последующей разгрузкой на каждом шаге нагружения для определения упругой зоны работы анкера.

При выборе типа анкерного крепежа должны учитываться нагрузки от суммарного воздействия ветра, гололеда и собственного веса конструкции, в том числе облицовки навесной фасадной системы. В соответствии с требованиями СТО 44416204-010—2010 в качестве расчетной нагрузки вырыва могут использоваться значения, полученные по результатам испытаний как по первой, так и по второй методикам.

### 3.3.7. Использование блоков с клеем YTONG Dryfix

Однокомпонентный полиуретановый клей YTONG Dryfix предназначен для соединения стыков и горизонтальных швов внутренних разделительных перегородок (если они не являются несущими) из газобетона YTONG.

Благодаря клею YTONG Dryfix время обработки сокращается на 30–50 %, и обеспечивается кладка с незаметными швами, заполненными раствором. Быстрое достижение адгезии оптимизирует рабочие операции. Работать можно также при температурах около точки замерзания, причем температура после завершения уже через час может опуститься до минус 5 °С. Пропитка кладки водой незначительна, и стены высыхают быстрее.

Клей для блоков YTONG Dryfix пригоден для всех внутренних перегородок, не являющихся несущими, и также для стен, которые нагружены исключительно собственной массой. Их нельзя использовать ни для статического усиления зданий, ни в качестве усиления на продольный изгиб для прилегающих несущих стеновых конструкций. Клей не влияет на звукоизоляцию.

**Укладка первого слоя** (рис. 3.88). Первый уложенный слой обеспечивает установку всей перегородки. Он укладывается на цементный раствор, что и позволяет выровнять возможную разницу высот. Укладку необходимо постоянно проверять водяным уровнем на вертикальность.



Рис. 3.88. Укладка первого ряда: а — нанесение нормального слоя раствора; б — вертикальное исполнение при помощи уровня; в — связь кладки загибают по горизонтальному шву кладки; г — фиксация кладочного анкера; д — точная по размеру выемка в блоке в зоне кладочного анкера

Если ожидаются более существенные прогибы горизонтальных перекрытий, перегородка может быть разделена посредством двухслойного разделительного шва из полотен гидроизоляции. При необходимости следует проложить дополнительную горизонтальную гидроизоляцию. При установке перегородок в ванной комнате (туалете) рекомендуется горизонтальная гидроизоляция.

Когда первый слой уложен, соединения кладки сгибаются в горизонтальный шов или вкладываются, создавая тем самым связь с деталями, расположенными по бокам. Соединения кладки фиксируются при помощи гвоздя. Благодаря минимальной толщине шва при выемке камня, расположенного сверху в зоне соединения кладки толщина слоя соблюдена полностью.

**Нанесение клея для блоков YTONG Dryfix** (рис. 3.89). Баллон сильно встряхивают примерно 20 раз, затем вручную прикручивают к ручному дозирующему устройству. Затем установочный болт откручивается и рукоять управления нажимается и удерживается в течение около 2 сек. — баллон с клеем готов к использованию. С помощью установочного болта можно оптимально настроить расход во время использования. Клей после перерывов в работе необходимо сильно встряхнуть.



Рис. 3.89. Подготовка к использованию и нанесение клея YTONG Dryfix: а — встряхивание баллона с клеем; б — соединение с ручным дозирующим устройством; в — одинарная дорожка клея для плоских блоков; г — двойная дорожка клея на стенах шириной более 10 см



Рис. 3.90. Укладка второго слоя: а — вертикальный шов в кладке, промазанный клеем YTONG Dryfix; б — установка блока и выравнивание кладки; в — дополнительная дорожка клея в зоне кладочных анкеров; г — затирка шлифовальной доской; д — сметание пыли с горизонтальных швов; е — ширина полосы клея примерно от 3 до 4 см

**Укладка второго и последующих слоев.** Кладка YTONG всегда выполняется в соединении со сдвигом рядов не менее  $0,4 \cdot h$ . Второй слой должен быть смещен на половину блока, который можно легко сделать пилой для газобетона (рис. 3.90). Чем больший сдвиг сделан, тем устойчивей стена.

Клей YTONG Dryfix равномерно наносят на горизонтальный шов между блоками. Стены толщиной до 11,5 см имеют одну дорожку клея, более толстые стены — две дорожки. Для стыков стен также делаются одна или две дорожки клея по всей высоте кладки. После нанесения клея остается время примерно 2 мин для того, чтобы как можно более точно установить блоки или плиты и выровнять их. Кладочные анкера по краям стен приклеиваются к кладке дополнительной дорожкой клея.

Неровности устраняют с помощью шлифовальной доски или рубанка. Затем с горизонтального шва сметают пыль и незакрепленные элементы. Дорожки клея YTONG Dryfix должны быть шириной от 3 до 4 см.

Остальные слои укладываются по аналогии со вторым, причем начиная с высоты от 1,25 м, рекомендуется использовать леса, чтобы снизить физическую нагрузку и упростить работу. Кроме этого, в зависимости от типа каркаса на леса можно укладывать блоки, устроив временный склад.

Ненесущая перемычка из армированного газобетона YTONG изготавливается длиной 1,25 м для толщины стен 7,5, 10 и 11,5 см и предназначена для перекрытия проема до 1,02 м. Она может быть уложена только на ребро — для стен, не являющихся несущими, благодаря чему необходимость в поддержке отпадает. Глубина опорной части перемычки составляет не менее 11,5 см.



Рис. 3.91. Герметизация швов: а — заполнение швов; б — готовый эластичный верхний монтажный шов; в — отделение кельмой выступающей и отвердевшей монтажной пены; г — отделение ножом выступающей и отвердевшей монтажной пены

**Последующие работы на стенах из газобетона** (рис. 3.91). Завершение верхней части стены на внутренних перегородках, не являющихся несущими, должно выполняться эластично, чтобы предотвратить незапланированную нагрузку в случае прогиба перекрытия. Адгезионные свойства клея для плоских блоков YTONG Dryfix для этого не годятся. Вместо этого рекомендуется для заполнения швов эластичная пена — наполнитель YTONG. После затвердевания пена может быть снята заподлицо с поверхностью и вслед за этим выполняется эластичное разделение штукатурки при помощи сквозного сечения кельмой.

Верхний уровень соединения стены при внутренних перегородках, не являющихся несущими, выполняется с силовым замыканием строительным раствором (как в первом слое). Последний шов необходимо закрыть раствором как можно позднее, дабы избежать появления непредусмотренных нагрузок от прогибов перекрытия. Дополнительное статическое ограничение прогиба перекрытия также действует положительно на появление непредусмотренных нагрузок.



Рис. 3.92. Выполнение ограждений: а — возведение стены для отделения душевой; б — монтаж плоских плит в горизонтальных и вертикальных швах; в — послойная укладка; г — боковые соединения стен с кладочными соединителями; д — установка поддона для душа; е — защита поверхностей путем подкладывания изоляционного картона; ж — монтаж плит в качестве платформы; з — отверстие в кладке для ревизии

Канавки и пазы при толщине стены от 75 мм выполняют с помощью специального инструмента. Остаточная толщина стены наращивается в качестве несущей части при определении размеров всей стены. Затем на готовую неоштукатуренную стену наносят либо внутреннюю штукатурку, либо покрывают краской. Покрытие краской в принципе пригодно только в том случае, если требования относительно внешнего вида готовой кладки минимальные. Использование клея для плоских блоков при сооружении отделяющих стен в зоне ванной комнаты соответствует общим указаниям по использованию клея (рис. 3.92).

Если необходимо отделить зону душа кладкой из газобетона, действуют так, как описано для возведения перегородок. Сначала определяют размеры стены и прокладывают гидроизоляционное полотно, затем укладывают первый слой блоков на раствор. Далее, после проверки вертикальности, продолжают возводить стену с помощью YTONG Dryfix. При этом обращают внимание на соединение с соседними стенами и на наличие подходящих кладочных анкеров.

Когда боковые стены будут готовы, осторожно устанавливают поддон для душа и защищают его от возможных повреждений. Детали меньшего размера приклеивают по всей поверхности клеем для плоских блоков и затем облицовывают кафельной плиткой. Выполняют отверстие для ревизионного окна. Поверхности отделывают в соответствии с правилами техники гидроизоляции и с правилами работы с керамической плиткой или внутренней штукатуркой.

**Закрытие имеющихся дверных проемов.** Имеющиеся лишние дверные проемы можно закрыть кладкой, не являющейся несущей, из газобетона YTONG и с клеем YTONG Dryfix. Толщина стены в данном случае соответствует соседней кладке. Если толщина стены не совпадает с имеющимися значениями ширины блока, выбирают меньшие по размеру, а затем оштукатуривают готовую стену многослойной штукатуркой для внутренней отделки.

Начинают со вставки блока из газобетона на строительный раствор в отверстие дверного проема. Если лицевая сторона соседней кладки имеет достаточную гладкость, можно приклеить блок из газобетона с использованием клея для плоских блоков YTONG Dryfix на вертикальном шве.

Для варианта с отсутствием свободного пространства в дверном проеме считается необходимым обрезать блок из газобетона под подходящий размер и приклеить его на уже установленный другой блок. В каждом втором слое блоков в откосе дверного проема укрепляют пригодный кладочный соединитель (анкер для стен из газобетона) и кладочные соединители, прибитые дюбелями, для всех прочих стен. Дверной проем закрывается теперь слой за слоем с заклеенными Dryfix стыками и горизонтальными швами. Последний ряд блоков устанавливают таким образом, чтобы щель сверху составляла менее 1 см. При необходимости блоки обрезают.

Как только клеевые швы застыли, закрывают оставшиеся швы между старой и новой кладкой с обеих сторон заполнителем швов YTONG Dryfix, образуя таким образом визуально безупречную кладку. Дальнейшая обработка поверхности производится аналогично новой кладке.

**Установка полок при помощи клея для блоков YTONG Dryfix.** С помощью газобетона и клея можно делать самые различные полки (рис. 3.93). При этом необходимо всегда проверять их на прочность, поскольку слишком тонкие полки подвержены деформации и даже обрушению. Полки, которые подвешиваются высоко, должны быть прочно прикреплены к стене, при отдельных полках опорную поверхность необходимо делать соответственной ширины.



Рис. 3.93. Стеллажи и полки: а — полки с деревянным основанием; б — стеллаж с основой из газобетона

Когда боковые стены будут готовы, осторожно устанавливают поддон для душа и защищают его от возможных повреждений. Детали меньшего размера приклеивают по всей поверхности клеем для плоских блоков и затем облицовывают кафельной плиткой. Выполняют отверстие для ревизионного окна. Поверхности отделывают в соответствии с правилами техники гидроизоляции и с правилами работы с керамической плиткой или внутренней штукатуркой.

### 3.3.8. Дополнительные монтажные работы

Для того чтобы материалы могли сохранять свои положительные качества в течение длительного времени, необходимы различные дополнительные работы, позволяющие защитить кладку. Но прежде, чем наносить защитные слои на газобетон, следует сначала сделать необходимую проводку.

Требуемые для этого канавки и пазы прорезают во время строительных работ по индивидуальной схеме. Расположение канавок и пазов при этом задается чаще всего электромонтажом и монтажом санитарно-технического оборудования. Причем нормативные критерии, относящиеся к прокладке «развязок» обеих систем труб и проводов, необходимо всегда учитывать в плановом порядке.

**Канавки и пазы.** Электропроводку лучше всего прокладывать «под штукатурку», только во второстепенных помещениях в подвале или на чердаке их обычно кладут «поверх штукатурки». Канавки, доходящие максимум до 1 м над полом, при толщине стен  $\geq 240$  мм должны быть выполнены при глубине до 80 мм и ширине до 120 мм. Расстояние между канавками и пазами отверстий должно быть не менее 115 мм. Горизонтальные и косые канавки допустимы на 0,4 м выше или ниже несущей части перекрытия, а также на одной из сторон стены. Они недопустимы при пустотелых блоках с продольными отверстиями. Минимальное расстояние по длине отверстий составляет от 490 мм, что соответствует двойной длине от следующей горизонтальной канавки.

Глубину можно увеличить на 10 мм при использовании инструментов, с которыми можно в точности ее соблюсти. При использовании таких инструментов можно прорезать канавки также в стенах толщиной более 240 мм глубиной 10 мм.

В перемычках и прочих несущих деталях конструкции их следует в принципе избегать. Если все же нужно сделать канавки или пазы в усиленной кладке из газобетона, сначала получите согласие проектировщика. Канавки и пазы ослабляют поперечное сечение стены, поэтому их следует свести к минимуму.

*Горизонтальные и косые канавки* необходимо делать в зоне  $\leq 400$  мм над и под перекрытием или плитой пола, а также только с одной стороны стены. В дальнейшем их следует располагать на расстоянии  $\geq 490$  мм от следующего отверстия и минимум на двойную длину от следующей горизонтальной канавки (рис. 3.94).

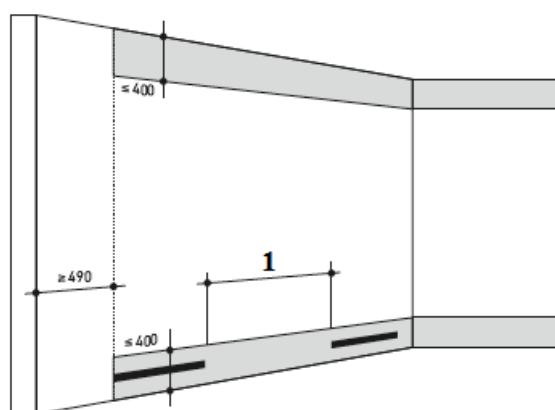


Рис. 3.94. Горизонтальные канавки: 1 — отверстие не менее двукратной длины канавки

*Вертикальные канавки и пазы* возможны также без расчетов. Если канавки относительно 1 м длины стены не уменьшают ее поперечное сечение больше, чем на 6 %, то стена не рассчитывается (рис. 3.95).

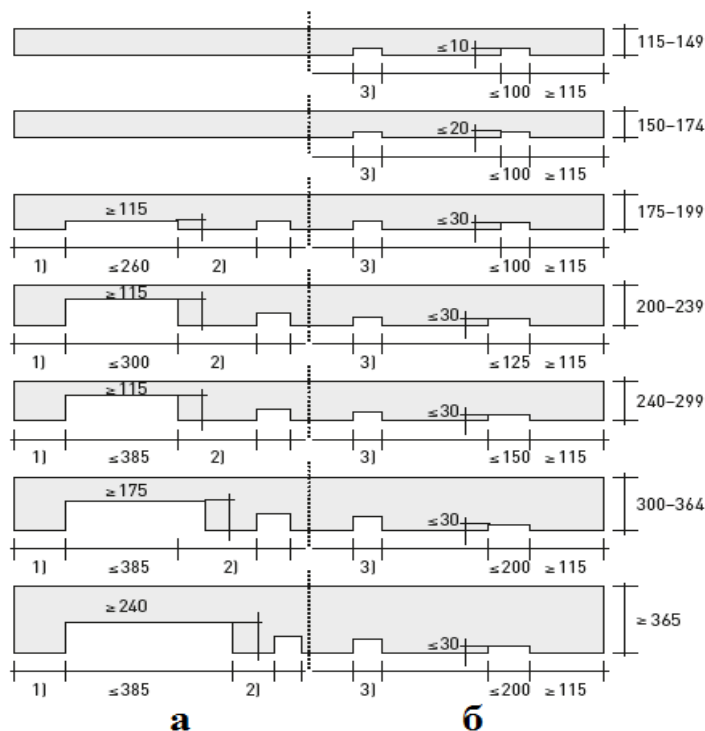


Рис. 3.95. Вертикальные канавки и пазы: а — сделанные в процессе монтажа; б — сделанные впоследствии в возведенной кладке; 1 — минимальное расстояние до отверстия не менее двукратной ширине канавки или не менее 240 мм; 2 — расстояния между канавками не менее ширины канавки; 3 — расстояние не более 150 мм

Канавки в кладках YTONG выполняют табельным инструментом. С помощью стеновой фрезы можно точно прорезать необходимые канавки до допустимой глубины и выломать перемычку.

Сначала отмечают высоту канавки карандашом, затем проходят по отметке стеновой фрезой. Можно обойтись и без фрезы: с ручным штроборезом можно прорезать канавки глубиной до 30 мм, например, для электропроводки. Для этого инструмент прикладывается к размеченной линии, чтобы оттуда штробировать до тех пор, пока не образуется канавка. Если в ней следует проложить электропровод для розетки или до выключателя света, целесообразно заранее проделать соответствующее отверстие, чтобы в нем остановить штроборез.

После прокладки электропроводки канавки закрывают заполняющим раствором YTONG. В качестве альтернативы можно использовать раствор Rotband. Поверхность выполняют с соблюдением требования по ровности.

Если необходимы более глубокие канавки, чем допустимые вертикальные для электро монтажа, их формирование следует планировать с самого начала и делать во время возведения стены. Эти пазы следует учитывать в соседней кладке и выполнять по-разному в зависимости от толщины кладки (рис. 3.95, рис. 3.96).

Блоки из газобетона YTONG легко можно разрезать, используя ленточную пилу или ручную ножовку, так что создаваемые просто и быстро пазы могут служить, к примеру, для труб канализации или горячего водоснабжения.





Рис. 3.96. Выполнение пазов для электропроводки: а — горизонтальная канавка, выполненная с помощью стеновой фрезы; б — выполнение канавки ручным штроборезом; в — выполнение отверстия для вставки розетки; г — вертикальная канавка для электромонтажа; д — заполнение раствором; е — заполненная канавка

Возможно использование заранее изготовленной подковообразной формы. Тем не менее, в этом случае имеет место ослабление поперечного сечения, что требует особых мер по обработке поверхностей. Строительно-физические свойства, относящиеся к тепло- и пожарозащите и звукоизоляции делают, кроме того, целесообразным заполнение полостей сначала минеральной ватой или другими пригодными материалами для заделки.

Пазы такой величины закрывают металлической сеткой и затем крепят четырехгранными костылями. Благодаря этому выравниваются возможные напряжения, возникающие при деформациях основания. Металлическую сетку можно зашпаклевать легким раствором Multigror, прежде чем начнутся работы, на следующий день. Сглаживающую шпаклевку наносят по всей поверхности в зависимости от неровности металлической сетки.

### Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки

1. Материалы и комплектующие системы YTONG.
2. Стандартные блоки из ячеистого бетона. Номенклатура и характеристики.
3. Блоки тонких форматов.
4. Дугообразные блоки. Свойства и особенности применения.
5. Газобетонные перемычки. Номенклатура и свойства.
6. U-образные блоки. Номенклатура и свойства.
7. Сборно-монолитные перекрытия.
8. Растворы для тонкошовной кладки.
9. Анкерные соединения и крепежи.
10. Общие рекомендации по проектированию систем.
11. Влажность материала и её воздействие на свойства изделий.

12. Защита газобетонной кладки от воздействия атмосферных осадков.
13. Защита кладки от влаги, поступающей из внутренних помещений.
14. Морозостойкость ячеистого бетона. Критерии оценки.
15. Основные факторы, влияющие на работу конструкций.
16. Комфортность помещений.
17. Однослойная наружная стена как функциональный вид стеновой конструкции.
18. Многослойные конструкции стен.
19. Вентилируемый фасад. Особенности проектирования и монтажа.
20. Заполнение каркасной системы ячеистобетонными блоками.
21. Внутренние стены и перегородки. Особенности проектирования и монтажа.
22. Сопряжение стен из газобетонных блоков. Особенности проектирования и монтажа.
23. Железобетонные пояса. Назначение и монтаж.
24. Звукоизоляция строительных конструкций. Рекомендации по проектированию.
25. Противопожарная защита. Рекомендации по проектированию.
26. Защита от сейсмических воздействий.
27. Проектирование кладки несущих и самонесущих стен.
28. Проектирование фундаментов стен и подвалов.
29. Проектирование кровли.
30. Кладочные работы.
31. Особенности работ в летний период.
32. Особенности работ в зимний период.
33. Укладка блоков над оконными и дверными проемами.
34. Особенности укладки блоков тонких форматов.
35. Особенности укладки дугообразных блоков.
36. Монтаж армированных перемычек.
37. Монтаж сборно-монолитных перемычек из U-образных блоков.
38. Монтаж сборно-монолитного перекрытия.
39. Организация отделочных работ.
40. Использование плоских блоков с клеем Dryfix.
41. Специальные виды работ.
42. Дополнительные монтажные работы.

## **ЧАСТЬ 4. СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ MULTIPOR**

### **4.1. Номенклатура и свойства материалов**

#### **4.1.1. Минеральные теплоизоляционные плиты Multipor**

Минеральные изоляционные плиты Multipor (рис. 4.1) — это легкий газобетон, теплоизоляционный материал минерального происхождения. За счет особенной структуры плиты обеспечивают оптимальную формоустойчивость, паропроницаемость и негорючесть. Изоляционный материал, имеющий теплопроводность в условиях эксплуатации по европейским нормативам 0,042–0,047 Вт/(м·К) (табл. 4.1).



Рис. 4.1. Минеральная изоляционная плита Multipor

Таблица 4.1

**Термическое сопротивление плит Multipor**

Теплопроводность, Вт/(м·К)	Значения термического сопротивления (м <sup>2</sup> ·°С/Вт) при толщине плиты, мм													
	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0,042	—	1,429	1,905	2,381	2,857	3,333	3,810	4,286	4,762	5,238	5,714	6,190	6,667	7,143
0,045	1,111	1,333	1,778	2,222	2,667	3,111	3,556	4,000	4,444	4,889	5,333	5,778	6,222	6,667
0,047	—	—	—	—	2,553	2,979	3,404	3,830	4,255	4,681	5,106	5,532	5,957	6,383

Плиты используются в комбинации с легким минеральным раствором Multipor для приклеивания и армирования, а вся система классифицируется как негорючая (табл. 4.2). Плиты используются для:

- изоляции плоской кровли (Multipor DAA);
- изоляции скатной кровли (Multipor DAD);
- изоляции стен под штукатуркой (Multipor WAP);
- внутренней изоляции стен (Multipor WI);
- внутренней изоляции перекрытий или кровли (Multipor DI).

Таблица 4.2

**Характеристики минеральных изоляционных плит Multipor, согласно ЕТА-05/0093 (европейский технический допуск)**

Показатели	DAA/DAD	WAP	WI, DI
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	ок.115	100—115	85—95
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,045/0,047	0,045	0,042—0,045
Прочность на сжатие, кПа	300/350	≥300	≥200
Прочность на растяжение, кПа	≥80	≥ 80	
Деформация при 1000 Н точечной нагрузки, мм	≤1	—	—
Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара (μ)	3	3	2
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С)	1300		
Водопоглощение при длительном погружении, кг/м <sup>2</sup>	≤ 3		
Размер плиты (Д×Ш), мм	600×390		
Класс пожарной безопасности	НГ		

**Плиты для откосов**

Мостики холода лучше всего сократить при помощи откосов, изолированных с помощью плит для откоса Multipor (рис. 4.2а). В зависимости от места и требования используют плиты толщиной 20, 30 и 40 мм. На плоских кровлях применяют клиновидные плиты (рис. 4.2б).

### Технические данные плиты для откоса:

Плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	— ок. 150;
Прочность на сжатие, кПа	— $\geq 350$ ;
Прочность на растяжение, кПа	— $\geq 80$
Теплопроводность, Вт(м·К)	— 0,050;
Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара ( $\mu$ )	— 3;
Класс огнестойкости	— А1, негорючий;
Размеры, мм	— 600x250;
Толщина, мм	— 20, 30, 40.



а



б

Рис. 4.2. Материалы системы Multipor: а — плита для откоса; б — клиновидная плита



Рис. 4.3. Установка плит для откосов



Рис. 4.4. Стыки стен с клиновидной плитой

### *Клиновидная плита*

Для сокращения «мостиков холода» внутренние стены, соединяемые клиновидными плитами, и перекрытия в зоне стыка с наружной стеной изолируются на ширину 500 мм внутрь помещения. Выполняется по аналогии с минеральными изоляционными плитами Multipor (рис. 4.2б, рис. 4.3 и рис. 4.4).

### Технические данные клиновидной плиты:

Плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	— ок. 95;
Прочность на сжатие, кПа	— $\geq 200$ ;
Теплопроводность, Вт(м·К)	— 0,042;
Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара ( $\mu$ )	— 2;
Класс огнестойкости	— А1, негорючий;
Размеры, мм	— 390x500;
Толщина, мм	— 60/20.

## 4.1.2. Комплектующие материалы системы Multipor

### *Легкий раствор Multipor*

Легкий раствор Multipor — сухая строительная смесь, которую перемешивают с водой до получения консистенции, пригодной для дальнейшего употребления. Легкий раствор не должен применяться при температуре окружающего воздуха и стены ниже 5 °С.

Легкий раствор перемешивают с водой при температуре не ниже 5 °С. Указатель уровня на ведре упрощает дозировку раствора. С помощью медленной мешалки с мощными и длинными лопастями смесь перемешивают до достижения рабочей консистенции, а после созревания в течении 5 мин, смесь еще раз перемешивают, и затем используют. Время использования: ок. 1,5 часов, в зависимости от погодных условий. Раствор может быть приготовлен и нанесен машинным способом, например, с помощью машины PFT G4.

Благодаря значительной кроющей способности 30 л свежего раствора (мешок) достаточно для монтажа 5 м<sup>2</sup> плит или для 6 м<sup>2</sup> армирующего слоя. Раствор наносят по всей поверхности зубчатой гладилкой с зубьями 10 мм. Нанесение раствора каплями на краевое утолщение плиты приводит к большому расходу клея и зависимости от качества основания.

### **Характеристики легкого раствора Multipor LW:**

Класс прочности на сжатие, Н/мм <sup>2</sup>	— 1,5—5,0;
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	— 770;
Коэффициент диффузионного сопротивления (μ)	— ≤10;
Капиллярное поглощение воды, кг/м <sup>2</sup> мин. <sup>0,5</sup>	— W2, c ≤ 0,2;
Теплопроводность, Вт/(м·К)	— 0,18;
Класс пожарной безопасности	— негорючий.

### **Технические данные машины PFT G4:**

Вал мешалки:	— стандартная спиральная мешалка;
Насосный модуль	— Twister D4-3;
Дорабатывающий смеситель	— ROTOQUIRL;
Настройка подачи воды, л /ч	— 190;
Скорость подачи раствора, л/мин	— 12;
Давление при подаче раствора, бар	— 8;
Шланг	— 13,3 м; Ø 35 мм;
Распылитель	— Устройство для нанесения штукатурки Ø 25 мм;
Форсунка распылителя Ø 12 мм.	

### ***Разделительные (прокладочные) ленты***

Ленты, состоящие из 100 % пенькового волокна (рис. 4.5), применяются в системах внутренней тепло- и звукоизоляции с использованием плит Multipor. Ленты позволяют вести ровную и абсолютно вертикальную кладку, в том числе и на основаниях, стыкующихся с соседними участками пола. Эти ленты так же применяются в конструкциях, элементы которых имеют различные характеристики растяжения или усадки.



Рис. 4.5. Пеньково-войлочная лента Multipor

## Технические данные пеньково-войлочной изоляционной ленты Multipor:

Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	— 160–180;
Теплопроводность, Вт/(м·К)	— 0,047;
Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара (μ)	— 1–2;
Динамическая устойчивость, МН/м <sup>3</sup>	— 84;
Размеры рулона ДхШхВ	— 25 м × 100 м × 5 мм.

### Армирующие сетки

Сетку из стекловолокна, устойчивую к воздействию щелочей, применяют внутри и снаружи здания. Цвет сетки — белый (рис. 4.6). Армирующую сетку Multipor заделывают легким прижатием к верхней трети свеженанесенного раствора. Сетка должна перекрываться в месте стыка минимум на 10 см. Расход — 1,10 м/м. Для работ с легким раствором Multipor используют сетку с размером ячейки 4х4, а с глиняным раствором Multipor — сетку с размером ячейки 7х7 (табл. 4.3).



Рис. 4.6. Монтажная сетка: а — армирующая сетка (рулон 25 или 50 м); б — прижатие армирующей сетки; в — оштукатуривание сетки

Таблица 4.3

### Технические данные армирующих сеток

Показатели	Тип сетки	
	4×4	7×7
Масса, отнесенная к единице площади, г/м <sup>2</sup>	160 ±5	105 ±5
Размер ячейки, мм	4×4	7×7
Прочность при поставке, Н/5 см	≥ 1750	≥1750
Прочность после старения, Н/5 см	≥ 1000	1000
Размер рулона: Ширина × Длина, м	1 × (25 или 50)	1 × (25 или 50)

### Материалы финишной обработки поверхностей

Финишная обработка поверхностей изоляции может производиться: оштукатуриванием, покраской или укладкой плитки. Возможно применение глиняной штукатурки или сухих строительных панелей.

### Технические данные чистой известковой штукатурки Multipor:

Класс прочности на сжатие, Н/мм <sup>2</sup>	— 1,5—5,0;
Коэффициент сопротивления диффузии пара	— 8;
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	— 1400;
Класс огнестойкости	— негорючий;
Время использования, мин	— ок. 90;

Объем воды на мешок, л	— ок. 5,5;
Выход на мешок	— ок. 18 л свежего раствора;
Потребление на м <sup>2</sup> (толщина слоя 3 мм)	— ок. 4,0 кг/м <sup>2</sup> .

### ***Глиняный раствор Multipor***

Глиняный раствор применяют:

- в качестве однослойной или многослойной выравнивающей штукатурки слоем до 40 мм;
- в качестве клеящего раствора для минеральных изоляционных плит;
- как армирующую штукатурку по сетке;
- как внутреннюю штукатурку по минеральной изоляционной плите или по кладке из газобетона;
- также глиняный раствор применяют для санации фахверковых стен.

### **Технические данные глиняного раствора Multipor:**

Теплопроводность, Вт/(м·К)	— 0,70;
Коэффициент сопротивления диффузии пара ( $\mu$ )	— 1;
Теплоемкость, кДж/(кг·°С)	— 1,0;
Плотность в необожженном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	— 1600;
Коэффициент усадки, %	— 3,1;
Прочность на растяжении, Н/мм <sup>2</sup>	— 0,32;
Прочность при сжатии, Н/мм <sup>2</sup>	— 2,0;
Равновесная влажность вес, %	— 2,0–4,5;
Класс пожарной безопасности	— негорючий.

### **Технические данные тарельчатых дюбелей** (значения в скобках: крепление в газобетоне):

Диаметр дюбеля, мм	— 8;
Диаметр тарелки, мм	— 60;
Глубина отверстия, углубленный монтаж $h_1^3$ , мм	— 50 (90);
Глубина отверстия, поверхностный монтаж $h_2^3$ , мм	— 35 (75);
Глубина анкерного крепления $h_{ef}^3$ , мм	— 25 (65);
Категория использования:	— А, В, С, D, E.



**а**



**б**

Рис. 4.7. Установка дюбеля: а — высверливание отверстия; б — вбивание дюбелей в сетку

Армирующий слой закрепляется при помощи дополнительных тарельчатых дюбелей диаметром тарелки  $\geq 60$  мм. Дюбеля крепят сквозь сетку в прочную основу (рис. 4.7).

### **Материалы системы санации**

В системах санации Multipor используют *активный очиститель* (расход — 1 л примерно на 8 м<sup>2</sup>) для очистки и для защиты поверхности, а также *активную защиту* (расход — 0,5 л на 20 кг легкого раствора).

*Чистая известковая штукатурка* поставляется в мешках массой 25 кг. Расход воды на мешок — ок. 5 л, выход на мешок — ок. 18 л свежего раствора. В качестве верхнего слоя штукатурки этого достаточно для покрытия 6 м<sup>2</sup> при толщине слоя 3 мм.

*Легкий раствор* поставляется в мешках массой 20 кг. Расход воды на мешок — 7,5–8 л, выход на мешок — ок. 30 литров свежего раствора. В качестве верхнего слоя штукатурки этого достаточно для покрытия 6 м<sup>2</sup> при толщине слоя 5 мм.

*Силикатная краска для внутренних работ* поставляется в ведрах по 12,5 л. Потребность в материале на слой: ок. 0,3 л/м<sup>2</sup>, разбавляется не более 5 % воды. Время высыхания — ок. 5 ч. при нормальных температурах внутри помещений (20 °С, 50 % отн. влаж.). Температура проведения санационных работ — не менее 5 °С.

### Инструменты и вспомогательные средства

Инструменты и вспомогательные средства (рис. 4.8) делают возможным быстрое и квалифицированное выполнение работ.

*Тонкозубая ножовка* — с её помощью можно просто, быстро и точно обрезать минеральную изоляционную плиту.

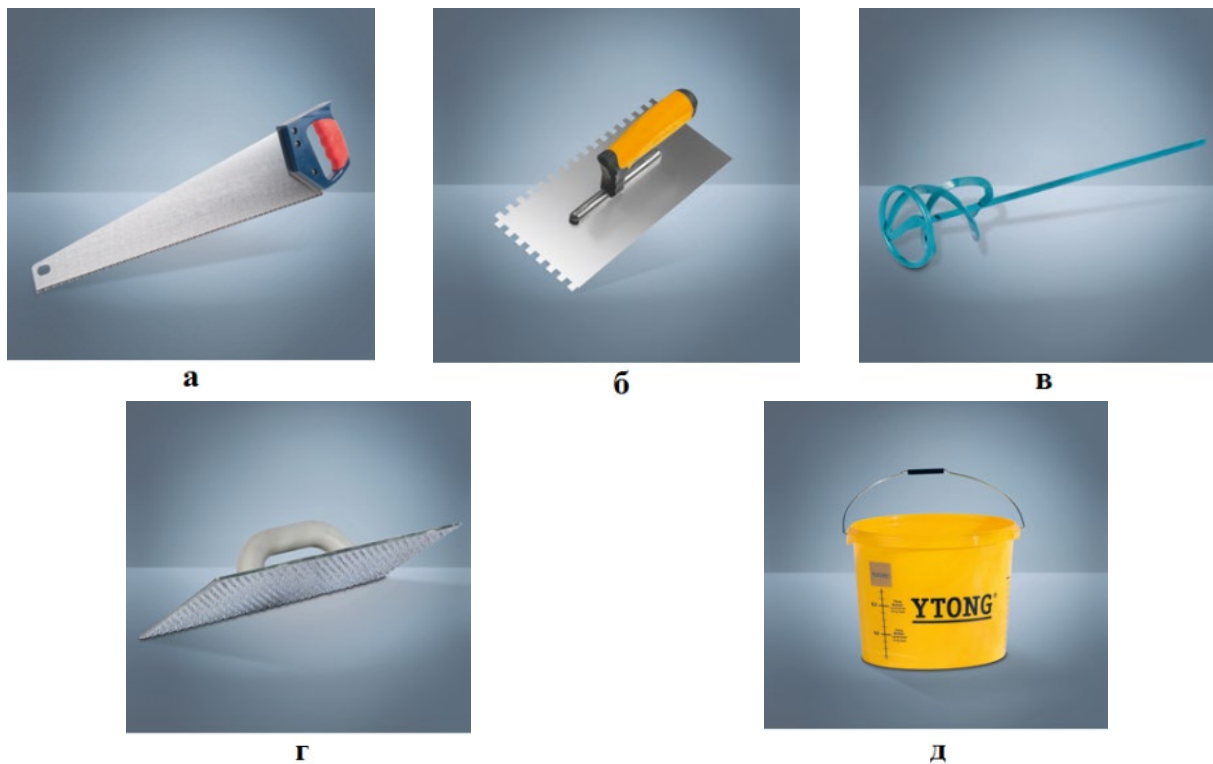


Рис. 4.8. Инструменты: а — ножовка; б — зубчатая гладилка; в — лопастная мешалка; г — шлифовальная доска; д — мерное ведро

*Зубчатая гладилка* обеспечивает нанесение легкого раствора на минеральную изоляционную плиту по всей площади. Распределение зубьев при толщине плиты составляет до 140 мм, начиная с толщины плиты от 160 мм. Зубчатую гладилку сразу же после использования тщательно очищают.

*Мешалка с лопастями.* Легкий раствор готовят в ведре для раствора с помощью медленной мешалки с мощными и длинными лопастями. Лопасты мешалки сразу же после использования тщательно очищают.

*Шлифовальная доска.* Минеральная изоляционная плита поддается легкой и простой шлифовке. После этого обрабатываемая поверхность освобождается от шлифовальной пыли с помощью влажной кисти.



*Мерное ведро.* Легкий раствор готовят с помощью мерного ведра Multipor. Указатель уровня в ведре обеспечивает добавление воды объемом 4 л для 10 кг и 8 л для 20 кг содержимого мешка.



Рис. 4.9. Работы с инструментом Multipor: а — перемешивание легкого раствора; б — обрезка; в, г, д — вырезание паза в плите для существующей трубы; е — подгонка закругленных краев плиты и углов

Минеральные изоляционные плиты Multipor вместе с комплектующими материалами доставляют непосредственно к месту укладки. Если все же требуется промежуточное складирование, твердые, плоские и сухие складские места для безотказного выполнения строительномонтажных работ позволяют избежать повреждений материала (рис. 4.9).

Необходимо использовать автомобили с гидравлическим краном или штабелеекраном, который может бережно положить изоляционные плиты как отдельный товар или на поддоны рядом с автомобилем на плоское основание. Плиты можно сложить также рядом с местом установки.

Для разгрузки и переноски материала следует использовать только пригодные подъемные механизмы, имеющие разрешение на данные работы. Транспортировка минеральных изоляционных плит на закрепленных поверхностях может осуществляться также автомобилем с краном-манипулятором.

### 4.1.3. Системные решения Multipor

Свойства изоляционного материала проявляются в полном объеме только в комбинации различных материалов и компонентов — то есть в строительных системах (рис. 4.10). Эти системные решения открывают перед минеральными изоляционными плитами Multipor широкий спектр применения — оптимальные решения формирования изоляционной оболочки зданий.

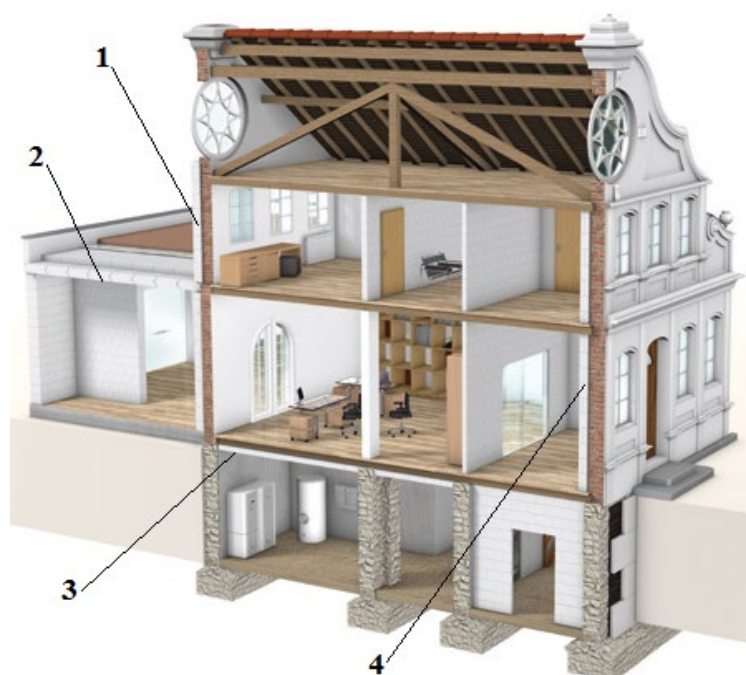


Рис. 4.10. Системы изоляции: 1 — фасадная изоляция; 2 — кровельная изоляция; 3 — изоляция перекрытий; 4 — внутренняя изоляция здания

*Внутренняя изоляция здания.* Паропроницаемая и капиллярно-активная минеральная изоляционная плита Multipor WI обеспечивает внутреннюю изоляцию стен зданий без применения веществ, отравляющих окружающую среду, а также сохраняет высокий уровень противопожарной защиты (рис. 4.10). Универсальность системе придает широкий диапазон комплектующих: материалов для уничтожения плесени, силикатной краски для внутренних работ, изделий Multipor из извести и глины, которые используются для санации старинных фахверковых зданий.

При изоляции помещений минеральные плиты обеспечивают дополнительную и современную внутреннюю изоляцию при отсутствии сложностей с пароизоляцией (рис. 4.11). Минеральный высокопористый материал обеспечивает быстрое и естественное регулирование влажности воздуха помещения, поглощая излишки влаги. При снижении влажности в помещении эти излишки выводятся обратно в окружающую среду (капиллярный эффект) и удаляются при вентиляции. Таким образом, баланс влаги в жилом помещении регулируется естественным путем.



Рис. 4.11. Изоляция стен помещения

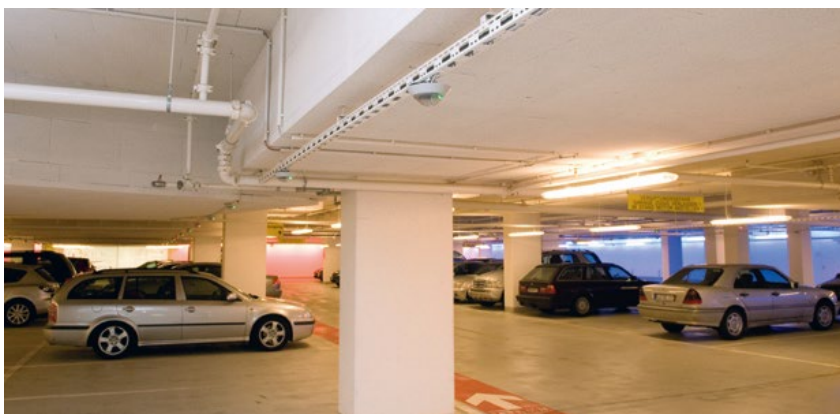


Рис. 4.12. Изоляция перекрытий

*Изоляция перекрытий.* При изоляции перекрытий цокольного помещения минеральные изоляционные плиты Multipor благодаря комбинации негорючести и теплоизоляции гарантируют низкие затраты на отопление и высокую пожаростойкость. Эти плиты были использованы при теплоизоляции миллионов кв.м перекрытий в жилых и офисных зданиях, специальных сооружений (рис. 4.12), торговых центров и стадионов).

*Кровельная изоляция.* Минеральные изоляционные плиты Multipor DAD и DAA применяют как на плоской, так и на скатной кровле. Благодаря их высокой прочности на сжатие и негорючести они могут применяться как в нагруженных, так и ненагруженных системах. Изоляция Multipor с заданным уклоном обеспечивает отвод воды с плоской крыши.



Рис. 4.13. Системы фасадной изоляции

*Фасадная изоляция* (рис. 4.13). Ударопрочная и негорючая система комплексной теплоизоляции на основе минеральных изоляционных плит Multipor WAP гарантирует наилучшее качество в плане строительства новых и изоляции существующих зданий.

## 4.2. Особенности проектирования теплоизоляционных систем

### 4.2.1. Условия формирования комфортной среды

Формирование комфортной среды является не менее важной задачей, чем энергосбережение, о котором судят не только по показателям приборов, но по толщине изоляционного слоя. Отметим, что увеличение толщины слоя до максимального связано с увеличением материалоемкости конструкции, затрат на проектирование и монтаж и, кроме того, в некоторых случаях может сказаться и на снижении долговечности системы.

При этом максимальная толщина энергосберегающей изоляции не всегда является прямым рациональным решением для существующего здания. Необходимо учесть и проанализировать следующие точки зрения: прежде всего, следует определить цель мероприятий по изоляции, так как, помимо энергетических соображений, ключевую роль играют гигиена жилого пространства. Если теплоизоляция, соответствующая современным стандартам, во многих существующих зданиях невозможна, даже меньшая толщина изоляционного материала может сильно повысить качество жизни и заметно сберечь энергию.

Помещения, используемые время от времени, такие как храмы или прочие общественные здания, благодаря внутренней изоляции минеральными изоляционными плитами быстро разогреваются и обеспечивают теплоту и комфорт. Тепло остается в помещении и не выводится непосредственно в окружающую среду.

При повышении температуры поверхности растет уровень комфортности внутри здания, кроме того, теплоизоляция предотвращает появление плесени. Тем не менее, сопряженные элементы конструкции, примыкания перекрытия и стен являются областями опасными для образования плесени и должны быть защищены (санированы) в первую очередь.



Рис. 4.14. Температурный комфорт при сидячей работе, средней активности и соответствующей одежде в виде функции средней температуры поверхности стен помещения и температуры воздуха в помещении

Комфортный климат в помещении считается запланированной целью при выборе строительных и изоляционных материалов. Температурный комфорт характеризуется, прежде всего, удовлетворенностью окружающим климатом. Хотя каждый человек имеет собственные, индивидуальные представления, касающиеся этого чувства, общепринятые рамки комфорта определить вполне возможно.

Удобному и комфортному климату в помещении способствуют следующие основные факторы: средняя температура ограждения (рис. 4.14), средняя влажность воздуха в помещении, температура пола.

Распределение температуры в кирпичной стене показано на рис. 4.15. Если стена не утеплена, температура на внутренней поверхности стены составляет около 6 °C. Распределение температур по диагонали благодаря углам наружной стены незначительно, что соответствует также дальнейшему распределению по стенке.

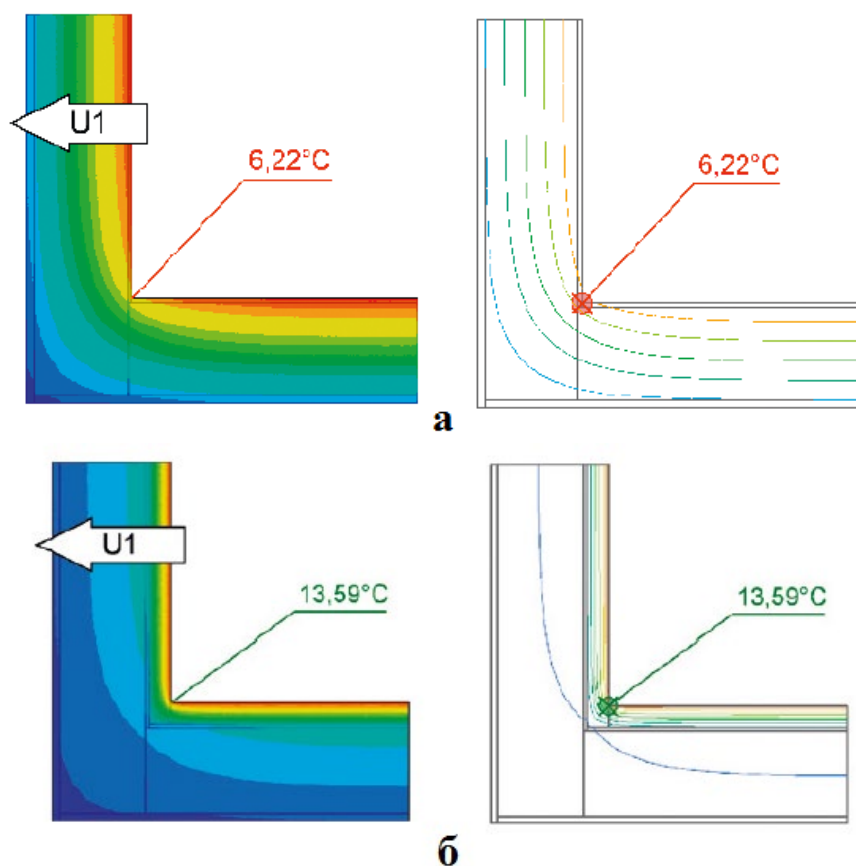


Рис. 4.15. Распределение температур в кирпичной стене: а — без утепления; б — с утеплением

В целях исключения возможности появления плесневого грибка температура внутренней поверхности стены должна быть не менее  $12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Кроме того, невзирая на нормальную внутреннюю температуру, в квартире еще некомфортно, поскольку внутренние стенки «излучают» холод.

Установка теплоизоляционных плит Multipor WI толщиной 60 мм позволяет получить условия, удовлетворяющие критериям по отсутствию плесени и по ощущению комфортности. В чувствительных угловых зонах температура поверхности повышается с почти  $6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $13,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ . С комфортным для жизни климатом в помещении ценные стройматериалы сохраняются в течение длительного времени, и намного улучшается гигиена жилых помещений.

При использовании помещений время от времени изоляция минеральными изоляционными плитами делает возможным быстрый прогрев воздуха при одновременном увеличении комфорта.

#### 4.2.2. Проектирование системы теплоизоляции внутри помещений

Дополнительный монтаж внутренней изоляции влияет на характеристики существующей конструкции. Корректное проектирование, наличие специальных материалов (таких как минеральная изоляционная плита Multipor WI), а также добросовестное исполнение гарантируют получение эффективной конструкции.

Минеральные изоляционные плиты Multipor WI имеют толщину от 80 до 120 мм, что позволяет добиться соответствующей эффективной теплоизоляции. Однако, с точки зрения строительной физики для энергетической оптимизации зданий пригодны изоляционные материалы также большей толщины.

Существует следующая упрощенная формула. Значение  $U \times 10$  равно реальному расходу жидкого топлива в литрах на  $m^2$  отапливаемой площади и отопительный сезон, значение  $U \times 10 \times 3$  равно эмиссии  $CO_2$  в кг на  $m^2$  отапливаемой площади и отопительный сезон. Эффективная теплозащита позволяет достичь сокращения расхода жидкого топлива на 80 % и соответственного сокращения выделения  $CO_2$  (в отношении к единице поверхности). Этот пример наглядно представляет потенциал экономии энергии при помощи внутренней изоляции и его воздействие на окружающую среду за счет сокращения выброса  $CO_2$ .

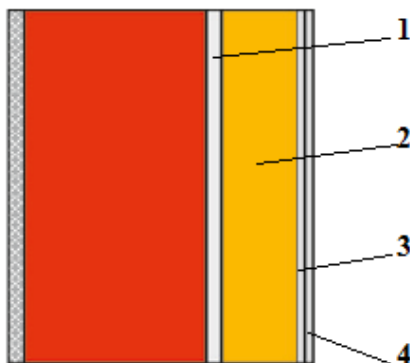


Рис. 4.16. Конструктивная схема изоляции стены: 1 — штукатурка; 2 — минеральная изоляционная плита; 3 — армирующий слой; 4 — верхний слой штукатурки

Принципиальная схема внутренней отделки включает следующие элементы (рис. 4.16):

- наружную и внутреннюю штукатурку (толщиной 20 мм);
- легкий раствор (толщиной 5 мм);
- минеральную изоляционную плиту Multipor WI (100 мм);
- армирующий слой — легкий раствор (толщиной 5 мм);
- верхний слой штукатурки — легкий раствор Мили известковая штукатурка (толщиной 5 мм).

Паропроницаемая, капиллярно-активная система внутренней изоляции обеспечивает диффузионный поток пара и отведение конденсата по капиллярам обратно на внутреннюю поверхность. С одной стороны, сокращается уровень влажности внутри стены до не критической отметки, а с другой стороны, стена остается паропроницаемой и может, тем самым, как поглощать излишки влаги, так и высушивать лишнюю влагу, отводя ее вовнутрь (рис. 4.17, рис. 4.18).

«Паропроницаемые» и герметичные системы внутренней изоляции, такие как, конструкции наружных стен с минеральной ватой и пароизоляционной пленкой, или почти герметичный пенопласт, предотвращают диффузионный поток пара внутрь стены, а, следовательно, и высыхание существующей конструкции стены, как было бы возможно в условиях летней температуры. «Паропроницаемые» и герметичные системы во время монтажа (рис. 4.19) и в процессе эксплуатации требуют тщательного обращения. Не допускается любое нарушение проектной целостности изоляционной оболочки.

Аналитическая проверка строительных систем с минеральной изоляционной плитой Multipor WI осуществляется при помощи моделирования климата. Нестационарные расчеты для самых различных сборочных узлов проводятся с использованием баз данных и программы WUFI. Установлено, что конденсат, возникающий в холодное время года в малых количествах в слоистой структуре, не критичен, поскольку во всех случаях за период испарения вновь полностью высыхает.

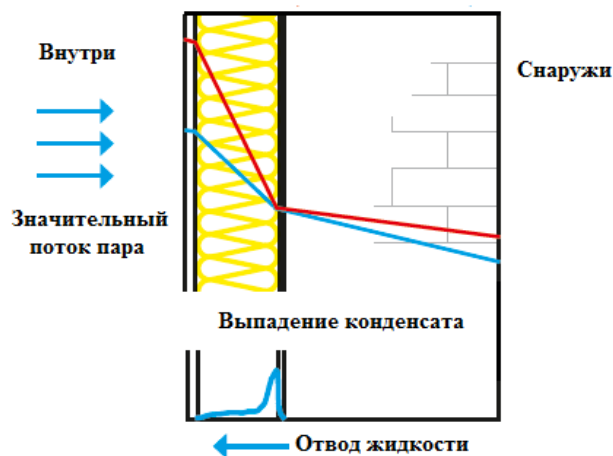


Рис. 4.17. Принцип функционирования паропроницаемой стены: 1 — кривая температуры; 2 — кривая давления пара

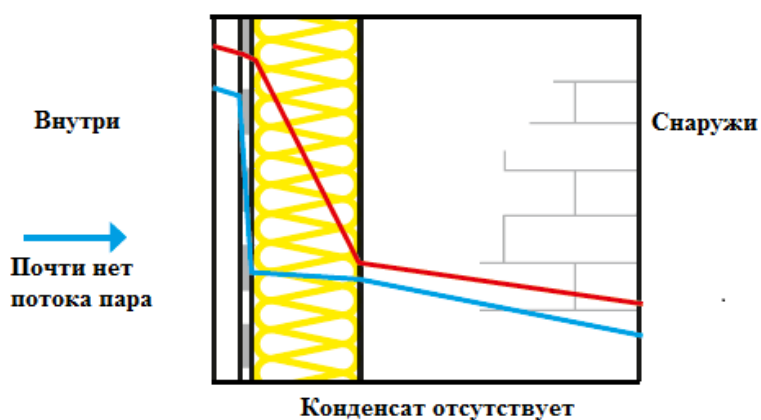


Рис. 4.18. Принцип функционирования внутренней изоляции, замедляющей распространение влаги: 1 — кривая температуры; 2 — кривая давления пара



Рис. 4.19. Установка плит

На этапе, предшествующем проектированию внутренней изоляции, конструкцию подвергают обследованию. Осмотр объекта необходим, чтобы иметь возможность уверенно и исчерпывающе оценивать имеющуюся строительную ситуацию (рис. 4.20, рис. 4.21). При этом мало оценить теплотехническое качество материала, гораздо важнее оценка общей ситуации с точки зрения строительной физики, включая влаго-, звуко- и (при необходимости) пожарозащиту (рис. 4.22).

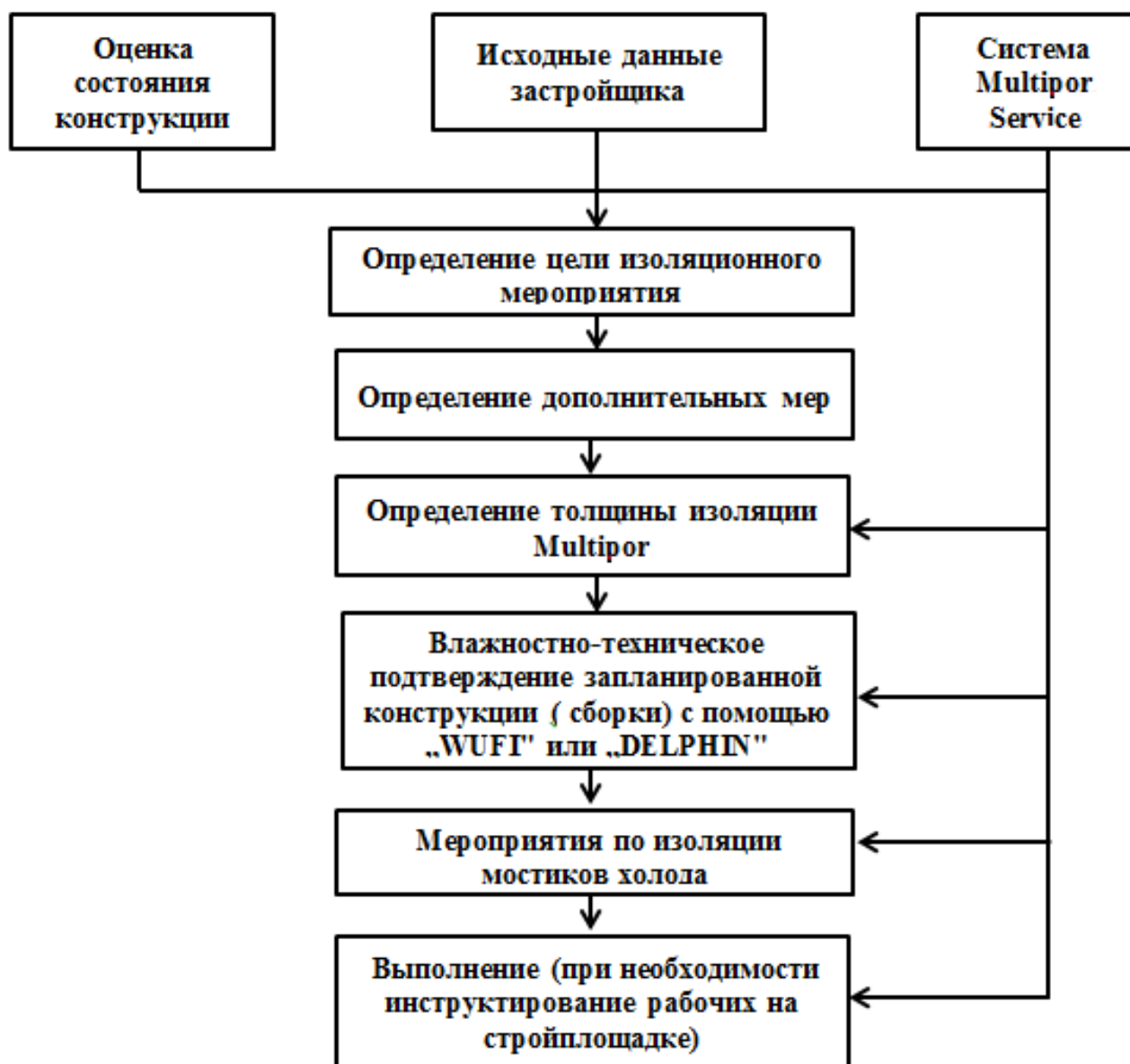


Рис. 4.20. Блок-схема при проектировании и выполнении внутренней изоляции

Составляется акт, в котором фиксируются:

- оценка местоположения здания (защищенное или открытое местоположение и т.д.);
- общее состояние каменного строения или существующей конструкции;
- состояние существующей конструкции по влажности, при необходимости с учетом солеотложения;
  - защита от ливневых осадков (облицовка, покраска, штукатурка) и нагрузка вследствие ливневых осадков наружного фасада, незащищенность отдельных фасадов;
  - прочие источники влажности конструкции (подъем уровня влажности, неисправность в отводе дождевых стоков и т.д.);
- параметры состояния воздуха;
- анализ состояния здания с обнаружением и нанесением на карту проблемных участков, а также обобщение данных по объекту;
- предполагаемое использование здания или помещений, подлежащих оценке на предмет энергообеспечения.





Рис. 4.21. Внутренняя изоляция. Район Spichernhöfe Köln



Рис. 4.22. Начальная школа Лессинга, Хемниц

Оценка влияния ливневой нагрузки необходима для правильного выбора системы изоляции. *Первая группа нагрузки* действует для годового объема осадков  $< 600$  мм, или для большего объема осадков при положении, особенно защищенном от ветра. *Вторая группа нагрузки* действует для годового объема осадков от 600 до 800 мм, или для большего объема осадков при положении, особенно защищенном от ветра, или для высотных домов, а также домов в незащищенном положении, которые в ином случае были бы отнесены к группе I. *Третья группа нагрузки* действует для годового объема осадков  $> 800$  мм, или при более низком уровне осадков в ветреной местности, или для высотных домов, а также домов в незащищенном положении, которые в ином случае были бы отнесены к группе II.

*В качестве финишной отделки помещений могут применяться:*

- 1) тонкослойные штукатурки с затиркой, структурные и заглаженные штукатурки, наносимые на слой арматуры;
- 2) обои и «дышащие» красочные покрытия;
- 3) отделка сухим способом, наносимая на основание;
- 4) керамическая плитка, наносимая на слой арматуры.

#### ***Особые сферы внутренней изоляции***

**Улучшение эксплуатационных характеристик подвального помещения.** Перед утеплением подвального помещения защищают наружные стены от проникновения или подъема влаги. Независимо от свойства внутренней изоляции, позволяющего регулировать влажность, обеспечивается приточная и вытяжная вентиляция помещений, а также достаточная циркуляция воздуха во время отделки и обустройства помещений. В процессе эксплуатации следует учитывать региональные особенности геологии и, в частности, возможные изменения уровня паводковых и грунтовых вод.

**Реконструкция и утепление фахверковых зданий с помощью плит и глиняного раствора.** Фахверковые здания распространены в Европе и на юге России и зачастую относятся к объектам архитектурного наследия. Поскольку защита архитектурных памятников запрещает использование классической внешней изоляции, минеральная изоляционная плита Multipor WI при дюбельном креплении позволяет поднять энергетическую ценность таких зданий. Предпочтительно для этого необходимо использовать комбинацию плит с глиняным раствором.

При санации существующего фахверкового строения учитывают следующие аспекты:

- а) общее состояние здания;
- б) действие на фасад погодных условий;
- в) расположение здания и зоны ливневой канализации, особенно в группах высокой ливневой нагрузки;
- г) расчетную толщину изоляционного материала;
- д) компоновку стен и их влажностно-техническое состояние.

При использовании минеральной изоляционной плиты Multipor WI возможная толщина изоляции составляет до 100 мм. Для большей толщины изоляционного слоя согласование деталей и влажностно-технический расчет обязательны.

### 4.2.3. Проектирование системы теплоизоляции фасадов и наружных стен

Фасадные системы теплоизоляции являются комбинированными системами, в которых изоляционный материал наклеивается на наружную стену здания, механически дополнительно закрепляется дюбелями и оштукатуривается в несколько слоев. Отдельные элементы формируют согласованную, проверенную и допущенную строительную систему, которая (даже будучи соединенной с комплектующими и дополнительными компонентами) создает надежную изоляционную оболочку.

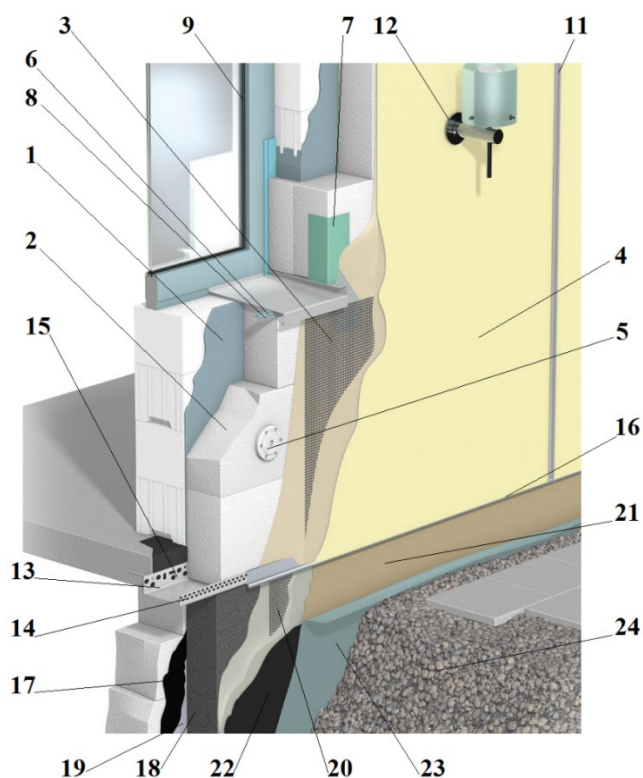


Рис. 4.23. Комбинированная система теплоизоляции: 1 — легкий раствор; 2 — минеральные изоляционные плиты; 3 — армирующая сетка; 4 — тонкослойная зернистая штукатурка; 5 — тарельчатые дюбели; 6 — стрелка из армированной сетки; 7 — уголок; 8 — уплотнительная лента; 9 — полоса штукатурки; 10 — плита для откоса; 11 — профиль смещения; 12 — спиральный дюбель; 13 — цокольный профиль; 14 — цокольный профиль; 15 — дюбель-гвоздь; 16 — армирующая окантовка; 17 — гидроизоляция; 18 — изоляционная XPS-плита; 19 — клей для XPS-плиты; 20 — защитный слой для XPS-плиты; 21 — легкий раствор штукатурный; 22 — дополнительная гидроизоляция; 23 — дренажный мат; 24 — засыпка гравием

Системы изоляции фасадов (рис. 4.23) — это комбинированная конструкция, основой которой являются минеральные изоляционные плиты и легкие штукатурные составы. При необходимости осыпающееся или красящее основание или старая штукатурка закрепляется грунтовкой. Слой изоляции из минеральных плит Multipor (2) имеет толщину от 60 до 200 мм или в два слоя — до 300 мм. Для приклеивания минеральных изоляционных плит к основанию используют легкий раствор (1).

В верхнюю треть армирующего слоя толщиной 5—6 мм из легкого раствора укладывается армирующая сетка (3) с размером ячейки 4×4 мм и перехлестом минимум 10 см. В зонах, где существует опасность ударов, можно проложить дополнительный армирующий слой экранной сетки с ячейками 8×8 мм без перехлеста под поверхностным армирующим слоем. Для верхнего слоя используются тонкослойные минеральные зернистые штукатурки (4): структурные штукатурки или мюнхенский штукатурный намет с зерном 2 или 3 мм.

Чтобы увеличить время работы с тонкослойными декоративными штукатурками, армирующий слой необходимо сначала подготовить специальным составом, уменьшающим способность основания к впитыванию, или по выбору покрыть грунтовкой под штукатурку. Затем верхние слои штукатурки, в особенности цветные, наносятся с силикатной фасадной краской.

Для крепления изоляции стен и цоколя используют тарельчатые дюбели (5).

Стрелка из армированной сетки (6) используется для диагонального армирования во всех углах окон и дверей под поверхностным армирующим слоем. Уголок (7) для укрепления углов и исполнения краев подготавливается перед поверхностным армирующим слоем. Уплотнительная лента (8) или соединительный профиль обеспечивают плотное и эластичное соединение на длительный срок, а также при переходе на дерево, металлический лист, пластик, сталь и т. д. Полоса штукатурки (9) формирует примыкание штукатурного слоя, устойчивого к ливневым осадкам с сеткой для окон, дверей и прочих элементов конструкции. Если ожидаются значительные смещения, например, при больших окнах во всю стену, край сетки следует использовать для разомкнутого решения между системой штукатурки и конструкцией рамы.

Для изоляции откосов дверей и окон без смены материала используют плиту для откоса г (10). Профиль смещения (11) при незначительном смещении деталей, как, например, в таунхаусах, используется на поверхностях, а также на внутренних или наружных углах. Компенсационные зазоры здания дублируют с помощью профиля для деформационных швов в комбинированной системе теплоизоляции.

Спиральный дюбель (12) используют для крепления мелких предметов, таких как, например, номер дома в слое изоляции. Цокольный профиль (13) применяют в качестве классического нижнего завершения системы в форме желоба из алюминия со встроенной системой стыковых соединителей. Цокольный профиль (14) используют со встроенным капельником для аккуратного заштукатуривания цокольного профиля. Основание направляющая цоколя крепят профильным дюбелем, с предустановленным дюбель-гвоздем с буртиком (15). Неровности основания при этом могут быть выровнены с помощью компенсационных прокладок, надеваемых на профильный дюбель.

В качестве быстрой альтернативы армирующей окантовки используется цокольный профиль SOKA Tex (16). Профиль вставляется и прокладывается между минеральной изоляционной плитой Multipor и изоляцией цоколя. Приваренная армирующая сетка вставляется в поверхностный армирующий слой и вместе со встроенным капельником образует завершение верхнего слоя штукатурки.

Гидроизоляция зданий (17) выполняется рулонными материалами или мембранами. Для цоколя и для теплоизоляции стен, имеющих контакт с землей, используются XPS-плиты (18), монтаж которых осуществляется на герметизирующий клей SSK, перемешанный с цементом (19).

Для армирования цоколя герметизирующий клей SSK смешивают с цементом (пропорция 1:1) и наносят свежую полученную массу на изоляцию цоколя (20). Армирующая сетка с ячейкой 4×4 мм при этом закладывается в первый слой. Далее наносят легкий раствор Multipor со структурой, пригодной для штукатурки цоколя (21). В местах, где цоколь соприкасается с землей, изоляция цоколя после затвердевания еще раз плотно замазывается (22) при нанесении смеси герметизирующего клея SSK и цемента, сжиженной при добавлении приблизительно 10 % воды. Дренажный мат или нетканый защитный материал выполняет функции разделительного слоя. Укладывается финишное покрытие — засыпка гравием или мощение пешеходных дорожек.



Рис. 4.24. Комбинированные системы теплоизоляции

Комбинированные системы теплоизоляции (рис. 4.24) вот уже на протяжении более 50 лет используются в качестве изолирующих наружных конструкций: сначала, главным образом, при санации зданий, а также при строительстве новых зданий, поскольку их энергетические качества ввиду роста цен на энергию обретают все большее значение. Недостаточно изолированные наружные стены выпускают в никуда почти одну треть энергии отопления.

При изоляции новых зданий и при санации существующих, наряду с максимальным изоляционным действием, также речь идет о других строительно-физических свойствах, учтенных комбинированной системой теплоизоляции.

Поверхностная влажность обуславливает микробиологическое поражение. При наличии комбинированной системы теплоизоляции избыточная влажность минимальна. Быстрота просушивания, а также высокая теплоемкость предотвращают проблему естественным путем, поскольку полностью минеральные системы имеют оптимальные диффузионные свойства. Эти системы полностью не «запечатывают» стены, а вбирают в себя влажность и вновь ее отдают, благодаря чему возникает температурный и влажностный баланс.

Минеральная система Multipor является негорючей. Даже при самых высоких температурах выделение ядовитых паров и дыма исключено. Неудивительно, что комбинированная система теплоизоляции Multipor уже используется во многих местах и довольно успешно — в детских садах, школах, больницах и других общественных зданиях. Система также превосходно подходит для монтажа в многоэтажных зданиях, поскольку выполняет все условия тепло- и пожарозащиты.

#### ***Системы изоляции каменной или кирпичной кладки***

Использование минеральных изоляционных плит Multipor с традиционной каменной кладкой позволяет сформировать системы, полностью отвечающие нормативам теплозащиты (рис. 4.25).

Минеральные изоляционные плиты, монтируемые на газобетон или силикатный кирпич, являются оптимальным изоляционным материалом и отвечают требованиям энергосбережения. Негорючесть системы делает возможным её применение в многоэтажных зданиях без каких-либо ограничений. Полностью сплошной слой изоляционного материала в функциональных стенах минимизирует в значительной степени мостики холода. Соединения окон и дверей изолируются таким образом, чтобы уменьшить отток тепла при наличии неизбежных мостиков холода.

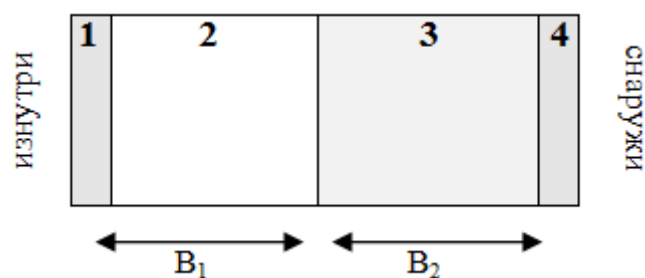


Рис. 4.25. Конструкция стены: 1— внутренняя штукатурка ( $\delta = 0,8$  см;  $\lambda = 0,51$  Вт/(м·К); 2 — газобетон YTONG или силикатный кирпич ( $\delta = B_1$  см); 3 — минеральная изоляционная плита Multipor ( $\delta = B_2$  см); 4 — наружная штукатурка ( $\delta = 1,0$  см;  $\lambda = 0,18$  Вт/(м·К)

Третий слой — штукатурный — защищает от атмосферных воздействий. Усиленная и многослойная штукатурка зависит от используемой изоляции, а также служит отличным дизайном фасада.

### ***Реконструкция наружных стен и энергосбережение***

Квартиры исторической застройки или квартиры, эксплуатирующиеся долгое время, имеют плохую либо недостаточную теплозащиту. Это приводит к повышению расходов на энергию и отсутствию комфорта, как в теплое время, так и зимой.

Решением этих проблем может быть система теплоизоляции минеральными изоляционными плитами Multipor WAP. Эту систему можно просто и экономически эффективно использовать на минеральных основаниях, таких как кирпичная кладка или бетон. Схема конструкции представлена на рис. 4.26.

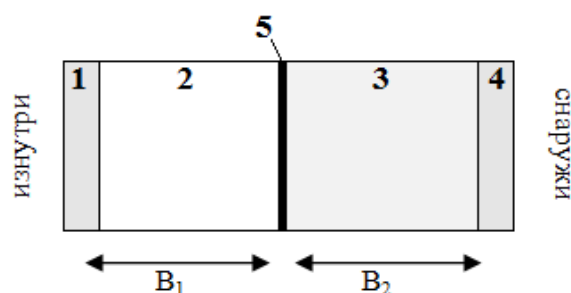


Рис. 4.26. Отделка стен: 1 — внутренняя штукатурка ( $\delta = 1,0$  см;  $\lambda = 0,51$  Вт/(м·К); 2 — газобетон или силикатный кирпич ( $\delta = B_1$  см); 3 — минеральная изоляционная плита Multipor ( $\delta = B_2$  см); 4 — наружная штукатурка ( $\delta = 1,0$  см;  $\lambda = 0,18$  Вт/(м·К); 5 — имеющаяся наружная штукатурка.  $R_{Si} + R_{Se} = 0,17$  м<sup>2</sup> К/Вт

Спроектированная комбинированная система теплоизоляции должна соответствовать всем заданным величинам тепло- и пожарозащиты. Минеральные изоляционные плиты в сочетании с легким раствором Multipor делают возможными конструкции из кладки с негорючей системной структурой (рис. 4.27, рис. 4.28). В случае пожара эти материалы не выделяют опасных для здоровья дымовых газов и успешно используются в общественных зданиях — например, в детских садах, школах или больницах.



Рис. 4.27. Изоляция фасадов



Рис. 4.28. Комбинированные системы теплоизоляции с горючими составными частями от одного производителя

Свойство негорючести, помимо прочего, обеспечивает использование материала в многоэтажных зданиях до 100 м высотой. Следует учесть, что комбинированная система теплоизоляции, начиная с высоты здания 22 м над уровнем земли, в соответствии с рекомендациями монтируется только из негорючих материалов. Вследствие негорючести минеральных изоляционных плит отпадает слой огнезащиты, обязательный при изоляционных материалах толщиной более 100 мм по периметру оконных и дверных проемов.

#### ***Механическое закрепление минеральных плит***

Минеральные изоляционные плиты дополнительно закрепляются сертифицированными тарельчатыми дюбелями. Так, при тщательной обработке возникает высококачественная и функциональная комбинированная система теплоизоляции, как минимум соответствующая по предполагаемому сроку службы обычному фасаду со штукатуркой.

В зависимости от региона, расположения и высоты здания предполагается различная нагрузка, рассчитываемая с учетом порывистого ветра. Сила порывистого ветра является нагрузкой «на отрыв» как для минеральной изоляционной плиты, так и для клеящего соединения. Возникающие усилия отрыва компенсируются креплением тарельчатыми дюбелями и передаются на несущее основание. Минимальное число дюбелей на изоляционную плиту зависит от нагрузки от порывистого ветра (табл. 4.4).

## Расчет количества дюбелей

Класс дюбелей, кН	Ветровая нагрузка, кН/м <sup>2</sup>			
	≤ - 0,56	≤ - 0,77	≤ - 1,0	≤ - 1,6
≥ 0,20	1	1	2	2

*Акустические свойства системы изоляции*

Минеральные изоляционные плиты не оказывают отрицательного влияния на звукоизоляцию — наоборот. Комбинированные системы звукоизоляции крепятся на наружных стенах и между этажами и служат изоляцией от уличного шума.

## Результаты акустических испытаний

Отделка стен	Индекс звукоизоляции (R <sub>w</sub> ), дБ	Изменение индекса звукоизоляции по сравнению с необработанной стеной, дБ
Силикатный кирпич, d = 17,5 см, плотность = 1800 кг/м <sup>3</sup>	52	—
Силикатный кирпич + 6 см комбинированной системы теплоизоляции Multipor	54	(+2)
Силикатный кирпич + 20 см комбинированной системы теплоизоляции Multipor	52	(+/-0)
Газобетон, d = 24 см, плотность = 350 кг/м <sup>3</sup>	46	—
Газобетон + 20 см комбинированной системы теплоизоляции Multipor	46	(+/-0)

Акустические испытания (табл. 4.5) показали, что комбинированная система теплоизоляции из минеральных изоляционных плит Multipor не ухудшает индекс звукоизоляции наружной стены. В зависимости от конструкции наружной стены значение индекса звукоизоляции может увеличиваться до 2 дБ. Происходит частотная коррекция, и улучшается изоляция для низкочастотного шумового диапазона (шум транспорта). Звукоизоляция комплексной системы Multipor оценивается по величине индекса звукоизоляции R'<sub>w,R</sub> конструкции стены:

$$R'_{w,R} = R'_{w,R,O} + \Delta R'_{w,R},$$

где R'<sub>w,R,O</sub> — фактическое значение оцененного индекса звукоизоляции монолитной стены без комбинированной системы теплоизоляции;

$\Delta R'_{w,R}$  — значение коррекции.

$\Delta R'_{w,R} = 0$  дБ при несущих стенах с отношением массы к площади  $\geq 300$  кг/м<sup>2</sup>, толщине изоляционного материала 60 мм и системе штукатурки с отношением массы к площади  $\leq 10$  кг/м<sup>2</sup>.  $\Delta R'_{w,R} = -2$  дБ при всех остальных вариантах конструкции. Коррекция включают в себя общий коэффициент запаса, равный 2 дБ.

Оптимальные решения получаются при возведении новых зданий из силикатного кирпича или из газобетона в сочетании с изоляцией Multipor. Также не имеющие изоляции минеральные основания старых фасадов могут быть доведены до новейшего энергетического уровня с помощью комбинированной системы теплоизоляции Multipor.

Основания из дерева или листовой стали являются непригодными для санации. По причине длительной повышенной нагрузки влажностью, также в зоне цоколя и по периметру рекомендуется использовать другие изоляционные материалы, такие как изоляционные плиты из жесткого пенопласта или пеностекло.

В этом отношении комбинированная система теплоизоляции с минеральными изоляционными плитами Multipor WAP защищает строительную конструкцию надежно и на долгий срок — в конечном счете, минеральные изоляционные плиты не пропускают воду и могут быть свободно использованы в системе с пригодными штукатурками даже при сильной влажностной нагрузке (в периоды дождей и плохой погоды).

#### 4.2.4. Проектирование кровельных систем

Кровля в первую очередь защищает само здание, его жильцов и предметы, находящиеся внутри, от воздействия внешних факторов. При этом изоляция плоской кровли в особенности подвержена колоссальным колебаниям температуры — от примерно от 80 °С до минус 20 °С и ниже — и поэтому должна соответствовать определенным требованиям. При этом механическая нагрузка, влажность, ветровая нагрузка и в значительной степени также пожаробезопасность играют большую роль. Если, например, изоляция кровли загорится при тепло- и гидроизоляционных работах в зоне крыши, тлеющий пожар может иметь катастрофические последствия. Любая конструкция кровли выполняет комплексную строительную задачу и требует квалифицированного проектирования.

Как правило, от крыши ожидают, что она будет служить многие десятилетия. Низкокачественные же строительные изделия и неправильное использование могут привести к преждевременным высоким расходам на ремонт. Декоративные кровельные конструкции с высококачественным сочетанием изоляционного материала и гидроизоляции обеспечивают долгий срок службы и надежность. Минеральные изоляционные плиты с сопротивлением сжатию 300–350 кПа используются для изоляции кровель плоских или скатных.

Кровли с высокими требованиями по пожарозащите предполагают использование негорючего изоляционного материала. Минеральная изоляционная плита Multipor DAA представляет собой высокоэффективный негорючий изоляционный материал и является в этом смысле абсолютно надежным решением.

##### *Плоские кровли*

Понятие «плоская кровля» не определяет, как часто думают, форму конструкции кровли, а служит обозначением расположения слоев кровли: плоские кровли выполняются в принципе с плоской, однородной гидроизоляцией, прилегающей по всей площади к сплошному и бесшовному основанию (например, теплоизоляции). Плоские кровли возможны любой формы и под любым наклоном.

Минеральные изоляционные плиты Multipor DAA применимы в различных типах конструкций плоской кровли (табл. 4.6) начиная с ненагруженной, не используемой кровли, вплоть до крыш с автомобильными стоянками на них или крыш-террас и т. п.

Таблица 4.6

**Область применения минеральной изоляционной плиты Multipor DAA**

Марка плит	Нагрузка под давлением	Области использования	Деформация
Multipor 300 кПа $\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}^*$	высокая нагрузка	Эксплуатируемые кровли, террасы	без деформации
Multipor 350 кПа $\lambda = 0,047 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}^*$	очень высокая нагрузка	Кровли с автостоянками, промышленные полы и т.д.	без деформации

\* Расчетный коэффициент теплопроводности согласно европейским нормативам.

Различают следующие типы плоской кровли в зависимости от их использования:

- 1) неиспользуемые кровли (подверженные атмосферным воздействиям, покрытые щебнем и/или экстенсивной растительностью), на которые редко выходят люди;
- 2) используемые кровли (с интенсивной растительностью, а также балконы, террасы и автостоянки).



Уже в фазе проектирования необходимо решить, как должна быть наклонена кровля, поскольку застаивающаяся вода существенно снижает предполагаемый срок службы кровли. Поэтому конструкции плоской кровли подразделяют на две категории использования:

1. *Категория использования К2* (высококачественная кровельная конструкция) — эта категория определяет конструкции с более длительным сроком службы и меньшими затратами на поддержание в исправности. Обычный уклон кровли данной категории составляет как минимум 2 %. Дополнительно должен учитываться уклон кровли в зоне преломления минимум 1 % и в этом месте должно обеспечиваться высококачественное уплотнение. Также при проектировании необходимо учесть неровности основы и допуски при исполнении.

2. *Категория использования К1* (стандартная кровельная конструкция) предъявляет минимальные требования к конструкции кровли. Здесь может использоваться гидроизоляция кровли типа К1. Если, тем не менее, названные значения уклона кровли для категории использования К2 не будут достигнуты, здесь следует проложить более качественные полосы кровельного материала К2.

Плиты уклона Multipor обеспечивают любые углы наклона кровли, так, что мы тем самым можем проектировать по желанию великолепные действующие скатные кровли с наклоном до 5 %.

Конструкции плоской кровли должны быть в целом и вне зависимости от конструкции защищены от подхватывания порывом ветра (рис. 4.29). Определение мощности порыва ветра по нормативной базе, учитывающей, кроме прочих данных, также местоположение строительного объекта (зону ветров), категорию местности, высоту здания и условия внутреннего давления. Результаты учитывают при проектировании кровельного пирога и обустройства кровли.

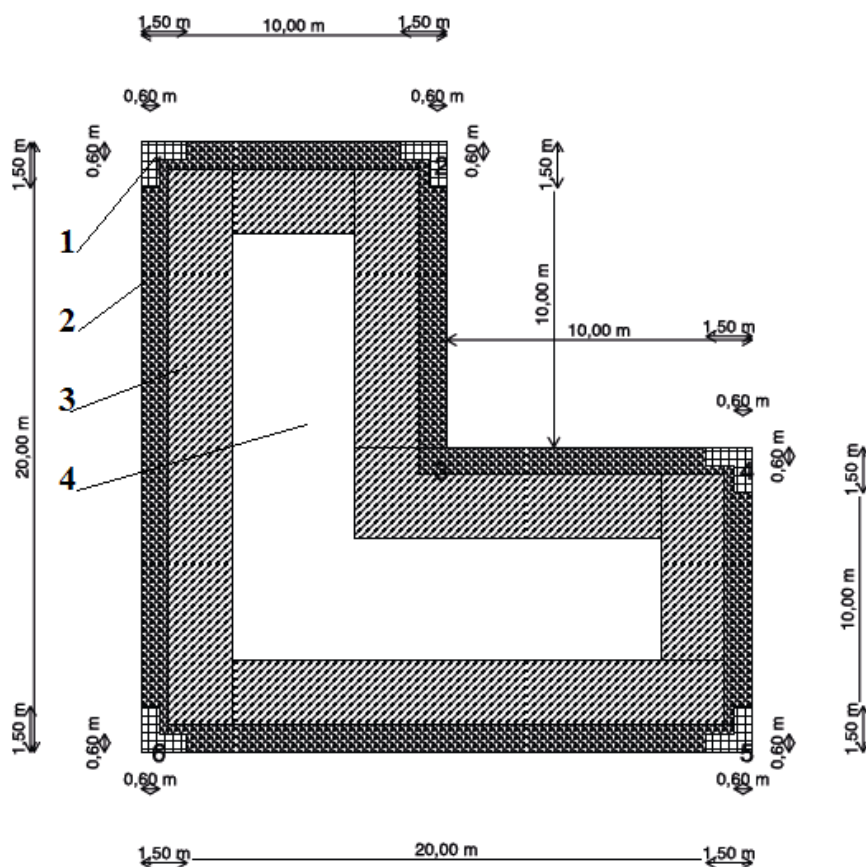


Рис. 4.29. Проектирование закрепления кровельного ковра от ветровой нагрузки с подхватыванием порывами ветра: 1 — в углах; 2 — на наружном крае; 3 — на внутреннем крае; 4 — внутри кровельного покрытия

Надежность кровельной конструкции может быть достигнута следующими способами:

- достаточно рассчитанной временной нагрузкой при незакрепленных слоях кровли (например, гравий, зеленые насаждения, покрытие);
- жестким клеевым монтаже всех слоев кровли;
- механически закрепленной гидроизоляцией кровли в нижней части конструкции.

Вне зависимости от вида укладки, необходимо соблюдать крепление гидроизоляции кровли по краю, поскольку кровля так же воспринимает горизонтально действующие силы (усадку полос кровельного материала, колебания несущей конструкции и т.п.), предотвращая тем самым повреждения в прилегающих зонах.

Для всех систем плоской кровли в качестве пароизоляции применяют: пароизоляционные мембраны из полиэтилена; многослойную алюминиевую пленку; битумные или мастичные (жидкие отверждаемые) материалы (рис. 4.30).

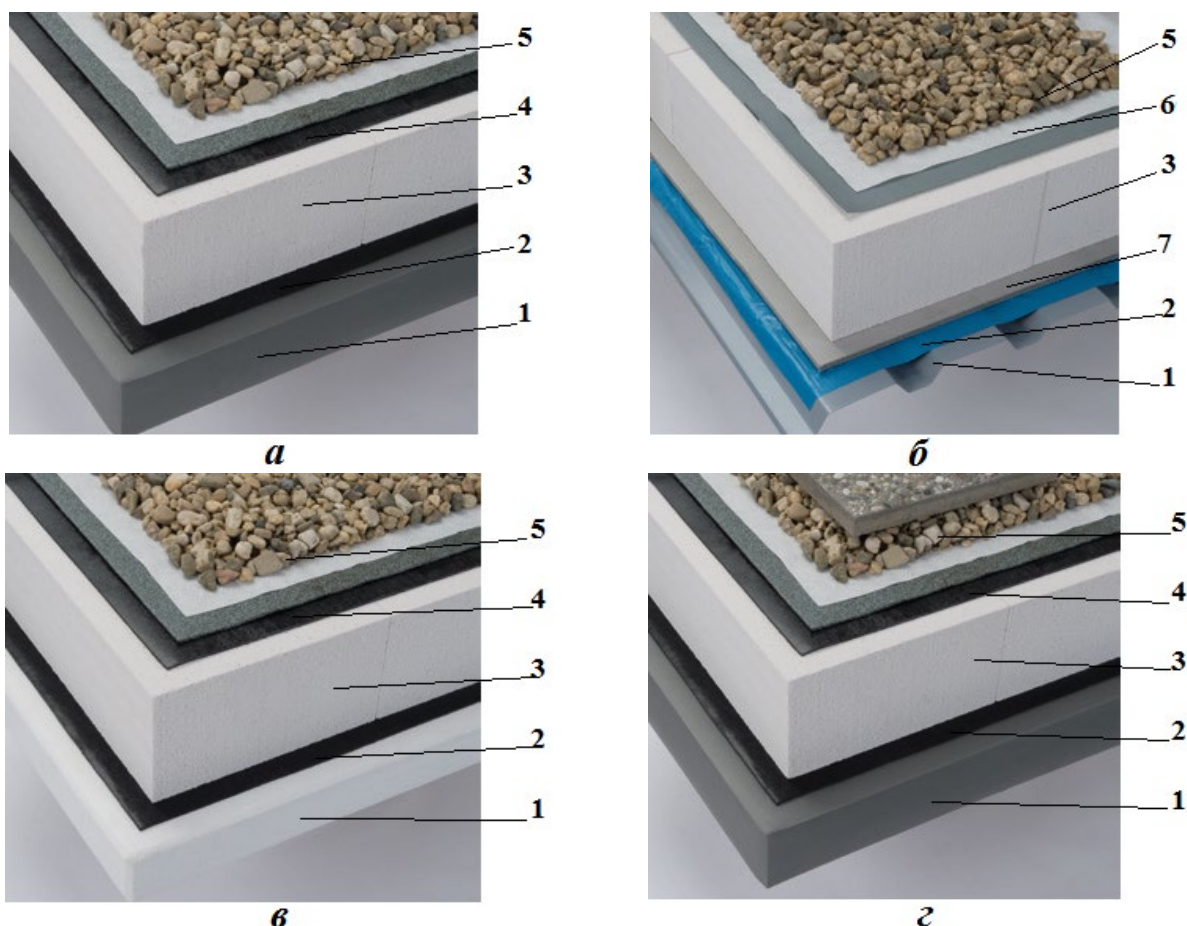


Рис. 4.30. Плоская балластная кровля: а, г — по железобетонному перекрытию; б — по профилированному листу; в — по газобетонной плите; 1 — основание; 2 — пароизоляция (а, в, г — битумная; б — полиэтиленовая пленка); 3 — минеральная изоляционная плита; 4 — многослойный полимербитумный рулонный материал; 5 — балласт (гравийное покрытие): 6 — полимерная кровельная мембрана; 7 — опора для изоляционного материала

Основаниями (несущими конструкциями) могут быть: железобетон, газобетон, деревянная сплошная обрешетка в шпунт и гребень, древесно-стружечные плиты, профилированные металлические листы трапециевидной формы, а также все ровные прочные основы без открытых трещин и швов.

*Теплоизоляцию выполняют минеральной изоляционной плитой Multipor DAA. На ровных основах изоляцию не закрепляют, ее минимальная толщина 120 мм, при укладке в один слой — до 240 мм. Допускается укладка в несколько слоев, особенно при изоляции скатов. При монтаже на неровных основах плиты фиксируются монтажной пеной для изоляционного материала.*

При наличии профилированного металлического листа укладку теплоизоляции осуществляют на промежуточную опору (основание — плиты Fermacell или OSB на цементной связке). При профилированном листе с малой высотой профиля использование промежуточного основания необязательно.

При наличии профилированного металлического листа укладку теплоизоляции осуществляют на промежуточную опору (основание — плиты Fermacell или OSB на цементной связке). При профилированном листе с малой высотой профиля использование промежуточного основания необязательно.

*Гидроизоляцию кровли выполняют рулонными материалами на полимерно-битумном вяжущем или кровельными мембранами. Разделительные и защитные слои между плитой изоляционного материала и гидроизоляцией выполняются в соответствии с рекомендациями производителей рулонных кровельных материалов.*

**Плоская балластная кровля.** В кровельном «пироге», принятом для балластной кровли, все слои укладывают без закрепления. Каждый последующий слой принимает в итоге фиксированное положение (рис. 4.30).

В качестве балласта используют гравий или зеленые насаждения. Покрытие террас осуществляют мелким гравием. Разделительные, дренажные, аккумулирующие и защитные слои создаются в соответствии с рекомендациями по использованию кровельного полотна. Плиты монтируют в соответствии с расчетом ветровой нагрузки. При наличии зеленых насаждений в качестве необходимой нагрузки используется масса сухого вещества покрытия.

**Клеевая кровельная система.** В этой кровельной системе все слои жестко склеиваются друг с другом или привариваются. *В качестве пароизоляции* применяют битумную пароизоляцию — для имеющейся поверхности и для монтажа на клей, включая подготовку основания (например, битумная грунтовка), и жидкую пароизоляцию (для монтажа на клей).

*Монтаж на клей на нижнем уровне* осуществляют с применением горячего битума, посредством термически активируемой пароизоляции, с помощью монтажно-клеевой пены, жидкой пароизоляции, легкого раствора Multipor (при укладке на элементы кровли). *Монтаж на клей остальных слоев* (при многослойном монтаже) — горячим битумом, жидкой пароизоляцией, легким раствором.

*Гидроизоляцию кровли выполняют рулонными материалами на полимерно-битумном вяжущем или кровельными мембранами. Укладку финишного кровельного покрытия осуществляют с учетом ветровой нагрузки, рассчитываемой по нормативным документам.*

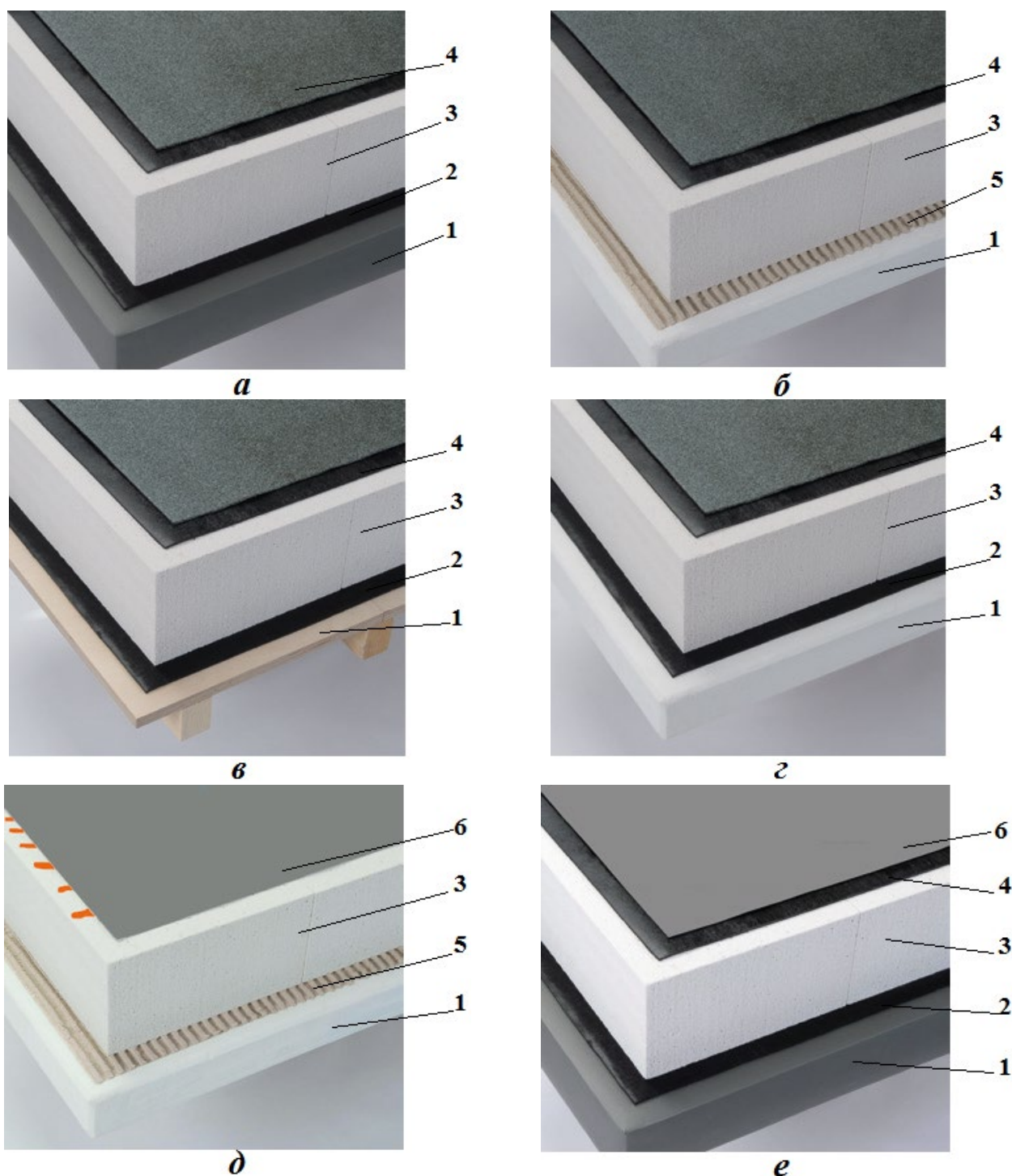


Рис. 4.31. Клеевая кровельная система: а, е — по железобетонному перекрытию; б, г, д — по газобетонной плите; в — по деревянному основанию; 1 — основание; 2 — пароизоляция (битумная с грунтовкой); 3 — минеральная изоляционная плита; 4 — многослойный полимербитумный рулонный материал приваренный; 5 — легкий раствор; 6 — полимерная кровельная мембрана, монтируемая на клей

**Кровельная система с механическим закреплением** (рис. 4.32). При таком кровельном пироге слой гидроизоляции фиксируется крепежом в плиту до несущего основания. *Основания:* железобетон; газобетон; деревянная опалубка в шпунт и гребень; древесно-стружечные плиты; профилированные листы. В целом все ровные прочные основы без открытых трещин и швов.

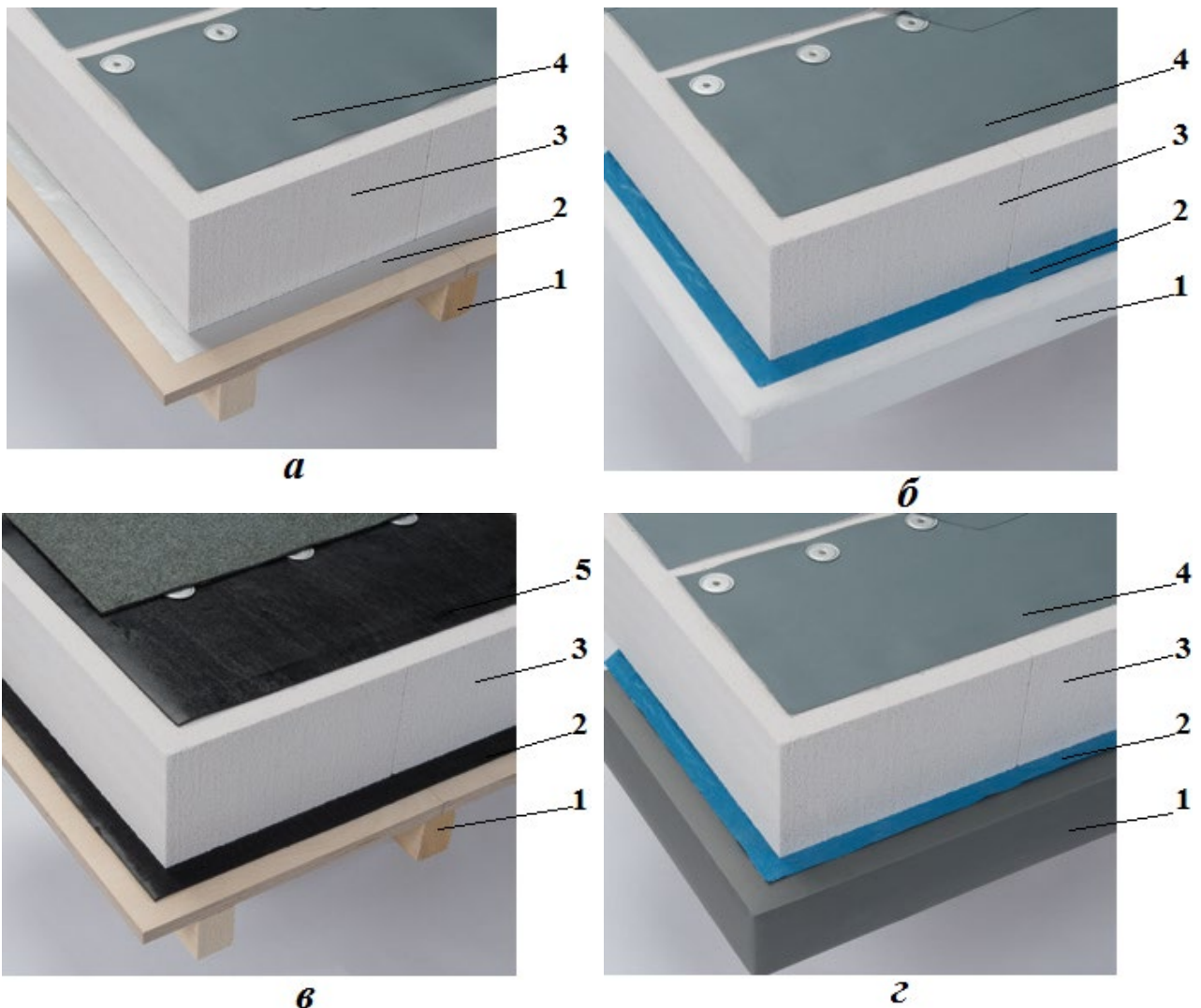


Рис. 4.32. Кровельная система с механическим закреплением: а, в — по деревянному основанию; б — по газобетонной плите; г — по железобетонному перекрытию; 1 — основание; 2 — пароизоляция (а — многослойная алюминиевая фольга; б, г — полиэтиленовая пленка; в — битумная с грунтовкой); 3 — минеральная изоляционная плита; 4 — полимерная кровельная мембрана; 5 — многослойный полимербитумный рулонный материал приваренный

Не закрепленные изоляционные плиты либо приклеивают, либо фиксируют с помощью дополнительных креплений. Укладку финишного кровельного покрытия осуществляют с учетом его ширины, вида и способа крепежа, а также с учетом ветровой нагрузки.

**Конструкции автостоянок на крыше** представляют собой особую задачу: слои кровельного пирога должны принимать на себя экстремально высокие нагрузки (статические) в вертикальном направлении (рис. 4.33). Кроме того, горизонтальная нагрузка (тормозные усилия и тяговые усилия при трогании с места) должна надежно восприниматься (и отводиться) кровельным «пирогом».



Рис. 4.33. Автостоянка на крыше

В качестве конструкции основания пригоден исключительно железобетон. Теплоизоляция минеральной изоляционной плитой Multipor DAA, монтированная на клей. Минимальная толщина 120 мм. Укладка в один слой до 240 мм. Укладка в несколько слоев, также в качестве изоляции скатов.

Пароизоляция: битумная пароизоляция — пригодна для имеющейся поверхности и для монтажа на клей, включая подготовку основания (например, битумная грунтовка); жидкая пароизоляция — пригодна для монтажа на клей.

Монтаж на клей на нижнем уровне: горячий битум, или жидкая пароизоляция. Монтаж остальных слоев (при многослойном монтаже): горячий битум или легкий раствор Multipor. Гидроизоляция кровли: битумное полотно и полимерно-битумное вяжущее; пластиковые и эластомерные полотна

Рабочий слой (полотно): бетонная распределительная плита согласно расчету статике. Для предотвращения разрывов, возникающих при натяжении распределительной плиты, её следует разделить на части швами. Тротуарная плитка на основании из мелкого щебня или песка, по расчету статике. Минимум 10 см мостовой из бетона и комбинированного кирпича.

Ориентировочные значения для расчета статической нагрузки на рабочий слой (полотно) приведены в табл. 4.7 и 4.8.

Таблица 4.7

**Ориентировочные значения для расчета распределительной плиты**

Давление колеса, кН	Требуемая толщина распределительной плиты, см	Армирование
5,0	12	в центре поля
7,5	12	в центре поля
10,0 (легковой автомобиль)	12	в центре поля
15,0	18	сверху и снизу
20,0	24	сверху и снизу

Таблица 4.8

**Ориентировочные значения для расчетной высоты эксплуатируемой кровли под мостовую**

Тип моста	Высота засыпки без коэффициента затухания колебаний, см	Высота засыпки с коэффициентом затухания колебаний, см
60/30	40	48
30/30	28	34
16/16	28	34
12/12	25	31
9/9	22	26
6/6	17	21
3/3	11	14

### Характеристики распределительной плиты:

Прочность на сжатие, кПа	— 350;
Коэффициент запаса	— 2,5;
Фактическое значение прочности на сжатие, кПа	— 140;
Модуль упругости, Н/мм <sup>2</sup>	— 200;
Показатель основания (3 мм битумной мастики + 10 см Multipor + 12 мм битумной гидроизоляции), МН/м <sup>3</sup>	— 270;
Размер плиты, м	— 2,5×2,5.

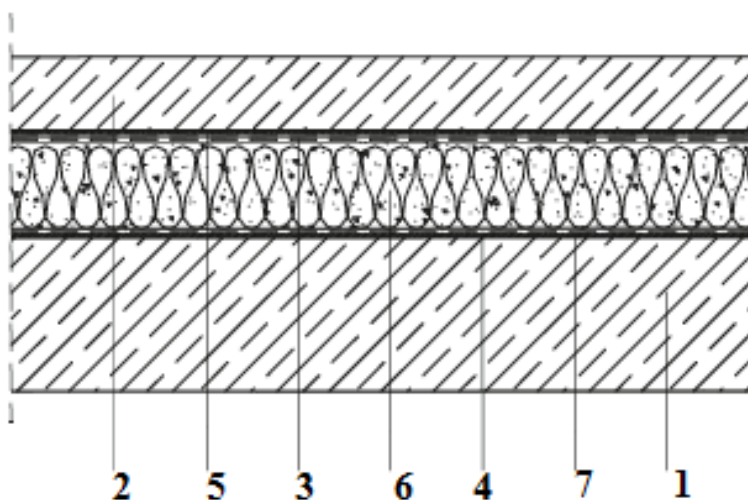


Рис. 4.34. Конструкция с бетонной распределительной плитой: 1 — железобетонное перекрытие; 2 — бетонная распределительная плита; 3 — гидроизоляция кровли, 2-слойная; 4 — кровельный материал, предотвращающий диффузию; 5 — разделительный или защитный слой; 6 — изоляция плоской кровли Multipor DAA; 7 — грунтовка

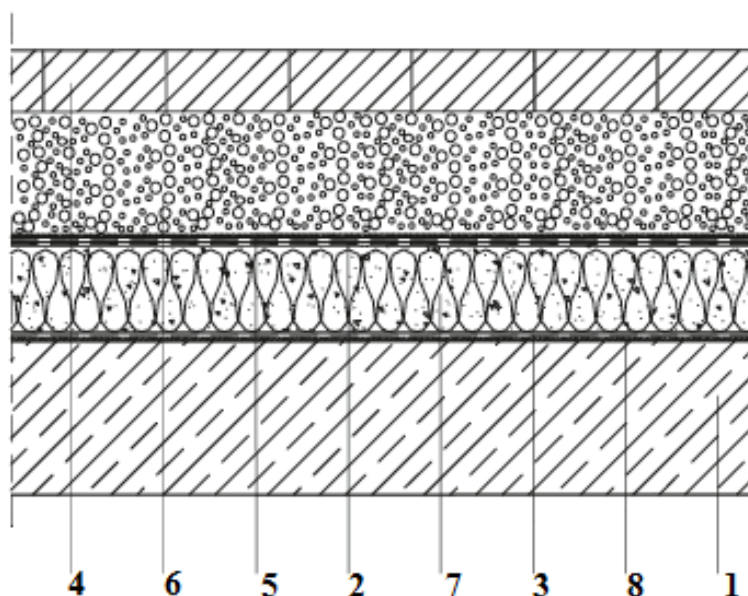


Рис. 4.35. Конструкция с мостовой из комбинированного кирпича на гравийном основании: 1 — железобетонное перекрытие; 2 — гидроизоляция кровли, 2-слойная; 3 — кровельный материал, предотвращающий диффузию; 4 — бетонный блок (мостовая из комбинированного кирпича); 5 — разделительный или защитный слой; 6 — фильтрующий слой (мелкий щебень или песок в соответствии со статическим расчетом); 7 — изоляция плоской кровли Multipor DAA, уложенная на горячий битум; 8 — грунтовка

### Комбинированная кровля с кровельной изоляцией Multipor DAD

Этот полный монтажный комплект состоит из несущих кровельных элементов, раствора для тонкошовной кладки минеральной изоляции Multipor DAD, легкого раствора и кровельных шурупов для крепления первой контробрешетки на комбинированной кровле. В основании кровли используется ячеистый бетон плотностью 550 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 4,4 Мпа.

Монолитная система кровли (рис. 4.36, рис. 4.37) с высокой прочностью на сжатие характеризуется высоким энергетический потенциалом. Возможна степень звукоизоляции до 48 дБ. Сохранение несущей способности при воздействии огня от R30 и до R180.

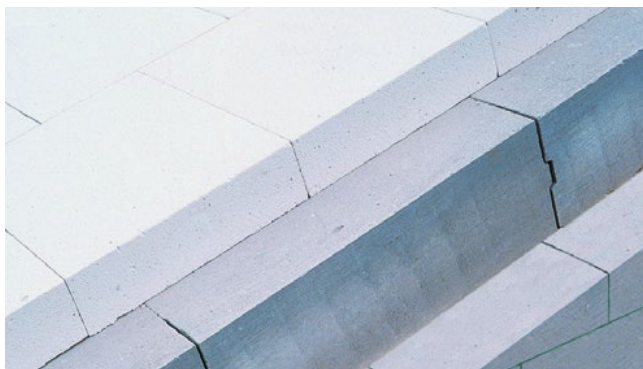


Рис. 4.36. Комбинированная кровля



Рис. 4.37. Здание с энергоэффективной кровлей

Элементы для плоской кровли — это армированные, несущие крупноформатные сборочные блоки из газобетона (табл. 4.9). Преимущества монолитной плоской кровли с точки зрения строительной физики обеспечивают ровный и приятный климат в помещении в летний и зимний периоды. При этом в основном на аккумуляцию тепла, а также на характеристики остывания влияют такие аспекты, как «масса» и «теплоизоляция».

Таблица 4.9

#### Технические характеристики — элемент кровли YTONG

Артикул. Класс прочности на сжатие/класс объемной плотности	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Размеры Д×Ш×В, мм	Собственная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>
PDA 4,4-0,55	0,14	2250—4500×625×150	1,01
PDA 4,4-0,55	0,14	2250—6000×625×200	1,34
		2250—6000×625×240	1,61
		2250—6000×625×250	1,68

#### Характеристики элементов кровли YTONG:

Прочность на сжатие, Мпа	— 4,4;
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	— 550;
Серийная прочность, Н/мм <sup>2</sup>	— 5;
Расчетное значение собственной нагрузки, кН/м <sup>2</sup>	— 6,7;
Расчетное значение теплопроводности, Вт/(м·К)	— 0,14;
Коэффициент диффузионного сопротивления μ	— 5/10;
Модуль гибкости, Мпа	— 2000;
Коэффициент теплового расширения, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	— 8;
Величина усадки, мм/м	— < 0,2.



Таблица 4.10

**Коэффициенты теплопередачи (Вт/(м<sup>2</sup>·К)) монолитных кровельных конструкций**

Дополнительная изоляция	Минеральная изоляционная плита Multipor DAA $\lambda = 0,045$ Вт/(м·К)		Минеральный волокнистый изоляционный материал, $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К)	
	Газобетон d = 200 мм	Газобетон d = 250 мм	Газобетон d = 200 мм	Газобетон d = 250 мм
Толщина изоляционного материала, d, мм				
120	0,24	0,22	0,22	0,20
140	0,21	0,20	0,20	0,18
160	0,20	0,18	0,18	0,17
180	0,18	0,17	0,17	0,16
200	0,17	0,16	0,15	0,14
220	0,16	0,15	0,14	0,14
240	0,15	0,14	0,13	0,13

Встроенная теплоизоляция элементов кровли YTONG и дополнительная теплоизоляция (табл. 4.10) делают возможными получение коэффициентов теплопередачи менее 0,15 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Элементы кровли имеют залитый шов. Благодаря профилированию краев плит плоская кровля YTONG получает долговечную ветрозащиту и герметичность. Имея звукоизоляцию до 48 дБ (в качестве плоской кровли, посыпанной гравием) кровля YTONG обеспечивает оптимальную защиту от уличного шума. Кровля соответствует требованиям по негорючести.

Ориентировочные значения для предварительного расчета размеров приведены в табл. 4.11. Точный расчет производится с привязкой к объекту. Наклон кровли от 5° до 25°, класс огнестойкости от F30 до F90.

Оценить требуемые размеры кровельных плит, а также имеющуюся несущую способность можно по табл. 4.11, а минимальную глубину опоры (рис. 172) по табл. 4.12.

Таблица 4.11

**Максимальные значения ширины в свету для предварительного расчета размеров (элементы кровли YTONG PDA 4,4-0,55), согласно европейским нормативам**

Толщина плит, мм	Характерная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>		Ветровая нагрузка q <sub>к</sub> , кН/м <sup>2</sup>	Снеговая нагрузка s <sub>к</sub> , кН/м <sup>2</sup>	Максимальная ширина в свету, м
	Собственная нагрузка,	Постоянные нагрузки			
200	1,34	0,4	0,80	1,00	5,60
240	1,61	0,4	0,80	1,00	6,00
250	1,68	0,4	0,80	1,00	6,00

Таблица 4.12

**Минимальная глубина опорной части**

Опорная конструкция	Минимальная глубина опоры
Кладка	$a_0 \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 70 \text{ мм} \\ l_{\text{eff}} / 80 \end{array} \right.$
Железобетон, сталь и дерево	$a_0 \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 50 \text{ мм} \\ l_{\text{eff}} / 80 \end{array} \right.$
U-образные плоские блоки (армированные или неармированные) с бетонной сердцевиной	$a_0 \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 70 \text{ мм} \\ l_{\text{eff}} / 80 \end{array} \right.$ На несущей бетонной сердцеvine

Элементы кровли YTONG для усиления зданий могут быть выполнены в качестве кровельного щита.

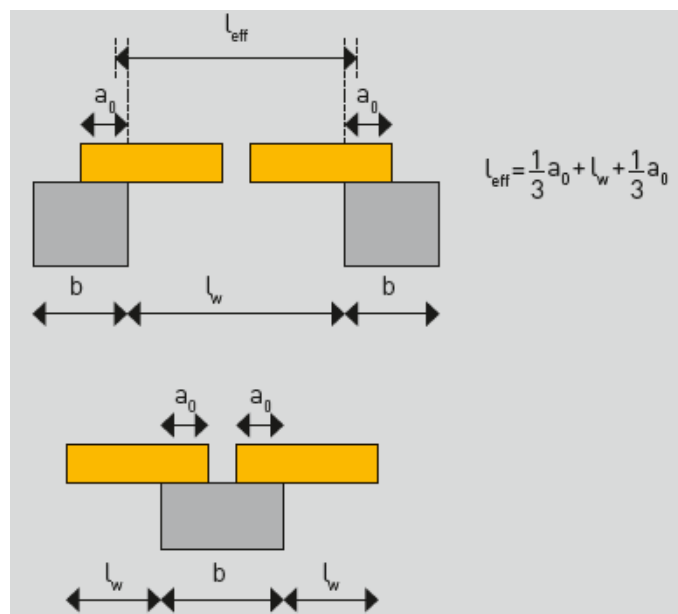


Рис. 4.38. Расчетные схемы для определения глубины опоры

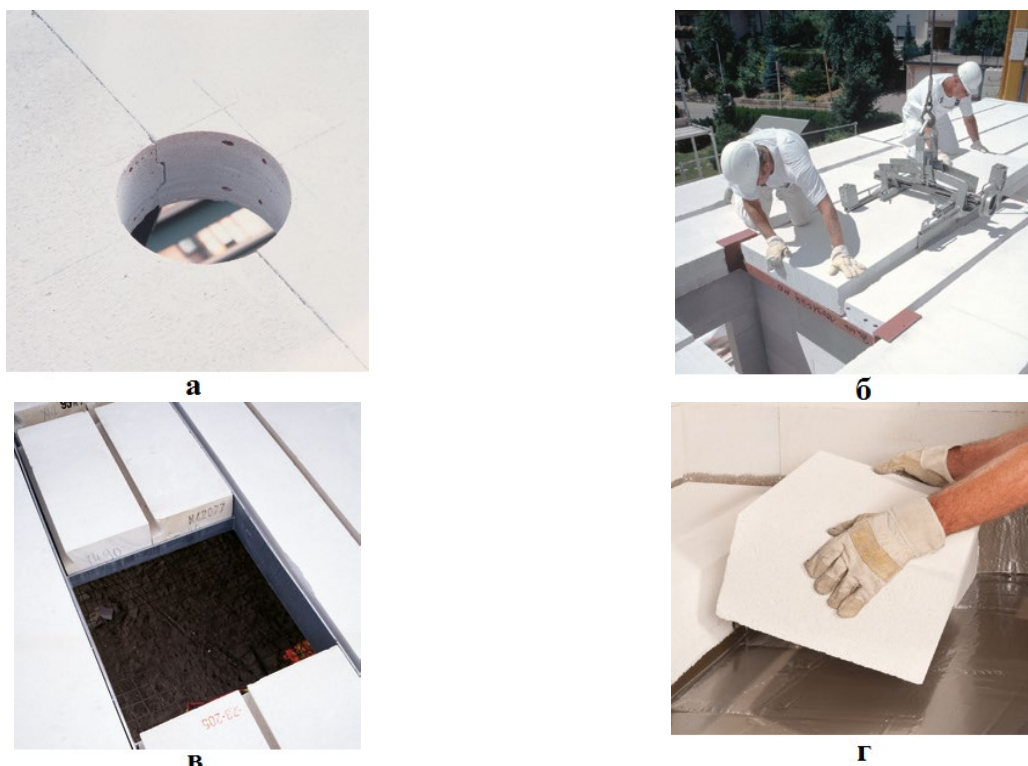


Рис. 4.39. Монтаж кровли: а — отверстие; б — изменение вида стали; в — Н-рама; г — минеральная изоляционная плита Multipor DAA

Для проектных нагрузок действует стандарт. Помимо постоянных нагрузок — к примеру, таких как собственный вес и кровельный пирог — в течение длительного срока на элементы кровли могут воздействовать только неподвижные грузы. При этом сумма всех полезных нагрузок не должна превышать  $3,5 \text{ кН/м}^2$ . Ветровая нагрузка рассчитывается по действующим нормам с учетом местных условий: ветровой зоны, категории рельефа местности, высоты здания и т. п.

Для предварительного измерения и расчета элементов кровли YTONG высотой от 200 мм должны быть выбраны 5,60 м опорной ширины. При большой ширине опор толщина плит увеличивается на 240 или 250 мм. Значения глубины опорной части зависят от несущей конструкции и определяются по табл. 4.11 и 4.12.

**Выступающие части кровли.** Монтаж выступающих частей с элементами кровли YTONG осуществляется с дополнительным армированием снизу и сверху. Начиная с переднего края кладки, максимальная свободная длина выступа составляет 1,50 м. Выступающие с обеих сторон части со свободной длиной выступа  $l_k \leq 2 \cdot H$  ( $H$  = высота плиты) остаются неучтенными при определении размеров.

Фрезерование, пиление и сверление одного отверстия возможны до диаметра от 1/3 ширины прямоугольного элемента и возможны на уровне элемента конструкции. Остаточное сечение необходимо подтвердить расчетом статики. На элементах кровли не должны проводиться работы с помощью отбойного молотка. Отверстия большего размера — например, для световых куполов или для дымовых труб — выполняются уголковыми стальными элементами или съемными рамами соответствующей формы (рис. 4.39). Благодаря прочности на сжатие и стойкости к деформациям кровельной изоляции Multipor поверхность кровли получается прочной и способной выдерживать дополнительные нагрузки, такие как террасная плитка или гелиоустановки.

#### 4.2.5. Проектирование теплоизоляции перекрытий

Системы изоляции перекрытий на основе минеральной изоляционной плиты Multipor DI применяют при работах в подвалах частных домов, или при изоляции больших по площади перекрытий в подземных гаражах, при реконструкции существующих, или при возведении новых зданий.

У существующих зданий многие перекрытия в подвалах не имеют изоляции вообще или имеют недостаточную изоляцию, в том числе и недостаточную противопожарную защиту. Система изоляции перекрытий минеральная изоляционная плита и легкий раствор обеспечивает комфортность помещений, соответствующую программе «Комфорт для жизни» (KfW). Даже 80 мм плиты Multipor DI, будучи наклеены под перекрытие (рис. 4.40), позволяют сэкономить до 8 % расходов на отопление (табл. 4.13). Изолированная и отшлифованная поверхность перекрытия может быть позднее покрашена, или зашпаклевана легким раствором Multipor, или же оштукатурена.



а



б

Рис. 4.40. Простое клеевое крепление при имеющемся перекрытии

Негорючая минеральная изоляционная плита вместе с легким раствором создает абсолютную безопасность при изоляции цокольных помещений, подземных гаражей, а также эвакуационных путей.

Минеральные изоляционные плиты наилучшим образом пригодны также для повышения надежности пожарно-технической защиты «старых» бетонных перекрытий. В особенности там, где несущие конструкции покрытия крыш обеспечивают недостаточную пожарозащиту, обусловленную незначительным бетонным перекрытием металлической арматуры.

Приклеенная изоляция потолка из минеральных изоляционных плит может использоваться в качестве дополнения бетонных перекрытий, требуемых с точки зрения пожарной безопасности. При этом 10 мм слой Multipor соответствует 15 мм бетонного перекрытия.

Временное (а также длительное при незавершенном строительстве) воздействие влаги не отражается на свойствах минеральной изоляционной плиты. Для подземных гаражей в зонах, где существует риск затопления (на реках и т. д.), был выполнен следующий практический тест. Минеральная изоляционная плита Multipor DI была приклеена к элементу бетонного перекрытия и на несколько дней погружена в воду. В результате плита не получила повреждений, склеивание сохранилось и спустя несколько дней после заключительной сушки на воздухе была восстановлена полнофункциональная изоляция плиты и стены.

Таблица 4.13

**Минеральные изоляционные плиты Multipor DI — размеры и термические сопротивления, согласно ЕТА-05/0093**

Теплопроводность	Термические сопротивления R (м <sup>2</sup> ·°C/Вт) при толщине плиты (мм)													
	50 <sup>1)</sup>	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
$\lambda = 0,042 \text{ Вт/(м·К)}$	1,11	1,42	1,905	2,38	2,85	3,33	3,81	4,28	4,76	5,23	5,71	6,19	6,66	7,14

<sup>1)</sup> Особый формат минеральной изоляционной плиты Multipor диаметром d = 50 мм при  $\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м·К)}$

С точки зрения эффективности теплоизоляции и в соответствии с нормативами, перекрытия должны иметь изоляцию со стороны отапливаемой поверхности. Кроме того, необходимо обеспечить соблюдение коэффициентов теплопередачи на основании и сокращение мостиков холода. Плиты Multipor однородны и имеют по всей толщине плиты одинаковую теплопроводность 0,042 Вт/(м·К). «Мостики холода», часто возникающие при системах шин и дюбелей, а также в многослойных плитах, предотвращаются системой монтажа и однородностью самой плиты.

Непосредственный монтаж изоляционных плит по всей поверхности перекрытия имеет еще одно преимущество, состоящее в том, что обтекание изоляционного слоя исключено, и таким образом, теплотери, обусловленные системой изоляционных слоев, монтированных неплотно, будут преодолены.

**Специальное использование в качестве изоляции вентиляционных шахт.** В жилых и офисных зданиях вентиляционные шахты для воздухоподводящих каналов возможно рассматривать как стены, в отношении наружного климата, и соответствующим образом изолировать. Минеральные изоляционные плиты при этом монтируются на имеющуюся поверхность, как в случае настенной или потолочной изоляции, эффективно предотвращая теплотери.

В соответствии с имеющимися скоростями потоков воздуха рекомендуется дополнительная обработка поверхности минеральной изоляционной плиты. При скоростях потока воздуха в вентиляционных шахтах до 10 м/с поверхность изоляционной плиты красят силикатной краской Multipor для внутренних работ. Выравнивающие краски, как и использующиеся на наружных элементах, например, фасадах, должны соответствовать грунтовке изоляционных плит. Нанесение краски производится с помощью валика или баллончика.

При скоростях потока воздуха до 20 м/с наносят слой шпаклевки от 2 до 3 мм с помощью легкого раствора Multipor или чистой известковой штукатурки Multipor. При толщине 1 мм она обеспечивает заделку пор на поверхности плиты, а при 2 мм — гладкую поверхность. Нанесение армирующей сетки не требуется, однако повышает прочность, так как при тонкой шпаклевке без армирующей сетки возможно появление отдельных микротрещин в зоне стыка плит — чисто оптически ухудшающих внешний вид.

При особых требованиях к гигиене на центральных системах кондиционирования следует руководствоваться нормативами, которые предусматривают строительные, технические и организационные мероприятия, необходимые при проектировании, производстве и наладке, а также при регламентных работах на центральных системах кондиционирования (технике для очистки воздуха).

### 4.3. Технология работ в системах Multipor

#### 4.3.1. Выполнение работ при теплоизоляции фасадов и наружных стен

Перед проведением работ следует завершить все необходимые подключения (подвести все трубопроводы, выполнить работы по электромонтажу и т. д.). У стеновых конструкций вертикальный или горизонтальный слой гидроизоляции должен защищать от проникновения и подъема сырости. Температура воздуха и части конструкции во время работы и использования не должна опускаться ниже 5 °С. Следует предусмотреть достаточные выступы крыши.

Последующие пристройки и встроенные элементы, такие как шторы, жалюзи, почтовые ящики, водосточные трубы и т.п., должны быть учтены при проектировании. Деформационные и температурные швы включаются в комбинированную систему теплоизоляции с соответствующими профилями швов. Соединения с окнами, наружными дверями, подоконниками и пр. выполняются с планками, пригодными для штукатурки, с уплотнительной лентой и т. д.

#### *Оценка основания и предварительная обработка*

Сильно впитывающие или осыпающиеся основания укрепляют грунтовкой. Поверхность стены должна быть твердой, сухой, а также обезжиренной и очищенной от пыли. Совместимость имеющихся слоев с клеящим раствором проверяется.

Стена должна иметь достаточную прочность для крепления дюбелей. Кирпичная кладка или бетонное основание считаются заведомо пригодными (без проверки). Допускаются неровности до 1 см/м, которые могут быть перекрыты. Неровности больших размеров должны быть выровнены механически или с помощью штукатурки. Проверка необходима при санации старых зданий (табл. 4.14), а также при наличии слоев штукатурки или краски.

Таблица 4.14

#### Проверка основания на монтаж комбинированной системы теплоизоляции Multipor

Критерии оценки	Метод	Распознавание	Технические указания и мероприятия
Прочность поверхности	Нанесение царапин твердым предметом с острыми краями	Поверхность повреждается умеренным давлением	Незакрепленные, неплотно закрепленные или податливые (рыхлые) элементы удаляют вручную или механическим способом
	Затирка вручную	При незначительном износе	Обработка материалов грунтовочным покрытием, укрепляющим штукатурку
		При сильном, глубоком износе	Дополнительная забивка дюбелей или установка изоляционных плит на шине
	Смачивание водой до насыщения и испытание царапанием	При испытании с увлажнением поверхность размягчается	Непрочную штукатурку удаляют
Несущая способность старых слоев	Испытание царапанием твердым предметом с острыми краями	При умеренном давлении покрытие трескается; кромка царапины зазубрена или поверхность в месте царапины слегка вздута	Удалить старое покрытие или штукатурку, при необходимости выполнить дополнительное механическое крепление

Совместимость со старой штукатуркой	Испытание на отрыв	Отслаивание	Удалить старое покрытие или штукатурку, выполнить дополнительное механическое крепление
Влажность	Визуальная оценка или испытание царапанием	Влажные поверхности, разводы, выцветание	Причины устраняют, поверхности высушивают
Выцветание	Визуальная оценка	Белая соль или выщелачивание извести	Причины устраняют, поверхности высушивают и обессоливают
Поражение мхом и плесенью	Визуальная оценка	Зеленый или темный растительный покров	Удаляют механически или очищают при помощи горячей воды под высоким давлением, дополнительно дезинфицируют пораженные поверхности
Прочие загрязнения	Визуальная и сенсорная оценка	Цвет, эффект смазки, клейкость	Удаление
Способность впитывать	Увлажнение водой	Впитывание воды и потемнение	Грунтование поверхностей

Оценка длительной совместимости имеющихся покрытий с легким раствором Multipor производится на стройплощадке. Клей наносят на минеральную изоляционную плиту по всей поверхности или по методу капель на краевом утолщении плиты. После того, как клей застывает и высыхает в течение минимум одной недели, плиту отрывают. Как альтернативный вариант — прикрепляют сетку, погруженную в клеящий раствор, накрывают ее пленкой и также отрывают по истечении одной недели. Если клей при этом не прилип к основанию, или если старое покрытие размягчается, то требуемая совместимость отсутствует.

### ***Устройство изоляции цоколя***

Цокольная часть является частью фасада с максимальными механическими и влажностными нагрузками, которые обуславливают использование изоляционных плит на основе вспененных пластмасс. Перед укреплением изоляции цоколя осуществляют вертикальную гидроизоляцию стены. Плиты монтируют на специальный клей, причем цокольную часть поднимают как минимум на 30 см над уровнем земли (рис. 4.41, рис. 4.42).

Завершение монтажа цоколя может быть осуществлено по одному из двух вариантов. Цокольный профиль (алюминиевый или из ПВХ) монтируют в форме желоба в зависимости от толщины изоляции с соответствующим креплением винтами или дюбелями, а под ним размещают соединители цокольных профилей. Профиль выравнивают (уровнем или отвесом) и через каждые 30 см закрепляют в стене (рис. 4.43). Ввиду возможности теплового расширения цокольные профили не должны быть соединены вплотную. Для наружных углов пригодны предварительно изготовленные элементы (со скосом), а с учетом неровностей основания — распорные элементы между цокольной шиной и материалом стен.

В качестве альтернативы без тепловых мостов используется цокольный профиль для армирующей окантовки — он просто вставляется и проталкивается между минеральной изоляционной плитой Multipor и изоляцией цоколя. Затем приваренная армирующая сетка вставляется в поверхностный армирующий слой и вместе со встроенным капельником образует чистое подсоединение верхнего слоя штукатурки.

Альтернатива заключается в том, что сетчатые уголки прикрепляются легким раствором Multipor к стене, и затем в них монтируются изоляционные плиты (рис. 4.44). Конструкция капельника обеспечивает фиксацию нижних плит сетчатыми уголками в форме подковы и покрытие цоколя штукатуркой со всех сторон.

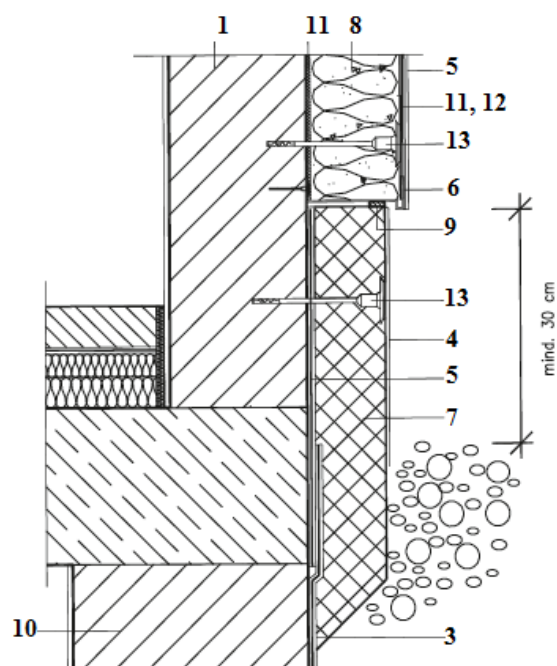


Рис. 4.41. Изоляция цоколя с упругой изоляцией по периметру: 1 — кирпичная кладка; 2 — наружная штукатурка; 3 — изоляция подвального помещения; 4 — штукатурка для цоколя; 5 — гибкие гидроизоляционные смеси; 6 — замыкающий штукатурный профиль; 7 — изоляция по периметру; 8 — минеральная изоляционная плита; 9 — предварительно сжатая уплотнительная лента; 10 — имеющаяся кирпичная кладка; 11 — легкий раствор; 12 — армирующая сетка; 13 — тарельчатый винтовой дюбель

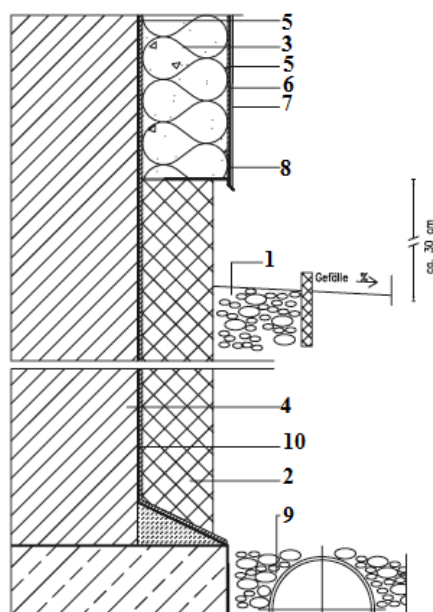


Рис. 4.42. Переход в зоне грунтовых вод и вод, просачивающихся сквозь щели уплотнения к имеющейся на объекте изоляции цоколя, включая дренаж: 1 — фильтрующий слой; 2 — изоляция по периметру; 3 — минеральная изоляционная плита; 4 — имеющаяся кирпичная кладка; 5 — легкий раствор; 6 — армирующая сетка; 7 — минеральный верхний слой штукатурки, совместимый с системой; 8 — замыкающий профиль цоколя с капельником; 9 — дренаж; 10 — гидроизоляция



Рис. 4.43. Монтаж цоколя: а, б — монтаж алюминиевого цокольного профиля; в, г — монтаж цоколя с сетчатыми уголками



Рис. 4.44. Уплотнение проемов: а — использование планки для штукатурки; б — уплотнительная лента на подоконник

### ***Монтаж минеральных изоляционных плит***

Перед монтажом минеральных изоляционных плит Multipor необходимо завершить следующие работы. Все полосы для примыкания штукатурных слоев к окнам, дверям и т.д. должны быть приклеены (рис. 4.45). На всех местах соединения (например, на подоконнике) следует проложить предварительно сжатую уплотнительную ленту для швов между минеральной изоляционной плитой Multipor WAP и примыкающей деталью.





Рис. 4.45. Монтаж плит: а — нанесение легкого раствора на изоляционную плиту; б — нанесение капель клея на краевое уплотнение; в — прижатие минеральной изоляционной плиты и ее скользящая установка

Легкий раствор Multiprog наносят зубчатой гладилкой (зубья 10 мм) на всю поверхность. Высота слоя раствора должна составлять от 8 до 10 мм, так чтобы можно было выровнять неровности основания до 5 мм. При больших по размеру неровностях (до 10 мм) плиту можно прикрепить нанесением капель клея на краевое уплотнение с частью поверхности приклеивания минимум 70 %. При этом изоляционные плиты необходимо надвинуть и прижать. Если легкий раствор наносится штукатурной машиной, его наносят с обратной стороны плиты и прочесывают.

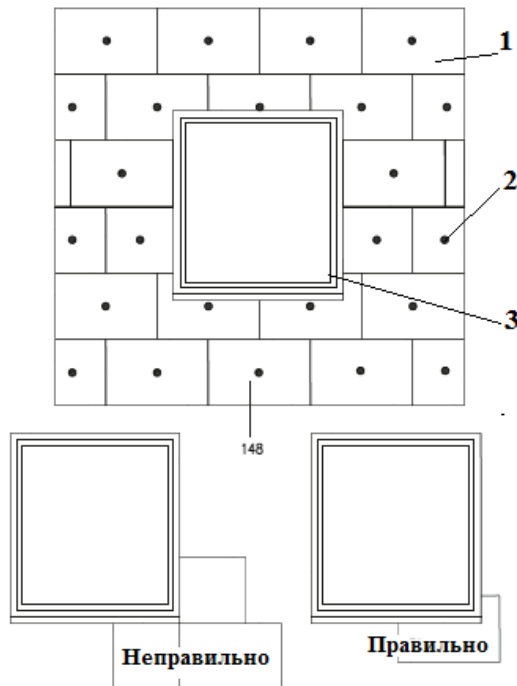


Рис. 4.46. Монтаж плит на фасаде и размещение дюбелей: 1 — минеральная изоляционная плита; 2 — дюбель; 3 — проём на фасаде

Монтаж плит начинается с нижнего угла дома, причем плиты приклеивают встык герметично одна к другой и непрерывно в скреплении со сдвигом в кладке минимум на 15 см. Чтобы избежать разрывов, плиты в углах окон и дверей укладываются, так что в углах швы изоляционного материала отсутствуют (рис. 4.46). Минеральные изоляционные плиты монтируют на углы здания послойно, образуя зубчатую структуру, причем край плиты выступает на толщину плиты, включая толщину нанесенного слоя раствора над углом здания (рис. 4.47).

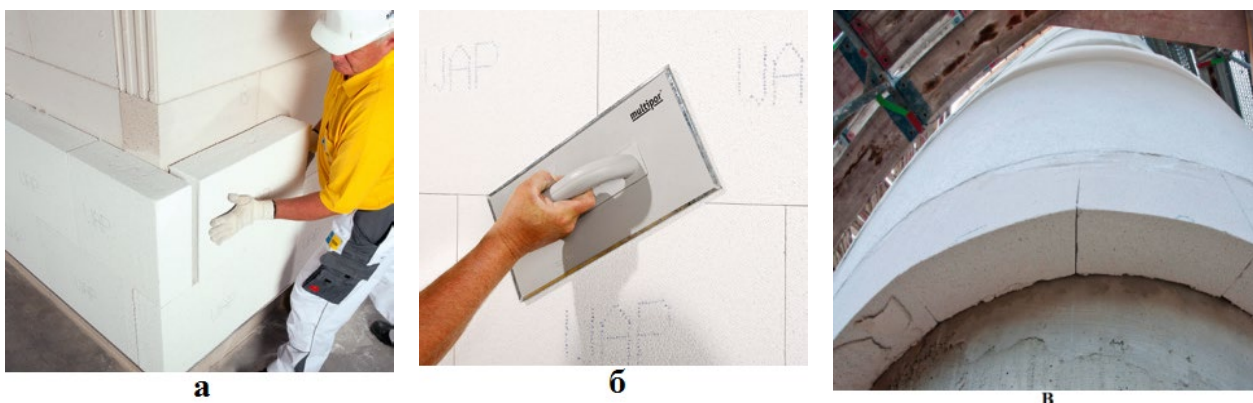


Рис. 4.47. Монтаж плит: а — сдвиг плит на углу здания; б — выравнивание поверхности; в — выпуклая поверхность фасада

Имеющиеся излишки раствора после затвердевания убирают шлифовальной доской. Поврежденные места или швы изоляционного слоя закрывают минеральной изоляционной плитой или заполняющим раствором.

Минеральные изоляционные плиты обрезают тонкозубой ножовкой. Легкие перепады высоты после приклеивания выравнивают с помощью шлифовальной доски. Шлифовальной доской также выполняют подгонку под существующую геометрию здания, а также изогнутые или выпуклые горизонтальные разрезы.

**Монтаж минеральных изоляционных плит на дюбели.** Минеральные изоляционные плиты следует закреплять как минимум одним винтовым дюбелем (диаметр тарелки  $\geq 60$  мм). Для приклеивания рекомендуется выдержать как минимум один день. Тарельчатый дюбель крепится перед нанесением армирующей штукатурки и сетки (рис. 4.48). Исходя из требования по ветровой нагрузке количество дюбелей может быть увеличено.



Рис. 4.48. Установка дюбелей: а — схема расположения дюбелей; б — крепление дюбелей

Глубина анкеровки определяется в зависимости от параметров основания. При выборе дюбеля нужно обратить внимание на то, чтобы он имел допуск для использования в системе и подтверждение категории использования, отмеченной на нем и соответствующей основанию. Если имеющееся основание для анкеровки однозначно классифицировать невозможно, на стройплощадке следует провести испытания на выдергивание.

В зависимости от типа несущей стены установлены следующие критерии использования креплений дюбелями для изоляционного материала: А — для бетона, Б — для полнотелого кирпича; С — для пустотелого кирпича или легкого бетона; Е — для ячеистого бетона.

**Исполнение углов и крепление профилей.** Перед монтажом поверхностного армирующего слоя выполняют с помощью легкого раствора Multipor монтаж сетчатых уголков на углах здания, а также откосах окон и дверей с целью укрепления краев (рис. 4.49).

Стрелки из армирующей сетки, вложенные в легкий раствор, или кусок сетки, обрезанный до соответствующего размера (приблизительно 20×40 см), предотвращают разрывы, возникающие вследствие местного напряжения у оконных и дверных проемов. Их следует также монтировать под поверхностный армирующий слой.



Рис. 4.49. Устройство углов: а — сетчатый угловой профиль в наружном углу; б — угловой профиль с сеткой на отверстии; в — стрелка из армирующей сетки над оконным проемом

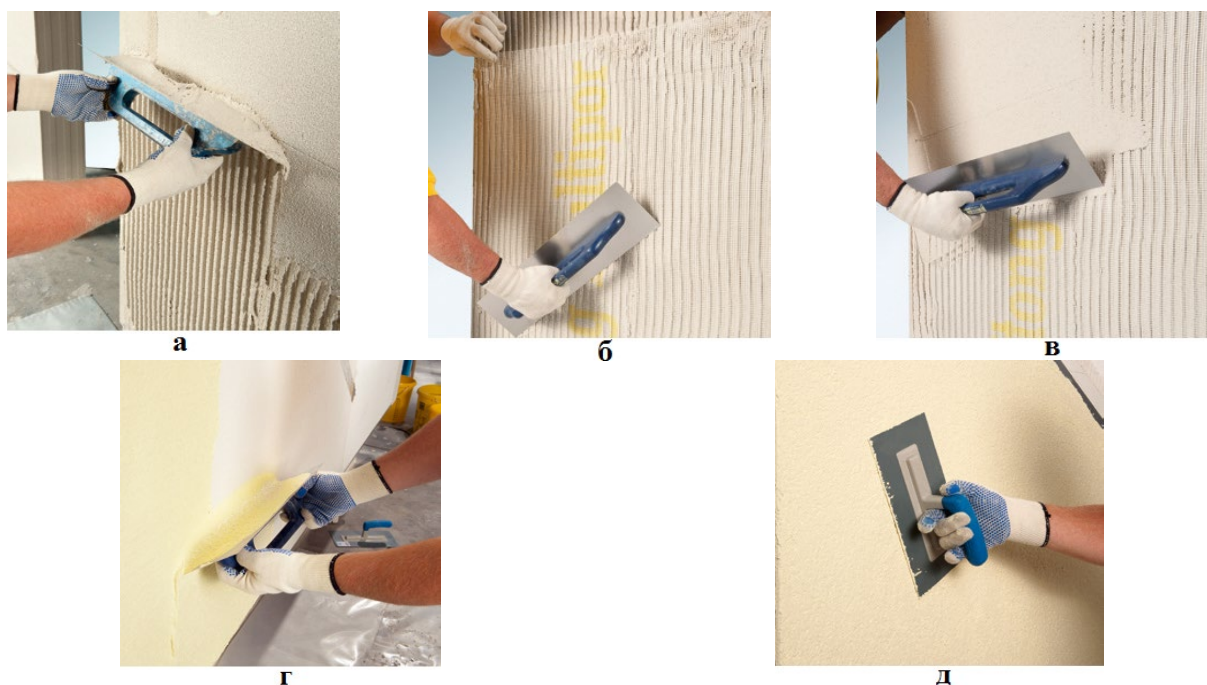


Рис. 4.50. Оштукатуривание: а — нанесение армирующей штукатурки; б — закладка армирующей сетки; в — оштукатуривание армирующей сетки; г — нанесение поверхностного слоя штукатурки; д — структурирование верхнего слоя штукатурки

**Армирование минеральных изоляционных плит.** Перед нанесением армирующей штукатурки должны быть выполнены следующие условия. Раствор под минеральными изоляционными плитами Multipor должен быть достаточно затвердевшим. Все необходимые винтовые дюбели должны быть вбиты заподлицо с поверхностью.

Поверхность минеральной изоляционной плиты должна быть ровной, сухой, не иметь повреждений и загрязнений, возможные сдвиги на стыках плит необходимо выровнять. Открытые швы между минеральными изоляционными плитами следует закрывать изоляционным материалом или заполняющим раствором. Соединения с другими деталями (например, дверные проемы или оконные рамы) должны быть завершены. Частичные встроенные сетчатые уголки и стрелки из армирующей сетки должны быть сухими и твердыми.

Легкий раствор наносят на изоляционные плиты зубчатой гладилкой (с зубьями 10 мм) толщиной примерно 5–6 мм (рис. 4.50). Затем армирующая сетка в вертикальном или горизонтальном полотне с помощью затирки или гладилки вдавливаются в сырой армирующий раствор, причем полотна сетки на стыках должны быть уложены внахлест как минимум на 10 см, и армирующая сетка после этого должна располагаться в верхней трети армирующего слоя.

В зонах армирования дополнительной сеткой (откосы окон и пр.), сетка также, по аналогии с поверхностным армирующим слоем, должна быть уложена внахлест к сетчатым углам. Затем наносят следующий армирующий слой, способом «мокрый по мокрому», что позволяет зашпаклевать сетку полностью.

### **Финишная отделка поверхностей**

**Нанесение поверхностного слоя штукатурки.** Перед нанесением поверхностного слоя штукатурки армирующий слой должен полностью затвердеть и высохнуть. Упрощенно действует следующая формула: 1 день выдерживания на 1 мм толщины штукатурки при нормальных погодных условиях. В зависимости от погоды и верхнего слоя штукатурки можно нанести специальный состав, уменьшающий способность основания к впитыванию, или вещество, повышающее прочность сцепления между нижним и верхним слоями штукатурки. Температура воздуха и поверхности должна составлять не менее 5 °С.

Допустимыми являются следующие виды верхнего слоя штукатурки на армирующий слой из легкого раствора: легкий раствор Multipor, тонкослойные минеральные декоративные штукатурки.

Минеральная штукатурка должна иметь следующие характеристики: долю органических компонентов в составе до 2 % по массе; капиллярное водопоглощение до 0,2 кг/(м<sup>2</sup>мин<sup>0,5</sup>), что соответствует классу W2; коэффициент сопротивления диффузии водяного пара  $\mu$  до 30.

Динамический модуль упругости в системной структуре с легким раствором Multipor от 1500 до 2000 Н/мм<sup>2</sup>. При цветном верхнем слое штукатурки коэффициент светлоты должен составлять не менее 30.

Слой штукатурки наносят на всю поверхность кельмой из нержавеющей стали; выравнивают до зернистости и непосредственно в конце обработки равномерно зачищают или структурируют гладилкой. Толщина готового верхнего слоя штукатурки составляет в соответствии с зернистостью 2—3 мм (табл. 4.15, табл. 4.16).

Таблица 4.15

**Расход материала и основных компонентов**

Материал	Примерный расход
Нанесение легкого раствора	3,5 кг/м <sup>2</sup> при нанесении на всю поверхность с 10-мм зубчатой гладилкой 4,5 кг/м <sup>2</sup> при нанесении капель на краевое уплотнение до 1 см
Плиты Multipor	4,3 плиты/м <sup>2</sup>
Винтовые дюбели	1 дюбель на плиту соответствует 4,5 дюбелям/м <sup>2</sup> 2 дюбеля на плиту соответствуют 9 дюбелям/м <sup>2</sup>
Армирующая сетка	1,1 м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>
Легкий раствор, для армирования	3,5 кг/м <sup>2</sup> — таким образом, одного мешка 20 кг достаточно на 6 м <sup>2</sup>
Верхний слой штукатурки	2 мм зерно — 3,2 кг/м <sup>2</sup> 3 мм зерно — 4,0 кг/м <sup>2</sup>

Таблица 4.16

**Ориентировочные значения продолжительности обработки**

Наименование операции	Норма времени
Монтаж на клей	12—18 мин/м <sup>2</sup>
Крепление дюбелями	2—3 мин/дюбель
Армирование	10—15 мин/м <sup>2</sup>
Верхний слой штукатурки	8—10 мин/м <sup>2</sup>

С целью предотвращения образования неровностей в структуре верхнего слоя поверхности должны быть связанными и без промежутков между ними. Время сушки может варьироваться в зависимости от температуры, толщины слоя, относительной влажности воздуха, а также от параметров ветра.

*Керамическая облицовка.* Керамическую облицовку в форме клинкерных полос, облицовочную керамическую плитку или плиты из природного камня непосредственно на комбинированную систему теплоизоляции Multipor нанести невозможно. Если есть необходимость в нанесении подобного толстого верхнего слоя, его можно монтировать на скрепленную цементом панель под штукатурку и соответствующую конструкцию основания. При этом в особенности хорошо себя показала панель Fermacell Powerpanel.

*Нанесение красочного покрытия.* Для комбинированной системы теплоизоляции Multipor подходят следующие красочные покрытия: минеральные краски, силикатные краски, краски на основе силиконовой смолы. В зависимости от типа краски в случае необходимости следует нанести грунтовку на основание (минеральный верхний слой штукатурки). Коэффициент светлоты должен быть — как в случае с верхними слоями штукатурки — не менее 30.

### **Крепление предметов**

Крепление предметов происходит в зависимости от ожидаемой нагрузки и напряжения. В соответствии с этим выбирается крепеж и его положение. Виды крепления подразделяются на механические крепления легких предметов в минеральной изоляционной плите и на механические крепления тяжелых предметов сквозь минеральную изоляционную плиту в основание (рис. 4.51).

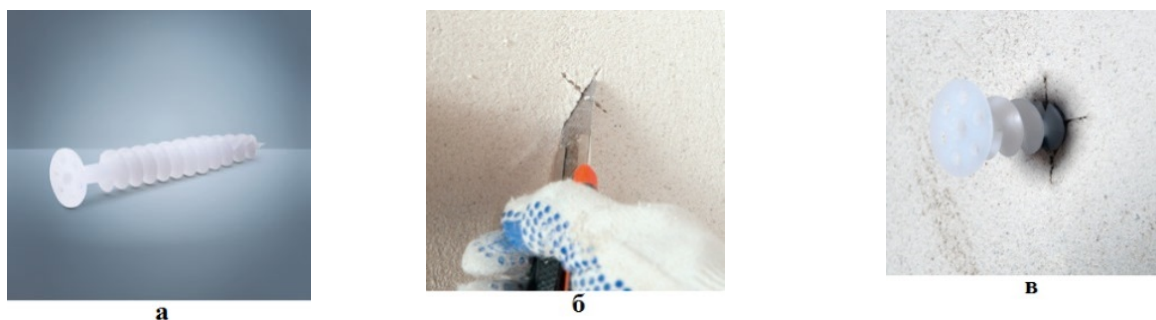


Рис. 4.51. Установка дюбеля: а — спиральный дюбель для комбинированной системы теплоизоляции; б — подготовка минеральной изоляционной плиты; в — вставка спирального дюбеля

**Крепление легких предметов** (рис. 4.52). Легкие неподвижные предметы, такие как лампочки наружного освещения или номера домов весом до 6 кг, размещаемые друг от друга на расстоянии от 600 мм, закрепляют спиральными дюбелями Multipor для комбинированных систем теплоизоляции в минеральной изоляционной плите.

Перед тем, как спиральный дюбель будет осторожно вкручен окончательно с помощью бит-насадки Torx-Bit T 40, оштукатуренную поверхность, включая армирующую сетку необходимо прорезать канцелярским ножом, избегая повреждений фасада и минеральной изоляционной плиты. При наличии наружных частей здания закрепленные предметы следует изолировать со всех сторон, так чтобы вода не могла проникать внутрь.

**Крепление тяжелых предметов.** Предметы весом более 6 кг рекомендуют закреплять не в минеральной изоляционной плите, а прямо в основании. Для закрепления отдельных предметов — лампы и провода продеваются сквозь плиту Multipor и закрепляются дюбелями в прочном основании. Для простого варианта закрепления предметов пригодны держатели, которые нужно прикрепить к основанию перед монтажом минеральных изоляционных плит. Затем к ним прикрепляют различные предметы, такие как, например, настенные светильники.

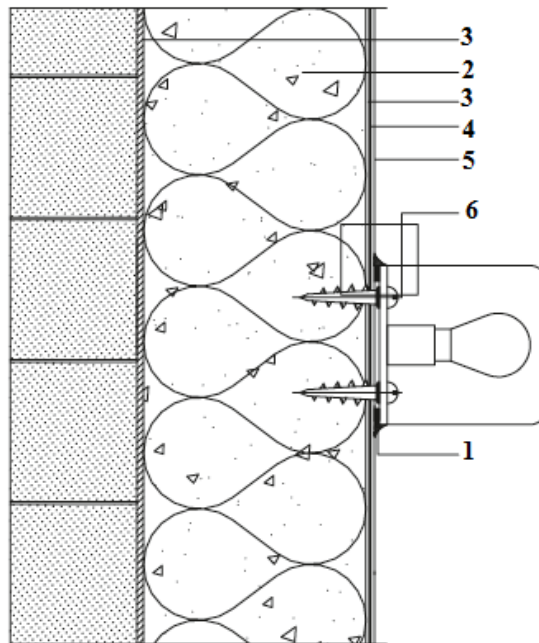


Рис. 4.52. Крепление легких предметов: 1 — эластичная изоляционная лента; 2 — минеральная изоляционная плита; 3 — легкий раствор; 4 — армирующая сетка; 5 — минеральный верхний слой штукатурки, совместимый с системой; 6 — спиральный дюбель для комбинированной системы теплоизоляции

*Крепление водосточных труб* (рис. 4.53) осуществляется с помощью монтажных кубов, которые и воспринимают нагрузки на систему. Расположение монтажных кубов определяется проектом отвода воды с крыши.

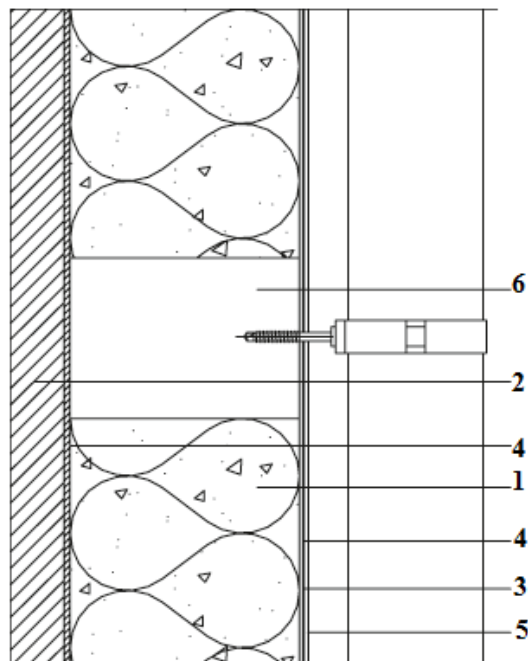


Рис. 4.53. Крепление водосточной трубы: 1 — минеральная изоляционная плита; 2 — имеющаяся кирпичная кладка; 3 — легкий раствор; 4 — армирующая сетка; 5 — минеральный верхний слой штукатурки, совместимый с системой; 6 — монтажный куб

*Крепление маркиз и навесов.* Маркизы крепятся анкерами при соблюдении монтажного расстояния в прочном основании (рис. 4.54). Навесы должны также крепиться в прочном основании и быть исправными.

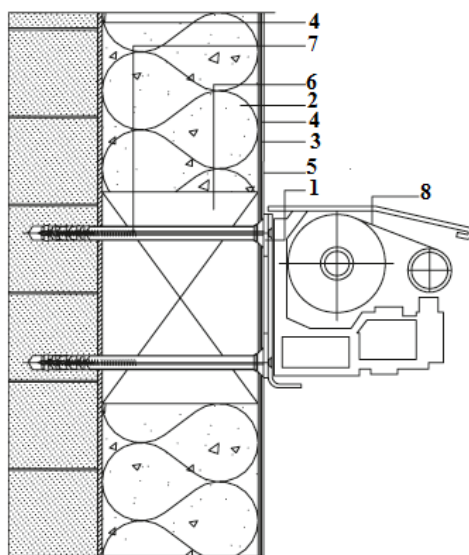


Рис. 4.54. Крепление маркиз: 1 — эластичная изоляционная лента; 2 — минеральная изоляционная плита; 3 — легкий раствор; 4 — армирующая сетка; 5 — минеральный верхний слой штукатурки, совместимый с системой; 6 — монтажный куб; 7 — крепление тяжелых предметов в основании; 8 — маркиза

### 4.3.2. Выполнение работ при теплоизоляции внутри помещений

Для эффективного улучшения теплозащиты многих трудоёмких фасадов (в том числе — имеющих историческую ценность) изоляция внешних стен изнутри является единственным вариантом. В этом случае используют минеральные паропроницаемые изоляционные плиты Multipor WI (табл. 4.17). При этом выполнение дорогостоящей пароизоляции становится излишним.

Таблица 4.17

#### Размеры и термическое сопротивление плит Multipor WI, согласно ЕТА 05/0093

Теплопроводность	Термическое сопротивление (м <sup>2</sup> ·°С/Вт) при толщине плиты (мм)													
	50 <sup>1)</sup>	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
Расчетное значение $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	1,111	1,429	1,905	2,381	2,857	3,333	3,810	4,286	4,762	5,238	5,714	6,190	6,667	7,143

<sup>1)</sup> Особый формат минеральной изоляционной плиты Multipor толщиной d = 50 мм при  $\lambda = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

#### Подготовительные работы

Стена, на которой необходимо укрепить минеральную изоляционную плиту Multipor WI, должна быть защищена от подъема и проникновения сырости. Основным условием является наличие горизонтальных или вертикальных слоев гидроизоляции стены.

Фасад квалифицируют с точки зрения устойчивости, в том числе и к ливневым осадкам. При установленных проблемах или дефектах необходимо тщательно выбрать и провести санационные меры. Действенным средством для эффективной ливневой защиты является защита фасада гидрофобными плитами.

Минеральные изоляционные плиты Multipor WI требуют достаточно плоского основания, чтобы обеспечивалось приклеивание по всей площади. Кроме того, основание должно

быть способным нести нагрузку, быть свободным от частиц, ослабляющих приклеивание, и сухим (рис. 4.55).



Рис. 4.55. Подготовка поверхности: а — старая стена; б — оценка ровности поверхности основы

Непрочная старая штукатурка, предохранительные слои, покрытия, обои и т. п. должны быть заранее сняты, а поврежденные места выправлены с помощью штукатурок (табл. 4.18). Для обеспечения достаточной степени схватывания основа штукатурки должна быть тщательно проверена.

Таблица 4.18

**Оценка основания при работах на внутренней изоляции**

Имеющееся основание	Мера	Рекомендация
Ровная кирпичная кладка с заполненными швами	-	При необходимости удалить пыль, грязь и краску
Неровное основание	Нанести слой выравнивающей штукатурки	Известково-цементная штукатурка CS II
Неровная или рыхлая старая штукатурка	Выровнить или удалить	Основание выровнить с помощью известково-цементной штукатурки CS II
Известковая или известково-цементная штукатурка	—	Удалить пыль, грязь, откручивающиеся детали, также местами обновить
Гипсовая штукатурка	Проверка	Указания технической информации «Обработка гипсовой штукатурки и гипсосоудержающей штукатурки»
Старая краска	Удалить	Полностью удалить краску (напр., вырезать с помощью фрезы, смыть и т. п.)
Обои	Удалить	Снять и смыть остатки клея
Мокрая кирпичная кладка	Герметизировать, просушить	Обновить горизонтальный и вертикальный гидроизоляционный слой, просушить
Фахверк со штукатуркой на основе глины, внутри	Выравнивающая штукатурка из глины	Конструкция системы с глиняной штукатуркой
Легкие конструкции	основа не подходит	Не предназначены для изоляции Multipor
Имеющаяся старая изоляция	Удалить	Удалить старый изоляционный материал, основу выравнивают с помощью известково-цементной штукатурки CS II

Минеральные изоляционные плиты могут быть с помощью легкого раствора Multipor использованы в качестве внутренних штукатурок на гипсовой основе, если выполнены следующие условия:



- достаточная ливневая защита наружного фасада;
- помещения используются исключительно в качестве жилых или спальных комнат;
- после проведения санации помещения должны быть отапливаемыми.

Свежая штукатурка в качестве основы должна высохнуть, прежде чем поверх нее можно будет клеить минеральные изоляционные плиты. При обработке и отвердевании легкого раствора Multipor (рис. 4.56) температура воздуха в помещении и температура детали должна составлять  $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Относительная влажность воздуха не должна превышать 80 %.

**Пол и деревянное перекрытие из брусьев.** Детали, прилегающие к поверхности земли, в зоне пола и стен должны быть защищены от подъема грунтовых вод. Как правило, для этого при возведении объекта используется гидроизоляция наружной стороны. То же самое действительно для плит пола (опорных плит). Для последующей герметизации пригодны битумные и полимерные изоляционные материалы.



Рис. 4.56. Нанесение легкого раствора Multipor: а — приготовление раствора; б — очистка инструмента; в — нанесение легкого раствора; г — прочесывание легкого раствора; д — раствор, нанесенный на всю поверхность минеральной изоляционной плиты

**Монтаж минеральной изоляционной плиты Multipor WI.** Нанесение легкого раствора по всей поверхности изоляционной плиты с помощью зубчатой гладилки и его причесывание создает оптимальную связь благодаря сцеплению между легким раствором и изоляционной плитой (рис. 4.57).

В зависимости от обрабатываемой толщины изоляционного материала рекомендуют использовать различные зубчатые гладилки для соответствующей толщины слоя легкого раствора: 10-мм зубчатые гладилки вплоть до 140 мм толщины изоляционной плиты; 12—15-мм зубчатые гладилки, начиная с толщины 160 мм. Так выравнивают незначительные неровности основы.

При наличии «дышащих», капиллярно-активных систем, таких как минеральная изоляционная плита Multipor, необходимо полное приклеивание изоляционных плит по всей площади. Следовательно, большие допуски основы должны быть выровнены перед началом изоляционных работ при помощи пригодной выравнивающей штукатурки. На стыки и горизонтальные швы изоляционных плит раствор не наносится.

Первый ряд выполняется с особой тщательностью, перпендикулярно и вровень, причем следует учитывать возможные различия по высоте по отношению к граничащей конструкции пола. Если конструкции (например, перекрытие по деревянным балкам или деревянный пол) дают основания предположить различные характеристики растяжения или осадки, то при соединении элементов используют связывающую пеньково-войлочную изоляционную ленту.



Рис. 4.57. Монтаж плиты: а — прикрепление; б — прижатие скользящим движением; в — стык и горизонтальный шов кладки имеют прочное соединение; г — обрезка плиты до нужного размера; д — притирка неровностей; е — обработка закруглений

Минеральные изоляционные плиты Multipor WI клеят рядами на легкий раствор Multipor, нанесенной по всей площади. Плиты монтируют со швами вразбежку между рядами, расположенными один над другим и с отступом от 15 см.

В конструкциях систем, согласованных одна с другой в соответствии с принципами строительной физики с минеральной изоляционной плитой для монтажа, можно использовать только легкий раствор. При монтаже с помощью других клеящих растворов отсутствие дефектов не гарантируется. На стыки и горизонтальные швы изоляционных плит раствор не наносится, и они плотно соединяются.

Когда клей уже нанесен, изоляционные плиты на поверхности стены, которую необходимо изолировать, надвигаются одна на другую с усилием и склеиваются по всей поверхности. Это предотвращает обтекание изоляционного уровня струями теплого, влажного воздуха помещения и, кроме того, обеспечивает продолжительную работоспособность внутренней изоляции.

Для внутренних стен с армированием зубчатую структуру рядов изоляционных плит выполнять не обязательно, они просто плотно пристыковываются одна к другой. При последующем армировании не следует заталкивать сетку внутрь углов.

**Обрезка и подгонка.** Минеральная изоляционная плита Multipor WI может быть просто и быстро подогнана под нужные размеры. Плиты и вкладыши обрезают тонкозубой ножовкой под необходимый размер. При незначительных сдвигах плит в зоне стыкового шва ровность поверхности обеспечивается применением шлифовальной доски.

**Перекрытия по деревянным балкам** могут иметь верхнюю деревянную обивку из шпунтовых досок или древесно-стружечных плит. При санации старых зданий перекрытие по деревянным балкам перед монтажом следует проверить состояние конструкций и при необходимости исправить. Основа не должна давать осадку или пружинить.

Минеральные изоляционные плиты Multipor WI должны, по возможности, устанавливаться на необработанный пол. Бесшовный пол, который делается позже, эластично разъединяется звукоизолирующими прокладками по краям конструкции в тех местах, где положены изоляционные плиты. Если монтаж не может быть начат с необработанного пола, он производится, непосредственно начиная с верхнего края готового пола на стену, подлежащую изоляции. Изоляция разъединяется в местах эластичных деталей (таких как деревянные полы) также с помощью пенково-войлочной изоляционной ленты.

Присоединяемые перекрытия по деревянным балкам в отношении минеральных изоляционных плит также следует эластично разъединить с помощью развязывающей ленты из того же самого материала. Таким образом, возможные колебания этой части конструкции амортизируются и не передаются в изоляционный слой.

**Армирование поверхности изоляционных плит.** С помощью 10-зубчатой гладилки наносят армирующую штукатурку (легкий раствор Multipor) по всей поверхности средним по толщине слоем в 5 мм. Прижимают желочестойкую сетку (ячейки 4×4 мм) и тщательно вдавливают в верхнюю треть армирующего слоя. Расход раствора Multipor 3—4 кг/м<sup>2</sup>, при толщине слоя 5 мм, а армирующей сетки — 1,1 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (нахлест примерно 10 см).

При наличии зон внутренней стены, удары в которые представляют опасность для изоляции (например, на лестницах или стен в школах), поверхность дополнительно укрепляют особо прочной армирующей сеткой, что повышает прочность защитного покрытия на сжатие. В качестве дополнительной шпаклевки сетки под нормальным армирующим слоем легкий раствор закладывается стык в стык. Армирующему раствору придают шероховатость. Перед нанесением системного армирования особо прочная армирующая сетка должна просохнуть. Кроме того, она наносится перед осадкой профилей защиты кромок и компенсационных зазоров.

Финишная обработка поверхностей изоляции (рис. 4.58) может производиться:

- оштукатуриванием, покраской и укладкой плитки;
- применением глиняной штукатурки или ГКЛ и ГВЛ.

Покрытие для окончательной отделки из легкого раствора или чистая известковая штукатурка наносится слоем от 2 до 3 мм и своевременно затирается. Чистая известковая штукатурка пригодна также для затирки. При такой подготовке можно сделать поверхность, покрытую бумажными обоями или силикатной краской.

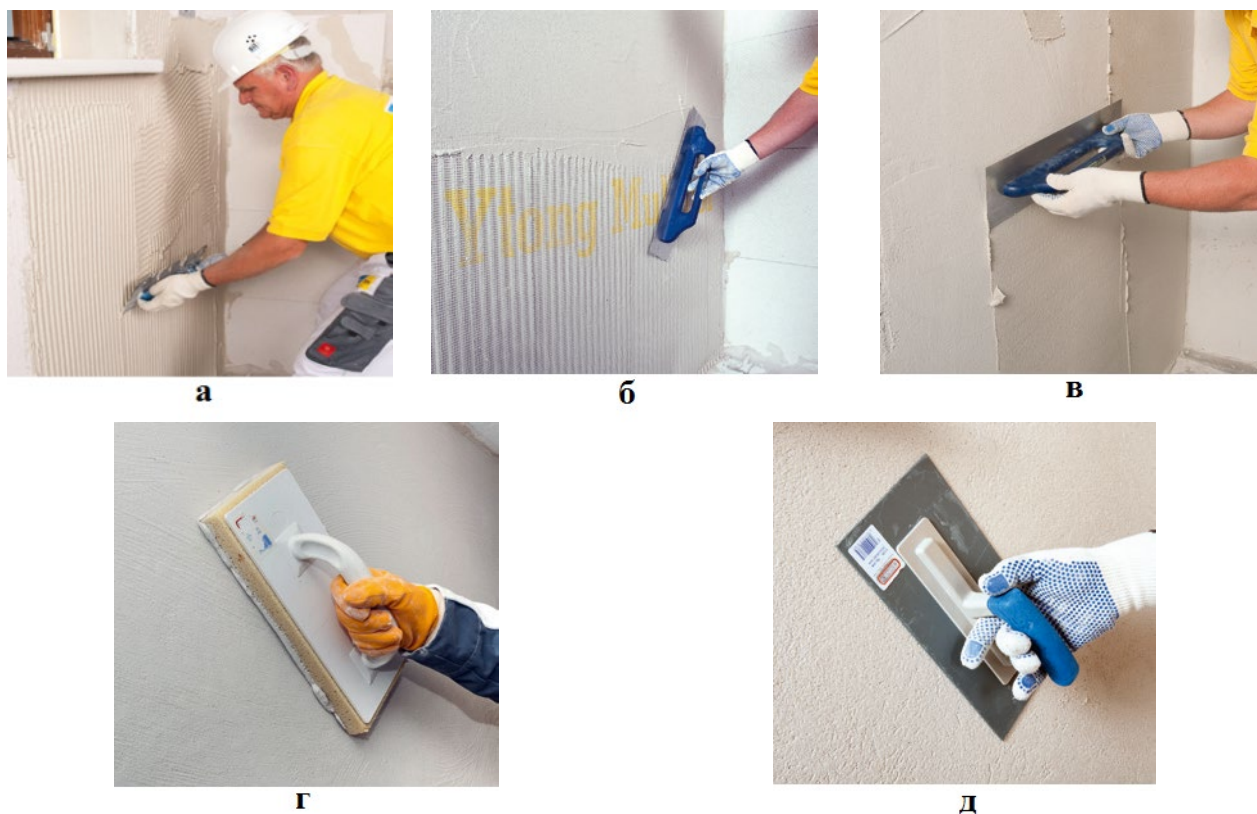


Рис. 4.58. Армирование поверхности изоляционной плиты: а — подтягивание армирующего слоя; б — закладка сетки; в — подтягивание верхнего слоя штукатурки; г — затирка штукатурки войлоком; д — нанесение структурной штукатурки

В качестве альтернативы можно воспользоваться декоративной штукатуркой CR или силикатными зернистыми структурными штукатурками, наносимыми мастерком и структурируемыми в свежем состоянии. Возможно применение глиняной штукатурки толщиной слоя от 3 до 5 мм.

Общая толщина слоя штукатурки (армирующий слой и верхний слой штукатурки) не должна превышать 10 мм. Поверхности штукатурки окрашиваются с помощью краски для внутренней отделки Multipor, однако только после того, как штукатурка высохнет.

Толщина верхнего слоя штукатурки должна составлять не более 5 мм, и она ни в коем случае не должна быть толще армирующего слоя, находящегося под ней. Необходимо убедиться в достаточности связи верхнего слоя штукатурки, основанной на силе сцепления с легким раствором Multipor — для этого подходящими являются поверхности с пробами штукатурки.

*Расход.* Верхний слой штукатурки с легким раствором Multipor — ок. 2 кг/м<sup>2</sup> при толщине слоя от 2 до 3 мм. Верхний слой штукатурки с чистой известковой штукатуркой Multipor — ок. 4 кг/м<sup>2</sup> при толщине слоя от 2 до 3 мм.

**Обои.** Обои с древесным волокном, бумажные текстурные обои, бумажные фотообои, а также обои со стекловолокном следует использовать на грунтовой штукатурке из легкого раствора. Более тонкие бумажные обои пригодны для оштукатуренной поверхности чистой известковой штукатуркой г.

**Покраска.** Цветовое решение допускает множество различных вариантов. Рекомендуют «дышащие» силикатные краски для внутренних стен, не нарушающие надежность системы внутренней штукатурки. Наиболее приемлемой является силикатная краска Multipor для внутренних работ. Она обеспечивает, будучи нанесенной на чистую известковую штукатурку Multipor, легкий раствор Multipor, а также на любые другие минеральные основы,

декоративную окраску. Не содержащая стабилизаторов и пластификаторов, краска естественным путем останавливает рост бактерий и грибов на поверхности стен.

Краска готова к обработке, лишь слегка взбалтывается. Краску наносят с помощью кисточки, валика или посредством распыления в один или два слоя (рис. 4.59). Расход на слой неразбавленной краски составляет около  $0,3 \text{ л/м}^2$  — в зависимости от впитывающей способности основы.

Мелкозернистые краски при размере частицы менее  $100 \text{ мкм}$  обеспечивают эффект неполированной, натурально белой поверхности, примерно соответствующей тону RAL 9003. Водорастворимые, устойчивые к воздействию извести тонирующие краски естественным образом обеспечивают яркие цвета.



Рис. 4.59. Покрытие силикатной краской для внутренних работ: а — нанесение валиком; б — нанесение кистью

Стены в помещениях без сложных требований к внешнему виду поверхности можно покрывать напрямую кистью, валиком или с помощью распыления — не ограничивая при этом способность к диффузии. Если минеральные изоляционные плиты перед покраской были освобождены от пыли, силикатная краска для внутренней отделки дополнительно укрепляет поверхность. Иногда случается образование микротрещин поверх швов между плитами, тогда легкий раствор Multipor наносится без необходимой армирующей сетки, либо чистая известковая штукатурка Multipor наносится непосредственно на поверхность плиты для шпаклевки тонким слоем (рис. 4.59).

**Сухие строительные панели** монтируют на основание, которое состоит, к примеру, из деревянных планок, и которые крепятся соответствующими дюбелями сквозь минеральные изоляционные плиты к прочной основе. Предварительно следует выровнять выступы стыков и горизонтальных швов с помощью шлифовальной доски.

Сухие строительные панели, например, гипсоволокнистые панели Fermacell или влагостойкие плиты на цементной основе, крепятся к деревянным планкам. Если сухие строительные панели крепятся к опорной конструкции, возникают пустоты, которые возможно использовать в качестве пространства для прокладки кабелей, коммуникаций и т.п. Поскольку пустое пространство находится непосредственно перед уровнем изоляции, проклеенным по всей площади, изоляция не обдувается теплым и влажным воздухом снаружи

**Изоляция сырых помещений.** При обычном использовании при наличии отопления и вентиляции относительная влажность воздуха в кухнях и ванных комнатах не намного выше, чем в жилых помещениях, а значит — в большинстве случаев от дополнительной изоляции можно отказаться. В зоне воздействия брызг воды, например, за ванными или душами, следует нанести жидкую герметизирующую пленку на имеющийся слой гидроизоляции.

**Соединение шпонками в особых случаях.** Минеральные изоляционные плиты Multipor WI, приклеенные на основу, пригодную для использования клея, соединять шпонками в принципе не обязательно. Исключение составляет осыпавшаяся старая штукатурка, обработанная средством для укрепления штукатурки на силикатной основе. В этом случае изоляционные плиты для монтажа по всей поверхности укрепляют дополнительно с помощью тарельчатого дюбеля (тарельчатый дюбель Multipor STR U, размер «тарелки» более 60 мм) посередине на прочную основу.



Рис. 4.60. Большие по размеру настенные кафельные плитки

**Откосы** (рис. 4.61). Откосы изолируют дополнительными плитами Multipor для откосов. Легкий раствор Multipor наносится по всей поверхности с помощью 10-мм зубчатой гладилки и прочесывается. В результате этого толщина слоя раствора должна составлять 8 мм. При этом важно, что изоляционные плиты для откосов не устанавливаются на оконные и дверные рамы непосредственно, а с помощью подходящих профилей (таких как, планка для покраски APU MINI plus) эластично соединяются, что позволяет предотвратить позднее образование трещин.



а



б

Рис. 4.61. Устройство откоса: а — установка плиты для откоса; б — установка углового перфорированного профиля

**Клиновидная плита** (рис. 4.62). Для сокращения количества «мостиков холода» следует изолировать состыкованные внутренние стены в зоне стыка наружной стены на ширину 50 см внутрь помещения. Для этого используется минеральная изоляционная плита Multipor WI или клиновидная плита Multipor. Связка рядов изоляционных плит на внутренней стороне наружной стены не является необходимой.



**а**



**б**

Рис. 4.62. Установка клиновидных плит: а — монтаж клиновидной плиты; б — присоединяемая внутренняя стена, изолированная с помощью клиновидной плиты

**Электромонтаж.** Внутренняя изоляция улучшает теплозащиту плохо изолированной конструкции внешней стены. При этом, чтобы предотвратить появление «мостиков холода», электромонтаж с его переключателями, проводами и розетками, по возможности, не должен проникать сквозь изоляцию и прокладываться в менее чувствительных зонах, таких как внутренние стены. Возможно также использование так называемых систем открытого монтажа (кабельный канал — плинтусовая рейка). Если прокладка кабеля выполняется на существующей стене, изоляционные плиты перед монтажом снабжают выемками с обратной стороны.

Возможные места повреждений между розеткой и изоляцией заполняют раствором Multipor. Заключительная отделка поверхности выполняется традиционно. Крепление элементов электромонтажа производят на прочную основу. Коробки выключателей, розеток и распределителей, а также другие электроприборы перед монтажом скрепляют с монтажными платами и удлинителями механически и прикрепляют к существующей стене (рис. 4.63).



**а**



**б**



**в**

Рис. 4.63. Установка розеток: а — комплект розеток, укрепленных на стене; б — встраивание изоляции; в — полное встраивание

Телескопические держатели устройств и телескопические приборные розетки могут быть плавно отрегулированы в соответствии с используемой толщиной изоляции. Затем электроприборы закрепляют (рис. 4.64). При наличии сухих строительных панелей электроприборы крепятся в облицовке, проводка кабеля осуществляется в пустом пространстве за изоляционной плитой.



Рис. 4.64. Телескопические держатели устройств: а — на стене; б — во встроеном состоянии

### ***Обработка внутренней изоляции Multipor WI с помощью глиняного раствора***

Система изоляции с применением глины делает возможными меры по модернизации как при энергетической санации в качестве внутренней изоляции стен, так и при внутренней изоляции различных видов кладки, таких как газобетон и силикатный кирпич.

*Глиняный раствор Multipor*, получаемый при смешивании с глиняным порошком и естественным песком, соответствует действующим правилам сооружения глиняных зданий. Его чисто механическое высыхание и пригодность для повторного использования, а также отказ от химических добавок обуславливают устойчивый микроклимат. В соответствии с высокой капиллярной проводимостью он впитывает в себя жидкость, распределяет ее и ускоряет ее высыхание.

*Краска на основе глины* является экологичным комплектующим компонентом. Краска не содержит растворителей, натуральная и декоративная. Пригодна как для покраски стен, так и для покраски перекрытий (потолков). Наносится валиком, малярной кистью или маленькой кисточкой для декоративных работ в два — три слоя и обеспечивает регулировку влажности, а также «дышащий» эффект стеновых поверхностей. Цветовые и структурные решения и возможности обеспечивают минеральные тонирующие материалы и пигментные добавки.

*Армирующая сетка Multipor 7×7 мм* разработана специально для применения в системе с глиняным раствором, ее легко можно вдавить, прижав к верхней трети свеженанесенного глиняного раствора. В зоне стыка она должна перекрываться как минимум на 10 см. Расход находится в диапазоне 1,10 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

**Монтаж минеральных изоляционных плит Multipor на глиняный раствор.** Перед монтажом глиняный раствор Multipor смешивается с 6,5 л воды на мешок (25 кг) в мешалке до достижения однородной консистенции без комков. Минеральные изоляционные плиты Multipor укрепляют глиняным раствором к основанию по всей поверхности. Глиняный раствор с помощью зубчатой гладилки (зубья 10 мм) наносят полностью на всю обратную сторону минеральной изоляционной плиты и прочесывается (рис. 4.65).

Толщина глиняного раствора после прочесывания — минимум 8 мм. Поверхность стены может быть предварительно равномерно зашпаклевана свежим глиняным раствором (с помощью гладилки). После нанесения раствора изоляционные плиты надвигаются с усилием на поверхность стены. Происходит тонкое приклеивание по всей поверхности. Стыки и горизонтальные швы изоляционных плит не склеиваются, а соединяются плотно встык.

Накладывание первого ряда выполняют перпендикулярно и вровень. Необходимо обратить внимание на возможную разницу высот в конструкции пола. Если конструкции предполагают различные характеристики растяжения и усадки, в качестве связывающей ленты по отношению к соседним деталям следует воспользоваться пеньково-войлочной изоляционной лентой Multipor. Высохший глиняный раствор можно перемешать повторно, добавив воды до необходимой консистенции.





Рис. 4.65. Монтаж плит в системе с использованием глины: а — перемешивание глиняного раствора; б — «расчесывание» глиняного раствора; в — установка плит скользящим движением по стене; г — фиксация (прижатие) плит

**Армирующий слой.** Для создания армирующего слоя готовят глиняный раствор рабочей консистенции. Добавление воды на мешок по сравнению с использованием в качестве клея сокращается до 5,5–6 л. Глиняный раствор «расчесывается» зубчатой гладилкой (зубья 10 мм) по поверхности изоляционной плиты. Толщина слоя раствора при этом в среднем составляет 8 мм. За этим следует укладка армирующей сетки с размером ячейки 7×7 мм в верхнюю треть слоя армирующей штукатурки. Слой гладко разравнивают на уровне толщины 5 мм (рис. 4.66).

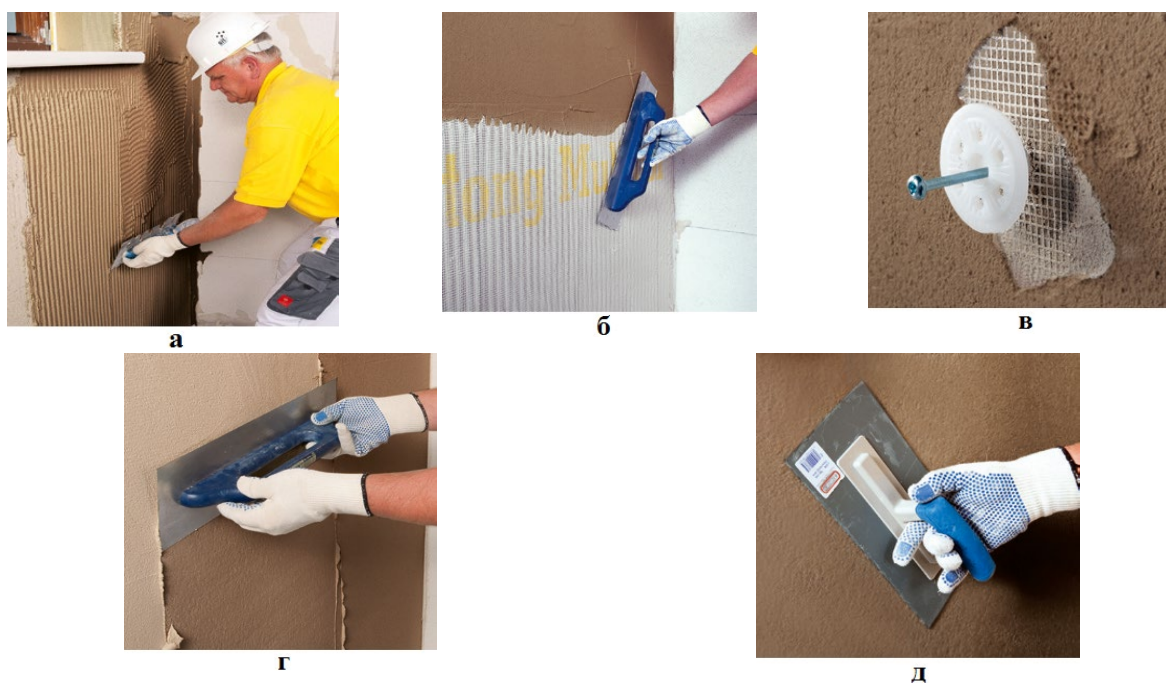


Рис. 4.66. Устройства армированного слоя: а — нанесение армирующего слоя; б — заделка сетки; в — вбивание дюбелей в сетку; г — подтягивание верхнего слоя штукатурки; д — структурирование с помощью мастерка

**Укрепление дюбелями плит Multipor.** Минеральные изоляционные плиты при энергетической санации закрепляются дюбелями. Производится механическое крепление с помощью термически обработанных крепежных шурупов с тарельчатой головкой (диаметр минимум 60 мм). Для фахверковых зданий это осуществляется преимущественно на деревянной конструкции (для предотвращения повреждений панелей фахверка). Необходимо закрепить как минимум четыре шурупа на м<sup>2</sup>. На свободных краях (например, окнах) рекомендуют на плиту по одному шурупу, а на угловых соединениях — вставить плиты встык, образуя зубчатую структуру. В кирпичной стене применяют винтовые дюбели Multipor STR U, в деревянной конструкции — винтовые дюбели STR H.

В обычном случае дюбеля вставляются в середину плиты. При толщине штукатурки более 10 мм (арматура и верхний слой) дюбеля забиваются в свежий раствор на стене сквозь армирующую сетку. При этом армирующая сетка прорезается перед вставкой дюбелей обыкновенным или монтажным ножом. Если должно быть закреплено стеновое отопление на стены, изолированные плитой Multipor, вставка дюбелей осуществляется после оштукатуривания труб отопления также сквозь армирующий слой в свежий раствор.

**Глиняный раствор Multipor в качестве верхнего слоя штукатурки.** На подготовленную сухую основу наносят глиняный раствор в качестве верхнего слоя штукатурки для декоративных целей. Для этого глиняный раствор толщиной от 3 до 5 мм Multipor «расчесывается» зубчатой гладилкой по имеющемуся армирующему слою, чтобы затем с помощью пластмассовой затирки или терки с губчатым покрытием структурировать поверхность до готовности.

Как только верхний слой штукатурки просохнет, наносят окончательную отделку — краску Multipor на основе глины белого цвета. Перед нанесением краску перемешивают. Можно добавить до 10 % воды для получения консистенции, необходимой для нанесения кистью на основу. Краску наносят с помощью валика, влажной кисти или кисточки для декоративных работ. Для того чтобы покрыть основу краской полностью, требуется от двух до трех рабочих операций, причем после каждого нанесения и при нормальных условиях окружающей среды нужно рассчитывать примерно на три часа для высыхания.

В зависимости от свойств материала на поверхности глиняной штукатурки могут появиться усадочные трещины или трещины при высыхании. Последние подчеркнут естественный характер глиняного раствора. Они не являются дефектом и могут быть закрыты, если слегка намочить поверхность (например, при помощи аэрозольного распылителя) и терки с губчатым покрытием.

#### ***Ориентировочные значения расхода***

*Глиняный раствор Multipor* (мешки по 25 кг). Выход на мешок — около 15 л свежего раствора, при толщине слоя 10 мм, достаточного для покрытия 1,5 м<sup>2</sup>. Объем воды на мешок — около 6,5 л для монтажа или 5,5–6 л для армирования. Расход при монтаже или армировании — 7–8 кг/м<sup>2</sup>. Расход на верхний слой штукатурки около 6 кг/м<sup>2</sup>.

*Краска на основе глины Multipor* (ёмкости по 10 л). Потребность в материале на слой — около 0,2 л/м<sup>2</sup>, разбавляется по максимуму 10 % воды. Время высыхания — около 2 часов при нормальных температурах внутри помещений (20 °С, 50 % относительной влажности).

#### ***Система подавления образования плесени активным очистителем Multipor***

Чтобы выяснить, обусловлено ли поражение плесенью конструктивными причинами или условиями эксплуатации, сначала производится оценка конкретной ситуации в здании.

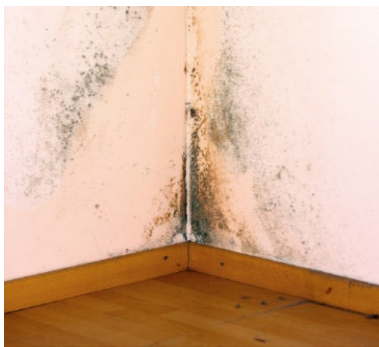


Рис. 4.67. Поверхность стены, пораженная плесневым грибом

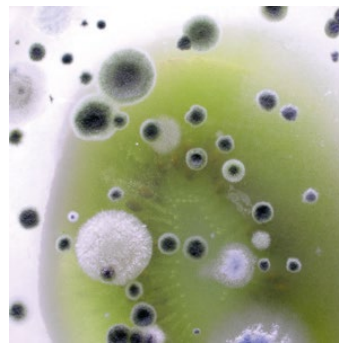


Рис. 4.68. Культура плесени под микроскопом

В природе встречается около миллиона видов плесневого грибка, из которых опасность для человека и животных представляет лишь малая часть. Плесневый грибок нуждается в питательных веществах и жидкости на различных основах — так формируются релевантные для внутренних помещений виды, имеющие собственные предпочтительные температуру и среды. Уже при относительной влажности воздуха около 70 % для этих грибков возникают идеальные условия для роста. При этом температура может колебаться в диапазоне примерно от 5 до 35 °С, а значение кислотности пораженной среды составляет от 4,5 до 6,5. При условии достаточного количества питательных и минеральных веществ это — инкубатор для плесени.

По причинам, связанным с гигиеной и здоровьем, необходимо проверить влажность воздуха и значение кислотности и установить причину образования плесени. Также при устранении грибкового поражения угроза для здоровья — среди прочего, благодаря спорам в воздухе — должна быть сведена к минимуму.

#### **Причины появления плесени**

*Конструктивные причины:*

- 1) отсутствие теплоизоляции отапливаемого каркаса здания;
- 2) «мостики холода», обусловленные материалом и конструкцией;
- 3) строительные повреждения фасада и связанная с этим потеря ливневой защиты;
- 4) негерметичный каркас здания;
- 5) отсутствие мер по гидроизоляции против влажности, проникающей с улицы;
- 6) неправильный выбор материала (рис. 4.67, рис. 4.68).

*Строительные причины:*

- 1) отсутствие мер по тепло- и гидроизоляции;
- 2) поврежденные или неверно выполненные меры по пароизоляции или оконные соединения;
- 3) негерметичные системы снабжения и утилизации.

*Причины, обусловленные условиями эксплуатации:*

- 1) высокая влажностная нагрузка, вызванная сушкой белья или растениями;
- 2) неправильное соотношение проветривания и отопления;
- 3) затрудненный обмен воздухом по причине мебели и штор.

Поражение плесенью зачастую удается распознать не сразу, потому что плесень возникает в труднодоступных местах: за предметами мебели или под облицовкой стен. В этом случае первым незримым знаком возникновения плесени является затхлый запах. Устранение возникшей плесени с помощью системы санации Multipor будет успешным только в том случае, если определена причина появления плесени.

*Основные компоненты системы Multipor:* активный очиститель, активная защита, минеральная изоляционная плита Multipor WI, плита для откоса и клиновидная плита для сокращения мостиков холода, легкий раствор в качестве клеящего и армирующего раствора, армирующая сетка, чистая известковая штукатурка, силикатная краска для внутренних работ (рис. 4.69).

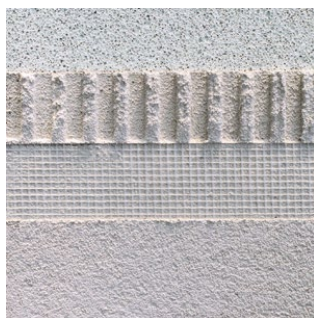


Рис. 4.69. Система защиты от плесени

*Активный очиститель Multipor* не содержит хлора, его действие основано на активности ионов серебра, что эффективно очищает пораженные плесенью поверхности стен, потолков и полов. Очиститель наносят распылением на пораженное место, дают впитаться, а затем вытирают насухо. Рекомендуется изолировать помещение до такой степени, чтобы споры плесени не могли перейти на другие зоны и в другие помещения.

Если поражение плесенью возникает частично и лишь на небольших площадях (не более  $0,5 \text{ м}^2$ ), можно выполнить энергетическую санацию с влажностно-технической точки зрения. Обои, пораженные плесенью, на стенах и потолках удаляют без остатка и утилизируют. Если плесень существенно проникла в штукатурку, ее также снимают. Нередко достаточной является тщательная чистка с помощью активного очистителя Multipor

Если пораженное плесенью место больше  $0,5 \text{ м}^2$ , санацию должна производить специализированная фирма. Только она сможет санировать пораженные участки таким образом, что дальнейшее распространение плесени будет невозможным.

Санацией достигаются две цели: во-первых, восстанавливается состояние здания, предназначенного для здоровой жизни, и, во-вторых, выполняется энергетическое повышение ценности здания. Плесень не только устраняют, но и предотвращают ее повторное появление.

Перед выполнением, собственно, санационных работ необходима реализация мероприятий, направленных на предотвращение дальнейшего распространения повреждений. Из пораженного помещения удаляют перемещаемые предметы. Осуществляют герметизацию пораженных поверхностей вплоть до помещений целиком.

При повреждении фасада выполняют временные защитные мероприятия, позволяющие избежать проникновения сырости. Предусматривают достаточный воздухообмен из помещений наружу, без нагрузки на соседние помещения.

### ***Обработка и санация пораженных плесенью поверхностей***

Поверхность, пораженную плесенью (рис. 4.70), опрыскивают активным очистителем Multipor, чтобы полностью удалить поражение и обеспечить возможность теплозащитной модернизации. Перед тем как использовать активный очиститель Multipor надевают средства личной защиты (как минимум перчатки, очки, респиратор). Расстояние между головкой распылителя и поверхностью составляет примерно 30 см. Выдерживают время «воздействия» — около 15 мин, затем поверхность промывают теплым мыльным раствором. Когда обработанная поверхность высохнет, эту операцию при необходимости повторяют.

После очистки зона поражения должна быть исследована в отношении причины образования плесени. Конструктивные дефекты (например, «мостики холода» в конструкции) устраняют с помощью системы санации Multipor. Если конструктивные дефекты являются причиной поражения, их устраняют перед нанесением системы Multipor. Все остальные причины поражения требуют дальнейшей индивидуальной решений борьбы с плесенью.

Поверхность, уже очищенная и подготовленная, обрабатывается второй раз с помощью активного очистителя, после чего Multipor наносится также на поверхность, подлежащую изоляции. Очиститель остается на поверхности, его свойства проявляются постепенно, и он при

помощи технологии ионов серебра предотвращает повторное образование плесени на данной поверхности. Ионы серебра эффективно защищают от плесени.

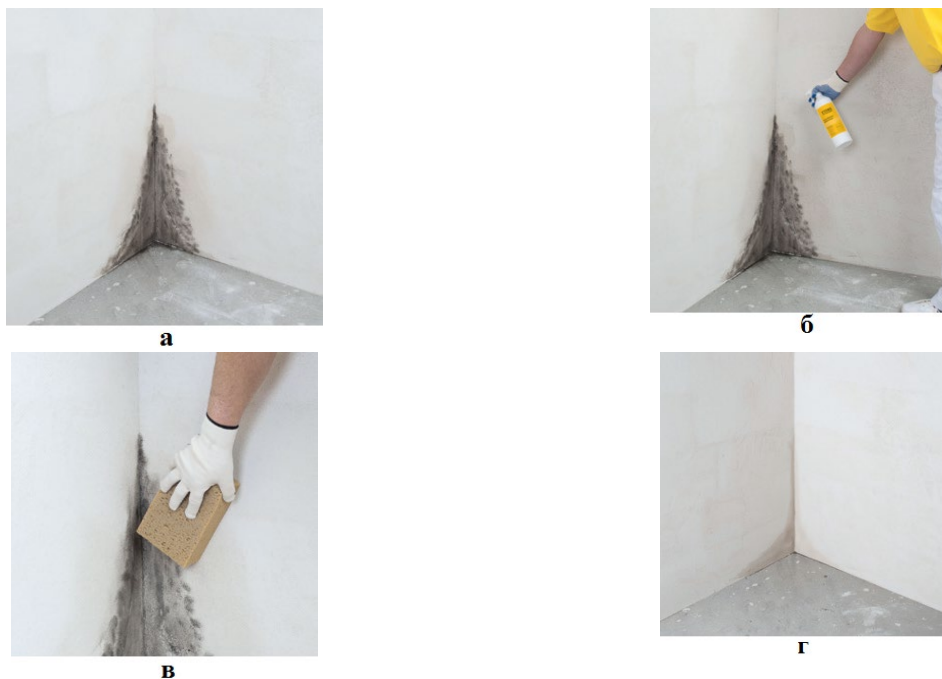


Рис. 4.70. Санация поверхностей: а — пораженный участок; б — нанесение спрея; в — обработка составом; г — участок после санации

После высыхания поверхности начинают теплоизоляционную модернизацию с помощью системы санации Multipor. Она осуществляется аналогично внутренней изоляции Multipor WI. Новая добавка к раствору оптимизирует длительную защиту. Для этого смешивают легкий раствор Multipor с 0,5 л активной защиты на мешок (20 кг) и одновременно сокращают необходимый объем воды (рис. 4.71).



Рис. 4.71. Долговременная защита: а — обработка спреем; б, в, г — приготовление раствора

Слой армирующей штукатурки из легкого раствора Multipor и сетки Multipor 4x4 мм не требует дополнительной системной защиты, поскольку температура поверхности благодаря нанесенной внутренней изоляции с минеральными изоляционными плитами Multipor намного больше, чем 12,6 °С. Это исключает образование конденсата и повторное появление плесени.

Для обработки поверхности в рамках строения системы мы рекомендуем использовать минеральные компоненты системы Multipor совместимые с известковой штукатуркой и силикатной краской для внутренних работ.

**Заключительные работы на объекте.** Производится очистка в соответствии с разными зонами поверхностей. Гладкие, не абсорбирующие поверхности вытирают сырой тряпкой, а пористые, «дышащие» поверхности очищают паровым или струйным очистителем. Обработанные поверхности затем высушивают до уровня, соответствующего эксплуатационному состоянию. Временные перегородки, встроенные при санации, удаляют только после тонкой очистки.

После санации рекомендуется регулярно проводить (визуальный) контроль. Контрольные проверки выполняются в течение примерно первых четырех недель после санации, а также по окончании зимнего периода.

### ***Крепление предметов при наличии внутренней изоляции Multipor WI***

Крепление грузов производится в минеральной изоляционной плите или через нее в прочную основу. Способ крепления следует выбирать в соответствии с нагрузкой. Самая большая сложность состоит в правильной оценке требования и в выборе крепежа.

При выборе крепежа необходимо учитывать следующие аспекты:

- а) материал и класс прочности имеющейся поверхности;
- б) информацию о размерах конструкции;
- в) оценку статической системы подсоединяемой конструкции;
- г) тип характерных напряжений (зона растяжения или зона сжатия);
- д) наличие специальных требований относительно защиты от коррозии и пожарозащиты или термостойкости.

Чтобы была возможность закреплять детали в минеральных изоляционных плитах Multipor или в несущем основании, пригодны три типа дюбелей:

- 1) распорные дюбели из стали или пластмассы;
- 2) специальные дюбели для клеевого соединения цементом или искусственной смолой;
- 3) анкер с подрезкой с геометрическим замыканием.

Принцип действия дюбелей различен. *Фрикционное сцепление* возникает при трении между дюбелем и основанием крепления, причем распорка сегментов обеспечивает крепление. Корпус анкера может состоять из пластмассы или стали, кроме того, между дюбелями, прочность которых контролируется (максимальная допускаемая нагрузка после приложения предписанного момента вращения) и дюбелями с контролем пути (закрепляются путем вбивания конуса через определенное отверстие в основании).

*Клеевое соединение.* С помощью клейкого вещества дюбель можно вставить в основание крепления без разжимного усилия. Соединяющее действие сочетается с названием «вклеиваемый анкер».

*Геометрическое замыкание* предполагает просверленные отверстия с задним пазом или соответствующее свободное пространство. Дюбель закрепляется таким образом, чтобы он имел опору в основании крепления без разжимного усилия.

**Монтаж дюбелей.** Отверстие перпендикулярно к поверхности просверливают, например, ударной дрелью. Здесь следует учесть данные о требуемой глубине отверстий. Выбор сверл и настройка устройства осуществляются в зависимости от держащей основы. Например:

— газобетон YTONG: монтажный инструмент для анкерных болтов, тройной комплект (6 мм, 8 мм, 10 мм);

— пустотелый кирпич с вертикальными пустотами и легкие конструкционные материалы: сверлить вращая;

— силикатный кирпич и прочие держащие основы: сверлить, вращая и пробивая.

Отверстие очищается с помощью щетки или продувается, поскольку пыль от сверл при использовании дюбелей с силовым замыканием сильно влияет на трение, а при применении вклеиваемых дюбелей — на проникновение в материал.

Установка креплений происходит в зависимости от ожидаемой нагрузки и напряжения. На это ориентируются также при выборе крепежа и его положения.

*Виды крепления:*

— крепление металлическим листом при поверхностях, не являющихся несущими;

— механические крепления легких грузов в минеральной изоляционной плите;

— механические крепления тяжелых грузов сквозь минеральную изоляционную плиту в основание.

При наличии основания, при котором надежный монтаж минеральных изоляционных плит не обеспечивается, и при изолированных изнутри стенах, покрытых кафелем, плиты крепятся к стене дюбель-анкерами (рис. 4.72).



а



б

Рис. 4.72. Тарельчатый дюбель: а — дюбель Multipor STR U; б — вставка винтовых дюбелей



а



б



в

Рис. 4.73. Плоский дюбель: а — плоские дюбели (ламели) Multipor; б — забивание плоского дюбеля; в — закрепление плоского дюбеля

Минеральные изоляционные плиты можно оштукатурить по всей поверхности стены. В заключении производится дополнительное крепление с помощью винтовых дюбелей, вбиваемых сквозь свежий армирующий слой (Multipor STR U, диаметр тарельчатой части более 60 мм в свежий раствор) и сквозь сетку в прочную основу.

#### ***Крепление предметов при наличии внутренней изоляции наружных стен***

Легкие предметы (до 3 кг) закрепляют непосредственно с помощью плоских дюбелей (рис. 4.73) в минеральной изоляционной плите. Плоский дюбель для этого вкручивается полностью и открытой стороной вперед (со скошенными углами) по горизонтали в минеральную изоляционную плиту, а винт из комплекта поставки — по центру в рельефные складки.

Крепления в минеральной изоляционной плите для легких предметов до 6 кг (длина: 50 мм, 85 мм, 120 мм) осуществляются спиральным дюбелем. Прежде чем осторожно вкручивать спиральный дюбель (50 мм, 85 мм, 120 мм) с помощью бит-насадки Torx-Bit T 40, выполняют прорезку паза канцелярским ножом в дощатом потолке, включая арматурную сетку.

Предметы весом более 6 кг закрепляются не в минеральной изоляционной плите, а в основании (рис. 4.74). При закреплении осветительных приборов и проводов вбивание дюбелей производится сквозь минеральную изоляционную плиту в прочную основу. Нагрузка, приложенная к определенной точке, распределяется с помощью подкладной шайбы диаметром 30 мм.

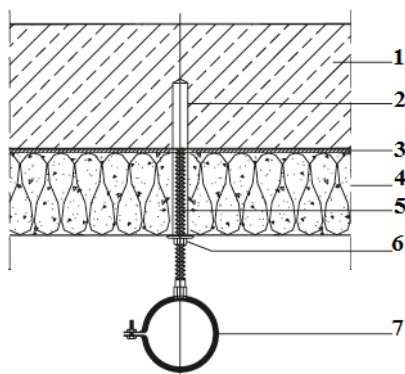


Рис. 4.74. Крепежное соединение сквозь минеральную изоляционную плиту Multipor: 1 — железобетонное перекрытие; 2 — легкий раствор Multipor; 3 — забивной анкер или компактный дюбель; 4 — резьбовой стержень; 5 — гайка с подкладной шайбой Ø 30 мм; 6 — хомут для трубы; 7 — изоляция перекрытия Multipor DI

**Закрепление предметов при помощи держателей Multipor.** Для простоты крепления предметов также можно использовать фирменные держатели, которые закрепляются в основании перед монтажом минеральных изоляционных плит. Таким образом могут быть закреплены настенные светильники.

### 4.3.3. Выполнение работ при теплоизоляции кровельных систем

#### *Изоляция плоской кровли*

Если несущая конструкция кровли уже была выполнена «под уклон», плита Multipor ДАА используется в качестве плоского элемента. Кровельный пирог может быть выполнен в однослойном и многослойном вариантах.



Рис. 4.75. Укладка плиты под уклон

Для однослойного варианта используют изоляционные плиты толщиной от 120 до 300 мм. При многослойном варианте — каждый из слоев должен иметь толщину не менее 120 мм.



Плита Multipor DAA выпускается с заводским образованием уклона. Это позволяет избежать трудоемких и затратных стяжек под уклон, а также образования уклона основания (рис. 4.75). Для достижения требуемой теплоизоляции, изоляция ската кровли, как правило, состоит из одной плоской плиты в качестве плиты основания (минимум 120 мм) и одного слоя плит под уклон (табл. 4.19, рис. 4.76).

Таблица 4.19

**Система скатной кровли Multipor**

Толщина изоляционного слоя, мм	Толщины плит, мм	
	Подкладочная плита	Плита под уклон
70—190	отпадает	70—190
190—310	120	70—190
310—430	2x120 или 240	70—190

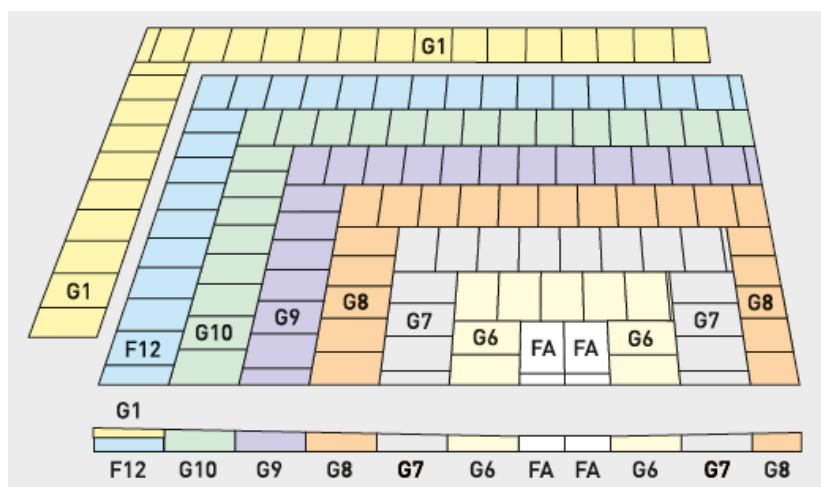


Рис. 4.76. Раскладка плит

Плиты под уклон могут быть выполнены в различных вариантах уклона: 1,0, 1,7, 2,0, 2,5, 3,3, 5,0 % — в зависимости от объекта реализуются также другие варианты уклона. В плоских кровлях предусматривают минимальный уклон, составляющий 2,0 %.



Рис. 4.77. Изоляционный клин Multipor

**Изоляционный клин Multipor.** Гидроизоляция кровли из битумных рулонных материалов, имеющая многослойное исполнение, предполагает использование изоляционных клиньев на вертикальных частях конструкции здания для обеспечения нормальной укладки кровельного полотна при отсутствии продольных изгибов.

В случае использования полос пластикового и эластомерного кровельного материала такие изоляционные клинья не желательны, поскольку они несовместимы с частями системы (внутренними и внешними углами, насадками на водосточную трубу и пр.). Если изоляционный клин все же используется, то он проходит вдоль вертикальных деталей конструкции (подсоединения к стене, парапетов на кровле и т. д.) и монтируется с помощью легкого раствора, полиуретанового монтажного клея или горячего битума по всей поверхности на уложенные ранее плоские плиты или плиты с уклоном (рис. 4.77).

**Нанесение грунтовки.** Чтобы уложить битумную пароизоляцию с замыканием — то есть при клеевой конструкции кровельного «пирога» — на основу, нужна битумная грунтовка. При незакрепленных кровельных пирогах с временной нагрузкой, а также с механическим креплением, грунтовка не нужна.

**Нанесение пароизоляции.** В случае монтажа кровельного «пирога» на клей закрепляют полотно пароизоляции с алюминиевым слоем по всей поверхности и с замыканием (рис. 4.78). В качестве альтернативы применяют полимерную битумную пароизоляцию, а также пароизоляцию, выполненную в технике сварки с помощью горячего битума.



Рис. 4.78. Устройство пароизоляции: а — наплавление полотна пароизоляции с алюминиевым слоем; б — пароизоляция с алюминиевым слоем, уложенная в горячем битуме; в — пароизоляция из полиэтилена; г — жидкая пароизоляция; д — зашлифовка неровностей

Незакрепленный кровельный «пирог» с нагрузкой, а также с механическим креплением, требует лишь соединенной по точкам битумной пароизоляции без грунтовки. Для подобного использования пригодны также более экономичные варианты пароизоляции из полиэтилена, а также алюминиевой фольги, не закрепляемой при укладке. Обязательным для этого являются шов, закрытый лентой для заделки швов, а также подсоединение к вертикальным

деталю конструкции. Жидкая пароизоляция на полиуретановой основе является одновременно грунтовкой, пароизоляцией и клеем для минеральных изоляционных плит. Для этого наносят двухкомпонентный материал и распределяют его по всей поверхности резиновым скребком в количестве, зависящем от основания, не менее, чем 2 кг/м<sup>2</sup>.

**Укладывание изоляционных плит.** Минеральные изоляционные плиты укладывают на поверхности плотно встык, не проклеивая при этом продольные и поперечные швы. Погрешности в высоте на стыках изоляционных плит устраняют при помощи шлифовальной доски, пыль сметают щеткой. Варианты укладки минеральных изоляционных плит Multipor в зависимости от типа компонентов и характеристик основания приведены в табл. 4.20 и рис. 4.79, рис. 4.80.

Таблица 4.20

**Варианты укладки минеральных изоляционных плит Multipor**

Вариант укладки	Описание
Горячий битум	Минеральные изоляционные плиты укладывают по всей поверхности горячего битума таким образом, чтобы возникло соединение по всей поверхности. Расход массы горячего битума составляет около 3 кг/м <sup>2</sup>
Термически активируемая пароизоляция	На верхней стороне уложенной пароизоляции расположены клейкие полосы (термополосы), которые при нагревании горелкой или без нее становятся жидкими (активируются). На эти жидкие битумные полосы затем непосредственно укладываются минеральные изоляционные полосы
Жидкая пароизоляция	Если нанесена жидкая пароизоляция, минеральные изоляционные плиты укладывают так же, как и на горячий битум. Следует учесть время использования жидкой пароизоляции
Полиуретановый клей для изоляционного материала	Полиуретановый клей для изоляционных материалов наносят в соответствии с учетом нагрузки при порывистом ветре. Затем укладывают минеральные изоляционные плиты непосредственно на клей

Таблица 4.21

**Монтаж второго слоя пароизоляции на клей**

Вариант укладки	Описание
Легкий раствор Multipor	Легкий раствор наносится зубчатой гладилкой (зубья 10 мм) на поверхность нижнего слоя изоляционной плиты. Плиты второго слоя с легким усилием надвигаются на клеевой слой и прижимаются без склеивания продольных или поперечных швов. Остальные слои изоляционного материала монтируются аналогично второму слою. Расход легкого раствора составляет примерно 3–3,5 кг/м <sup>2</sup>
Полиуретановый клей для изоляционного материала	Наносят полиуретановый клей. Затем следует укладка второго слоя изоляционных плит на свежий клей. Изоляционные плиты прижимаются и укладываются встык, продольные и поперечные швы не проклеиваются. Дальнейшие слои изоляционного материала собирают аналогично второму слою
Горячий битум	Минеральные изоляционные плиты укладывают по всей поверхности горячего битума, таким образом, чтобы возникло соединение с пароизоляцией первого слоя плит. Изоляционные плиты прижимаются и укладываются встык, продольные и поперечные швы не проклеиваются. Остальные слои изоляционного материала монтируют аналогично второму слою. Расход горячей битумной массы — 2,5 кг/м <sup>2</sup>



**а**



**б**



**в**



**г**

Рис. 4.79. Укладывание изоляционной плиты: а, б, в — на горячий битум; г — на гидропароизоляцию



**а**



**б**



**в**



**г**



**д**

Рис. 4.80. Монтаж изоляционных плит а, б — на легкий раствор; в — на полиуретановый клей; г, д — на горячий битум

При толщине изоляции более 240 мм выполняется укладывание плит в два слоя, причем минимальная толщина одного слоя составляет 120 мм. Минеральные изоляционные плиты Multipor можно жестко связывать с основанием.

Если укладка осуществляется в два слоя или при соединении с плитами под уклон, возможны различные варианты монтажа. Если вследствие трапецевидной формы гофров, необходимо основание для изоляционного материала, его следует монтировать непосредственно на гофры и закрепить в соответствии с расчетом ветровой нагрузки. Пароизоляция наплавляется на основание (табл. 4.22).

**Укладка систем балластных кровель или при механическом креплении.** В системе балластных кровель минеральные изоляционные плиты не закрепляются при укладывании. При наличии механически закрепленных кровельных конструкций незакрепленные изоляционные плиты, не захваченные крепежными элементами гидроизоляции кровли, должны быть зафиксированы клеем или дополнительными крепежными крепежом. Для выравнивания неровных оснований рекомендуется использование полиуретанового клея в картуше.

**Гидроизоляция кровли.** Слои гидроизоляции укладывают в соответствии с рекомендациями табл. 4.23. Все слои монтированных на клей конструкций кровли должны быть соединены друг с другом. При незакрепленной укладке с нагрузкой и при механическом креплении кровельного пирога слои гидроизоляции, как правило, не закрепляются (рис. 4.81).

Таблица 4.22

**Монтаж битумной гидроизоляции**

Слой гидроизоляции	Описание
Первый слой из самоклеящегося полотна для холодного монтажа, активируемый снизу при нагревании	Полотно гидроизоляции раскатывается послойно, при этом снимается защитная пленка, нанесенная на нижнюю поверхность слоя. Освободившийся клеящий слой битума активируется термическим способом с помощью горелки, и кровельное полотно приклеивается по всей поверхности на минеральную изоляционную плиту
Первый слой из полотна гидроизоляции кровли, вмонтированный в горячий битум	Полотно гидроизоляции кровли наносится по всей поверхности сплошным слоем. Расход горячего битума по технологии выливания и раскатывания на минеральные изоляционные плиты составляет ок. 3 кг/м <sup>2</sup>
Второй слой из наплавленного полимерно-битумного полотна	Второй слой гидроизоляции состоит из полимерно-битумного вяжущего. Он наплавляется параллельно со сдвигом слоя на первый слой гидроизоляции по всей поверхности



Рис. 4.81. Гидроизоляция кровли: а — первый слой гидроизоляции в качестве термически активируемого самоклеящегося полотна для холодного монтажа; б — укладка изоляционной плиты в горячем битуме; в — второй слой гидроизоляции

**Гидроизоляции с использованием полимерных мембран**

Вид укладки	Описание
Незакрепленная укладка с нагрузкой	Пластиковые полотна гидроизоляции укладывают без закрепления, при необходимости на разделительный слой. Продольные и поперечные швы заваривают сварочным аппаратом для горячей сварки или исходных сварочных материалов. Дальнейший монтаж осуществляется в соответствии с предписаниями производителей с учетом требований по защите от ветровой нагрузки
Монтаж на клей	Используют протестированные пластиковые кровельные полотна. Монтаж осуществляется на системный клей или с применением самоклеящегося полотна на огрунтованную поверхность. Продольные и поперечные швы заваривают сварочным аппаратом
Механическое крепление	Пластиковые полотна гидроизоляции укладываются без закрепления, при необходимости на разделительный и пожарозащитный слой. Механическое крепление производится по краю перекрывающихся кровельных полотен, или в местах линейного или поверхностного крепления. В качестве крепежного материала используются тарельчатые соединители. Продольные и поперечные швы в большинстве случаев заваривают сварочным аппаратом

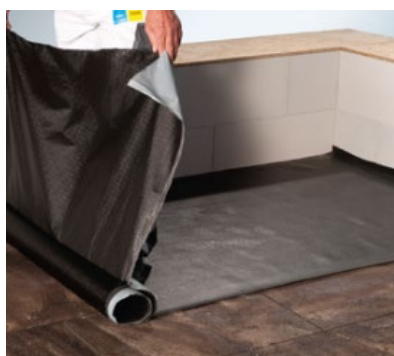
**а****б****в**

Рис. 4.82. Укладка полимерных гидроизоляционных мембран: а — незакрепленный гидроизоляционный материал с временной нагрузкой; б — мембрана, закрепленная клеем; в — мембрана закрепленная механически

**а****б**

Рис. 4.83. Защита поверхности кровли: а — гравием 16/32; б — пригрузом

Кровельные конструкции, проклеенные, а также закрепленные механическим способом, не требуют дополнительной нагрузки и не подвержены воздействиям окружающей среды

(рис. 4.82, рис. 4.83). Незакрепленные кровельные конструкции, наоборот, требуют балласта, рассчитанного с учетом порывистого ветра. Нагрузка может быть выполнена следующим образом:

- гравий 16/32 для неиспользуемых поверхностей кровли;
- покрытие мелким гравием 8/16 для террас и балконов;
- зеленые насаждения, включая все функциональные слои;
- покрытие для ходьбы и для проезда из бетонных камней для мостовых на основании из крупного щебня или на армированных железобетонных плитах.

### ***Комбинированная кровля***

Работа с комбинированной крышей происходит в несколько этапов, причем требуемое время затвердевания составляет несколько дней. В многоквартирных домах элементы кровли монтируют за один день, таким образом, возникает закрытая поверхность кровли. В течение следующих дней следует необходимое со статической точки зрения армирование, а также заливка бетоном. Остальные работы выполняются при необходимости по окончании этих трех этапов путем монтажа деревянных балок для свесов крыши и минеральных изоляционных плит Multipor DAD. Только потом кровельщики выполняют покрытие (рис. 4.84).

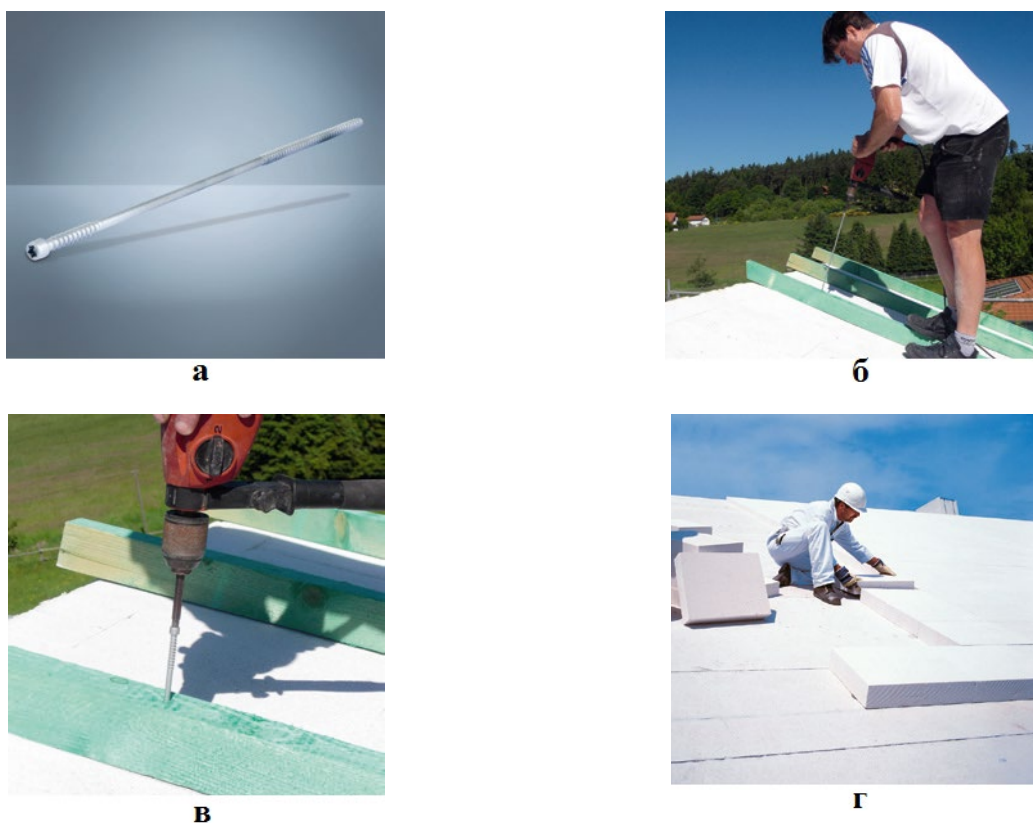


Рис. 4.84. Монтаж изоляции скатной кровли Multipor DAD: а — кровельный шуруп Ytong для закрепления несущей обрешетки; б — завинчивание кровельного шурупа на комбинированной кровле; в — полное закручивание кровельного шурупа в несущую обрешетку; г — плита Multipor DAD на кровле

Система состоит из несущих кровельных элементов, раствора для тонкошовной кладки, минеральной изоляции Multipor DAD, легкого раствора и кровельных шурупов для крепления первой контробрешетки, подкровельной пленки и кровельного покрытия.

#### 4.3.4. Выполнение работ при теплоизоляции перекрытий

Основу проверяют на пригодность и на несущую способность (рис. 4.85). Основа должна быть чистой, сухой и свободной от остатков веществ, снижающих сцепление. Целесообразна грунтовка поверхности или предварительная обработка основы, например, слоем легкого раствора. Легкий раствор имеет очень высокую влагоудерживающую способность, что позволяет отказаться от дополнительной грунтовки.



Рис. 4.85. Подготовка основания: а — проверка имеющихся перекрытий; б, в — удаление выступающих дефектов и пыли

Краски, загрязнения и штукатурка, не имеющая несущих свойств, должны быть удалены (табл. 4.24). Места, на которых штукатурка была счищена, выправляют с помощью обычной известково-цементной штукатурки. Имеющиеся дефекты бетонной поверхности устраняют. Бетонные поверхности очищают и грунтуют. При наличии свежей штукатурки следует учесть время высыхания штукатурки.

Таблица 4.24

##### Подготовка основания

Дефекты основания	Способы удаления
Жир, остатки масла для опалубки, другие разделительные средства	Удалить струей воды под высоким давлением с пригодными чистящими средствами, смыть чистой водой, дать просохнуть
Пыль, грязь	Смести, очистить щеткой, смыть
Непрочная, осыпающаяся штукатурка	Удалить механическим способом, при необходимости – прибить минеральную изоляционную плиту дополнительными дюбелями
Старая краска	Удалить краску растворителем или механическим способом
Обои	Удалить обои
Неизвестные основания	Удалить покрытие или дополнительно закрепить дюбелями минеральную изоляционную плиту

Легкий раствор наносят по всей поверхности изоляционных плит с помощью зубчатой гладилки, его прочесывание, для создания оптимального сцепления (рис. 4.86). В зависимости от толщины изоляционного материала рекомендуют использовать различные зубчатые гладилки. Минеральные изоляционные плиты, положенные на свежий раствор (технология напыления и затирки), дополнительно выравнивают поверхность.





а



б

Рис. 4.86. Нанесение легкого раствора: а — прочесывание легкого раствора зубчатой гладилкой; б — легкий раствор, нанесенный на всю поверхность

**Монтаж минеральной изоляционной плиты.** Минеральные изоляционные плиты следует клеить легким раствором по всей площади (рис. 4.87). Плиты укладывают рядами вразбежку, со сдвигом 15 см, монтажная доска облегчает монтаж и обеспечивает плоское прижатие. На стыки изоляционных плит раствор не наносится. Перед началом монтажа поверхность проверяется на прямоугольность, а неточная установка должна быть скорректирована при помощи разметочного шнура или лазера. Монтаж, скользящее определение места и прижатие осуществляют вручную или пластиковой плитой (рис. 4.88).

Начиная с толщины изоляции от 200 мм, минеральные изоляционные плиты монтируют на перекрытие в два слоя. При этом первый слой обрабатывается в соответствии с описанием, а второй, более тонкий или такой же толщины, сдвигается по шву и монтируется также по всей поверхности на первый слой. Для этого, как правило, достаточно воспользоваться 6-мм или 8-мм скребком.

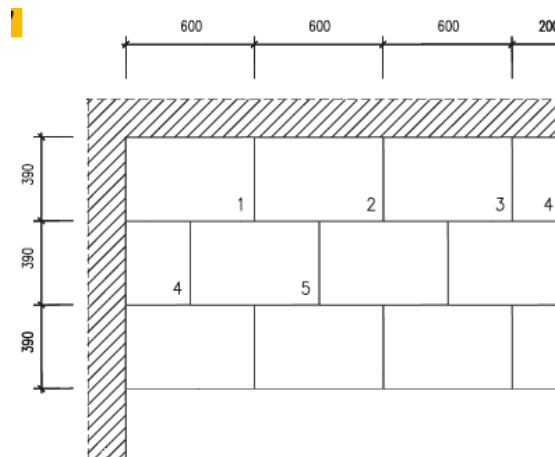


Рис. 4.87. Схема укладки



а



б

Рис. 4.88. Монтаж минеральной изоляционной плиты: а — скользящая установка; б — прижатие

Монтаж плит в два слоя позволяет устранить «мостики холода». Благодаря бесшовной притирке перед монтажом второго слоя можно скрыть неровности основы, передающиеся первому слою. Притираемые поверхности должны быть очищены от пыли.

**Резка и подгонка минеральной изоляционной плиты.** Плиты и детали подгоняют до нужного размера с помощью тонкозубой ножовки. Изоляционные плиты подгоняются к имеющимся трубам или вырезам в стене или в перекрытии при обеспечении однородности уровня изоляции. Для установки плиты в закругление или угол используют шлифовальную доску.

Несущую способность поверхности существующих монолитных углов при соединении с проклеенной системой изоляции можно оценить только условно. Если это так, минеральные изоляционные плиты DI дополнительно прибиваются дюбелем посередине (рис. 4.89), либо посредством Multipor STR U (без учета требований пожарозащиты), либо посредством Multipor DDS с тарелкой DDT (с учетом требований пожарозащиты).

При двухслойном монтаже достаточно приклеить и прибить дюбелем только первый слой изоляции. Второй слой в этом случае монтируется в соответствии с описанием. Это экономит расходы благодаря более короткой длине дюбелей, тем самым улучшая внешний вид.



Рис. 4.89. а — вырезание паза в плите для имеющейся трубы; б — подгонка плиты к закругленным или угловатым краям; в — подгонка закругленных краев плиты и углов

**Протягивание и крепление проводов на перекрытии.** Зачастую последующий монтаж проводов и кабельных трасс выполняется под перекрытием. Если изоляцию для этого удалять не нужно, провода можно закрепить подкладной шайбой ( $\geq \text{Ø } 60 \text{ мм}$ ) или крепежной плитой в основании сквозь минеральную изоляционную плиту.

При неровных поверхностях возможна шлифовка поверхности плиты с помощью шлифовальной доски (рис. 4.90). Пыль от шлифовки удаляют влажной малярной кистью. Шлифовальная доска обеспечивает простое выравнивание над головой, поскольку пыль не осыпается с доски.



Рис. 4.90. Простая шлифовка (а) и нанесение легкого раствора Multipor (б)

Изоляция поверхности перекрытия выполняется быстро и чисто. Светлые минеральные изоляционные плиты принципиально не требуют никакой дополнительной обработки.

**Покраска поверхности плит.** Рекомендуется силикатная краска Multipor для внутренних работ. Краску наносят на обеспыленную поверхность кистью, валиком или с помощью распыления. Последующее нанесение грунтовки или красящей пленки на затертые зоны обеспечивает дополнительное связывание и укрепление поверхности.

**Шпаклевание.** Для получения полностью зашпаклеванных минеральных изоляционных плит Multipor DI легкий раствор Multipor необходимо нанести тонким слоем на поверхность и своевременно затереть (рис. 4.91). Это рекомендуется, прежде всего, для помещений, где внешний вид не так важен, поскольку не исключено образование микротрещин в зонах стыков. От 2 до 2,5 кг/м<sup>2</sup> легкого раствора Multipor достаточны для нанесения слоя толщиной от 2 до 3 мм.

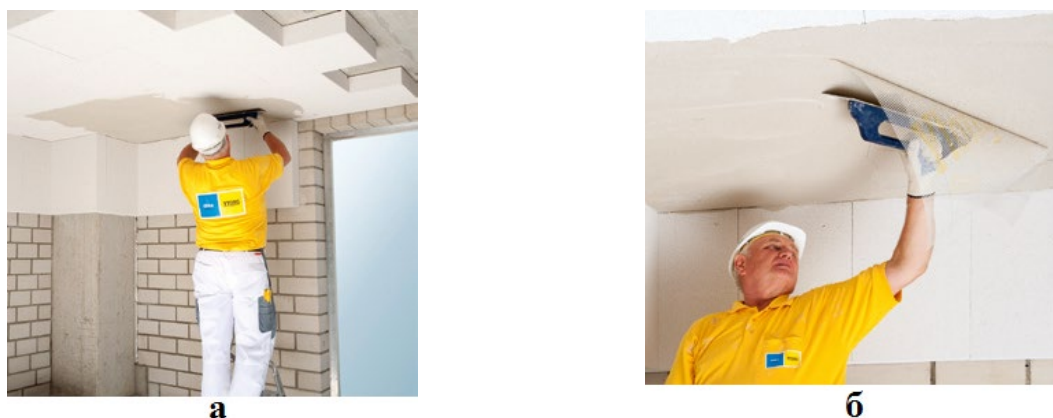


Рис. 4.91. Нанесение легкого раствора (а) и монтаж армирующей сетки (б)

**Оштукатуривание.** Для нанесения слоя штукатурки по всей поверхности минеральных изоляционных плит сначала укладывают слой легкого раствора вместе с армирующей сеткой, толщина слоя — в среднем от 5 мм. Далее производится дополнительное фиксирование сетки винтовыми дюбелями сквозь свежий слой в прочную основу (свежий в свежую).

Легкий раствор Multipor наносят толщиной 2–3 мм и сразу затирают. Известковую штукатурку наносят плоским шпателем и разглаживают. Общая толщина слоя штукатурки из армирующего слоя и верхнего слоя штукатурки не должна превышать 10 мм. Толщина верхнего слоя штукатурки при этом составляет примерно 5 мм.

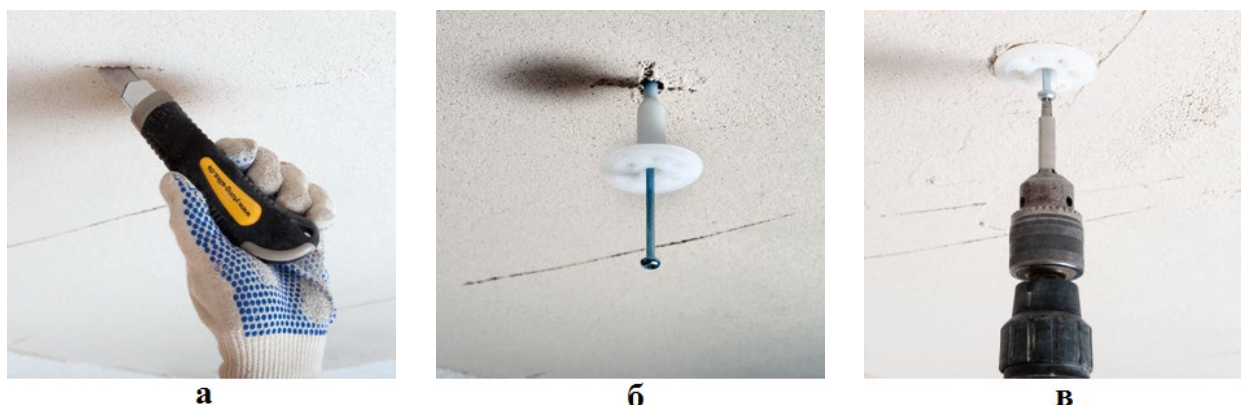


Рис. 4.92. Монтаж крепежного элемента: а — прорезание крест-накрест; б — вставка элемента Multipor STR U; в — ввинчивание

Перед установкой винтовых дюбелей Multipor STR U или Multipor DDS с DDT армирующая сетка должна быть прорезана крестообразно на отверстиях канцелярским ножом (рис. 4.92). Так можно будет вкрутить дюбеля, не меняя положение проложенной ткани. Следует предусмотреть до четырех дюбелей на квадратный метр.

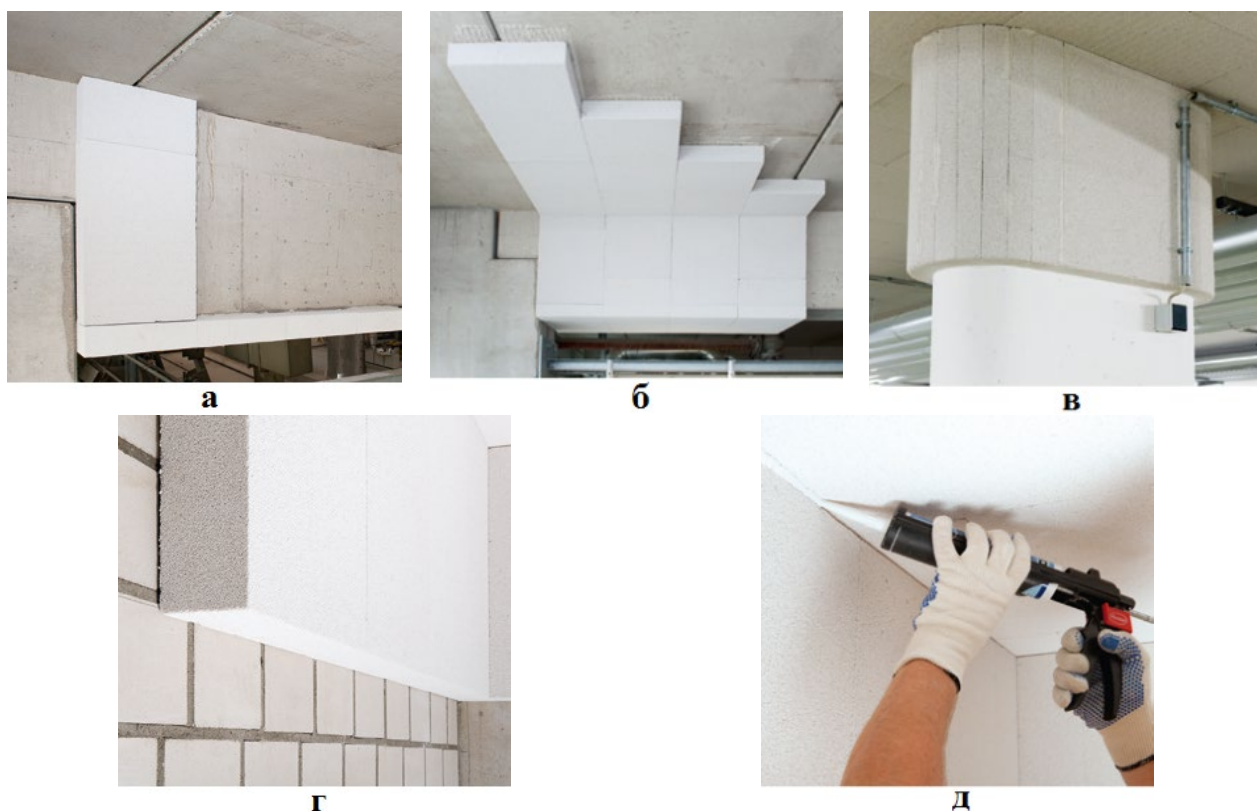


Рис. 4.93. Процесс монтажа: а — изоляция вертикальной поверхности; б — изоляция пролетов и сокращение мостиков холода; в — изоляция закругленных поверхностей; г — изоляция углов; д — соединение между стеной и перекрытием

**Изоляция пролетов и частей конструкции.** Сначала изолируют нижнюю часть прогона, а затем боковые поверхности (рис. 4.93). Если клей для нижней стороны прогона наносится на минеральную изоляционную плиту, зоны выше остаются без клея. Так можно избежать случая, когда горизонтальная и вертикальная минеральная изоляционные плиты DI склеиваются и изоляция нижней части в случае прогиба отрывается. Изолированную поверхность перекрытия необходимо крепить с примыканием к боковой поверхности прогона. Минеральная изоляционная плита легко обтачивается и выполняются углы или поверхности округлой формы.

Необходимо избегать жестких соединений между стеной и перекрытием. В этих случаях должно быть выполнено эластичное соединение длительного действия.

**Компенсационные зазоры** обязательно выполняют в изоляционном слое. Незащищенные отверстия в частях конструкции не соответствуют требованиям противопожарной защиты и являются недопустимыми. В качестве пожаробезопасной изоляции швов, эластичной и долговечной, с шириной до 30 мм используется компенсационный материал Aestuver M, смонтированный между монолитными перекрытиями и стенами. Благодаря классу огнестойкости R90 он в течение 90 минут отлично выдерживает воздействие огня, дыма и смещения швов до  $\pm 15\%$  от ширины шва.

**Встроенные элементы** фиксируют в несущем основании, которое вместе с минеральной изоляционной плитой и штукатуркой обеспечивает устойчивую площадь опоры. Крепление предметов при наличии изоляции перекрытия рассмотрено в разделе 4.3.2.

**Примерная калькуляция работ по расходам и нормам времени** (табл. 4.25). Практика показывает, что для обработки 1 м<sup>2</sup> требуется 10—15 мин., если изолируемая поверхность не имеет больших отверстий, ответвлений, откосов и пр. Выравнивание штукатурки и другие возможные предварительные работы не включены в расчет.

Таблица 4.25

**Расходы материалов и нормы времени**

Материал	Расход	Норма времени	Замечание
Multipor DI	4,3 плит/м <sup>2</sup>	ок. 15 мин/м <sup>2</sup> для приклеивания	
Легкий раствор Multipor	ок. 3,5 кг/м <sup>2</sup>	см. далее	для приклеивания
<b>Альтернативные варианты</b>			
Легкий раствор Multipor	ок. 3,5 кг/м <sup>2</sup>	ок. 10 мин/м <sup>2</sup> для армирования	для армирования
Multipor STR U	ок. 4,3 шт./м <sup>2</sup>	ок. 8—10 мин/м <sup>2</sup> для вбивания дюбелей	Вбивание дюбелей в центр плиты
Легкий раствор Multipor	ок. 2,5 кг/м <sup>2</sup>	ок. 10 мин/м <sup>2</sup> для нанесения последнего слоя	в качестве верхнего слоя штукатурки
Multipor DDS с тарелкой	ок. 4,3 шт./м <sup>2</sup>	ок. 8—10 мин/м <sup>2</sup> для вбивания дюбелей	Вбивание дюбелей в центр плиты
Клиновидная плита Multipor	ок. 5,2 шт./м <sup>2</sup>	ок. 15 мин/м <sup>2</sup> для приклеивания	Укладка на стыках

**Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки**

1. Номенклатура и свойства материалов.
2. Минеральные теплоизоляционные плиты. Особенности и свойства.
3. Плиты для откосов. Особенности и свойства.
4. Клиновидные плиты. Особенности и свойства.
5. Легкий раствор. Особенности и свойства.
6. Армирующие и разделительные материалы.
7. Материалы финишной обработки. Глиняный раствор.
8. Изделия для крепежа.
9. Материалы системы санации.
10. Общая характеристика систем изоляции.
11. Системы фасадной изоляции.
12. Системы кровельной изоляции.
13. Системы изоляции перекрытий.
14. Системы внутренней изоляции здания.
15. Особенности проектирования теплоизоляционных систем.
16. Условия формирования комфортной среды.
17. Проектирование системы теплоизоляции внутри помещений.
18. Улучшение эксплуатационных характеристик подвального помещения.
19. Реконструкция и утепление фахверковых зданий с помощью плит и глиняного раствора.
20. Проектирование системы теплоизоляции фасадов и наружных стен.
21. Комбинированная система теплоизоляции.
22. Системы изоляции каменной или кирпичной кладки.
23. Реконструкция наружных стен и энергосбережение.
24. Акустические свойства системы изоляции.
25. Проектирование кровельных систем.

26. Проектирование плоских кровель.
27. Проектирование комбинированной кровли.
28. Проектирование монолитной кровли.
29. Проектирование теплоизоляции перекрытий.
30. Выполнение работ при теплоизоляции фасадов и наружных стен.
31. Устройство изоляции цоколя.
32. Монтаж минеральных изоляционных плит.
33. Финишная отделка поверхностей.
34. Крепление предметов.
35. Выполнение работ при теплоизоляции внутри помещений.
36. Обработка внутренней изоляции с помощью глиняного раствора.
37. Подавление образования плесени.
38. Выполнение работ при теплоизоляции кровельных систем.
39. Теплоизоляция плоской кровли.
40. Теплоизоляция комбинированной кровли.
41. Выполнение работ при теплоизоляции перекрытий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решения, принимаемые в ходе нового строительства или широкомасштабной модернизации, остаются неизменными многие десятилетия. Внутреннюю отделку в случае необходимости можно обновить, но как быть со стенами и перекрытиями, подвалом и крышей? В связи с этим проектировщику и застройщику следует ориентироваться на «разумные» стройматериалы будущего. То есть, на надежные, долговечные конструкции, обладающие максимальным эксплуатационным сроком, которые соответствовали бы наиболее современным строительным правилам и нормам проживания, а в будущем удовлетворяли бы все требования, предъявляемые к сохранению материальных ценностей, качеству жизни и энергосбережению. Стабильными и постоянно рентабельными считаются инвестиции, уже сегодня обладающие качествами, законная регламентация которых потребует только в будущем. Капитальный дом, построенный с использованием «разумных» строительных материалов, даже в 2050 году (ожидаемый год перехода на возобновляемые источники энергии) не превратится в старую постройку.

К современным зданиям предъявляется ряд требований по энергетической эффективности изоляционной оболочки, акустическим показателям, пожарной и экологической безопасности, прочности и долговечности. Строительная система YTONG и система изоляции Multiprog формируют энергоэффективные решения строительства зданий, экологичные, способствующие здоровому образу жизни и регулирующие микроклимат в помещениях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю. М.* Технология бетона : учебное пособие для вузов / Ю. М. Баженов. — М.: Высшая школа, 1987. — 415 с.
2. *Гагарин В. Г.* Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский. — АБОК, № 2 и 3, 2004.
3. *Волженский А. В.* Минеральные вяжущие вещества: технология и свойства : учебник для вузов / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. — 3-е издание, переработанное и дополненное. — М : Эколит, 2011. — 470 с.
4. *Жуков А. Д.* Технология теплоизоляционных материалов : учебное пособие / А. Д. Жуков. — Части 1 и 2. — М : МГСУ, 2011.
5. *Жуков А. Д.* Решение технологических задач в области строительных материалов методами математического моделирования : монография / А. Д. Жуков, А. В. Чугунков, В. А. Рудницкая. — М : МГСУ, 2011. — 176 с.
6. *Жуков А. Д.* Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Д. Жуков, А. Э. Бегляров, В. А. Гусев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014. — 252 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27038>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю. — ISBN: 978-5-7264-0897-2.
7. *Жуков А. Д.* Фасадные строительные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Д. Жуков, В. С. Семенов, С. Ю. Шеховцова, Б. А. Ефимов. — Электрон. дан. и прогр. (5,3 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/>. — ISBN 978-5-7264-2344-9.
8. *Жуков А. Д.* Практикум по технологическому моделированию [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Д. Жуков, Т. В. Смирнова, П. К. Гудков. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30351>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю. — ISBN: 978-5-7264-0903-0.
9. *Жуков А. Д.* Промышленное строительство. Здания и сооружения. Защита от коррозии и экология : монография / А. Д. Жуков, В. М. Асташкин, В. С. Жолудов, Е. Ю. Боброва, В. С. Семенов, Р. А. Слаутин. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 395 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1064907. — ISBN 978-5-16-108250-8. — Текст: электронный. — URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1064907>.
10. *Жуков А. Д.* Энергетическая эффективность строительных систем : монография / А. Д. Жуков, Е. Ю. Боброва, И. В. Бессонов, Е. А. Медникова. — НИЦ ИНФРА-М., 2022 (по факту апрель 2023). — С. 329. — ISBN: 978-5-16-017479-2.
11. *Комар А. Г.* Технология производства строительных материалов : учеб. для вузов по спец. «Экономика и управление в строительстве» / А. Г. Комар, Ю. М. Баженов, Л. М. Сулименко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Высшая школа, 1990. — 446 с. : ил. — ISBN 5-06-001612-9.
12. *Попов Л. Н.* Строительные материалы и изделия : учебник / Л. Н. Попов, Н. Л. Попов. — Москва : Издательство: Гос. Предпр. «Центр проектной продукции массового применения», 2008.
13. *Румянцев Б. М.* Методология создания новых строительных материалов : учебное пособие / Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков. — М.: МГСУ, 2012. — 176 с.
14. *Румянцев Б. М.* Эксперимент и моделирование при создании новых изоляционных и отделочных материалов : монография / Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков. — М. : МГСУ, 2013. — 156 с.



15. Румянцев Б. М. Системы изоляции строительных конструкций : учебное пособие / Б. М. Румянцев, О. Б. Ляпидевская, А. Д. Жуков. — Издательство МИСИ-МГСУ, 2017. — 594 с. — ISBN: 978-5-7264-1420-1.
16. Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Строительные системы. Часть 1. Системы внутренней отделки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 284 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23745>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю. — ISBN: 978-5-7264-0754-8.
17. Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Строительные системы. Часть 2. Наружные системы облицовки и изоляции : учебное пособие / Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков. — М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2014. — 430 с. — ISBN: 978-5-7264-0922-1.
18. Румянцев Б. М. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. М. Румянцев, Г. И. Горбунов, А. Д. Жуков. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. — 396 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39666>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю. — ISBN: 978-5-7264-1167-5.
19. Рыбьев И. А. Строительное материаловедение : учеб. пособие для строит. спец. вузов / И. А. Рыбьев. — 2-е изд., испр. — Москва : Высшая школа, 2004. — 701 с.
20. Справочник прораба. 1-е, 2-е изд. / Сост.: А. Д. Жуков. Рук. проекта С. М. Кочергин. — М.: Стройинформ, 2006, 2009.
21. Технология строительных процессов : в 2 ч. ч. 1. : учеб. для строит. вузов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев., А. А. Лапидус. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк., 2005. — 392 с: ил.
22. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2010. — 380 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Часть 1. Строительные системы</b> .....	4
1.1. Строительные системы и системный подход.....	4
1.2. Системы с применением ячеистого бетона.....	7
1.3. Строительные системы как элемент экологически устойчивого строительства...	10
Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки.....	12
<b>Часть 2. Ячеистые бетоны</b> .....	13
2.1. Производство ячеистого бетона.....	13
2.2. Основы формирования структуры и свойств ячеистых бетонов.....	17
2.3. Технологии автоклавного ячеистого бетона.....	24
Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки.....	33
<b>Часть 3. Строительные системы YTONG</b> .....	33
3.1. Материалы и комплектующие системы.....	33
3.2. Проектирование строительных систем.....	46
3.3. Технология работ в системах YTONG.....	89
Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки.....	120
<b>Часть 4. Системы изоляции Multipor</b> .....	121
4.1. Номенклатура и свойства материалов.....	121
4.2. Особенности проектирования теплоизоляционных систем.....	130
4.3. Технология работ в системах Multipor.....	156
Вопросы для самостоятельного контроля и самопроверки.....	196
<b>Заключение</b> .....	198
<b>Библиографический список</b> .....	199

**Учебное издание**

**Жуков** Алексей Дмитриевич  
**Попов** Иван Иванович  
**Боброва** Екатерина Юрьевна  
**Пилипенко** Антон Сергеевич  
**Ушаков** Андрей Юрьевич

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

**Учебное пособие**

Редактор Ю. А. Ярцева

Подписание к изданию 10.04.2023.  
Объем данных 10,3 Мб.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84