

КРОВЛИ

ФАС

ФУНДА

СООРУ

СТРОИТЕЛЬН

МЕМБРАНЫ

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

МАСТИКИ

ЧЕРЕПИЦА

Б.М. Румянцев
О.Б. Ляпидевская
А.Д. Жуков

**СИСТЕМЫ
ИЗОЛЯЦИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

3-Е ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

Б.М. Румянцев, О.Б. Ляпидевская, А.Д. Жуков

Системы изоляции строительных конструкций

Учебное пособие

3-е издание, переработанное и дополненное

Москва 2017

УДК 691.699.86+699.86

ББК 38.3

P86

Рецензенты:

доктор технических наук *Ю.Г. Барабанищikov*, профессор кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого;
академик РАЕН, заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, почетный работник высшего образования Российской Федерации
В.М. Латыпов, профессор кафедры строительных конструкций Уфимского государственного нефтяного технического университета (ФГБОУ ВО МГОУ)

Румянцев, Борис Михайлович.

P86 Системы изоляции строительных конструкций : учебное пособие / Б.М. Румянцев, О.Б. Ляпидевская, А.Д. Жуков. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2016. 596 с.

ISBN 978-5-7264-1420-1

Рассмотрены особенности проектирования и применения систем изоляции в конструкциях кровли, фасадов зданий, внутри помещений. Также представлены системы огнезащиты и пожарная безопасность строительных конструкций. Пособие содержит классификацию, основные показатели качества и методы испытаний материалов, применяемых в системах изоляции. Приведены конструктивные решения типовых узлов систем изоляции.

Для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлениям «Строительство» и «Архитектура», аспирантов, а также для специалистов строительных компаний и проектных организаций.

УДК 691.699.86+699.86

ББК 38.3

ISBN 978-5-7264-1420-1

© ГК «ТехноНИКОЛЬ», 2013

© ГК «ТехноНИКОЛЬ», 2017, с изменениями

© Румянцев Б.М., Ляпидевская О.Б.,
Жуков А.Д., 2017

© Рожков А.Н., иллюстрации, 2017

Оглавление

Предисловие	5
Введение	6
Часть 1. КРОВЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ	9
1.1. Материалы кровельных систем	10
1.1.1. Рулонные битумные и битумно-полимерные материалы	11
1.1.2. Рулонные полимерные материалы	49
1.1.3. Штучные кровельные материалы	69
1.1.4. Листовые кровельные материалы	73
1.1.5. Мастичные кровельные материалы	75
1.1.6. Теплоизоляционные материалы	87
1.2. Системы плоских крыш	110
1.2.1. Виды плоской крыши	110
1.2.2. Конструктивные решения кровельных покрытий для плоской крыши	111
1.2.3. Системы водоотведения плоских крыш	168
1.3. Системы скатных крыш	173
1.3.1. Виды скатных крыш	173
1.3.2. Элементы скатных крыш	175
1.3.3. Конструкции скатных крыш	176
1.3.4. Кровельные системы с использованием гибкой (мягкой) черепицы	184
1.3.5. Кровельные системы с использованием металлочерепицы LUXARD	208
1.3.6. Мансарды	223
Библиографический список к части 1	236
Часть 2. СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ ФАСАДОВ И НАРУЖНЫХ СТЕН	241
2.1. Материалы фасадных систем	244
2.1.1. Сухие строительные смеси	244
2.1.2. Армирующие сетки для штукатурных работ	264
2.1.3. Теплоизоляционные материалы, применяемые в фасадных системах	266
2.1.4. Штучные материалы для наружной облицовки	269
2.2. Классификация систем изоляции фасадов и общие принципы проектирования	288
2.3. Фасадные системы зданий с каменными стенами	295
2.3.1. Фасадные системы наружного утепления зданий с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки	295
2.3.2. Фасадные системы наружного утепления зданий с отделочным слоем из толстослойной штукатурки	308
2.3.3. Навесные фасадные системы наружного утепления зданий с воздушным зазором	315

2.3.4.	Фасадные системы наружного утепления зданий с облицовкой из кирпича	322
2.3.5.	Фасадные системы наружного утепления зданий с облицовкой виниловым сайдингом	326
2.4.	Системы каркасных зданий	334
2.4.1.	Фасадные системы зданий на металлическом каркасе	335
2.4.2.	Фасадные системы деревянных каркасных зданий	338
2.4.3.	Технологии возведения каркасных зданий	339
Часть 3. СИСТЕМЫ ОТДЕЛКИ И ИЗОЛЯЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ		343
3.1.	Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы	352
3.1.1.	Плитные и рулонные материалы, применяемые в системах изоляции внутри помещений	362
3.1.2.	Облицовочные материалы на основе гипсовых вяжущих	368
3.2.	Звукоизолирующие конструкции	386
3.2.1.	Звукоизолирующие стены и перегородки	388
3.2.2.	Звукоизолирующие конструкции полов	402
3.2.3.	Системы звукоизоляции потолков	411
Часть 4. СИСТЕМЫ ОГНЕЗАЩИТЫ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ		421
Библиографический список к частям 2, 3, 4		448
Часть 5. СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ		454
5.1.	Особенности возведения конструкций, контактирующих с грунтом	454
5.2.	Повышение водонепроницаемости бетона	459
5.2.1.	Первичная защита бетона	459
5.2.2.	Герметизация технологических и деформационных швов	465
5.3.	Устройство гидроизоляционных покрытий	488
5.3.1.	Общие требования к поверхности и правила подготовки поверхности основания для устройства гидроизоляционного покрытия	488
5.3.2.	Материалы, применяемые для устройства гидроизоляционных покрытий подземных частей зданий и сооружений	492
5.4.	Тепловая защита подземных и заглубленных сооружений	538
5.5.	Дренажные системы	547
5.5.1.	Виды дренажных систем	548
5.5.2.	Профилированные мембраны PLANTER, применяемые для устройства пристенного и пластового дренажа	555
5.6.	Системы гидроизоляции фундаментов	565
5.7.	Системы изоляции малозаглубленных фундаментов	580
5.7.1.	Теплоизоляционная защита малозаглубленных фундаментов	581
5.7.2.	Малозаглубленный фундамент «Утепленная шведская плита»	587
Библиографический список к части 5		592

Создание современных строительных материалов, в частности изоляционных, становится возможным, когда удается совместить вопросы теории и практики с потребностями строительного производства.

Учебные заведения высшей школы обладают необходимым научным и творческим потенциалом, а компании, производящие материалы, обладают опытом практической реализации и технологических, и строительных проектов.

Первый этап практической реализации становится возможным, когда выполняется ряд необходимых условий:

- материал должен быть востребован строительством;
- должны существовать технологии изготовления подобных ему материалов и фирмы, создающие необходимое технологическое оборудование;
- должна найтись фирма, готовая взяться за изготовление подобных материалов;
- необходим научный потенциал, направленный как на совершенствование технологий изготовления материалов, так и на создание проектных решений применения этих материалов.

Второй этап — адаптация материалов к нуждам строительства. Изоляционные материалы обладают функциональной особенностью — они предназначены к работе вместе с другими материалами. Поэтому разработка конструктивных решений становится необходимым фактором продвижения этих материалов.

В этом случае важными становятся разработка профессиональных проектных решений применения материалов, формирование подразделений технической поддержки и центров профессиональной подготовки рабочих и непрофессиональных строителей, а также создание методических рекомендаций и учебных пособий по различным аспектам применения этих материалов.

Учебное пособие «Системы изоляции строительных конструкций» является реализованным совместным проектом компании ТехноНИКОЛЬ и Московского государственного строительного университета. Авторы благодарят специалистов компании ТехноНИКОЛЬ за помощь в подготовке материалов учебного пособия.

Введение

Любая строительная конструкция, имеющая комбинированное функциональное назначение (конструктивное, несущее, теплозащитное, гидро- и звукоизоляционное и др.), представляет собой набор конструктивных элементов и строительных материалов различного функционального назначения, расположенных в строгой последовательности. Совокупность этих элементов влияет на долговечность, практичность, способ монтажа и другие эксплуатационные и технологические характеристики всей конструкции. Такое влияние носит системный характер, поэтому ряд стандартных совокупностей строительных материалов может именоваться *строительными системами*.

Реализация строительных систем направлена на создание комфортных условий путем решения следующих основных строительных задач:

- минимизации потерь тепла через утепляемый периметр здания;
- исключения проникновения влаги в строительные конструкции и в помещение;
- создания оптимального температурно-влажностного режима в помещении;
- повышения долговечности конструкций.

Направление на экономию энергетических ресурсов отражено в Федеральном законе от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «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.

Проникновение влаги в конструкцию связано с ухудшением ее теплоизолирующих свойств, что приводит к снижению надежности и ухудшению влажностного состояния помещения. Повышенная влажность конструкций увеличивает опасность биологической коррозии. Проникновению влаги в материалы препятствует такой обязательный компонент строительной системы, как паро- и гидроизоляция.

Комфортность помещения, хотя и считается субъективной характеристикой, но зависит от ряда объективных параметров. Во-первых, это температурный режим в помещении. Температура у пола, средняя и у

наружных стен является показателем комфорта (или дискомфорта) и обуславливает нерегулируемую конвекцию воздуха. Во-вторых, это влажностный режим помещения, который в том числе 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 является также обязательным элементом. Теплоизоляционные изделия обладают хорошей звукоизолирующей способностью и используются для защиты стен, перекрытий и конструкций кровли от воздушного и ударного шума. Снижение звукопроводимости в местах креплений достигается применением упругих прослоек из полимерных материалов. В-четвертых, это пожарная безопасность зданий. 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 также 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 достаточную эксплуатационную стойкость. Условия эксплуатации постепенно изменяют свойства материалов, чем агрессивнее среда, тем ниже долговечность конструкции в целом.

Например, наружные покрытия (кровельные покрытия, штукатурные слои, облицовочные элементы, гидроизоляция фундаментов) являются внешней защитой конструкции от атмосферных явлений. При нарушении их сплошности влага проникает к теплоизоляции и снижает ее эффективность. Снижение термического сопротивления теплозащитной оболочки делает промерзание несущей стены опасным. Результатом является дискомфорт в помещении, вплоть до сквозного промерзания стены, а также ее постепенного разрушения.

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.

Строительные системы развиваются инжиниринговыми службами организаций, производственные мощности которых размещаются как в России, так и за рубежом. Например, плиты и маты из стеклянного волокна выпускают изоляционные отделения Сен-Гобен, расположенные в России, Финляндии, Польше, Швеции. Предприятия компании КНАУФ выпускают полный ассортимент продукции для комплектных систем КНАУФ. Системы компаний РОКВУЛ ориентированы на использование изделий из каменной ваты, производящихся на заводах компаний, и комплектующих от поставщиков. Системы КРОЗ предполагают использование изделий из базальтового волокна и комплектующих от поставщиков. Отметим, что наибольшая эффективность достигается системами, в которых используются материалы одного производителя.

Одним из факторов, обеспечивающих эффективность и долговечность строительных систем, является качество комплектующих материалов и их соответствие нормативным требованиям. Заводы компании ТехноНИКОЛЬ производят практически весь спектр материалов — компонентов строительных систем: рулонную гидроизоляцию, мастики и праймеры, строительные и кровельные мембраны, покрытия для плоских кровель, гибкую и композитную черепицу, теплоизоляцию из каменной ваты и экструзионного пенополистирола. Строительные системы ТехноНИКОЛЬ разработаны для плоских и скатных кровель, для изоляции стен зданий, фундаментов и подвалов, покрытий, чердачных перекрытий, перегородок, ограждающих конструкций мансард и полов отапливаемых зданий различного назначения, покрытий дорожного полотна, туннелей, для изоляции тепловых агрегатов, объектов ЖКХ и энергетического строительства.

Часть 1. КРОВЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Общие сведения

Крыша — верхняя ограждающая конструкция здания, предназначенная для защиты помещений от внешних климатических факторов и воздействий. В общем случае крыша включает в себя следующие слои, так называемый «кровельный пирог»: несущие конструкции, пароизоляцию, теплоизоляцию, уклонообразующий слой, кровлю. «Кровельные пироги» могут иметь разные составы слоев и принципиально различаться между собой.

Кровля — верхний элемент крыши, предохраняющий здание от проникновения атмосферных осадков; она включает кровельное покрытие, основание под кровлю, аксессуары для обеспечения вентиляции, приемыкания, безопасного перемещения и эксплуатации, снегозадержания и др.

Комплекс послойно смонтированных на крыше материалов, обеспечивающих выполнение функций крыши в зависимости от ее назначения и конструкции, называется *кровельной системой*.

Различие между стандартными кровельными системами обусловлено такими факторами, как тип материалов, составляющих систему, вид основания, способ эксплуатации системы, назначение крыш и т.д. В данной части будут рассмотрены все эти факторы и их влияние на выбор материалов и свойства кровель.

В зависимости от уклона поверхности существует разделение крыш (кровель) на плоские и скатные. Под уклоном крыши (кровли) понимают угол между линией наибольшего ската кровли и ее проекцией на горизонтальную плоскость (рис. 1.1). Выражают уклон кровли в процентах или градусах. Для перевода одной размерности (%) уклона кровли в другую (°) используют формулу

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,01 \cdot x, \quad (1.1)$$

где α — угол наклона кровли;

x — размерность, %.

Крыши с уклоном до 12 % (7°) принято считать плоскими, а с уклоном более 12 % — скатными.

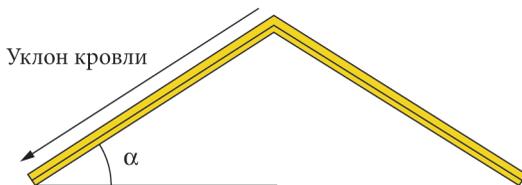


Рис. 1.1. Уклон кровли

Такое разделение накладывает свою специфику на составы, принципы работы и технологии устройств этих типов кровель. Поэтому рассматривать их необходимо по отдельности.

1.1. Материалы кровельных систем

Кровельные материалы предназначены для устройства кровельных покрытий; они подвергаются периодическому увлажнению и высушиванию, воздействию прямого солнечного излучения (особенно опасно действие УФ-лучей), нагреву, замораживанию, снеговым и ветровым нагрузкам. Для длительной работы в таких условиях кровельные материалы должны быть атмосферостойкими, светостойкими, водонепроницаемыми, стойкими к низким температурам, имеющими достаточную прочность. В тех случаях, когда крыша является видимым элементом здания (например мансардные, скатные крыши), материал должен отвечать определенным архитектурно-декоративным требованиям.

Кровельные и гидроизоляционные материалы должны быть также технологичными и экономичными.

По внешнему виду и размеру материалы для кровли делят на следующие группы:

- рулонные (битумные и битумно-полимерные материалы; полимерные мембраны, пароизоляционные и диффузионные пленки);
- штучные (черепица, гибкая черепица, природный шифер и т.п.);
- листовые (асбестоцементные листы, профилированные и плоские металлические листы, металлочерепица и др.);
- мастичные (битумные и полимерные мастики).

Это деление достаточно условное, так как штучные и листовые материалы часто различаются только размерами. В данном случае за границу между этими группами материалов принята площадь кровельного элемента 1 м^2 .

1.1.1. Рулонные битумные и битумно-полимерные материалы

Общие сведения

Первые рулонные материалы — толь, пергамин, рубероид, с основой из кровельного картона, пропитанного и покрытого битумом или дегтем, — появились еще в XIX в. Они обладали низкой долговечностью, связанной, с одной стороны, с невысокой теплостойкостью, прочностью и биостойкостью картонной основы, с другой — с быстрым «старением» битума и дегтя под воздействием солнечной радиации: из-за испарения масел и окисления битума и дегтя эти вяжущие становились хрупкими, интенсивно шли процессы растрескивания по поверхности полотна. Через образовавшиеся трещины вода беспрепятственно проникала до картонной основы, которая разлагалась под действием влаги, в результате чего через 3—5 лет материал разрушался. Кроме того, битумные материалы имеют низкую морозостойкость, охрупчиваются при отрицательных температурах и требуют укладки до 5 слоев.

Основными направлениями повышения качества рулонных материалов стали замена гниющей картонной основы на негниющую, модификация битумного вяжущего и применение новых видов посыпок.

Первые модифицированные битумные вяжущие появились в 60-х гг. XX в. В битумное вяжущее стали добавлять атактический полипропилен (АПП) — побочный продукт производства полипропилена, а сами материалы стали называться АПП-модифицированными. После разработки в 1967 г. компанией Шелл (Shell) термопластичного каучука СБС (стирол-бутадиен-стирол) появились первые СБС-модифицированные битумы. Введение в битум полимерных добавок позволило улучшить физико-механические и эксплуатационные характеристики материалов, а также значительно повысить срок службы кровли.

Классификация

Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы классифицируют по следующим признакам:

- *назначению*: кровельные (для устройства однослойного, верхнего и нижнего слоев многослойного кровельного ковра); гидроизоляцион-

ные (для устройства гидроизоляции строительных конструкций); пароизоляционные (для устройства пароизоляции строительных конструкций);

- *структуре полотна*: основные и безосновные;
- *виду основы*: картонная, стекловолоконистая, из полимерных волокон, комбинированная;
- *виду вяжущего*: битумные, битумно-полимерные;
- *виду защитного слоя*: с посыпкой (крупно-, мелкозернистой), с фольгой, с пленкой;
- *способу укладки*: наплавляемые, приклеиваемые на мастику, механически закрепляемые, свободно укладываемые (под балласт).

Состав и строение рулонных битумных и битумно-полимерных материалов

Рулонные кровельные битумные и битумно-полимерные материалы представляют собой многослойные композиции, состоящие из вяжущего вещества, основы, защитных слоев (рис. 1.2).

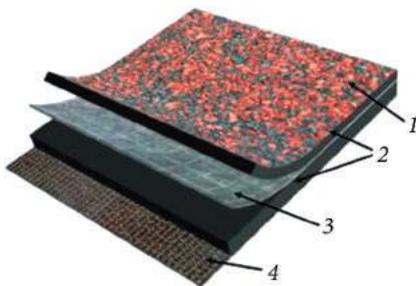


Рис. 1.2. Строение рулонного кровельного материала:
1 — посыпка; 2 — битумное (битумно-полимерное) вяжущее;
3 — основа; 4 — полимерная пленка

Битумные вяжущие

Битумами называют жидкие, полутвердые или твердые соединения сложных органических веществ, состоящих из смеси углеводородов и их соединений с кислородом, серой, азотом. Битумы могут быть природного происхождения или получены при переработке нефти, торфа, углей и сланцев.

Для производства рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов используют искусственные битумы, полученные при переработке нефти. Для получения нефтяных битумов используют четыре основных способа:

- концентрирование нефтяных остатков путем их вакуумной перегонки;
- окисление кислородом воздуха различных нефтяных остатков (мазатов, гудронов, полугудронов, асфальтов) при температуре 180—300 °С;
- крекирование — разрушение части тяжелых углеводородов, содержащихся в нефти путем нагревания до температуры 350—650 °С под давлением и в присутствии катализатора;
- компаундирование — смешивание различных нефтяных остатков с дистиллятами и с окисленными или остаточными битумами и др.

Структура битумов

По структуре битумы относят к сложным коллоидным растворам асфальтенов и части смол (дисперсная фаза) в среде из нефтяных масел (дисперсионная среда).

Масла — жидкие углеводороды светло-желтого цвета; являются самой низкомолекулярной частью битума: молекулярная масса масел колеблется в диапазоне 360—500, а плотность составляет 800—870 кг/м³. Масла включают в себя парафиновые соединения нормального и изостроения, ароматические соединения, а также гетероорганические соединения, включающие атомы серы, реже азота и кислорода.

Смолы — вязкие углеводороды красновато-бурого цвета, молекулярная масса которых находится в пределах 600—1000, а плотность составляет 990—1080 кг/м³. Смолы относятся к высокомолекулярным органическим соединениям циклической и гетероциклической структуры высокой степени конденсации, связанным между собой алифатическими цепями. В их состав входят, кроме углерода и водорода, кислород, сера, азот и другие элементы, включая металлы. Смолы являются промежуточными веществами между маслами и асфальтенами.

Асфальтены — твердые углеводороды черного или бурого цвета — продукт уплотнения смол. Молекулярная масса асфальтенов 1000—5000, плотность более 1000 кг/м³.

Обычно в битумах содержится (по массе): масел — 40—60 %, смол — 20—40 %, асфальтенов — 10—25 %.

Основные свойства битумов

Основными свойствами, определяющими качество битумов и деление их на марки, являются твердость, температура размягчения, растяжимость, температура вспышки.

- *Твердость* битума является характеристикой его структурно-механических свойств и зависит от группового состава и температуры. С увеличением содержания асфальтенов твердость битумов увеличивается. При повышении температуры твердость снижается, при понижении — резко возрастает; при отрицательных температурах битум становится хрупким.

В соответствии с ГОСТ 11501—78 [2] твердость определяется глубиной погружения иглы пенетromетра в испытуемый образец битума при заданной нагрузке, температуре и времени и выражается в десятых долях миллиметра (0,1 мм). Чем выше твердость битума, тем меньше глубина погружения иглы.

- *Температура размягчения* характеризует теплостойкость битума и степень его размягчения при нагревании. Температура размягчения определяется в соответствии с ГОСТ 11506—73 [4] на приборе «Кольцо и шар» и измеряется в градусах Цельсия (°C). Сущность метода заключается в определении температуры, при которой битум, находящийся в кольце заданных размеров в сосуде с водой, при нагревании воды размягчится и, перемещаясь под действием стального шарика, коснется нижней пластинки. От температуры размягчения зависит предельная температура применения битумов.

- *Растяжимость битума* определяется в соответствии с ГОСТ 11505—75 [3] с помощью дуктилометра. Сущность метода заключается в определении максимальной длины, на которую без разрыва может растянуться битум, залитый в специальную форму («восьмерку»), раздвигаемую с постоянной скоростью при заданной температуре; выражается в сантиметрах в момент его разрыва. Растяжимость битумов возрастает при увеличении содержания смол, а также с повышением температуры.

- *Температура вспышки* — температура, при которой газообразные продукты, выделяющиеся из битума, при нагревании образуют с воздухом смесь, вспыхивающую на короткое время при поднесении к ней пламени. Температуру вспышки определяют для установления безопасности технологического режима их расплавления.

Свойства битумов зависят от соотношения его составляющих. Повышение содержания асфальтенов и смол способствует увеличению твердости, температуры размягчения, хрупкости. В свою очередь масла придают битумам мягкость и пластичность.

Битумы обладают и другими важными свойствами: гидрофобностью, водонепроницаемостью, стойкостью к действию водных растворов многих кислот, щелочей, солей и большинства агрессивных газов, а также способностью растворяться в органических растворителях (спирте, бензине, бензоле и др.).

Марки битумов, применяемых для производства кровельных материалов

В зависимости от физико-механических свойств и назначения нефтяные битумы делятся на марки.

Битум нефтяной строительный (БН) является основой для композиционных материалов, применяемых в кровельных работах; используется в качестве составного компонента многослойных кровельных покрытий.

Физико-механические характеристики битумов нефтяных строительных, определяемых по соответствующим стандартам [2; 3; 4; 9; 10; 11; 25], представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Физико-механические характеристики битумов нефтяных строительных

Показатель	Норма для марки		
	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	41—60	21—40	5—20
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	50—60	70—80	90—105
Растяжимость при 25 °С, не менее	40	3,0	1,0
Растворимость в органических растворителях, %, не менее	99,50	99,50	99,50
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,50	0,50	0,50
Температура вспышки, °С, не ниже	230	240	240
Массовая доля воды	Следы		

Битум нефтяной кровельный (БНК) применяют для изготовления кровельных рулонных материалов. Легкоплавкие битумы (БНК-40/180, БНК-45/190) используют для пропитки основы, тугоплавкие (БНК-90/30) — для получения покровного слоя.

Физико-механические характеристики битумов нефтяных строительных [2; 4; 5; 9; 10; 11; 23] представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Физико-механические характеристики битумов нефтяных кровельных

Показатель	Норма для марки		
	БНК-40/180	БНК-45/190	БНК-90/30
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	160—210	160—220	25—35
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	37—44	40—50	80—95
Температура хрупкости, °С, не выше	—	—	-10
Растворимость, %, не менее	99,50	99,50	99,50
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,80	0,80	0,50
Температура вспышки °С, не ниже		240	
Массовая доля воды, не более	Следы		

Для нормальной эксплуатации зданий температура размягчения покровного вяжущего кровельного материала должна быть не ниже 90 °С. В противном случае материал будет сильно размягчаться летом и сползать с вертикальных поверхностей.

Для повышения температуры размягчения битумов существуют 2 основных способа:

- окисление битумов;
- модификация битумов полимерами.

Битумные вяжущие с окисленным битумом

Впервые в промышленных масштабах окисленные нефтяные битумы начали производить в 1844 г. по предложению Ж.Г. Биерлея путем барботажа воздуха (пропускания в виде мелких пузырей) через слой нефтяных остатков при температуре 204 и 316 °С. Полученный продукт был назван биерлитом. В зависимости от температуры и продолжительности

процесса получали битумы различных свойств. В России окисленный битум был впервые получен в 1914 г. в г. Грозном, а развитие производства окисленных битумов в СССР началось с 1925 г. в г. Баку [56].

Современная технология заключается в окислении нефтяных остатков кислородом воздуха без катализатора при температуре 230—300 °С. При продувке сырья воздухом увеличивается содержание асфальтенов и уменьшается содержание масел, при этом содержание смол практически не меняется. При окислении в битуме образуется жесткая структура (рис. 1.3). Увеличение доли асфальтенов в битуме повышает его теплостойкость и температуру размягчения.

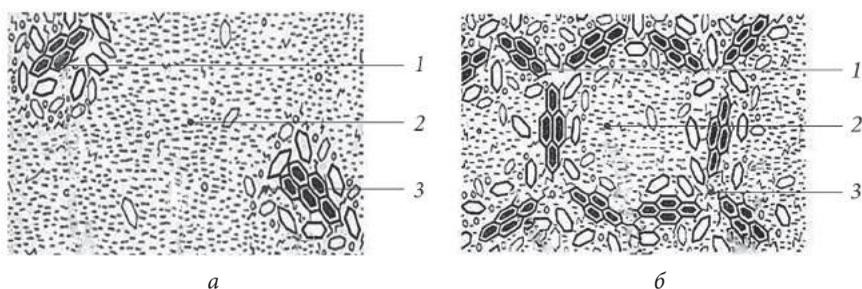


Рис. 1.3. Структура битумов: *а* — малоокисленный битум; *б* — окисленный битум; 1 — асфальтены; 2 — масла; 3 — смолы

Возможно также использовать метод доокисления слабоокисленных битумов в специальных окислительных установках. Для этого используют битум с температурой размягчения 45 и 40 °С (например БНК 45/190 или БНК 40/180). В окислительную колонну закачивают разогретый битум со специальными добавками, снизу через маточник подают разогретый воздух, который, поднимаясь вверх по окислительной колонне в виде небольших пузырьков, окисляет битум (рис. 1.4). В процессе доокисления битума темпера-

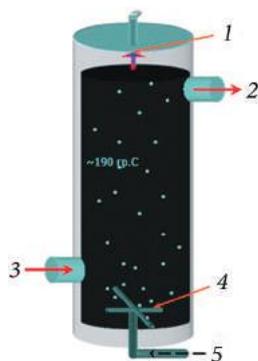


Рис. 1.4. Схема окислительной установки: 1 — удаление газообразных продуктов реакции; 2 — окисленный битум; 3 — подача битума; 4 — маточник; 5 — подача воздуха

туру размягчения доводят до 89—94 °С, сохраняя при этом пенетрацию на уровне 3,0—4,0 мм. Данная технология доокисления битума широко применяется компанией ТехноНИКОЛЬ для получения битумного вяжущего, которое используется при производстве таких кровельных материалов, как *Бикрост* и *Линокром*.

Однако образование жесткой структуры при окислении влечет за собой некоторую потерю битумом эластичности. Именно поэтому срок службы кровли, выполненной из двух слоев материала с вяжущим из окисленного битума, не превышает 10 лет.

С целью улучшения физико-механических свойств битумных материалов и повышения их долговечности битумные вяжущие модифицируют полимерами.

Битумные вяжущие, модифицированные полимерами

При модификации полимер образует в битуме непрерывную фазу, при этом битумно-полимерные смеси приобретают свойства, схожие со свойствами полимера-модификатора. Поэтому в отличие от окисленного битума модифицированный битум не имеет жесткой структуры из асфальтенов. Характеристики битумно-полимерной смеси намного превосходят свойства исходного битума. У смесей повышается теплостойкость, гибкость при отрицательных температурах, стойкость к циклическим деформациям и ударным нагрузкам. Кроме этого, полимер защищает битум от дальнейшего окисления кислородом воздуха и от воздействия солнечного излучения, поэтому срок службы битумно-полимерных материалов значительно выше срока службы материалов, произведенных из окисленного битума.

В качестве модификаторов битума наиболее распространены два типа полимеров: стирол-бутадиен-стирол (СБС) и атактический полипропилен (АПП).

СБС-модифицированные битумы получают путем введения в битумную массу стирол-бутадиен-стирол. СБС — искусственный каучук, относящийся к термоэластопластам, представляет собой полистирольные блоки, соединенные между собой полибутадиеном, выполняющим роль эластичной «пружинки». При введении в битум полимер адсорбирует ароматические соединения масел, набухая в них. СБС активно влияет на свойства битума, понижая его температуру хрупкости (до -35 °С),

повышая температуру размягчения (до +110 °С). Кроме того, СБС-модифицированные битумы отличаются высокой эластичностью (удлинение при разрыве более 600 %).

АПП-модифицированные битумы получают путем введения в битумную массу атактического и изотактического полипропилена (изомеров полипропилена). АПП довольно легко растворяется в битуме, для производства качественного материала достаточно высокоскоростного миксера. При перемешивании полимер с растворенными в нем маслами образует защитную оболочку вокруг мелких частиц битума. Чем равномернее распределен полимер в битуме, тем выше защита битума от преждевременного старения. АПП-модифицированные смеси, применяемые для производства битумно-полимерных материалов, имеют высокую температуру размягчения (до +140 °С) и относительно небольшое удлинение при разрыве (около 150 %). Температура хрупкости по Фрасасу находится в пределах от –15 до –20 °С. АПП-битумы отличаются высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, а также химической стойкостью к щелочам и кислотам, более высокой тепловой стойкостью по сравнению с СБС-модифицированными битумами.

Армирующие основы

Кровельное покрытие в течение всего срока эксплуатации подвергается воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. При изменении температуры окружающей среды происходит деформация как самого кровельного материала, так и основания, на которое он уложен. Способность противостоять таким деформациям является важнейшей характеристикой кровельного материала, зависящей от основы, применяемой при его изготовлении.

В настоящее время при изготовлении рулонных материалов применяют негниющие основы, выполненные из стеклянных (стеклохолсты, стеклоткани) и синтетических волокон (рис. 1.5).

Стеклохолст — основа, состоящая из резаных стеклянных волокон длиной 12—25 мм, скрепленных между собой связующим (рис. 1.5, а).

При производстве материала применяют дополнительное армирование стеклонитями в продольном направлении, которое препятствует разрывам основы при ее пропитке и нанесении покровных слоев битумно-полимерного вяжущего.

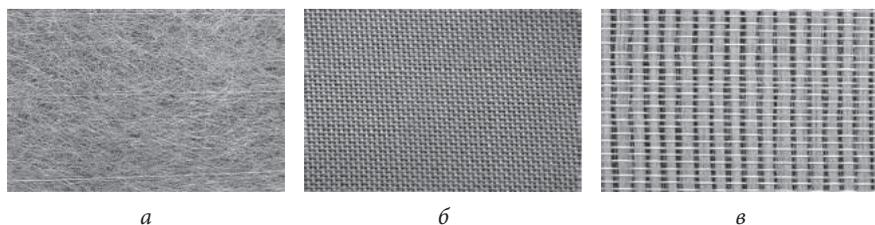


Рис. 1.5. Основы из стеклянных волокон: *а* — стеклохолст; *б* — мягкая стеклоткань; *в* — каркасная (ровинговая) стеклоткань

Удлинение при разрыве материала, произведенного на основе из стеклохолста, не превышает 2 %. Такие разрывные характеристики недостаточны для сдерживания деформаций, возникающих в основании (стяжке, бетонных плитах) под кровлю. Поэтому его используют в кровельных конструкциях с незначительными деформациями.

Мягкая (гладкая) стеклоткань состоит из переплетенных стеклянных нитей (рис. 1.5, б). Применяется в основном при производстве недорогих битумных кровельных материалов. Основа материала практически не пропитывается битумным вяжущим, что приводит к образованию слабой связи между верхним и нижним покровными слоями материала. Характерным признаком материала на мягкой стеклоткани является «плоский» рулон. Такие материалы не могут храниться и транспортироваться в вертикальном положении, так как рулоны деформируются и на их углах могут образоваться трещины. При отрицательных температурах материал достаточно легко раслаивался по основе.

Каркасная (ровинговая) стеклоткань — самая прочная из используемых основ (рис. 1.5, в). Разрывная нагрузка составляет не менее 800 Н/5 см в продольном направлении и 1300 Н/5 см — поперек рулона. Основа состоит из тонких стеклонитей, переплетенных с плоскими ровингами (жгутами, получаемыми сращиванием нескольких стеклонитей). В отличие от тонких продольных нитей ровинги хорошо пропитываются битумом. Благодаря этому в материале образуется прочная связь между нижним и верхним покровными слоями, а рулон приобретает необходимую каркасность и может транспортироваться в вертикальном положении.

Битумные и битумно-полимерные материалы с основой из каркасной стеклоткани обладают достаточной эксплуатационной надежно-

роятны значительные деформации кровельного ковра. Кроме того, полиэфир обладает стойкостью к воздействию кислот, щелочей, хлоридов и сульфатов.

Для производства битумно-полимерных материалов, предназначенных для механической фиксации к основанию и укладки на мастики, применяют полиэферы, армированные стеклонитями вдоль и поперек полотна. Это повышает механическую стойкость материала к разрыву в месте установки элемента крепления и придает материалам дополнительную жесткость при укладке (рис. 1.6, б).

Защитные посыпки

Покрытие крыш подвержено механическим воздействиям из-за суточных колебаний температуры, атмосферных осадков, ветров, солнечной радиации, а иногда и вредных выбросов промышленных предприятий, что ускоряет старение битумного кровельного материала.

Для повышения атмосферостойкости и защиты от механических повреждений лицевая сторона рулонного материала покрывается «бронирующей» крупно- или мелкозернистой посыпкой. Для предотвращения слипания поверхностей полотна в рулоне на нижнюю сторону наносят полимерную пленку.

Для получения минеральной посыпки могут быть использованы различные минералы и горные породы: базальт, сланец, асбестовая галь (или асбогаль, отход рудной массы при выработке асбеста), вермикулит, гранит и др. (рис. 1.7). Порода должна быть твердой, химически инертной, не прозрачной для ультрафиолета, а также не образующей высолов и пыли. В качестве пылевидной посыпки чаще всего применяют порошок из известняка или талька.

Посыпки выполняют и эстетические задачи — окрашенные грануляты и порошки придают кровле более привлекательный вид. Наибольшее распространение получили посыпки серого (гранит, сланец, асбогаль), песчаного (песок), черного (сланец), красного и зеленого (базальт, гранит окрашенные), золотистого и бурого (вермикулит) цветов. Окрашенная посыпка не только улучшает внешний вид кровельного материала, но и в несколько раз уменьшает поглощение покрытием солнечных лучей, ускоряющих его старение. Так, красная посыпка отражает до 15 % лучей, зеленая — до 20 %, а серебристая — до 40 % [57].

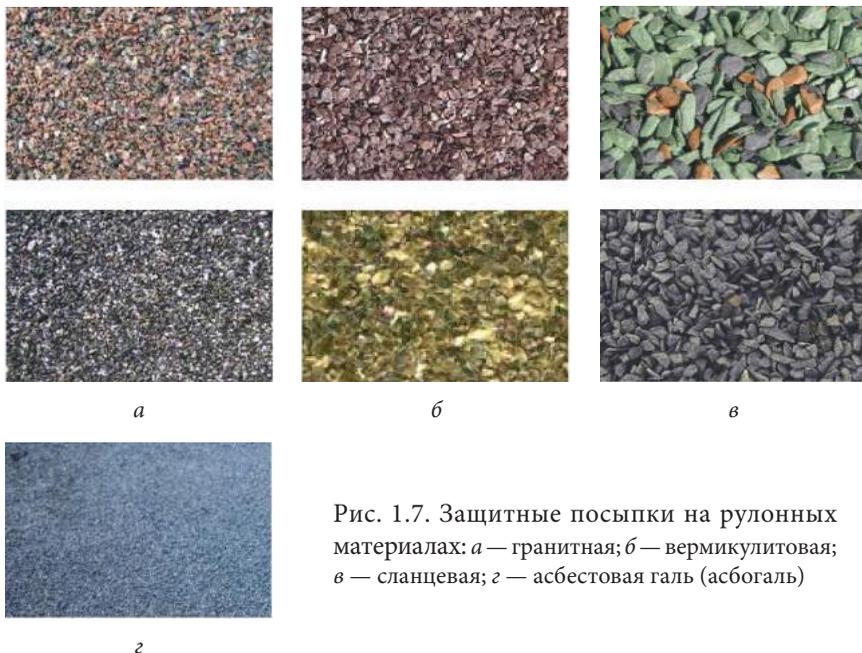


Рис. 1.7. Защитные посыпки на рулонных материалах: а — гранитная; б — вермикулитовая; в — сланцевая; г — асбестовая галь (асбогаль)

Защитные посыпки из различного сырья имеют свои физико-механические характеристики и технологические особенности. Так, например, низкая адгезия посыпки к битумному вяжущему с последующим ее осыпанием может привести к засорам систем водостока и дренажа, а также к ухудшению внешнего вида. Наибольшую адгезию имеют посыпки из базальта, сланца, асбогали.

Наибольшей светостойкостью и высокой цветоустойчивостью обладают посыпки, изготовленные из окрашенной базальтовой крошки.

Наплавляемые рулонные битумные материалы

Существенно облегчить и ускорить устройство кровельного ковра, а также создать возможность работы при относительно низких температурах позволил выпуск *наплавляемых рулонных материалов*. Такие материалы, в отличие от ненаплавляемых, имеют дополнительный слой из приклеивающей битумной мастики. Полотна приклеиваются к подготовленному основанию путем оплавления мастичного слоя газовой го-

релкой. Наплавляемые кровельные материалы изготавливаются из окисленного или модифицированного битума на стекло- и полимерных основах.

Маркировка кровельных рулонных материалов

Маркировка кровельных рулонных материалов содержит:

- наименование материала;
- марку материала: К — материал применяется для устройства верхнего слоя кровельного ковра, защищает от воздействия солнца; П — материал применяется в качестве нижних слоев в многослойном кровельном ковре и для устройства гидроизоляции строительных конструкций;
- тип основы: Э — полиэфирное полотно, Х — стеклохолст, Т — каркасная стеклоткань, С — мягкая стеклоткань;
- обозначение покрытия, нанесенного на верхнюю поверхность рулонного материала: К — крупнозернистая посыпка; М — мелкозернистая посыпка; П — полимерная пленка;
- обозначение покрытия, нанесенного на нижнюю поверхность рулонного материала: П — полимерная пленка; М — мелкозернистая посыпка; В — вентилируемый слой (полоски из битумно-полимерного вяжущего, пространство между которыми заполнено крупнофракционным песком; вся поверхность покрыта тонкой полимерной пленкой).

Пример обозначения кровельного рулонного материала:

1 2 3 4 5
Техноэласт К ЭКП

- 1 — Техноэласт — наименование материала;
- 2 — К — марка материала;
- 3 — Э — полиэфирное полотно;
- 4 — К — крупнозернистая посыпка;
- 5 — П — полимерная пленка.

В маркировке могут быть также указаны вид и цвет посыпки. Например, сланцевая посыпка серого цвета.

Основные показатели качества и методы испытаний рулонных материалов

Оценку качества рулонных кровельных материалов производят в соответствии с ГОСТ 2678—94* [14] по следующим основным показателям: гибкости на брус, водонепроницаемости, водопоглощению, теплоустойчивости, разрывной силе при растяжении, относительному удлинению при разрыве и др.

Допускается также применение стандартов, гармонизированных с требованиями европейских норм (ГОСТ Р ЕН) при использовании кровельных и гидроизоляционных рулонных битумосодержащих материалов, производимых в Российской Федерации и странах ЕС, в тех случаях, когда это технически и экономически целесообразно.

- *Стойкость к низким температурам, или гибкость на брус* — минимальная температура, при которой образец материала не трескается при загибе вокруг бруса, изготовленного из твердой древесины, пластмассы или другого материала низкой теплопроводности и имеющего с одной стороны закругление радиусом R (рис. 1.8). Радиус закругления бруса находится в пределах 5—25 мм и указывается в НД на продукцию конкретного вида.

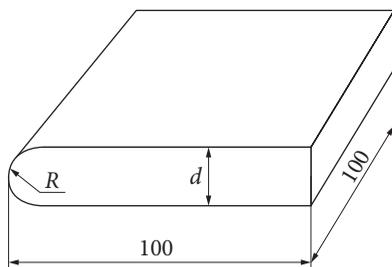


Рис. 1.8. Брус для испытания рулонных материалов на стойкость к низким температурам

Испытание проводят на трех образцах размерами 150×20 мм, вырезанных в продольном направлении. Образцы и испытательный брус помещают в морозильную камеру, холодильник или охлаждающую смесь и выдерживают при заданной температуре в течение 20 мин. По истечении заданного времени образец и испытательный груз извлекают из ис-

пытательной среды и прикладывают к ровной поверхности бруса нижней стороной таким образом, чтобы к нему прилегало около 0,25 длины образца. Свободный конец образца изгибают в течение 5 с вокруг закругленной части бруса до достижения другой ровной поверхности (образец принимает U-образную форму). Производят контроль внешнего вида образца. Время с момента извлечения образца из испытательной среды и до конца испытания не должно превышать 15 с.

Образец считают выдержавшим испытание, если на его лицевой стороне не появятся трещины (разрывы слоя вяжущего) и отслаивание вяжущего или посыпки.

Определение гибкости при пониженных температурах в соответствии с ГОСТ Р ЕН 1109—2009 [33] заключается в следующем.

Для проведения испытаний готовят две серии по пять образцов для испытания лицевой и нижней сторон образца. Образцы размером 140×50 мм вырезают таким образом, чтобы больший размер был расположен в продольном направлении полотна материала.

Испытание проводят с использованием изгибающего приспособления, состоящего из двух фиксированных цилиндров диаметром 20 мм и расположенного между ними вертикально перемещающегося цилиндрического стержня диаметром 30 мм для изгибания образца (рис. 1.9, а). Допускается вместо стержня использовать полуцилиндрический брус с закруглением радиусом 15 мм. Расстояние a между цилиндрами может регулироваться, что позволяет изменять зазор между цилиндрами и изгибающим стержнем в зависимости от толщины испытуемого образца. Изгибающее приспособление помещено в ванну с охлаждающей жидкостью, температура которой может регулироваться в диапазоне от +20 °С до -40 °С.

Образцы устанавливают в устройство с охлаждающей жидкостью между цилиндрами и изгибающим стержнем испытуемой стороной вверх при заданной температуре, указанной в нормативных или технических документах на материалы конкретных видов (см. рис. 1.9, а). Затем изгибающий стержень приводят в движение вертикально вверх по отношению к испытуемому образцу со скоростью 360 мм/мин, при этом образец изгибается по полуокружности стержня. Движение стержня заканчивают на расстоянии 30 мм от верхней поверхности цилиндров (рис. 1.9, б).

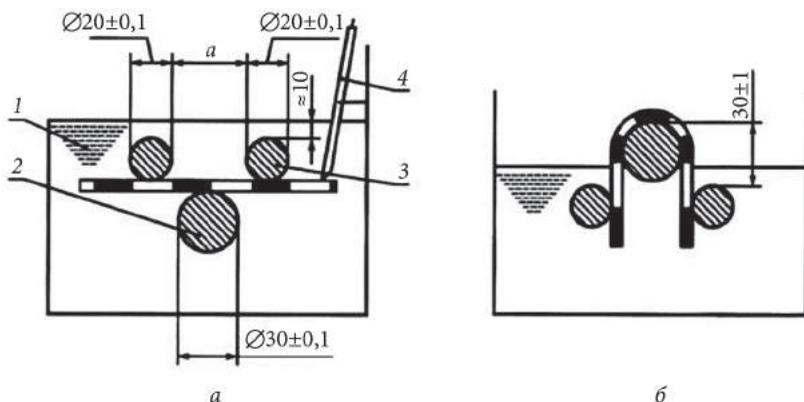


Рис. 1.9. Конструкция и принцип действия изгибающего приспособления:
 а — подготовка и начало испытания; б — конец испытания; 1 — охлаждающая жидкость; 2 — изгибающий стержень; 3 — фиксированный цилиндр; 4 — термодатчик

Контролируемая поверхность образца должна находиться над уровнем охлаждающей жидкости; если этого не происходит, то уровень жидкости необходимо снизить. Наличие трещин устанавливают осмотром образца невооруженным глазом. Время после завершения движения изгибающего стержня и до конца осмотра не должно превышать 10 с. Наличием трещин считается один или более разрывов в покровном слое образца материала до основы (для основных материалов) или разрыв образца материала по всей его толщине (для бесосновных материалов). Материал считают выдержавшим испытание на гибкость при заданной температуре, если не менее четырех из пяти испытанных образцов не образовали трещин на испытываемой стороне образца. Результаты испытаний оценивают отдельно для каждой из сторон полотна материала.

- **Водонепроницаемость** — сопротивление материала прониканию воды при заданном давлении.

Согласно ГОСТ 2678—94* [14] водонепроницаемость кровельного материала оценивают отсутствием пропускания воды через образец за определенное время под давлением не менее 0,001 МПа (10 см вод. ст.), а для гидроизоляционных — при давлении до 0,3 МПа (30 м вод. ст.).

Испытание проводят на трех образцах размерами 150×150 мм.

Для определения водонепроницаемости *кровельных материалов* на подставку помещают стеклянную пластинку, сверху — фильтровальную

бумагу на всю поверхность пластинки, затем укладывают образец лицевой стороной вверх. В центр образца устанавливают стальную трубу диаметром 100—110 мм, толщиной 1,5—2,5 мм, длиной не более 120 мм. Для создания давления 0,001 МПа (10 см вод. ст.) в трубу наливают воду высотой 100 мм, количество которой поддерживают на постоянном уровне в течение времени, установленного в нормативной документации (НД) на конкретный материал. Через каждые 24 ч проверяют наличие мокрого пятна на фильтровальной бумаге. При появлении признаков воды испытание прекращают.

Образец считается выдержавшим испытание, если в течение 72 ч он оставался водонепроницаемым (для конкретных видов материалов в НД может быть указано иное время испытания, но не менее 72 ч).

Для определения водонепроницаемости *гидроизоляционных материалов* образец материала с расположенной над ним сеткой толщиной 3—4 мм с отверстиями диаметром не более 5 мм подвергают воздействию воды при давлении, заданном в НД на продукцию конкретного вида в течение заданного времени, после чего оценивают водонепроницаемость образца. Образец считают выдержавшим испытание, если в течение 2 ч при заданном давлении на его поверхности не появится вода (для конкретных видов материалов в НД может быть указано иное время испытания, но не менее 2 ч).

В соответствии с ГОСТ Р ЕН 1928—2009 [35] в зависимости от вида испытываемого материала используют два метода испытания.

Метод А используют для материалов, предназначенных для эксплуатации в условиях низких давлений воды, например, для устройства верхних и нижних слоев кровельного ковра или пароизоляционного слоя. Испытание проводят на круглых образцах диаметром 200 мм. Образец испытывают при давлении не более 60 кПа (0,06 МПа) в течение 24 ч. По данному методу определяют способность материала обеспечить отсутствие изменения цвета фильтровальной бумаги, находящейся над испытываемым образцом, в течение всего времени испытания при заданном давлении. Образец считается выдержавшим испытание, если на верхнем листе фильтровальной бумаги не наблюдается изменения цвета.

Метод В используют для материалов, предназначенных для эксплуатации в условиях высоких давлений воды, например, для устройства кровель специального назначения, гидроизоляции тоннелей и резерву-

аров. Испытание проводят на круглых образцах диаметром, равным внешнему диаметру диска с прорезями (≈ 130 мм). По данному методу определяют снижение заданного давления не более чем на 5 % от начального значения и отсутствие следов проникания воды. Материал считается водонепроницаемым, если все испытуемые образцы после испытания остались водонепроницаемыми.

- *Водопоглощение* определяют выдерживанием в воде трех образцов материала размерами 100×100 мм [14]. Перед испытанием посыпки и пленку с образцов счищают хлопчатобумажной тканью или щеткой.

Подготовленный образец взвешивают (m_1), а затем погружают на 60 с в сосуд с водой, после чего его извлекают из воды, вытирают хлопчатобумажной тканью или фильтровальной бумагой в течение 30—60 с и взвешивают (m_2). Затем образец снова помещают в воду таким образом, чтобы слой воды над ним был не менее 50 мм, и выдерживают в течение времени, указанного в НД на продукцию конкретного вида. После этого образец извлекают из воды, осушают и взвешивают (m_3). Время с момента извлечения образца из воды до взвешивания не должно превышать 60 с.

Водопоглощение (W) в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_3 - m_2}{m_1} 100 \%, \quad (1.2)$$

где m_1 — масса сухого образца, г;

m_2 — масса образца после одномоментной выдержки в воде, г;

m_3 — масса образца после заданной выдержки в воде, г.

- *Теплостойкость* — устойчивость к действию повышенных температур.

Теплостойкость определяют испытанием в сушильном шкафу трех образцов материала размерами 100×50 мм, вырезанных в продольном направлении [14]. Сушильный шкаф нагревают до температуры, указанной в НД на продукцию конкретного вида. Образцы материала подвешивают в вертикальном положении на расстоянии не менее 50 мм от стенок шкафа и выдерживают в сушильном шкафу при заданной температуре в течение времени, установленного в НД на данный материал. Затем образцы извлекают из шкафа, охлаждают и осматривают. Образец считают выдержавшим испытание на теплостойкость, если на его по-

верхности отсутствуют вздутия и следы перемещения покровного состава или вяжущего и сползание посыпки.

В соответствии с ГОСТ Р ЕН 1110—2008 [34] образцы материала размерами 115×100 мм выдерживают в сушильном шкафу в вертикальном положении при заданной температуре в течение 120 мин. Измеряют смещение покровных слоев относительно основы на лицевой и нижней сторонах образца. Образец считают выдержавшим испытание на теплоустойчивость, если смещение покровных слоев образца материала не превышает 2 мм.

- *Разрывную силу при растяжении и относительное удлинение при разрыве* определяют испытанием 10 образцов-полосок шириной 50 мм и длиной не менее 200 мм: 5 образцов вырубает в продольном направлении и 5 — в поперечном. Перед проведением испытаний защитный слой удаляют. Образцы перед испытанием выдерживают не менее 20 ч при температуре $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50\pm 20)\%$ [20].

Образец помещают в зажимы разрывной машины так, чтобы продольные оси зажимов и продольная ось образца совпали между собой и с направлением движения подвижного зажима. Расстояние между зажимами составляет 200 мм. Наибольшая предельная нагрузка разрывной машины должна составлять не менее 2000 Н.

Перед проведением испытания к образцу прикладывают предварительную нагрузку не более 5 Н, чтобы проверить правильность установки образца. Испытания проводят при температуре $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ и постоянной скорости перемещения подвижного зажима (100 ± 10) мм/мин. Регистрируют силу растяжения и соответствующее ей увеличение расстояния между зажимами в процессе испытания.

За величину разрывной силы принимают максимальное показание шкалы силоизмерителя в момент разрыва или максимального значения силы.

Относительное удлинение при разрыве (ε), %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = (l_2 - l) / l \cdot 100 \%, \quad (1.3)$$

где l — длина рабочего участка образца до испытания, мм;

l_2 — длина рабочего участка образца в момент разрыва или максимального значения силы, мм.

Физико-механические характеристики рулонных кровельных битумных и битумно-полимерных материалов и области применения

Битумные материалы на стекловолокнистой и полиэфирной основе

• *Линокром, Бикрост* — кровельные наплавляемые материалы, получаемые путем двустороннего нанесения на стекловолокнистую (стеклохолст, стеклоткань) или полиэфирную основу битумного вяжущего, состоящего из битума и наполнителя, с последующим нанесением на обе стороны полотна защитных слоев.

Линокром К, Бикрост К, Бикроэласт К с обозначением ЭКП, ТКП, ХКП применяются для устройства верхнего слоя кровельного ковра. Крупнозернистая посыпка с лицевой стороны защищает материал от воздействия солнечных лучей.

Линокром П, Бикрост П, Бикроэласт П с обозначением ЭПП, ТПП, ХПП применяются при устройстве нижнего слоя кровельного ковра. В качестве защитного слоя материала могут использоваться мелкозернистая посыпка или полимерная пленка.

Физико-механические характеристики материалов *Линокром, Бикрост, Бикроэласт* представлены в табл. 1.3, 1.4.

Таблица 1.3

Физико-механические характеристики материалов *Линокром, Бикрост*

Показатель	Значение показателя											
	Марки											
	Линокром К	Бикрост К	Линокром К	Бикрост К	Линокром К	Бикрост К	Линокром П	Бикрост П	Линокром П	Бикрост П	Линокром П	Бикрост П
	ЭКП		ТКП		ХКП		ЭПП		ТПП		ХПП	
Масса, кг/м ² , не менее	4,6	4,0	4,6	4,0	4,0	3,0	3,6	3,0	3,6	3,0	3,6	3,0
Потеря посыпки, г/образец, не более	1						—					

Таблица 1.3 (окончание)

Показатель	Значение показателя											
	Марки											
	Линокрот К	Бикрост К	Линокрот К	Бикрост К	Линокрот К	Бикрост К	Линокрот П	Бикрост П	Линокрот П	Бикрост П	Линокрот П	Бикрост П
	ЭКП		ТКП		ХКП		ЭПП		ТПП		ХПП	
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	350/—		800/800	600/600	300/—		350/—		800/800	600/600	300/—	
Масса вяжущего с наплавленной стороны, кг/м ²	1,5						1,5					
Гибкость на бруске R = 25 мм, °С, не выше	0						0					
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	-15						-15					
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1						1					
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,2 МПа в течение 2 ч	—						Абсолютная					
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная						—					
Теплостойкость в течение 2 ч, °С, не менее	+80						+80					
Ширина полотна, мм	1000						1000					
Тип покрытия: верхняя сторона / нижняя сторона	Гранулят, сланец/пленка						Пленка/пленка					

Таблица 1.4

Физико-механические характеристики материала *Бикроэласт*

Показатель	Значение показателя					
	Марки					
	<i>Бикроэласт К</i>			<i>Бикроэласт П</i>		
	<i>ЭКП</i>	<i>ТКП</i>	<i>ХКП</i>	<i>ЭПП</i>	<i>ТКП</i>	<i>ХПП</i>
Масса, кг/м ² , не менее	4,0			2,5		
Потеря посыпки, г/образец, не более	1			—		
Разрывная сила при растяжении в продольном и поперечном направлениях, Н, не менее	350/ —	700/ 700	300/ —	350/ —	700/ 700	300/ —
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ²	1,5					
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1					
Гибкость на брусе R = 25 мм, °С, не выше	-10					
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная			—		
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 24 ч	—			Абсолютная		
Теплостойкость, °С, не менее	+85					
Ширина полотна, мм	1000					
Тип покрытия: верхняя сторона/ нижняя сторона	Сланец/пленка			Пленка/пленка		

**Битумно-полимерные материалы
на стекловолоконистой и полиэфирной основе**

- *Техноэласт, Унифлекс, Биполь* — наплавляемые кровельные и гидроизоляционные материалы, получаемые путем двустороннего нанесения на стекло- или полиэфирную основу битумно-полимерного вяжущего, состоящего из битума, СБС-модификатора и наполнителя. В качестве защитного слоя используют крупно- и мелкозернистую посыпки, полимерные пленки.

Техноэласт, Унифлекс предназначены для устройства кровельного ковра зданий и сооружений и гидроизоляции строительных конструкций. Физико-механические характеристики материалов представлены в табл. 1.5, 1.6.

Таблица 1.5

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт*

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	<i>Техноэласт К</i>		<i>Техноэласт П</i>	
	<i>ЭКП</i>	<i>ТКП</i>	<i>ЭПП</i>	<i>ХПП</i>
Масса, кг/м ² , не менее	5,2	5,2	4,95	3,9
Толщина, мм	4,2	4,2	4,0	3,0
Потеря посыпки, г/образец, не более	1		—	
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/400	800/900	600/400	300/—
Масса вяжущего с наплавленной стороны, кг/м ²	2			
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1			
Гибкость на брус $R = 25$ мм и $R = 10$ мм, °С, не выше	-25			
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	-35			
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная		—	
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 24 ч	—		Абсолютная	
Теплостойкость, °С, не менее	+100			
Ширина полотна, мм	1000			
Тип покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Сланец/пленка		Пленка/пленка	

Таблица 1.6

Физико-механические характеристики материала Унифлекс

Показатель	Значение показателя					
	Марки					
	Унифлекс К			Унифлекс П		
	ЭКП	ТКП	ХКП	ЭПП	ТКП	ХПП
Масса, кг/м ² , не менее	4,9	5,0	5,0	3,8	3,8	3,8
Толщина, мм	3,8			2,8		
Потеря посыпки, г/образец, не более	1			—		
Разрывная сила при растяжении в продольном и поперечном направлениях, Н, не менее	500/ 350	800/ 900	300/ —	500/ 350	800/ 900	300/ —
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ²	2					
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1					
Гибкость на брус $R = 25$ мм, °С, не выше	-20					
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная			—		
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 24 ч	—			Абсолютная		
Теплостойкость, °С, не менее	+95					
Ширина полотна, мм	1000					
Тип покрытия: верхняя сторона/ нижняя сторона	Сланец/пленка			Пленка/пленка		

Биполь предназначен для устройства кровельного ковра зданий и сооружений, а также может быть использован в качестве пароизоляционного слоя по железобетонным несущим покрытиям крыш. Физико-механические характеристики материала Биполь представлены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Физико-механические характеристики материала *Биполь*

Показатель	Значение показателя					
	Марки					
	<i>Биполь К</i>			<i>Биполь П</i>		
	<i>ЭКП</i>	<i>ТКП</i>	<i>ХКП</i>	<i>ЭПП</i>	<i>ТКП</i>	<i>ХПП</i>
Масса, кг/м ² , не менее	4,0			3,8		
Потеря посыпки, г/образец, не более	1			—		
Разрывная сила при растяжении в продольном и поперечном направлениях, Н, не менее	350/—	700/700	300/—	350/—	700/700	300/—
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ²	1,5					
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1					
Гибкость на брус $R = 25$ мм, °С, не выше	-15					
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная			—		
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 24 ч	—			Абсолютная		
Теплостойкость, °С, не менее	+85					
Ширина полотна, мм	1000					
Тип покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Сланец/пленка			Пленка/пленка		

• *Техноэласт С* — самоклеящийся битумно-полимерный материал, разновидность материала *Техноэласт*. Нижняя сторона полотна имеет клеящий битумно-полимерный слой. В качестве защитного слоя сверху используют крупно- или мелкозернистую посыпку, в качестве нижнего слоя — антиадгезионную полимерную пленку.

Техноэласт С выпускается двух марок: *Техноэласт С ЭМС* и *Техноэласт С ЭКС*. *Техноэласт С ЭМС* с мелкозернистой посыпкой с лицевой стороны применяется для устройства нижнего слоя в двухслойной

кровле. *Техноэласт С ЭКС* с крупнозернистой посыпкой с лицевой стороны применяется для однослойного кровельного покрытия во временных зданиях и сооружениях.

В качестве материала верхнего слоя можно использовать *Техноэласт ЭКП*, наплавляемый пропановой горелкой. В этом случае при наплавлении материала верхнего слоя происходит прогрев *Техноэласта С ЭМС* и активирование самоклеящейся поверхности. Такой способ укладки позволяет получить качественное приклеивание самоклеящегося материала к основанию даже при отрицательных температурах воздуха.

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт С* представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт С*

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	<i>Техноэласт С ЭКС</i>	<i>Техноэласт С ЭМС</i>
Масса, кг/м ² , не менее	5,0	3,4
Потеря посыпки, г/образец, не более	1	—
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/400	500/300
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	
Гибкость на брус $R = 25$ мм и $R = 10$ мм, °С, не выше	-25	
Теплостойкость, °С, не менее	+100	
Водонепроницаемость при давлении 0,01 МПа	Абсолютная	—
Водонепроницаемость при давлении 0,06 МПа	—	Абсолютная
Прочность сцепления с бетоном и металлом, МПа, не менее	0,2	
Ширина полотна, мм	1000	
Тип покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Сланец/антиадгезионная пленка	Песок/антиадгезионная пленка

- *Техноэласт ВЕНТ*, *Унифлекс ВЕНТ* — разновидности материалов *Техноэласт* и *Унифлекс*. Нижняя поверхность полотна — вентилируемая — имеет полосы из битумно-полимерного вяжущего, пространство между которыми заполнено мелкофракционным песком, а вся поверхность материала покрыта тонкой полимерной пленкой. Благодаря такому покрытию при наплавлении остаются каналы, позволяющие кровле «дышать», гарантируя отсутствие воздушных пузырей.



Рис. 1.10. Рулонный битумно-полимерный материал *Техноэласт ВЕНТ*

Техноэласт ВЕНТ (рис. 1.10) и *Унифлекс ВЕНТ* применяются для устройства «дышащих» кровель, при капитальном ремонте, а также при наплавлении по увлажненным стяжкам, что исключает образование пузырей за счет частичной приклейки материала к поверхности основания. *Техноэласт ВЕНТ ЭКВ* и *Унифлекс ВЕНТ ЭКВ* наплавляются в один слой и применяются при ремонте кровли. *Унифлекс ВЕНТ ЭПВ* применяется для

устройства нижних слоев двухслойного кровельного ковра; в качестве верхнего слоя — *Техноэласт ЭКП* или *Унифлекс ЭКП*.

Физико-механические характеристики *Техноэласта ВЕНТ* и *Унифлекса ВЕНТ* представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

**Физико-механические характеристики материалов
Техноэласт ВЕНТ и *Унифлекс ВЕНТ***

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	<i>Техноэласт ВЕНТ ЭКВ</i>	<i>Унифлекс ВЕНТ ЭКВ</i>	<i>Унифлекс ВЕНТ ЭПВ</i>
Масса, кг/м ² , не менее	6	5,5	4,3
Потеря посыпки, г/образец, не более	1	1	—
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/400	500/350	

Таблица 1.9 (окончание)

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	<i>Техноэласт</i> <i>ВЕНТ ЭКВ</i>	<i>Унифлекс</i> <i>ВЕНТ ЭКВ</i>	<i>Унифлекс</i> <i>ВЕНТ ЭПВ</i>
Масса вяжущего с наплавленной стороны, кг/м ²	2		
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1		
Температура гибкости на брусе R = 25 мм, °С, не выше	-25	-20	
Теплостойкость, °С, не менее	+100	+95	
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная		
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 2 ч	—		Абсолютная
Ширина полотна, мм	1000		
Тип покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Сланец/ вентилируемое покрытие	Сланец/ вентилируемое покрытие	Пленка/ вентилируемое покрытие

• *Техноэласт ФИКС* — СБС-модифицированный битумный материал на кроссармированной полиэфирной основе. В качестве верхнего защитного покрытия используется полимерная пленка, в качестве нижнего — крупнофракционная песчаная посыпка. Применяется для устройства нижнего слоя кровли. Материал механически фиксируется в несущее основание, что позволяет устанавливать кровлю сразу по теплоизоляционному слою. Применение *Техноэласт ФИКС* с механическим креплением позволяет получить кровельный ковер, способный выдерживать ветровое воздействие, а также может быть использован при устройстве дышащей кровли. В качестве верхнего слоя кровли применяется *Техноэласт ЭКП*, который наплавляется по нижнему слою кровельного покрытия *Техноэласт ФИКС*. Сплавление швов материалов производится при помощи пропановой горелки.

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт ФИКС* представлены в табл. 1.10.

**Физико-механические характеристики материалов
Техноэласт ФИКС, Техноэласт ТИТАН**

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	Техноэласт ФИКС ЭПМ	Техноэласт ТИТАН ТОР ЭКП	Техноэласт ТИТАН BASE ЭМП	Техноэласт ТИТАН СОЛО ЭКМ
Масса, кг/м ² , не менее	4	5,5	4,5	5,8
Потеря посыпки, г/образец, не более	—	1	—	1
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/600	600/400		1000/800
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ²		2		
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более		1		
Гибкость на брусе R = 25 мм, °С, не выше	-25		-35	
Теплостойкость, °С, не менее	+100		+140	
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч		Абсолютная		Абсолютная
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 2 ч	Абсолютная		Абсолютная	
Ширина полотна, мм	1000			
Тип покрытия: верхняя сторона /нижняя сторона	Пленка/ крупнофрак- ционный песок	Базальт/ пленка	Пленка/ пленка	Базальт/ пленка, песок

- *Техноэласт ТИТАН* — рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на полиэфирное нетканое полотно битумно-полимерного вяжущего, состоящего из битума, АПП (атактический полипропилен), ИПП (изотактический полипропилен) полимерного модификатора и минерального наполнителя (тальк, доломит и др.), с последующим нанесением на обе стороны полотна защитных слоев. В качестве защитных слоев используют крупнозернистую (базальтовую), мелкозернистую (песчаную) посыпки и полимерные покрытия. Базальтовая посыпка обладает широкой цветовой гаммой.

В зависимости от структуры основы, вида защитных слоев и области применения *Техноэласт ТИТАН* выпускают следующих марок:

Техноэласт ТИТАН TOP с крупнозернистой посыпкой с верхней стороны и полимерным покрытием с нижней стороны полотна; применяется для устройства верхнего слоя многослойного кровельного ковра;

Техноэласт ТИТАН BASE с полимерным покрытием с верхней и нижней сторон полотна; применяется для устройства нижних слоев многослойного кровельного ковра и гидроизоляции строительных конструкций;

Техноэласт ТИТАН СОЛО с крупнозернистой посыпкой с верхней стороны полотна и полимерным покрытием или мелкозернистой посыпкой с нижней стороны полотна; применяется для устройства однослойного кровельного ковра и гидроизоляции строительных конструкций.

Материал *Техноэласт ТИТАН* возможно применять на кровлях с большим уклоном.

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт ТИТАН* представлены в табл. 1.10.

- *Техноэласт ТЕРМО* — АПП-модифицированный битумно-полимерный наплавляемый кровельный материал. Предназначен для устройства кровельного ковра зданий и сооружений с повышенными требованиями по теплостойкости. В зависимости от вида защитных слоев и области применения *Техноэласт ТЕРМО* выпускают следующих марок:

Техноэласт ТЕРМО К с крупнозернистой посыпкой с лицевой стороны и полимерной пленкой с наплавляемой стороны полотна; применяется для устройства верхнего слоя кровельного ковра;

Техноэласт ТЕРМО П с полимерной пленкой с обеих сторон полотна; применяется для устройства нижних слоев кровельного ковра и гидроизоляции строительных конструкций.

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт ТЕРМО* представлены в табл. 1.11.

- *Техноэласт Пламя СТОП* — СБС-модифицированный битумно-полимерный наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал на стекловолоконистой или полиэфирной основе, содержащий в составе вяжущего добавки-антипирены.

Техноэласт Пламя СТОП обладает повышенными пожарно-техническими характеристиками по СНиП 21.01—97 [38]: группой распространения пламени РП1 (нераспространяющий пламя) и группой воспламеняемости В2 (умеренно воспламеняемый). Предназначен для устройства верхнего слоя кровель с повышенными требованиями к пожарной безопасности. Физико-механические характеристики материала *Техноэласт Пламя СТОП* представлены в табл. 1.11.

- *Техноэласт ГРИН* — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на полиэфирную основу битумно-полимерного вяжущего, состоящего из битума, СБС-модификатора, наполнителя и антикорневых добавок, с последующим нанесением на обе стороны полотна защитных слоев. *Техноэласт ГРИН* обладает стойкостью к повреждению корнями растений, а также химической и механической защитой от прорастания. Предназначен для устройства гидроизоляции строительных конструкций и сооружений, в том числе всех типов озелененных кровель, где возможен контакт гидроизоляционного слоя с корневыми системами растений.

В зависимости от вида защитных слоев и области применения *Техноэласт ГРИН* выпускают двух марок.

Техноэласт ГРИН ЭКП с крупнозернистой посыпкой с верхней стороны полотна и полимерным покрытием с нижней стороны полотна; применяется для устройства верхнего слоя кровельного ковра.

Техноэласт ГРИН ЭПП с полимерным покрытием с верхней и нижней сторон полотна; применяется для устройства гидроизоляции строительных конструкций и сооружений.

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт ГРИН* представлены в табл. 1.12.

Таблица 1.11

Физико-механические характеристики материалов Термоэласти ТЕРМО, Термоэласти Пламя СТОП

Показатель	Значение показателя					
	Марки					
	Термоэласти ТЕРМО К		Термоэласти ТЕРМО П		Термоэласти ПЛАМЯ СТОП	
	ЭКП	ТКП	ЭПП	ХПП	ЭКП	ЭКП
Масса, кг/м ² , не менее	5,5	5,5	4,5	3,7		5,2
Потеря посыпки, г/образец, не более	1	1	—	—		1
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	500/350	800/900	500/350	800/900		600/400
Масса вязжущего с наплавленной стороны, кг/м ²			2			2
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более			1			1
Гибкость на брусе R = 25 мм, °С, не менее			-15			-25
Теплостойкость, °С, не менее			+130			+100
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч		Абсолютная		—		Абсолютная
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 2 ч		—		Абсолютная		
Ширина полотна, мм			1000			1000
Тип покрытия: верхняя сторона /нижняя сторона	Сланец/ пленка	Сланец/ пленка	Пленка/ пленка	Пленка/ пленка	Пленка/ пленка	Сланец/пленка

Таблица 1.12

Физико-механические характеристики материала *Техноэласт ГРИН*

Показатель	Значение показателя	
	<i>Техноэласт ГРИН К ЭКП</i>	<i>Техноэласт ГРИН П ЭПП</i>
Масса, кг/м ² , не менее	5,2	5,0
Потеря посыпки, г/образец, не более	1	—
Разрывная сила при растяжении в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/400	
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ²	2	
Гибкость на брус $R = 25$ мм, °С, не выше	-25	
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение 72 ч	Абсолютная	
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 2 ч		Абсолютная
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	
Теплостойкость, °С, не менее	+100	
Ширина полотна, мм	1000	
Тип покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Сланец/пленка	Пленка/пленка

• *ПАРОБАРЬЕР С* — СБС-модифицированный битумно-полимерный самоклеящийся пароизоляционный материал, армированный стеклосеткой. Разрывные характеристики материала позволяют выдерживать вес человека, стоящего между гофрами профлиста на пароизоляции, при этом материал не рвется и не растягивается, как полиэтиленовые пароизоляционные материалы. *ПАРОБАРЬЕР С* применяется для устройства пароизоляции в конструкциях крыш с несущим основанием из оцинкованного профилированного листа (рис. 1.11).

Существуют две модификации материала *ПАРОБАРЬЕР С*:

ПАРОБАРЬЕР СА 500 с алюминизированной пленкой с лицевой стороны; применяется в зданиях с сухим и нормальным влажностными режимами внутренних помещений.

ПАРОБАРЬЕР СФ 1000 с алюминиевой фольгой с лицевой стороны; является полностью паронепроницаемым и применяется в зданиях всех влажностных режимов внутренних помещений, включая влажный и мокрый (бани, бассейны и т.д.).



Рис. 1.11. Рулонный битумно-полимерный самоклеящийся материал *ПАРОБАРЬЕР С*

Физико-механические характеристики материалов *ПАРОБАРЬЕР С* представлены в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Физико-механические характеристики материалов *ПАРОБАРЬЕР С*

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	<i>ПАРОБАРЬЕР СА 500</i>	<i>ПАРОБАРЬЕР СФ 1000</i>
Масса 1 м ² , кг	0,5	1,0
Толщина, мм	0,5	1,0
Максимальная сила растяжения в продольном/поперечном направлениях, Н	700/600	
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	
Гибкость на брусе R = 25 мм, °С, не выше	-25	
Плотность потока водяного пара через образец, кг/(м ² ·с)	0,394·10 ⁻⁸	0
Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	0,0000055	0
Теплостойкость, °С, не менее	+90	
Прочность сцепления с бетоном и металлом, МПа, не менее	0,2	
Размеры полотна, м: ширина×длина	1,08×50	1×30

Биполь П ЭПП, Техноэласт АЛЬФА — битумно-полимерные материалы, которые можно применять в качестве пароизоляционного слоя в плоских кровлях по железобетонным перекрытиям. Физико-механические характеристики материалов *Биполь П ЭПП* и *Техноэласт АЛЬФА* представлены в табл. 1.14.

Таблица 1.14

**Физико-механические характеристики материалов
Биполь П ЭПП, Техноэласт АЛЬФА**

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	Биполь П ЭПП	Техноэласт АЛЬФА
Масса 1 м ² , кг	3,8	5,0
Максимальная сила растяжения в продольном/поперечном направлениях, Н	350/—	600/400
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	1
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 24 ч	Абсолютная	
Гибкость на брус $R = 25$ мм, °С, не выше	-15	-20
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,000061	0,000028
Сопrotивление паропроницанию образцов, (м ² ·ч·Па)/мг	36,1	142,9
Теплостойкость, °С, не менее	+85	+100
Размеры полотна, м: ширина×длина	1×15	1×10

Подкладочные материалы

Подкладочные материалы представляют собой рулонные битумно-полимерные материалы на стекловолоконистой или полиэфирной основах с различными вариантами крепления (самоклеящиеся, механически закрепляемые). Применяются в конструкциях скатных крыш под гибкую черепицу, металлочерепицу, битумные волнистые листы или натуральную черепицу.

- *ANDEREP BARRIER* — самоклеящийся подкладочный гидроизоляционный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на полиэфирную основу битумно-полимерного самоклеящегося вяжущего, состоящего из битума, модификатора и специальных адгезионных добавок. Сверху материал защищен мелкозернистым песком, снизу — силиконизированной антиадгезионной пленкой. Применяется в качестве подкладочного гидроизоляционного ковра под гибкую черепицу, а так-

же под покрытия из плиток (керамических, цементно-волоконных, хризотилцементных, натурального сланца) (рис. 1.12, а).

- *ANDEREP ULTRA* — самоклеящийся подкладочный материал с высокопрочной полиэфирной основой и мелкозернистой посыпкой верхнего слоя.

- *ANDEREP GL* — подкладочный гидроизоляционный материал, получаемый пропиткой основы из стеклохолста битумно-полимерной смесью, которая обладает свойством самоуплотнения. Данное свойство смеси обеспечивает герметичность в местах крепления гвоздями. Материал защищен с обеих сторон слоем мелкозернистого песка (рис. 1.12, б).

- *ANDEREP ULTRA* и *ANDEREP GL* применяются в коттеджном и малоэтажном строительстве как при реконструкции, так и на вновь возводимых зданиях различного назначения в качестве подкладочного гидроизоляционного ковра под гибкую черепицу.

- *ANDEREP PROF* — подкладочный гидроизоляционный материал, изготовленный путем нанесения на полиэфирную основу битумно-полимерной смеси, обладающей свойством «самозалечивания». Верхний защитный слой материала выполнен из нетканого полипропиленового полотна, что делает поверхность не скользящей в различных погодных условиях (рис. 1.12, в). Используется под любой тип кровельного покрытия: битумную черепицу, металлочерепицу, битумные волнистые листы или натуральную черепицу, а также может служить временной кровлей при перерывах в работе до 6 месяцев.

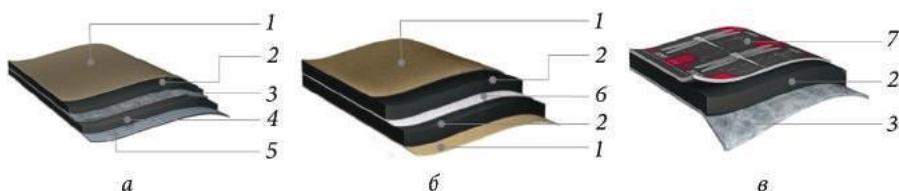


Рис. 1.12. Подкладочные материалы: а — *ANDEREP BARRIER*; б — *ANDEREP GL*; в — *ANDEREP PROF*; 1 — песок; 2 — битумно-полимерное вяжущее; 3 — полиэфирная основа; 4 — самоклеящаяся битумно-полимерная смесь; 5 — защитная пленка; 6 — стеклохолст; 7 — нетканое полипропиленовое полотно

Физико-механические характеристики материалов *ANDEREP BARRIER*, *ANDEREP ULTRA*, *ANDEREP GL*, *ANDEREP PROF* представлены в табл. 1.15.

Таблица 1.15
 Физико-механические характеристики материалов ANDEREP BARRIER, ANDEREP ULTRA, ANDEREP GL, ANDEREP PROF

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	ANDEREP BARRIER	ANDEREP ULTRA	ANDEREP GL	ANDEREP PROF
Масса, кг/м ² , не менее	1,2	2,3	1,7	0,5
Толщина, мм	1,5	2,2		
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	—	—	400	300
Условная прочность, МПа	1,0	—	—	—
Температура гибкости на брусе R = 25 мм, °С, не выше	-15	-15	—	—
Гибкость на брусе R = 10 мм, °С, не выше	—	—	-20	-25
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение, ч	2	2	2	2
Теплостойкость, °С, не менее	+85	+85	+95	+100
Прочность сцепления, МПа, не менее		0,2		
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее			2	40
Тип защитного покрытия: верхняя сторона/нижняя сторона	Песок/антиадгезионная пленка	Песок/антиадгезионная пленка	Песок/песок	Полипропиленовое полотно
Ширина полотна, мм	1000	1000	1000	1000

1.1.2. Рулонные полимерные материалы

1.1.2.1. Полимерные мембраны

Общие сведения

В конце XX в. в результате стремительного развития химии в области полимеров появился принципиально новый тип кровельных материалов для гидроизолирующих покрытий — полимерные кровельные мембраны, которые существенно отличаются от битумных и битумно-полимерных покрытий своими свойствами и методами укладки.

В западной технической литературе мембранами называют все рулонные кровельные материалы, в России же понятие *кровельные мембраны* относится именно к полимерным мембранам.

Кровля из полимерных мембран характеризуется высокой прочностью, эластичностью, повышенной стойкостью к атмосферным и климатическим воздействиям, обладает эластичностью в широком диапазоне температур, стойкостью к УФ-излучению и агрессивным воздействиям окружающей среды. Полимерные мембраны, как правило, на 20—30 % дороже битумно-полимерных материалов, но срок их службы значительно выше (более 30 лет).

Полимерные кровельные мембраны применяют как для ремонта старых битумных кровель, так и для монтажа новых покрытий. Их можно укладывать на любые основания и при любых климатических условиях. Высокая скорость укладки кровельного покрытия из полимерных мембран достигается за счет большого диапазона размеров полотен: ширины — от 0,9 до 15 м и длины — до 60 м. Толщина кровельных мембран составляет от 0,8 до 1,5—2,0 мм, а средний вес 1 м² полотна составляет 1,3 кг.

Полимерные мембраны можно использовать в любом типе кровельной системы: механически закрепляемой, балластной, клеевой, инверсионной.

Типы полимерных мембран

В зависимости от полимерного материала, составляющего основание полотна, кровельные мембраны разделяют на три типа: ЭПДМ, ТПО и ПВХ.

ЭПДМ мембраны представляют собой однослойные рулонные материалы на основе синтетического каучука — полимеризованного этиленпропилен-диен-мономера. Впервые эти материалы были применены для устройства кровель в США и Канаде в 60-е гг. XX столетия. В России материал ЭПДМ известен с 80-х гг. ЭПДМ мембраны отличаются тем, что для их монтажа используется двусторонняя самоклеящаяся лента. Эта технология позволяет производить установку кровли без нагревания, в короткие сроки и на больших поверхностях. ЭПДМ мембраны обладают высокой эластичностью (относительное удлинение — более 400 %), большой устойчивостью к перепадам температур (от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$). Прочность на разрыв — 9 МПа. Армированные ЭПДМ мембраны имеют более высокие прочностные показатели, однако они менее эластичны.

ТПО мембраны представляют собой рулонные материалы на основе термопластичных полиолефинов. Эти материалы были разработаны и запущены в серийное производство в США в конце 80-х гг. XX в. Крепление швов кровельной ТПО мембраны производится с помощью специальных сварочных машин с применением горячего воздуха. Благодаря армирующему слою (полиэфирной сетке) материал стоек к механическим воздействиям. Полимер содержит до 30 % полипропилена, что придает мембране высокую химическую стойкость. ТПО мембраны могут применяться при очень низких температурах (до $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$), они менее эластичны, чем ЭПДМ (относительное удлинение — менее 180 %), но обладают более высокой прочностью.

ПВХ мембраны — рулонные материалы, изготовленные из пластифицированного поливинилхлорида, армированного полиэфирной сеткой (для кровельных систем с механическим креплением) или стеклохолстом (для балластных кровельных систем) (рис. 1.13). Благодаря армированию мембрана имеет высокую прочность при растяжении. Выпускаются также и неармированные ПВХ мембраны.



Рис. 1.13. ПВХ мембрана, армированная полиэфирной сеткой

ПВХ мембраны укладываются в один слой; сварка швов происходит при помощи автоматического и ручного сварочного оборудования. Безогневой метод укладки и пониженная группа горючести материала позволяют укладывать мембрану на объектах любой степени ответственности, в том числе

на атомных электростанциях и на объектах с повышенными требованиями к огнестойкости. Поэтому мембрану можно укладывать на кровлях, где запрещено применение открытого пламени.

Одной из важных особенностей ПВХ мембран является их способность выводить в атмосферу избыточное давление водяного пара из подкровельного пространства. Таким образом, влага, попавшая в утеплитель при монтаже или накопленная в холодный период, когда точка росы находится внутри утеплителя, выводится через мембрану в теплый период года.

При реконструкции старых кровель необходимо учитывать, что ПВХ не совместим с битумосодержащими материалами, а также с полимерными материалами из пенополистирола и полиуретана, поэтому при укладке на старый битумный ковер необходимо предусмотреть разделительный слой из геотекстиля либо стеклохолста.

Основные показатели качества и методы испытаний полимерных мембран

К основным показателям качества полимерных мембран относятся прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве, сопротивление статическому продавливанию, гибкость на брус, водопоглощение, водонепроницаемость, горючесть и др.

• *Прочность при разрыве и относительное удлинение при разрыве* определяют в соответствии с ГОСТ Р 50111—92 [30] испытанием на растяжение образцов размерами 10×150 или 25×150 мм с определенной скоростью деформирования. Образец закрепляют в зажимы испытательной машины, расстояние между которыми 100 мм. Испытания проводят при скорости раздвижения зажимов испытательной машины, предусмотренной НД на конкретный материал. Испытательная машина должна обеспечить скорость раздвижения зажимов от 1 до 500 мм/мин.

Прочность при разрыве (σ_r), МПа, Н/мм², определяют по формуле

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0}, \quad (1.4)$$

где F_r — растягивающая нагрузка в момент разрыва, Н;
 A_0 — начальное поперечное сечение образца, мм².

За результат измерений принимают среднее арифметическое из пяти определений.

Относительное удлинение при разрыве (E), %, вычисляют по формуле

$$E = \frac{\Delta l_{0r}}{l_0} 100 \%, \quad (1.5)$$

где l_0 — начальная расчетная длина образца, мм;

Δl_{0r} — изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм.

• *Сопrotивление статическому продавливанию* определяют в соответствии ГОСТ ЕН 12730—2011 [29]. К лицевой поверхности испытуемого образца, уложенного на мягкую (*метод А*) или жесткую (*метод В*) подложку, при помощи продавливающего устройства прикладывают заданную статическую нагрузку в течение заданного времени, после чего образец подвергают испытанию на водонепроницаемость. Для определения сопротивления статическому продавливанию используют нагружающее устройство, состоящее из направляющей штанги, направляющего стержня и нагружающих дисков. Направляющий стержень снабжен продавливающим устройством — стальным шариком диаметром 10 мм (рис. 1.14). Для определения водонепроницаемости образца после проведения испытаний применяют вакуумную насадку.

По *методу А* образец размером 550×550 мм закрепляют гвоздями в рамке и укладывают на подложку из пенополистирола плотностью 20 кг/м³, размером 500×500×50 мм. По *методу В* образец размером 300×300 мм свободно укладывают на бетонную плитку размером 300×300×40 мм. Для каждого значения нагрузки испытывают 3 образца.

Продавливающее устройство помещают в центр образца и проводят 3 параллельных испытания, начиная с нагрузки 5 кг. Затем постепенно увеличивают нагрузку с шагом в 5 кг до потери образцом водонепроницаемости или до максимальной нагрузки в 20 кг. Время выдержки образца при каждом значении нагрузки 24 ч.

Через 7 мин после испытания при каждом значении нагрузки образец подвергают испытанию на водонепроницаемость, для чего на лицевую поверхность образца наносят мыльный раствор, прикладывают к ней вакуумную насадку и создают разность давлений на поверхностях образца 15 кПа. Если в течение 60 с на лицевой поверхности образца в области продавливания не появятся мыльные пузыри, образец считают выдержавшим испытание на водонепроницаемость.

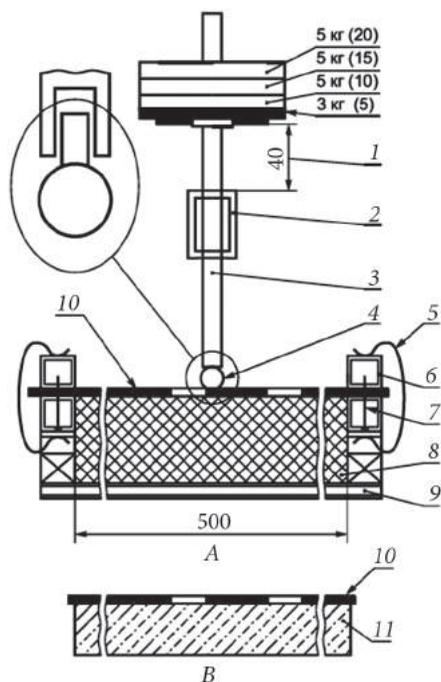


Рис. 1.14. Схема нагружающего устройства для определения сопротивления статическому продавливанию: *A* — мягкая подложка; *B* — жесткая подложка; 1 — максимальное перемещение нагружающего стержня вниз; 2 — направляющая штанга; 3 — нагружающий стержень; 4 — шарик для продавливания ($d = 10$ мм); 5 — зажим; 6 — рамка в разрезе (20×20 мм); 7 — гвоздь ($d = 2,8$ мм); 8 — пенополистирол; 9 — подставка; 10 — образец; 11 — бетон

Материал считают выдержавшим испытание на сопротивление статическому продавливанию при заданной нагрузке, если все испытанные образцы остаются водонепроницаемыми. За величину сопротивления статическому продавливанию принимают максимальное значение нагрузки, при котором все испытанные по *методам A* или *B* образцы остаются водонепроницаемыми.

- *Горючесть*: определение, классификация материалов по горючести, установление группы горючести представлены в части 4 настоящего пособия.

- Гибкость на брусе, водопоглощение, водонепроницаемость и другие свойства определяются в соответствии с ГОСТ 2678—94* [14] (см. раздел 1.1.1).

Физико-механические характеристики полимерных мембран

Полимерные ПВХ мембраны LOGICROOF, ECOPLAST

Маркировка ПВХ мембран включает название мембраны, сведения о типе полимера V — Vinyl (ПВХ) и об армировании: SR — Sine Reinforcement (без армирования); RP — Reinforcement Polyester (армирование полиэфирной сеткой); GR — Glassfiber Reinforcement (армирование стеклохолстом).

- *LOGICROOF V-SR* — неармированные ПВХ мембраны. Применяются для изготовления элементов усиления и сопряжения с различными кровельными конструкциями, такими как трубы, воронки, мачты.

- *LOGICROOF V-RP, ECOPLAST V-RP* — трехслойные ПВХ мембраны, армированные полиэфирной сеткой и содержащие защитный слой от УФ-излучения. Верхний слой содержит высокую концентрацию УФ-абсорберов и антиоксидантов, что создает плотный барьер для проникновения УФ-лучей. Мембраны обладают повышенной эластичностью при низких температурах. Применяются для гидроизоляции открытых плоских кровель с высокими противопожарными требованиями.

- *LOGICROOF V-RP ARCTIC* — ПВХ мембрана, армированная полиэфирной сеткой с повышенной гибкостью и имеющая антискользкую поверхность, что обеспечивает дополнительную безопасность, если работы ведутся в сезон сырой погоды и выпадения снега. Применяется в регионах с холодным климатом в качестве гидроизоляционного слоя в кровлях; возможно проведение работ на кровлях с уклоном более 10 %.

- *LOGICROOF V-RP FB* — ПВХ мембрана, армированная полиэфирной сеткой. Нижний слой содержит подложку из геотекстиля, благодаря чему мембрана совместима с битумными основаниями. Для осуществления монтажа полотна имеют края шириной 100 мм, свободные от геотекстиля. Предназначена для ремонта старых битумных кровель без демонтажа существующего покрытия, для применения в клеевой кровельной системе.

- *ECOPLAST V-GR* — трехслойная ПВХ мембрана, армированная стекловолокном и содержащая защитный слой против УФ-излучения. Обладает высокой устойчивостью к механическим воздействиям. Содержит фунгициды и противогрибковые добавки. Применяется для гидроизоляции в балластных и инверсионных кровельных системах, в том числе в «зеленых» кровлях.

Физико-механические характеристики материалов *LOGICROOF* и *ECOPLAST* представлены в табл. 1.16.

Таблица 1.16

**Физико-механические характеристики материалов
*LOGICROOF, ECOPLAST***

Показатель	Значение показателя				
	Марки				
	<i>LOGICROOF</i> V-SR	<i>LOGICROOF</i> V-RP	<i>ECOPLAST</i> V-RP	<i>LOGICROOF</i> V-RP ARCTIC	<i>ECOPLAST</i> V-GR
Толщина, мм	1,5	1,2—2,0		1,2—2,0	1,5
Прочность на разрыв, МПа	15	20	15	20	11
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200	120	115	125	280
Сопrotивление статическому продавливанию, Н	250	250	250	250	
Водопоглощение по массе, %, не более	0,1	0,2	0,2	0,2	
Гибкость на брус $R = 5$ мм, °С	-45	-45	-40	-55	-35
Группа горючести	Г4	Г1 (1,2 мм), Г2			Г4

Профилированные полимерные мембраны

Профилированные мембраны предназначены для защиты гидроизоляционного слоя и организации пластового дренажа в балластных «зеленых» кровлях.

- *PLANTER-geo* — двухслойная полимерная мембрана из полиэтилена высокой плотности с отформованными шипами высотой 8 мм и гео-



Рис. 1.15 . Профилированная мембрана *PLANTER-geo*

текстильного полотна, приклеенного к мембране (рис. 1.15). Обладает высокой прочностью, а также стойкостью к химической агрессии, к воздействию плесени и бактерий, корней растений и УФ-излучению.

Физико-механические характеристики профилированной мембраны *PLANTER-geo* представлены в табл. 1.17.

Таблица 1.17

Физико-механические характеристики профилированной мембраны *PLANTER-geo*

Показатель	Значение показателя
Масса, кг/ м ² , не менее	0,6
Предел прочности при сжатии, кПа	350
Водопропускная способность, л/с·м ²	4,6
Объем воздуха между шипами, л/м ²	5,5
Температура применения, °С	-50/+80
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	420
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	30
Водопоглощение, %	1
Группа горючести	Г4

1.1.2.2. Пароизоляционные пленки

Общие сведения

Пароизоляция применяется в строительстве для защиты ограждающих конструкций (утепленные кровли и перекрытия, наружные стены и полы) от насыщения парами воды изнутри помещения и образования в них конденсата. Пароизоляционный слой должен препятствовать конвективному и диффузионному проникновению влаги (насыщенного водяного пара) из помещений в теплоизоляционные материалы и в прочие слои конструкции. Переувлажнение утеплителя не только увеличивает потери тепла, но и является причиной грибкового поражения деревян-

ных и коррозии металлических деталей конструкции. Необходимость установки пароизоляции в ограждающей конструкции определяется СП 50.13330.2012 [47].

Основным правилом пароизоляции конструкции является увеличение паропроницаемости материалов конструкции от теплой поверхности к холодной. Поэтому паробарьер располагают на наиболее теплой (обладающей большим содержанием влаги в воздухе) стороне стены, перекрытия или пола. Пароизоляционный слой должен быть непрерывным (сплошным) на всей площади защищаемой от пара конструкции. В местах примыкания теплоизоляционного слоя к стенам, стенкам фонарей, шахтам и оборудованию, проходящему через покрытие или чердачное перекрытие, пароизоляция должна быть поднята на высоту, равную толщине теплоизоляционного слоя, а в местах деформационных швов она должна быть заведена на края металлического компенсатора и герметично приклеена или приварена [42].

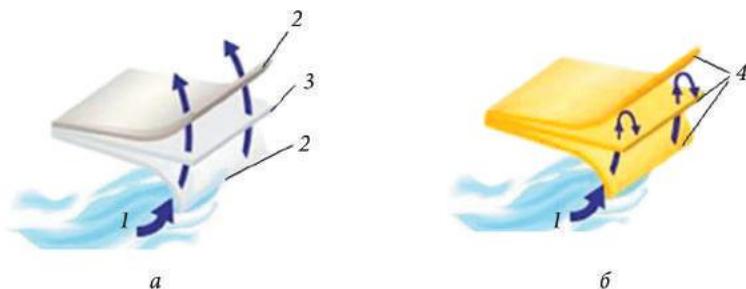


Рис. 1.16. Принцип работы пароизоляционных пленок: *а* — скатные кровли; *б* — плоские кровли; 1 — контролируемая поверхность; 2 — нетканый полипропилен; 3 — полипропиленовая пленка; 4 — полиэтиленовая пленка

Материалы для изготовления пароизоляционного слоя довольно разнообразны. В разное время данный слой изготавливали из пергамина, толя, рубероида или металла. Применяются такие методы защиты от проникновения пара в конструкцию, как окраска (пропитка) поверхности лаками или красками. Современные пароизоляционные материалы чаще всего изготавливают из полиэтилена, полипропилена, металла или из их различных вариаций и модификаций.

Существуют материалы, где в качестве отражающего слоя и паронепроницаемого барьера применена алюминиевая фольга, а ее прочност-

ные характеристики улучшены за счет дублирования полиэтиленовыми или полипропиленовыми полимерными полотнами, усиленными (армированными) плоской полиэтиленовой сеткой. Слои пароизоляционного материала могут быть соединены посредством склеивания, термоскрепления или низкотемпературной сварки ультразвуковыми волнами.

Принцип работы пароизоляционных пленок для скатных и плоских кровель представлен на рис. 1.16.

Основные показатели качества и методы испытаний пароизоляционных материалов

Одним из важнейших свойств пароизоляционных материалов является *паропроницающая способность*, которая характеризуется паропроницаемостью и сопротивлением паропроницанию материала [12].

Паропроницаемость — величина, численно равная количеству водяного пара (в мг), проходящего за 1 ч через слой материала площадью 1 м и толщиной 1 м при условии, что температура воздуха у противоположных сторон слоя одинаковая, а разность парциальных давлений водяного пара равна 1 Па.

Сопротивление паропроницанию ($R_{\text{п}}$) — показатель, характеризующий разность парциальных давлений водяного пара (Па) у противоположных сторон изделия с плоскопараллельными сторонами, при которой через изделие площадью 1 м за 1 ч проходит 1 мг водяного пара при равенстве температуры воздуха у противоположных сторон изделия; величина, численно равная отношению толщины слоя испытуемого материала к значению паропроницаемости.

Расчетный теплотехнический показатель, определяемый как отношение толщины образца материала d к сопротивлению паропроницанию $R_{\text{п}}$, измеренному при установившемся стационарном потоке водяного пара через этот образец, называется *коэффициентом паропроницаемости* (μ).

Паропроницающая способность материалов определяется в соответствии с ГОСТ 25898—2012 [12]. Сущность методов определения сопротивления паропроницанию и паропроницаемости заключается в создании стационарного потока водяного пара через исследуемый образец и определении интенсивности этого потока.

Образцы квадратного сечения со стороной размером 100 мм или цилиндрического сечения диаметром 100 мм устанавливают в испытатель-

ный сосуд так, чтобы направление потока водяного пара соответствовало предполагаемому потоку водяного пара при эксплуатации изделия. Зазоры между боковыми гранями образца и стенками сосуда тщательно герметизируют. При испытаниях по методу «мокрой чашки» образец устанавливают в испытательный сосуд с дистиллированной водой таким образом, чтобы расстояние между поверхностью воды и нижней поверхностью образца составляло 15 мм. Затем испытательный сосуд с образцом устанавливают в испытательную камеру с температурой 23 °С и относительной влажностью воздуха 50 %. При разности парциальных давлений водяного пара в испытательном сосуде и испытательной камере вокруг сосуда возникает поток водяного пара, который проходит через испытуемый образец. Для определения плотности потока водяного пара в стационарных условиях сосуд с образцом периодически взвешивают.

Для расчета сопротивления паропрооницанию используют полученные значения плотности потока водяного пара через образец, значения упругостей водяного пара в воздухе камеры и в испытательном сосуде под образцом (давление насыщенного водяного пара и давление водяного пара в камере вокруг испытательного сосуда).

По результатам взвешивания испытательного сосуда с образцом вычисляют плотность потока водяного пара через образец g , мг/(ч·м²), по формуле

$$g = \frac{\Delta m}{\Delta \tau A}, \quad (1.6)$$

где Δm — изменение массы испытательного сосуда с образцом за интервал времени $\Delta \tau$, мг;

$\Delta \tau$ — интервал времени между двумя последовательными взвешиваниями, ч;

A — площадь рабочей поверхности образца, через которую проходит поток водяного пара, м².

Сопротивление паропрооницанию образцов $R_{п}$, (м²·ч·Па)/мг, вычисляют по формуле

$$R_{п} = \frac{E - e}{g} - R_{п.в}, \quad (1.7)$$

где E — давление насыщенного водяного пара в испытательном сосуде, Па;

e — давление водяного пара в камере вокруг сосуда, Па;
 $R_{п.в}$ — сопротивление паропрооницанию воздуха, (м²·ч·Па)/мг, определяемое по формуле

$$R_{п.в} = \frac{d_{в}}{\mu_{в}}, \quad (1.8)$$

здесь $d_{в}$ — толщина слоя воздуха (расстояние от поверхности воды в испытательном сосуде до нижней поверхности образца), м;

$\mu_{в}$ — паропрооницаемость воздуха в испытательном сосуде, мг/(м·ч·Па).

Давление водяного пара в камере вокруг испытательного сосуда определяют по формуле

$$e = E \cdot \varphi, \quad (1.9)$$

где φ — относительная влажность воздуха в камере вокруг испытательного сосуда с образцом, %.

Коэффициент паропрооницаемости материала μ , мг/(м·ч·Па), определяют по формуле

$$\mu = \frac{d}{R_{п}}, \quad (1.10)$$

где d — средняя толщина испытуемого образца, м.

Типы пароизоляционных пленок

• *Пароизоляционные пленки ТЕХНОНИКОЛЬ для скатных кровель* имеют трехслойную структуру. Верхний и нижний слои представляют собой полотна нетканого полипропилена, которые обеспечивают прочный каркас для среднего «рабочего» слоя. Средним слоем является паронепроницаемая полипропиленовая пленка. Слои пароизоляции соединены по технологии низкотемпературной ультразвуковой сварки. Пароизоляционные пленки используются при устройстве паробарьера в утепленных мансардных кровлях и перекрытиях, многослойных наружных стенах и стенах с внутренним утеплением (при невозможности утеплить стену с внешней стороны).

Физико-механические характеристики *пароизоляционной пленки ТЕХНОНИКОЛЬ* представлены в табл. 1.18.

Таблица 1.18

Физико-механические характеристики *пароизоляционной пленки ТЕХНОНИКОЛЬ* для скатных кровель

Показатель	Значение показателя
Плотность, г/м ²	80
Разрывная нагрузка вдоль/поперек рулона, Н/5 см	160/120
Относительное удлинение при разрыве, по длине/ширине, %	70/80
Сопrotивление паропроницанию, (м ² ·ч·Па)/мг	8,3
Стойкость к воздействию УФ-излучения, мес	3
Размер рулона: ширина×длина, м	1,5×50

В качестве *пароизоляции для плоских кровель* применяют многослойную полиэтиленовую пленку, которая укладывается на бетонные перекрытия или профилированный лист под утеплитель. Водо- и паронепроницаемость пленки снижает проникновение воды в ограждающие конструкции.

- *Пароизоляционная армированная пленка Dupont AirGuard Reflective* — трехслойный пароизоляционный материал, включающий металлизированный отражающий слой, упрочняющую полипропиленовую подложку и армирующую полимерную сетку. Армирующая сетка

Таблица 1.19

Физико-механические характеристики *пароизоляционной армированной пленки Dupont AirGuard Reflective*

Показатель	Значение показателя
Плотность, г/м ²	149
Толщина, мм	0,43
Разрывная нагрузка вдоль/поперек рулона, Н/5 см	440/210
Сопrotивление паропроницанию, (м ² ·ч·Па)/мг	500
Рабочий диапазон температур, °С	от -40 до +80
Размер рулона: ширина×длина, м	1,5×50
Вес рулона, кг	12

придает материалу прочность, а двустороннее ламинирование обеспечивает паронепроницаемость. Пленка *Dupont AirGuard Reflective* обладает 100%-ной воздухо- и паронепроницаемостью. Относится к энергосберегающим материалам: за счет отражающей поверхности пленка позволяет снизить теплопотери на 12—15 % и способна отражать до 95 % инфракрасного излучения. Применяется в конструкциях скатных крыш в утепленных мансардах и холодных чердаках. Физико-механические характеристики *пароизоляционной армированной пленки Dupont AirGuard Reflective* даны в табл. 1.19.

1.1.2.3. Диффузионные пленки (мембраны)

Общие сведения

Диффузионные пленки (мембраны) — паропроницаемые, но водонепроницаемые пленки, расположенные под кровлей из волнистых листов, штучных и листовых материалов с образованием одного или двух вентиляционных зазоров (каналов) и обеспечивающие отвод конденсата или воды от попавшего под кровлю дождя или снега (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Диффузионная мембрана

Диффузионные мембраны предназначены для защиты кровельных и фасадных утепленных конструкций от проникновения влаги и ветра. Ограждающие конструкции, покрытие фасадными плитами, штукатуркой, сайдингом, доской, кирпичом, кровельными элементами не являются полностью водонепроницаемыми. Вода проникает через них под действием ветрового давления, сил тяжести и капиллярного всасывания. Особенно уязвимыми являются стыки окон, дверей, соединения облицовки и дефекты монтажа. Эффективную работу утеплителя на основе минерального волокна можно обеспечить при условии защиты от увлажнения и продувания. Пароизоляция защищает от проникновения и конденсации влажного воздуха из помещения, а внешняя гидро-

ветроизоляционная мембрана — от продувания холодным воздухом и попадания влаги извне.

Способность мембраны проводить водяной пар обеспечивает постоянное удаление влаги из толщи теплоизоляции и всей строительной конструкции. Применение в вентилируемых фасадах отдельно выполненного гидро-, ветроизоляционного экрана обеспечивает сохранение теплоизолирующих свойств системы на весь срок его эксплуатации. Кроме этого, применение диффузионной мембраны в утепленных мансардах позволяет оптимизировать строительство. На первом этапе на стропилах укрепляется мембрана и проводятся строительные работы в доме, защищенном от дождя. Параллельно идет монтаж кровли с вентиляционным зазором над диффузионной мембраной. На втором этапе изнутри мансарды укладывается утеплитель вплотную к мембране, а затем устанавливается пароизоляция и проводится внутренняя отделка.

Физико-механические характеристики диффузионных пленок (мембран)

Основными характеристиками диффузионных мембран являются паропроницаемость, водонепроницаемость, стойкость к ультрафиолетовому излучению, термостойкость, прочность, толщина функционального слоя.

Основная характеристика паропроницаемости диффузионных пленок — коэффициент паропроницаемости μ (см. раздел 1.1.2.2).

Для характеристики способности мембраны выпускать пар из конструкции (эксфильтрации) существует также показатель Sd — толщина слоя неподвижного воздуха (м) с сопротивлением паропроницанию, эквивалентным сопротивлению паропроницанию образца толщиной d :

$$Sd = \frac{\mu_v}{\mu} d, \quad (1.11)$$

где μ_v — паропроницаемость слоя неподвижного воздуха, мг/(м·ч·Па).

Соответственно, чем меньше Sd , тем меньшее сопротивление оказывает материал выходящему пару. Этот показатель влияет еще и на замерзание льда на поверхность мембраны в зимний период. На основании проведенных исследований рекомендуется применять мембраны с показателем Sd не более 0,03 м (рис. 1.18).

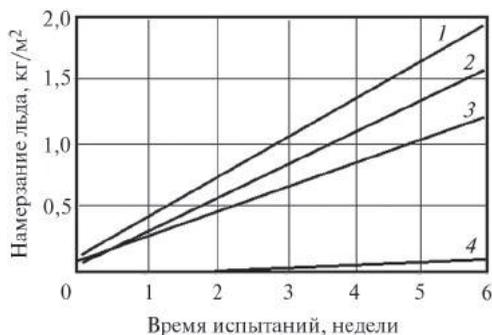


Рис. 1.18. Результаты испытаний намерзания льда при Sd :
 1 — 2,0 м; 2 — 0,13 м; 3 — 0,04 м; 4 — 0,02 м

Мембрана должна иметь высокую *водонепроницаемость*: не пропускать воду под давлением не менее 0,001 МПа в течение 72 ч. Мембраны с низкой водонепроницаемостью не могут служить временной кровлей при строительстве дома и должны быть сразу накрыты кровельным покрытием.

Под действием ультрафиолета в полимере образуются свободные радикалы, оказывающие разрушающее действие на материал, что существенно снижает срок службы мембраны. В соответствии с СП 17.13330.2011 [42] *стойкость к ультрафиолетовому излучению* полимерных мембран должна составлять не менее 4 месяцев.

С учетом климатических условий России эксплуатационный *температурный диапазон* мембраны должен находиться в пределах от -40 до $+100$ °С. В реальных условиях эксплуатации в строительных конструкциях (например в подкровельном пространстве на поверхности мембраны) зафиксированы относительно высокие температуры — 80 — 96 °С.

Мембраны располагаются поверх утеплителя в вентилируемом пространстве и подвержены ветровым и разрывным нагрузкам в процессе монтажа. В соответствии с действующей нормативной документацией [42] *разрывная нагрузка при растяжении* полимерной диффузионной пленки должна составлять более 117,6 Н/5 см.

Функциональным слоем мембраны называют слой, который обеспечивает сепарацию влаги по агрегатному состоянию. Чем толще функциональный слой, тем дольше и качественнее служит мембрана (рис. 1.19).

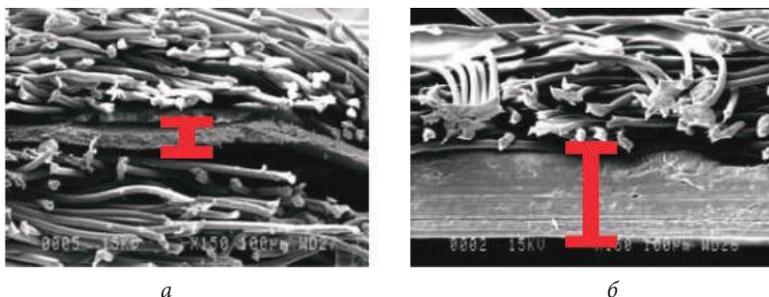


Рис. 1.19. Функциональные слои диффузионных мембран:
a — тонкий; *б* — толстый (мембрана *Tyvek*)

Цвет диффузионных мембран имеет большое значение для строителей. Материалы, которые производятся специально для кровельных работ, не должны быть белыми или серебристыми, так как могут ослепить монтажников в солнечную погоду.

Также мембраны, предназначенные для наклонных кровель, не должны быть скользкими, а должны иметь шероховатую поверхность, предохраняющую от скольжения материалов и инструментов.

Виды диффузионных мембран

Однослойные пористые мембраны — волокнистые материалы, под микроскопом представляющие собой сетку, образованную скрученными полимерными волокнами. Эффективность таких мембран заключается в том, что они исключают проникновение воды и воздуха извне. В то же время пористая структура позволяет влажным испарениям проходить сквозь мембрану, т.е. материал «дышит».

- *Мембраны Tyvek* — нетканые материалы, полученные из полиэтилена низкого давления (ПЭНД), высокой плотности. Структура мембран напоминает собой «лабиринт», состоящий из мельчайших волокон, который пропускает только газовую фазу и является непроницаемым для воды (рис. 1.20). Применяются для укладки под кровельное покрытие поверх утеплителя, а также в качестве временной кровли (до 4 мес).

- *Tyvek Soft* — мембрана, общая толщина которой равна толщине функционального слоя. Применяется в конструкциях скатных крыш в утепленных мансардах.

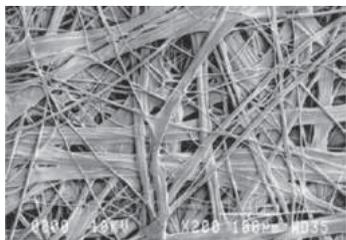


Рис. 1.20. Структура диффузионной мембраны Tyvek

- *Tyvek Solid* — мембрана повышенной прочности с антибликовым покрытием, которое необходимо на кровлях в целях безопасной работы с материалом. Применяется в конструкциях мансардных крыш, а также в системе изоляции холодных чердачных пространств.

- *Tyvek Solid Silver* — энергосберегающая мембрана повышенной плотности с металлизированной поверхностью. Отражающее металлическое напыление по-

зволяет сократить перерасход энергии на охлаждение помещений с сохранением всех прочих свойств и характеристик материала. Применяется для металлических и битумных скатных кровель.

- *Tyvek Supro* — сверхпрочная паропроницаемая мембрана с нанесенной специальной влагостойкой клейкой лентой, что позволяет создавать полностью герметичный ветронепроницаемый барьер на внешней поверхности утеплителя в кровлях, защищая от атмосферных воздействий. Применяется в конструкциях скатных кровель с возможностью укладки на сплошной настил.

Физико-механические характеристики диффузионных мембран Tyvek представлены в табл. 1.20.

Таблица 1.20

Физико-механические характеристики диффузионных мембран Tyvek

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	<i>Tyvek Soft</i>	<i>Tyvek Solid</i>	<i>Tyvek Solid Silver</i>	<i>Tyvek Supro</i>
Поверхностная плотность, г/м ²	60	82	150	148
Толщина, мм	0,175	0,22	0,22	0,42
Разрывная нагрузка при растяжении, Н/5 см, не менее:				
вдоль	165	245	245	340
поперек	140	215	215	295
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	10	10	13	23

Таблица 1.20 (окончание)

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	<i>Tyvek Soft</i>	<i>Tyvek Solid</i>	<i>Tyvek Solid Silver</i>	<i>Tyvek Supro</i>
Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	0,044	0,046	0,046	0,013
Эквивалентная диффузная толщина S_d , м	0,025	0,03	0,03	0,02
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,001 МПа в течение, ч	72			
Температура применения, °С	от -40 до +100			
Горючесть	Г2			
Размеры рулона: ширина×длина, м	1,5×50 2,8×50	1,5×50 2,8×50 3,0×50	1,5×50	1,5×50
Вес рулона, кг	5/9	7/13/14	6,5	12

К недостаткам пористых мембран следует отнести возможность загрязнения пор и снижение паропроницаемости. При повышенной запыленности воздуха (городские условия, близко расположенная дорога, пыльца цветущих растений и т.п.) в сухую или жаркую погоду пыль из вентиляционного зазора притягивается к наэлектризованной мембране и закрывает поры. Электризуемость полимеров зависит от их объемного и поверхностного удельных сопротивлений. Для получения возможно более тонких волокон используются полимеры высокой степени очистки, имеющие белый цвет. Окрашенные полимеры электризуются значительно меньше. Введение в массу этих полимеров пигментов, состоящих из соединений металлов, имеющих полупроводящие свойства, приводит к снижению электрического сопротивления и устранению электризации материала.

Трехслойные пленочные (супердиффузионные) мембраны представляют собой микропористые полимерные пленки, одновременно обладающие высокой паропроницаемостью и гидроизолирующей способностью. В отличие от пористых пленочные мембраны не пропускают воздух и не теряют паропроницаемости (рис. 1.21).



Рис. 1.21. Трехслойная супердиффузионная мембрана

нанометров, получают большую поверхностную энергию и избирательно абсорбируют молекулы воды, имеющие высокую полярность. По этим межфазным границам через пленку с высокой скоростью транспортируются отдельные молекулы пара, имеющие размеры 0,28 нм. Движущей силой диффузии молекул воды является разность концентрации влаги по сторонам пленки. Жидкая вода, состоящая из агрегированных молекул, связанных между собой водородными связями, так называемых ассоциатов, с размерами около 0,1 мкм не способна проникать в межфазную систему многокомпонентного полимера. Только приложении большого внешнего давления (более 2 м вод. ст.) позволяет жидкой, связанной воде проникать через такую диффузионную мембрану.

- *Супердиффузионные мембраны ТехноНИКОЛЬ* — трехслойные микропористые мембраны, верхний и нижний слои которых представляют собой полотна нетканого полипропилена, а в качестве среднего слоя выступает паропроницаемая пленка, которая обеспечивает диффузию водяного пара, но препятствует прохождению воды. Принцип работы супердиффузионной мембраны представлен на рис. 1.22.



Рис. 1.22. Принцип работы супердиффузионной мембраны

Особенность получения супердиффузионных пленок заключается во введении в матрицу термопластов несовместимых полимеров или неорганических микрочастиц. При этом внутри сплошной пленки образуется система границ раздела фаз. Последующая механическая обработка пленки ослабляет межфазные связи, в результате чего межфазные границы, размерами в несколько десятков

нанометров, получают большую поверхностную энергию и избирательно абсорбируют молекулы воды, имеющие высокую полярность. По этим межфазным границам через пленку с высокой скоростью транспортируются отдельные молекулы пара, имеющие размеры 0,28 нм. Движущей силой диффузии молекул воды является разность концентрации влаги по сторонам пленки. Жидкая вода, состоящая из агрегированных молекул, связанных между собой водородными связями, так называемых ассоциатов, с размерами около 0,1 мкм не способна проникать в межфазную систему многокомпонентного полимера. Только приложении большого внешнего давления (более 2 м вод. ст.) позволяет жидкой, связанной воде проникать через такую диффузионную мембрану.

Супердиффузионные мембраны ТехноНИКОЛЬ выпускают трех марок, отличающихся между собой плотностью и толщиной.

Физико-механические характеристики *супердиффузионных мембран ТехноНИКОЛЬ* представлены в табл. 1.21.

Таблица 1.21

**Физико-механические характеристики
супердиффузионных мембран ТехноНИКОЛЬ**

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	Мембрана супердиффузионная ТехноНИКОЛЬ	Мембрана супердиффузионная оптима ТехноНИКОЛЬ	Мембрана супердиффузионная усиленная ТехноНИКОЛЬ
Плотность, г/м ²	85	110	150
Толщина, мм	0,4	0,5	0,7
Разрывная нагрузка, Н/5 см:			
по длине	170	230	290
по ширине	160	180	230
Относительное удлинение при разрыве, %:			
по длине	60	60	60
по ширине	60	70	60
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее	0,014	0,017	0,024
Эквивалентная диффузная толщина S_d , м	0,02		
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение, ч	72		
Стойкость к воздействию ультрафиолета, мес	3	4	4
Размеры рулона: ширина×длина, м	1,5×50		

1.1.3. Штучные кровельные материалы

Штучные кровельные материалы применяются для крыш с большим уклоном — 30—60° (более 12 %), поверхность которых является декоративным элементом здания. К ним относятся черепица, шифер, дранка, гонт и др.

Гибкая черепица

Гибкая черепица представляет собой небольшие плоские листы с фигурными вырезами по одному краю (один лист имитирует 3—5 черепиц). Также используются другие названия этого материала: мягкая черепица, битумная черепица.

История гибкой черепицы насчитывает более 100 лет. Изобретателями этого материала принято считать американцев, переселенцев из Европы. В Старом Свете многие из них привыкли к кровлям из мелкоштучного материала — сланцевой плитки, керамической черепицы — и пытались найти им дешевую замену. Вскоре выход был найден: картон пропитывали битумом, а сверху посыпали каменной крошкой. Таким образом получили новый материал — мягкую черепицу. Из-за легкости обработки основы ему можно было придавать любые формы, и гибкая черепица стала очень популярна. С годами производители усовершенствовали технологию, используя более долговечные основы, предлагая различные цветовые решения и облегчая разными способами процесс монтажа таких покрытий.

В Европе мягкой черепицей покрывается более 50 млн м² кровли в год, в США и Канаде — более 2 млрд м², что составляет 80 % от всех кровель. В России за последние 10 лет применение мягкой черепицы увеличилось до 5,5 млн м² в год.

Строение и состав гибкой черепицы

Несмотря на то, что гибкая черепица относится к штучным материалам, по своему строению и применяемым компонентам она схожа с рулонными кровельными материалами. Гибкая черепица — наплавленный кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на стекловолоконистую (стеклохолст, стеклоткань) или полиэфирную основу битумного или битумно-полимерного вяжущего с последующим покрытием обеих сторон полотна защитными слоями. Строение гибкой черепицы представлено на рис. 1.23.

Существует ряд отличий гибкой черепицы от рулонных материалов. Во-первых, гибкая битумная черепица имеет самые разнообразные расцветки и различные формы нарезки. С ее помощью можно придать дому оригинальный вид, точно подобрав кровельный материал под дизайн

фасада. Во-вторых, применение гибкой черепицы позволяет обеспечить гидроизоляцию крыши любой конфигурации. Кроме того, она обладает хорошей шумоизоляцией.



Рис. 1.23. Строение гибкой черепицы: 1 — верхний слой (крупнозернистая посыпка); 2 — битумное или битумно-полимерное вяжущее; 3 — основа; 4 — нижний слой (морозостойкая самоклеящаяся битумно-полимерная масса); 5 — защитный слой (легкосъемная силиконизированная пленка)

Гибкая черепица более долговечна, чем аналогичные по строению рулонные материалы, из-за того что она не образует сплошного покрытия. Деформации материала при старении локализуются в каждой плитке в отдельности, что исключает нарушение сплошности покрытия от внутренних напряжений. Долговечность кровли с использованием гибкой черепицы определяется потерей декоративности из-за осыпания цветной посыпки.

Физико-механические характеристики гибкой черепицы

Гибкая черепица Шинглас (Shinglas от англ. *shingle* — плоская кровельная плитка, драпка) изготавливается на основе стеклохолста, пропитанного окисленным битумом или СБС-модифицированным битумом. Верхняя поверхность черепицы покрыта слоем крупнозернистой базальтовой посыпки, которая обеспечивает разнообразные цветовые оттенки и защищает материал от механических и атмосферных воздействий. Гибкую черепицу выпускают одно-, двух- и трехслойной. Многослойная черепица обладает повышенной прочностью, ветроустойчивостью и долговечностью. Такую черепицу можно укладывать поверх старой гибкой черепицы.

Рядовая черепица представляет собой плоские плитки (гонты) с фигурными вырезами по одному краю и выпускается пяти форм (рис. 1.24). Для коньков и карнизов выпускается прямоугольная черепица тех же цветов. Крепление плиток к основанию осуществляется с помощью

оцинкованных гвоздей с широкими шляпками, количество которых зависит от угла наклона ската. Дополнительно плитки скрепляются друг с другом с помощью имеющихся на них самоклеящихся полосок.

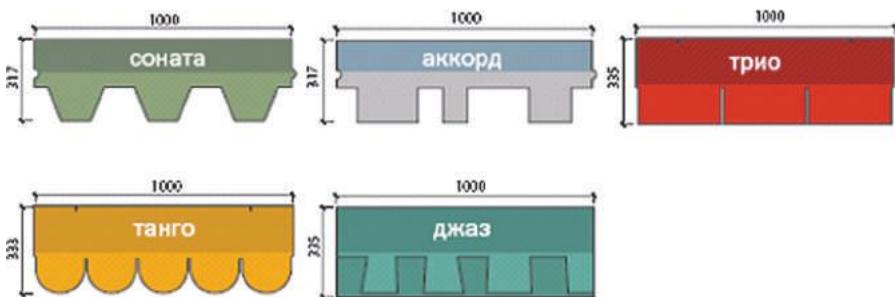


Рис. 1.24. Форма нарезки гонтов гибкой черепицы Шинглас

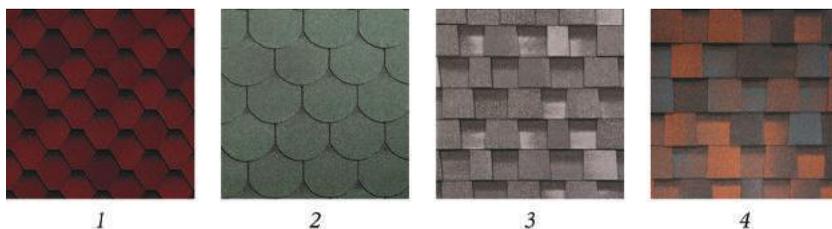


Рис. 1.25. Виды гибкой черепицы Шинглас: 1 — однослойная черепица серии Ультра; 2 — однослойная черепица серии Классик; 3 — двухслойная ламинированная черепица серии Кантри; 4 — двухслойная ламинированная черепица серии Джаз

Таблица 1.22

Физико-механические характеристики гибкой черепицы Шинглас

Показатель	Значение показателя			
	Гибкая черепица			
	Шинглас-Ультра	Шинглас-Классик	Шинглас-Кантри	Шинглас-Джаз
Тип вяжущего	СБС-модифицированный битум		Битум окисленный	
Толщина, мм	3,5	3,0	5,4	6
Масса готового покрытия, кг/м ²	9	8		

Таблица 1.22 (окончание)

Показатель	Значение показателя			
	Гибкая черепица			
	Шинглас- Ультра	Шинглас- Классик	Шинглас- Кантри	Шинглас- Джаз
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	600			
Гибкость на брус $R = 15$ мм, °С, не выше	-15	-5		
Теплостойкость, °С, не менее	+100	+85	+85	+85
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение, ч	72			
Размеры: длина×ширина, мм	1000×317	1000×317	1000×335	1000×335

Шинглас насчитывает более 30 видов разнообразных форм и расцветок. Некоторые из них представлены на рис. 1.25. Физико-механические характеристики гибкой черепицы *Шинглас* представлены в табл. 1.22.

1.1.4. Листовые кровельные материалы

Листовые кровельные материалы, так же как и штучные, имеют глубокие исторические корни: свинцовыми, медными и цинковыми листами покрывали крыши уникальных сооружений (дворцов, соборов, храмов) много веков тому назад.

Позже появились профилированные листы, изготовленные из различных материалов. Одними из первых профилированных листовых материалов были асбестоцементные листы. Затем появились волнистые листы из оцинкованной стали, алюминия, пластмассовые листы (например, стеклопластиковые, ПВХ, поликарбонат и др.), битумно-картонные гофрированные листы. Самый «молодой» листовый материал со сложным профилем — металлочерепица — начал свою историю с 60-х гг. XX в.

Металлочерепица

Металлочерепица является разновидностью профилированного стального оцинкованного листа с полимерным покрытием, имитирующим натуральную черепицу.

Металлочерепица изготавливается путем роликовой прокатки стали с последующей холодной штамповкой. В ее основе находится стальной лист толщиной 0,4—0,6 мм с многослойным полимерным покрытием разнообразных расцветок. Листы стали покрываются цинковым слоем или сплавом цинка и алюминия, после чего они грунтуются, пассивируются и покрываются окрасочным составом на основе полимерного связующего, минерального пигмента и наполнителя, имитирующего окраску черепицы и предохраняющего металл от коррозии.

В качестве полимерного связующего применяют термореактивные олигомеры (полиэфирный, эпоксидный, полиуретановый), пластифицированный ПВХ (так называемый пластизол), акриловые полимеры и т.п. Полиэфирное покрытие имеет толщину около 25 мкм, полиуретановое — 50 мкм (дает более стойкую и эластичную пленку), пластизол — 200 мкм (оно эластично и может иметь фактурную поверхность). С декоративной точки зрения наиболее интересны покрытия из прозрачных акриловых смол с цветным минеральным покрытием, создающие эффект поверхности керамического материала.

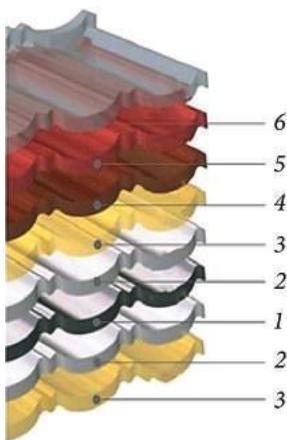


Рис. 1.26. Структура металлочерепицы *LUXARD*: 1 — стальной лист; 2 — алюминоцинковый слой; 3 — защитный лак; 4 — цветной акриловый лак; 5 — гранулы керамизированного сланца; 6 — защитный лак

Кровли из металлочерепицы следует применять на уклонах более 20 % (12°). При устройстве утепленных кровель под металлочерепицей необходимо делать вентилируемый зазор и предусматривать пароизоляцию. Монтаж листов металлочерепицы осуществляется по брусчатой обрешетке самонарезающимися шурупами.

К преимуществам этого вида кровли относится прежде всего его легкость. Масса 1 м² составляет 4—6 кг. Это свойство позволяет использовать металлочерепицу для укрытия крыш домов с фундаментом невысокой прочности, а также сэкономить на конструкции мощных несущих форм и стропилах. Крыша, покрытая металлочерепицей, не требует дополнительной окраски, ремонта, очистки. Металлочерепица

устойчива к атмосферным воздействиям и механическим повреждениям. Долговечность такой кровли составляет до 50 лет. Недостатком металлочерепицы является повышенная по сравнению с другими видами кровли шумность во время дождя, подвижек снега и т.п.

Металлочерепица LUXARD (ЛЮКСАРД) представляет собой многослойное кровельное покрытие, выполненное из стального листа толщиной 0,5 мм, покрытого слоем алюмоцинка — сплава алюминия (55 %), цинка (43,5 %), кремния (1,5 %) и защитным лаком. Благодаря своим антикоррозийным свойствам металл, покрытый алюмоцинком, не подвергается коррозии и не вступает в реакцию с соединениями, содержащимися в кислотных дождях. Для декоративной отделки внешней стороны используется цветной акриловый лак и гранулы керамизированного (окрашенного при высокой температуре) сланца. Для защиты от УФ-излучения поверхность металлочерепицы покрывается специальным лаком (рис. 1.26).

Некоторые виды металлочерепицы *LUXARD* представлены на рис. 1.27.



Рис. 1.27. Виды металлочерепицы *LUXARD*:
а — *LUXARD* Роман; б — *LUXARD* Классик

1.1.5. Мастичные кровельные материалы

Общие сведения

Мастичные кровельные покрытия (далее — мастики) — пластичные гидроизоляционные материалы, получаемые при смешивании органических вяжущих с минеральными наполнителями и различными добавками, улучшающими качество мастик. Минеральные тонкодисперсные наполнители (измельченные мел, известняк, доломит, мрамор, тальк и др.) вводятся для снижения расхода вяжущего, повышения



Рис. 1.28. Битумная мастика

вязкости и теплостойкости материала (рис. 1.28).

В отличие от рулонных материалов мастики после нанесения и затвердевания образуют монолитную гидроизоляционную пленку, не имеющую стыков и швов. Для улучшения прочностных характеристик мастичных покрытий их армируют стеклохолстом или стеклосеткой.

Классификация

В соответствии с ГОСТ 30693—2000 [19] мастики классифицируют по следующим основным признакам: назначению; виду основных исходных компонентов; виду разбавителя; способу применения; характеру отверждения.

По *назначению* мастики подразделяют на:

- кровельные, предназначенные для устройства мастичных и ремонта всех типов кровель;
- приклеивающие, предназначенные для приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов и устройства защитных слоев кровель;
- гидроизоляционные, предназначенные для устройства мастичных слоев гидроизоляции;
- пароизоляционные, предназначенные для устройства мастичных слоев пароизоляции.

В зависимости от вида основных исходных компонентов мастики подразделяют на битумные, битумно-эмульсионные, битумно-резиновые, битумно-полимерные, полимерные.

По *виду разбавителя* мастики подразделяют на содержащие воду или органические растворители.

По *способу применения* мастики подразделяют на:

- горячие — с предварительным подогревом перед применением до 130—180 °С (мастики на битумной основе);
- холодные — не требующие подогрева (содержащие растворитель и эмульсионные) и возможные к использованию до +5 °С.

По *характеру отверждения* мастики подразделяют на отверждающиеся (в том числе вулканизирующиеся) и неотверждающиеся. Отверждающиеся мастики могут быть одно- и многокомпонентными.

Однокомпонентные мастики изготавливаются на основе растворителей и представляют собой готовый продукт. Затвердевание мастик происходит по мере улетучивания из смеси содержащегося в ней растворителя. Исключением является мастика из полиуретана, отверждение которой происходит под действием водяных паров, содержащихся в воздухе. Срок хранения однокомпонентных мастик составляет от 3 до 12 месяцев.

Двухкомпонентные мастики поставляются в виде двух химически малоактивных составов, которые по отдельности могут храниться более 12 месяцев. Практически все двухкомпонентные мастики изготавливаются на полимерной основе. Большой срок хранения двухкомпонентных мастик является существенным преимуществом, так как позволяет сделать запас материала к сезону работ. Еще одним преимуществом двухкомпонентных мастик считается гарантированное время отверждения (вулканизации), которое в этом случае практически не зависит от условий окружающей среды (влажности, температуры), но полностью зависит от состава и соотношения двух компонентов.

Особенности применения

Мастики могут применяться как основа для создания самостоятельной гидроизоляционной системы (кровельные и гидроизоляционные) либо как часть системы (приклеивающие). Их можно применять как при новом строительстве, так и для ремонта всех видов кровель (мастичных, рулонных, металлических, асбестоцементных, бетонных и др.). Для придания мастикам нужного цвета в них добавляют красители, что можно делать как в заводских, так и в построечных условиях перед применением мастики.

Поверхность основания, на которое наносится мастичное покрытие, должна быть сухой, влажностью не более 5 %. Наличие влаги приводит к образованию пузырей и снижению адгезии мастики к основанию.

Мастики наносят механизированным методом (воздушного либо безвоздушного распыления) или ручным способом (кистями, валика-

ми). Применение мастик значительно повышает качество гидроизоляции в местах примыканий, сопряжений с трубами, стойками и т.п., а также снижает трудозатраты по сравнению с применением рулонных материалов.

В то же время при использовании мастик в условиях строительной площадки трудно добиться гарантированной толщины изолирующей пленки, особенно при больших уклонах и неровных поверхностях. Поэтому необходимо либо тщательно готовить поверхность, либо увеличивать расход материала. И то и другое приводит к росту стоимости покрытия. Но на сегодняшний день разработаны мастики, которые позволяют контролировать качество и толщину покрытия, а также минимизировать расход материала благодаря применению оригинального метода — нанесению мастики в два разноцветных слоя. Сначала наносится первый слой одного цвета, а затем второй — контрастного цвета. Причем толщина наносимого покрытия второго слоя должна быть такова, чтобы первый слой не просвечивал.

Основные показатели качества и методы испытаний кровельных и гидроизоляционных мастик

Оценку качества кровельных и гидроизоляционных мастик производят в соответствии с ГОСТ 26589—94 [13] по следующим основным показателям: условной прочности, относительному удлинению, прочности сцепления с основанием, прочности сцепления между слоями, прочности на сдвиг клеевого соединения, водопоглощению, водонепроницаемости, гибкости на брусе и др.

Подготовку мастики и образцов к испытанию и проведение испытаний осуществляют при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

- *Условную прочность и относительное удлинение* определяют испытанием образцов-лопаток (рис. 1.29). Тип образца-лопатки выбирают в зависимости от вида мастики и указывают в НД на мастику этого вида.

Образец помещают в захваты разрывной машины по установочным меткам, совместив продольные оси захватов и образца, приводят в действие механизм растяжения со скоростью (500 ± 50) мм/мин и фиксируют силу и длину рабочего участка в момент разрыва или максимального значения силы.

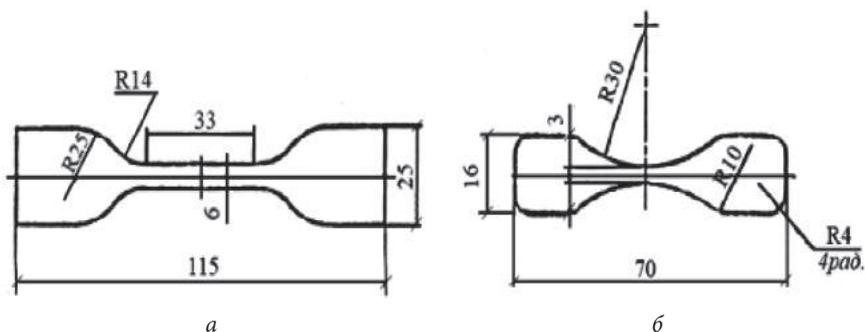


Рис. 1.29. Образец-лопатка: а — тип 1; б — тип 2

Условную прочность (σ), МПа (Н/мм^2), вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{P_p}{bh_0}, \quad (1.12)$$

где P_p — разрывная сила, Н;

b — ширина образца-лопатки, мм;

h_0 — толщина образца-лопатки, мм.

Относительное удлинение (ε), %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l}{l}, \quad (1.13)$$

где l — длина рабочего участка образца до испытания, мм;

l_1 — длина рабочего участка образца в момент разрыва или максимального значения силы, мм.

• Для определения *прочности сцепления с основанием* изготавливают образцы, состоящие из бетонной подложки, мастичного покрытия и приклеенных к нему отрывных элементов. Подложка представляет собой призму, выполненную из бетона класса В15, шириной 50 мм, длиной не менее 30 мм и высотой, обеспечивающей формоустойчивость в процессе испытания образца. Мاستику наносят на подложку в соответствии с НД на мاستику конкретного вида. На подложку с мاستикой, установленную горизонтально, наклеивают стальные отрывные элементы (рис. 1.30). Мاستичное покрытие прорезают по окружности отрывного элемента при помощи ножа на всю толщину до подложки.

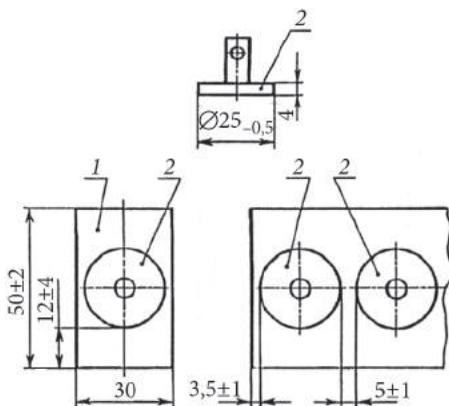


Рис. 1.30. Образцы для испытания мастики на прочность сцепления с основанием:
1 — подложка; 2 — отрывной элемент

Образцы устанавливают в приспособление разрывной машины и к ее верхнему захвату крепят отрывной элемент с помощью имеющегося в нем отверстия, а затем приводят в действие механизм растяжения. Скорость перемещения подвижного захвата составляет 25 мм/мин. В момент разрыва фиксируют максимальное усилие и характер разрушения образца.

Прочность сцепления с основанием ($R_{\text{сц}}$), МПа (Н/мм^2), вычисляют по формуле

$$R_{\text{сц}} = \frac{P}{S}, \quad (1.14)$$

где P — максимальное усилие разрыва, Н;

S — площадь склеивания, мм^2 .

В расчет принимают результаты испытаний образцов, разрушение которых произошло по материалу покрытия или по месту контакта покрытия и подложки.

• Прочность сцепления между слоями определяется на образцах-квадратах, наклеенных на бетонные плитки размером $50 \times 30 \times 15$ мм (класс бетона В15). Стороны квадрата и плитки должны быть параллельны, а расстояние от края квадрата до края плитки составляет около 10 мм.

При определении прочности сцепления между слоями *рулонный материал* — *рулонный материал* в середину каждого из двух подготовленных квадратов наносят мастику, накладывают их друг на друга крестообразно и прижимают грузом. Излишки мастики удаляют ножом или хлопчатобумажной тканью.

При определении сцепления между слоями *рулонный материал* — *бетон* на подготовленный квадрат и чистую бетонную плитку наносят мастику, накладывают их друг на друга крестообразно и прижимают грузом. Излишки мастики удаляют.

Испытания проводят по той же методике, что и определение прочности сцепления с основанием. Скорость перемещения подвижного захвата составляет 25 мм/мин.

Прочность сцепления между слоями и между слоем и основанием ($R_{\text{пр}}$), МПа (Н/мм²), вычисляют по формуле

$$R_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пр}}}{S}, \quad (1.15)$$

где $P_{\text{пр}}$ — максимальное усилие отрыва, Н;

S — площадь склеивания, определяемая площадью штампа, мм².

• *Прочность на сдвиг клевого соединения* определяют на образцах-полосках размерами 120×50 мм, вырезанных в продольном направлении из рулонных битумных и битумно-полимерных материалов, и размерами 120×25 мм, вырезанных из рулонных полимерных материалов. Две полоски склеивают мастикой внахлест на участке 30×50 мм или 30×25 мм в зависимости от вида материала, предназначенного для склеивания. Образцы помещают в захваты разрывной машины по установочным меткам, нанесенным на расстоянии 25 мм от зоны склейки, совместив продольные оси образца и захватов. Затем приводят в действие механизм растяжения. При определении прочности на сдвиг рулонных битумных и битумно-полимерных материалов скорость перемещения подвижного захвата составляет 50 мм/мин, полимерных материалов — 500 мм/мин. В момент разрыва фиксируют максимальное усилие.

Прочность на сдвиг клевого соединения (r), Н/м, вычисляют по формуле

$$r = \frac{F}{l}, \quad (1.16)$$

где F — максимальное усилие разрыва, Н;
 l — ширина полоски, м.

- *Водопоглощение* определяют испытанием образцов размерами 50×50 мм, изготовленных из мастики в соответствии с НД на мастику конкретного вида. Образец взвешивают (m_1) и помещают в сосуд с водой таким образом, чтобы слой воды над ним был не менее 50 мм. Образец выдерживают в течение времени, указанного в НД на мастику конкретного вида. Затем образец извлекают из воды, осушают и взвешивают (m_2). Время с момента извлечения образца из воды до взвешивания не должно превышать 60 с.

Водопоглощение (W), % по массе, вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, \quad (1.17)$$

где m_1 — масса сухого образца, г;

m_2 — масса образца после заданной выдержки в воде, г.

- *Водонепроницаемость* мастик оценивают отсутствием пропуска воды через образец размером 150×150 мм за определенное время под давлением, указанным в НД на мастику конкретного вида (до 0,3 МПа), по методике, аналогичной методике определения водонепроницаемости рулонных гидроизоляционных материалов (см. раздел 1.1.1).

Гибкость на брусе определяют на образцах размером 120×20 мм, изготовленных из мастики в соответствии с НД на мастики конкретного вида, по методике, аналогичной методике испытания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов (см. раздел 1.1.1).

Физико-механические характеристики битумных и битумно-полимерных мастик и области применения

- *Мастика кровельная ТЕХНОНИКОЛЬ № 21 (Техномаст)* — холодная однокомпонентная мастика на основе СБС-модифицированного битума. Обладает повышенным относительным удлинением при раз-

рыве, низкой температурой гибкости на брусе и высокой теплостойкостью. Мاستику можно наносить любым способом — кистями, шпателем, наливом, распылением. По вязкости *Техномаст* напоминает густую масляную краску, однако после высыхания становится прочным резиноподобным материалом с высокими эксплуатационными характеристиками. Применяется для устройства мастичных и ремонта всех видов кровель (в сочетании со стеклотканью, рулонными материалами и без них), а также гидроизоляционной защиты строительных конструкций и антикоррозионной обработки металлических поверхностей.

- *Мастика для кровельных и гидроизоляционных работ ТЕХНОНИКОЛЬ № 31* — холодная двухкомпонентная мастика, получаемая путем диспергирования битумов в водном растворе эмульгаторов с модификацией латексом. Покрытие из мастики *ТЕХНОНИКОЛЬ № 31* обладает высокой прочностью на разрыв, водонепроницаемостью, сохраняет свои свойства при периодическом и постоянном контакте с влагой, обладает стойкостью к образованию плесени, грибов, микроорганизмов, выдерживает резкие температурные перепады, что позволяет использовать ее в различных климатических поясах. Мاستику можно укладывать на любые жесткие основания (железобетон, цементная и асфальтобетонная стяжка, листы из асбестоцемента, древесина, устаревшие покрытия мастичной и рулонной кровли). Применяется для устройства мастичных и ремонта всех видов кровель (в сочетании со стеклотканью, рулонными материалами и без них), устройства защитных слоев кровли, гидроизоляционной защиты строительных конструкций.

- *Горячая кровельная мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 41 (Эврика)* изготавливается из СБС-модифицированного битума и минеральных наполнителей. Температура размягчения мастики составляет +105 °С, глубина проникновения иглы при 25 °С — 50 мм⁻¹. Мастика разогревается до температуры (160—180) °С и наносится в жидком виде на предварительно огрунтованное битумным праймером основание при помощи шпателя или кисти. Мастика имеет хорошую адгезию к бетону, кирпичу, неокрашенным металлам, обладает стойкостью к перепадам температуры, влажности, образованию плесени, грибов, микроорганизмов. Применяется при устройстве мастичных и ремонте всех видов кровель, устройстве защитных слоев кровли, а также для выравнивания

оснований (из цементно-песчаной стяжки, плит из бетона, асфальтовых стяжек) и приклеивания битумных и битумно-полимерных рулонных материалов к основанию.

- *Мастика приклеивающая ТЕХНОНИКОЛЬ № 22 (Вишера)* — холодная многокомпонентная мастика на основе СБС-модифицированного битума. Применяется для приклеивания рулонных битумных и битумно-полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов к бетонным, металлическим, цементно-песчаным и другим поверхностям.

- *Мастика для гибкой черепицы ТЕХНОНИКОЛЬ № 23 (Фиксер)* — холодная многокомпонентная мастика на основе СБС-модифицированного битума. Используется для проклеивания швов плиток гибкой черепицы, приклеивания гибкой черепицы к ендове, карнизам и фронтонам, а также приклеивания материалов на битумной основе к кирпичным, бетонным, металлическим, деревянным, керамическим и другим поверхностям. Благодаря низкому содержанию растворителя (менее 25 % по массе) и специальных добавок мастика обладает высокой вязкостью, что позволяет ей хорошо держаться на вертикальных поверхностях и исключает сползание посыпки.

- *Мастика приклеивающая ТЕХНОНИКОЛЬ № 27* производится на основе битума, наполнителей и специального органического растворителя, не разрушающего полистирол. Предназначена для приклеивания плит из экструзионного пенополистирола к битумным, битумно-полимерным изоляционным материалам, а также к бетонным, металлическим, деревянным поверхностям. Мастика наносится в виде точек или полос при помощи шпателя.

- *Защитная алюминиевая мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 57* содержит алюминиевый пигмент. Во время высыхания мастики, пока растворитель еще не испарился, «чешуйки» алюминиевого пигмента всплывают на поверхность мастики и образуют светоотражающее покрытие. Предназначена для защиты кровли от нагрева и ускоренного старения под действием УФ-излучения. Применяется для устройства защитного слоя на новых битумных, битумно-полимерных мастичных кровлях, восстановления защитного слоя на старых битумных, битумно-полимерных мастичных и рулонных кровлях, защиты металлических кровельных покрытий от коррозии.

Физико-механические характеристики битумных и битумно-полимерных мастик представлены в табл. 1.23.

Физико-механические характеристики битумных и битумно-полимерных мастик ТЕХНОНИКОЛЬ

Показатель	Значение показателя						
	Марки						
	№ 21 Техномаст	№ 22 Вишера	№ 23 Фиксер	№ 27	№ 31	№ 41 Эврика	№ 57 алюминиевая
Условная прочность, МПа, не менее	1		75		0,5	0,2	0,2
Относительное удлинение, %, не менее	500				700	1100	200
Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	0,60	0,60	0,50	0,10	0,45	0,20	0,30
Прочность сцепления между слоями, МПа, не менее:							
рулонный материал — бегон	0,4	0,3	0,5			0,15	
рулонный материал — рулонный материал	0,3	0,3	0,5			0,15	0,2
Прочность на сдвиг клевого соединения, Н/м, не менее	4	4	4	0,1		4	—
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	0,4				1	1	2
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,001 МПа в течение, ч							72
Водонепроницаемость при давлении 0,1 МПа в течение, ч	24				24		
Гибкость на брусе R = 5 мм, °С	-35				-15		-15
Теплостойкость, °С, не менее	+110	+95		+90	+95		+100

Грунтовки (праймеры)

Грунтовка (праймер) — материал группы «мастики», содержащий низкое количество вяжущего (от 25 до 45 % по массе). Применяется для улучшения сцепления наносимого покрытия с основанием.

При выполнении стяжки на поверхности основания образуются слои пыли и другие загрязнения. Если производить наплавление гидроизоляционного покрытия на основание, не обработанное грунтовочной мастикой, то адгезия кровельного материала к основанию будет низкой. Грунтовка связывает пыль, песок и другие несвязанные частицы, улучшая «смачиваемость» основания при наплавлении и повышая прочность сцепления (рис. 1.31). Грунтовочный состав проникает в поры основания на глубину до 3—4 мм, образуя сплошную гидрофобную пленку, что препятствует проникновению воды в поверхность стяжки, повышая его прочность и морозостойкость.



Рис. 1.31. Поверхность основания:
а — негрунтованная; б — обработанная грунтовкой

Для укладки рулонных битумных или битумно-полимерных материалов применяют грунтовки, изготовленные на основе нефтяных битумов.

Битумный праймер поставляется двух видов: готовый к применению и концентрат.

Готовый к применению битумный праймер содержит битумное вяжущее и органический растворитель и не требует предварительного разбавления. У готового праймера всегда стабильны конечные свойства — время высыхания, вязкость, содержание сухого остатка и т.п., так как они контролируются при производстве на заводах. Перед использованием готовый праймер рекомендуется выдержать при комнатной температуре не менее суток.

Свойства битумного концентрата во многом зависят от применяемого разбавителя. Разбавление производится в соотношении 1:2 по объему без предварительного разогрева. Для разбавления концентрата можно применять любые органические растворители: керосин, бензин, нефрас (уайт-спирит) и т.д. При температурах ниже +5 °С перед разбавлением концентрат праймера необходимо предварительно выдерживать в теплом помещении (+21 °С) для более легкого смешивания.

Расход готовой грунтовки или разбавленного концентрата составляет 0,25—0,35 л/м².

• *Праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01* изготавливается на основе битумов, температура размягчения которых не менее 80 °С. Праймер применяется для подготовки (огрунтовки) изолируемых поверхностей (бетонной плиты, цементно-песчаной стяжки и т.п.) перед укладкой наплаваемых и самоклеящихся кровельных и гидроизоляционных материалов.

Физико-механические характеристики *праймера битумного ТЕХНОНИКОЛЬ № 01* представлены в табл. 1.24.

Таблица 1.24

**Физико-механические характеристики праймера битумного
ТЕХНОНИКОЛЬ № 01**

Показатель	Значение показателя
Условная вязкость*, с	15—40
Время высыхания при температуре 20 °С, ч, не более	12
Температура размягчения, °С, не ниже	+80

* За условную вязкость принимается время непрерывного истечения в секундах определенного объема испытуемого материала через калиброванное сопло вискозиметра типа ВЗ-246 (определяется по ГОСТ 8420).

1.1.6. Теплоизоляционные материалы

Общие сведения

Одним из наиболее эффективных путей экономии энергии является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий и сооружений. Потери тепла через крышу в холодное время года составляют 30—35 % в одно-, двухэтажных домах и 5—10 % — в многоэтаж-

ных. Применение эффективных систем теплоизоляции позволяет сократить потребление энергоресурсов на отопление до 10 раз. Внутри помещений, в зависимости от их функционального или технологического назначения, должен обеспечиваться тепловлажностный режим эксплуатации.

Физико-технические свойства используемых теплоизоляционных материалов оказывают определяющее влияние на теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность конструкций. Теплоизоляция крыши обеспечивает:

- защиту покрытия и помещения от воздействий переменных температур наружного воздуха;
- выравнивание температурных колебаний основного массива покрытия, благодаря чему исключается появление трещин, вследствие неравномерных температурных колебаний;
- перемещение точки росы во внешний теплоизоляционный слой, что исключает отсыревание бетонного или железобетонного покрытия;
- формирование благоприятного микроклимата помещения за счет повышения температуры внутренней поверхности покрытия (потолка) и уменьшения перепада температур внутреннего воздуха и поверхности потолка, в том числе и чердачных помещений.

При выборе теплоизоляционных материалов для устройства утепления кровли (крыши) следует учитывать влияние эксплуатационных факторов: температурно-влажностный режим работы конструкции, географическое местонахождение, капиллярное и диффузионное увлажнение утепления крыши, а также воздействие ветровых, снеговых и механических нагрузок, т.е. способа эксплуатации кровли и места нахождения здания. Кроме того, выбирая кровельную теплоизоляцию, необходимо учитывать различную технологию монтажа для скатных и плоских крыш.

К теплоизоляционным относятся материалы, имеющие плотность не более 500 кг/м^3 , теплопроводность — не более $0,175 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ при температуре 25 °C .

Классификация

В соответствии с ГОСТ 16381—77 [6] теплоизоляционные материалы и изделия подразделяются по следующим признакам:

- *виду основного исходного сырья*: неорганические, органические (если материал изготовлен из смеси органического и неорганического сырья, то его относят к неорганическим, если количество последних в смеси превышает 50 % по массе);
- *структуре*: волокнистые, ячеистые, зернистые (сыпучие);
- *форме*: рыхлые (вата, перлит и др.), плоские (плиты, маты, войлок и др.), фасонные (цилиндры, полуцилиндры, сегменты и др.), шнуровые;
- *горючести*: негорючие, трудногорючие, горючие;
- *содержанию связующего вещества*: содержащие или не содержащие связующее вещество.

Основные показатели качества и методы испытания теплоизоляционных материалов

Оценку качества теплоизоляционных материалов производят по следующим основным показателям: теплопроводности, плотности, прочности, сжимаемости, водопоглощению, горючести и др.

Одной из важнейших характеристик теплоизоляционного материала является его теплопроводность.

• *Теплопроводность* — способность материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникающий при разности температур на его противоположных поверхностях. Количество теплоты, проходящей через ограждающую конструкцию, определяется по формуле

$$Q = \lambda \frac{\Delta t \cdot F \cdot \tau}{\delta}, \text{ Вт} \cdot \text{ч}, \quad (1.18)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С, — показывает, какое количество теплоты передается за единицу времени через единицу площади стенки единичной толщины при разности температур между поверхностями стенки $\Delta t = 1$ °С;

Δt — разность температур на противоположных поверхностях, °С;

F — площадь поверхности, м²;

τ — время, ч;

δ — толщина материала, м.

Теплопроводность определяется в соответствии с ГОСТ 7076—99 [27]. Сущность метода заключается в создании стационарного теплово-

го потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым (наибольшим) граням образца, измерении плотности этого теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца.

Теплопроводность материала зависит от ряда факторов: общей пористости, размера и формы пор, вида твердой фазы, температуры, влажности и т.п.

В соответствии с СП 23-101—2004, СП 50.13330.2012 [44; 47] различают следующие показатели коэффициента теплопроводности:

λ_0 — теплопроводность материала в сухом состоянии;

λ_A — теплопроводность материала при условиях эксплуатации зоны А;

λ_B — теплопроводность материала при условиях эксплуатации зоны Б.

По теплопроводности при 25 °С теплоизоляционные материалы разделяют на следующие классы: низкой теплопроводности — до 0,06 Вт/(м·°С), средней — от 0,06 до 0,115, повышенной — от 0,115 до 0,175.

• *Плотность материалов* определяют согласно ГОСТ 17177—94 [7]. Отобранные образцы взвешивают и определяют их объем.

Для образцов *правильной формы* (кубов, призм, цилиндров и др.) объем вычисляют после измерения его размеров (длины, ширины, толщины, диаметра).

Объем *рыхлого волокнистого материала* определяют в цилиндре под удельной нагрузкой 2000 Па и вычисляют по формуле

$$V = \pi R^2 h, \text{ м}^3, \quad (1.19)$$

где R — внутренний радиус цилиндра, м;

h — высота сжатого слоя материала в цилиндре, м.

Плотность ρ вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V(1+0,01W)}, \text{ кг/м}^3, \quad (1.20)$$

где m — масса образца (пробы рыхлого волокнистого материала), кг;

V — объем образца (пробы рыхлого волокнистого материала), м³;

W — влажность образца (пробы рыхлого волокнистого материала), %.

По величине плотности теплоизоляционные материалы подразделяются на особо легкие ($15\text{--}75 \text{ кг/м}^3$), легкие ($100\text{--}175 \text{ кг/м}^3$), средней плотности ($200\text{--}350 \text{ кг/м}^3$), плотные (400 кг/м^3 и более). Кроме того, в зависимости от плотности (кг/м^3) теплоизоляционные материалы подразделяют на *марки*: 15; 25; 35; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500.

- К *прочностным свойствам* теплоизоляционных материалов относятся пределы прочности при сжатии, изгибе и при растяжении. Значение этих величин колеблется в широком интервале в зависимости от объема и характера пористости, вида каркасообразующего материала.

В соответствии с ГОСТ 17177—94 [7] неорганические волокнистые и органические ячеистые материалы испытывают на сжатие при 10%-ной деформации и изгиб; неорганические волокнистые — еще и на растяжение и сжимаемость.

Определение *прочности на сжатие при 10%-ной линейной деформации* заключается в измерении значения сжимающих усилий, вызывающих деформацию образца по толщине на 10 % при скорости нагружения 5—10 мм/мин. Образцы из волокнистых материалов выпиливаются в виде призм длиной и шириной 100 мм и толщиной, равной толщине изделия; образцы из органических ячеистых материалов — в виде кубов размерами 50×50×50 мм.

Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации σ_{10} вычисляют по формуле

$$\sigma_{10} = \frac{P}{lb}, \text{ МПа}, \quad (1.21)$$

где P — нагрузка при 10%-ной линейной деформации, Н;

l — длина образца, мм;

b — ширина образца, мм (см).

Определение *прочности при изгибе* заключается в измерении значения усилия, вызывающего разрушение образца при его изгибе при скорости нагружения 5—10 мм/мин. Образец изготавливают в виде призмы квадратного сечения: для волокнистых материалов — 40×40×200 мм, для органических ячеистых — 30×30×160 мм. Образец укладывают на две цилиндрические опоры диаметром 10 мм. Расстояние между осями

опор должно быть 160 мм в случае испытания волокнистого материала и 120 мм — органического ячеистого. Нагрузка на образец передается через валик диаметром 10 мм, приложенный по всей ширине образца на равном расстоянии от опор. Разрушающей считают наибольшую нагрузку, отмеченную при испытании образца в момент его разрушения.

Предел прочности при изгибе $R_{и}$ вычисляют по формуле

$$R_{и} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ МПа}, \quad (1.22)$$

где P — разрушающая нагрузка, Н;

l — расстояние между осями опор, мм;

b — ширина образца, мм;

h — высота образца, мм.

Определение *прочности при растяжении* волокнистых материалов заключается в измерении значения растягивающих усилий, вызывающих разрушение образца при скорости растяжения 20 мм/мин. Образец представляет собой призму длиной 280 мм, шириной 70 мм и толщиной, равной толщине материала или изделия. Растягивающее усилие передают на образец через игольчатые зажимы, расстояние между которыми 200 мм.

Предел прочности при растяжении R_p вычисляют по формуле

$$R_p = \frac{P}{bh}, \text{ МПа}, \quad (1.23)$$

где P — разрушающая нагрузка, Н;

b — ширина образца, мм;

h — толщина образца, мм.

• *Сжимаемость* характеризует степень уплотняемости волокнистого материала под действием сжимающих сил. Для проведения испытания изготавливают образец, имеющий в плане форму квадрата со стороной 100 мм, толщиной, равной толщине изделия. Сжимаемость определяется путем измерения толщины образца при воздействии сжимающей удельной нагрузки (2000 Па) в определенной последовательности.

Сжимаемость $C_{ж}$, %, вычисляют по формуле

$$C_{ж} = \frac{h - h_1}{h}, \% \quad (1.24)$$

где h — толщина образца под удельной нагрузкой 500 Па, мм;

h_1 — толщина образца после деформации под удельной нагрузкой 2000 Па, мм.

Для мягких материалов сжимаемость составляет более 30 %, для полужестких — 6—30 %, для твердых — менее 6 %.

• *Водопоглощение* определяют согласно ГОСТ 17177—94 [7]. Сущность метода заключается в измерении массы воды, поглощенной образцом сухого материала при полном погружении в воду в течение 24 ч.

Водопоглощение по массе W_m вычисляют по формуле

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \% \quad (1.25)$$

где m_1 — масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г;

m_2 — масса образца после насыщения водой, г.

Водопоглощение по объему W_o вычисляют по формуле

$$W_o = \frac{m_2 - m_1}{V \rho_v} 100 \% \quad (1.26)$$

где m_1 — масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г;

m_2 — масса образца после насыщения водой, г;

V — объем образца, см³;

ρ_v — плотность воды, г/см³.

• *Горючесть* теплоизоляционных материалов определяется в соответствии с ГОСТ 30244—94 [15] (см. часть 4).

• *Предельная температура применения* — температура, при которой можно применять материал без существенного изменения его свойств. Температура применения органических ячеистых теплоизоляционных материалов составляет 60—180 °С, неорганических волокнистых — до 600 °С.

Виды теплоизоляционных материалов

Волокнистые материалы

Минеральная вата — теплоизоляционный материал, имеющий волокнистую структуру и изготовленный из расплава горной породы, шлака или стекла.

Свойства минеральной ваты определяются в основном природой минерального сырья и диаметром волокна. По виду сырья неорганические волокна делятся на 3 типа: каменная вата, стеклянная вата и шлаковата. В зависимости от диаметра волокна вату подразделяют на три вида: минеральная вата из супертонкого волокна (диаметром менее 3 мкм); минеральная вата из тонкого волокна (диаметром от 3 до 6 мкм); минеральная вата с диаметром волокна до 12 мкм. Длина волокна составляет от 2 до 60 мм. Чем длиннее волокно, тем более упругими и прочными получаются изделия. На прочностные характеристики минераловатных изделий влияет также ориентация волокон: с ростом количества вертикально ориентированных волокон прочность на сжатие возрастает. Волокнистая структура также обеспечивает другое важное свойство минеральной ваты — малую усадку и сохранение геометрических размеров в течение всего периода эксплуатации здания.

Минеральная (каменная) вата и изделия из нее

Для производства каменной ваты применяют горные породы габбро-базальтовой группы и их аналоги, осадочные породы, вулканические шлаки, промышленные отходы, в том числе щебень из доменного шлака.

Основным критерием, определяющим состав шихты для производства минеральной (каменной) ваты, является обеспечение вязкости расплава и долговечности волокна.

Состав сырьевой шихты устанавливают на основании химического анализа сырья по модулю кислотности.

Модуль кислотности определяется соотношением

$$M_k = \frac{(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)\%}{(\text{CaO} + \text{MgO})\%}. \quad (1.27)$$

Для высококачественной минеральной (каменной) ваты модуль кислотности должен быть не менее 1,5.

С повышением модуля кислотности увеличивается долговечность минеральной ваты, так как становится выше ее химическая стойкость и, в частности, водостойкость. Однако рост количества кислых компонентов шихты ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) приводит к возрастанию вязкости, что влечет за собой ухудшение условий волокнообразования. Поэтому при выборе состава шихты необходимо принимать оптимальное решение. С одной стороны, не допускать слишком большой вязкости во избежание нарушения технологического процесса, с другой стороны, не допускать низкого содержания кислых оксидов в ущерб долговечности минеральной ваты.

Производство минеральной ваты включает следующие процессы: подготовку сырья, плавление сырьевой смеси и получение расплава, переработку расплава в волокно, формирование минераловатного ковра.

Плавление сырьевой смеси осуществляется в вагранках. Вагранка — шахтная печь непрерывного действия высотой 3—6 м, диаметром 1,2—1,5 м, работающая по принципу противотока. Сырьевая смесь загружается в печь и опускается вниз, превращаясь в расплав при температуре 1400—1800 °С. Газ, образующийся при сгорании топлива в нижней части вагранки, поднимается вверх, обеспечивая нагревание и расплавление сырья. Для приготовления расплава используются также ванны и электродуговые печи.

Для переработки расплава в волокно применяют следующие способы: дутьевой, центробежно-дутьевой, центробежно-фильтрно-дутьевой.

Сущность *дутьевого способа* заключается в том, что на струю жидкого расплава, вытекающего из плавильного агрегата, воздействует струя энергоносителя, движущаяся с большой скоростью (400—800 м/с). Она расщепляет струю расплава и вытягивает образовавшиеся элементы в волокно. В качестве энергоносителя используются перегретый и сухой насыщенный пар, сжатый воздух или горячие продукты сгорания топлива.

Центробежно-дутьевой способ основан на превращении струи расплава в пленку и струйки центробежной силой вращающейся чаши, которые затем вытягиваются в волокно при помощи энергоносителя. Расплав из вагранки с температурой 1300—1350 °С по лотку стекает на внутреннюю поверхность боковой стенки чаши центрифуги. При вращении

чаши с частотой 1000—1200 об/мин расплав распределяется по ее периметру и срывается с кромок чаши в виде пленок, струек и капель. Последнее подхватывает поток энергоносителя, и под совместным действием центробежных и аэродинамических сил из струек образуются волокна.

При *центробежно-фильерно-дутьевом* способе тонкие струи формируются за счет центробежной силы вращающейся чаши с отверстиями (фильерами) и последующей их обработки горячими газами. Применение вращающейся чаши с множеством фильер (2000 шт.) диаметром менее 1 мм позволяет получать стабильные микроструйки и создавать устойчивые и регулируемые условия воздействия аэродинамических сил. Этот способ позволяет получать ультратонкое волокно (диаметром 1—2 мкм).

Формирование минераловатного ковра осуществляется в камере волоконоосаждения, которая состоит из металлического каркаса, обшитого листовой сталью, с тепловой изоляцией. Дном камеры является сетчатый или пластинчатый конвейер с шириной, равной ширине камеры. Отсос отработанного воздуха из камеры происходит под конвейером, что способствует осаждению на него волокон ваты. Для обеспыливания и повышения эластичности волокна в камеру волоконоосаждения вводят обеспыливающие добавки в количестве до 1 %. В качестве обеспыливающей добавки применяют водные эмульсии индустриальных масел и мазута.

Для уплотнения выходящего из камеры слоя ваты служит подпрессовочный валик. После выхода из камеры волоконоосаждения минераловатный ковер закатывается в рулон в случае выпуска сырой (комовой) ваты или передается на установку для переработки в изделия.

В зависимости от плотности (кг/м^3) минеральную (каменную) вату изготавливают марок VM-35, VM-50, VM-70.

Высокие теплоизоляционные свойства каменной ваты обусловлены наличием большого количества воздушных пор: пористость достигает 95—96 %. Теплопроводность при температуре 25 °С составляет 0,04—0,06 Вт/м·°С. Помимо волокон вата содержит частицы расплава, не вытянутые в волокна (так называемые «корольки»), которые повышают теплопроводность минеральной ваты, являясь «мостиками» передачи тепла. При увеличении диаметра волокна от 3 до 12 мкм теплопроводность увеличивается на 10 %.

Минеральная вата относится к негорючим материалам (НГ), ее можно применять при температуре 600—700 °С.

Водопоглощение минеральной ваты очень велико — до 600 %. Гигроскопичность колеблется от 0,2 до 2 %. С повышением влажности растут и теплопроводность, поэтому минеральную вату нужно предохранять от увлажнения.

Обладая высокой паропроницаемостью, минеральная вата не задерживает в себе влагу, поступающую из помещения в виде пара, образованного в процессе жизнедеятельности человека, и практически всегда остается в сухом состоянии. Паропроницаемость минераловатных изделий составляет 0,4—0,6 мг/(м·ч·Па).

Минераловатные изделия подразделяются на штучные — плиты, цилиндры, полуцилиндры, сегменты; рулонные — маты прошивные и на синтетическом связующем; шнуровые — шнуры, жгуты; сыпучие — гранулированная вата.

Минераловатные плиты, цилиндры, полуцилиндры и сегменты изготавливают формованием и тепловой обработкой минераловатного ковра с введением в него связующего вещества. Связующее (в количестве от 3 до 10 %) обеспечивает скрепление минеральных волокон между собой в местах контакта. В качестве связующего применяют водорастворимые синтетические смолы. Для повышения влагостойкости изделий к связующему добавляют гидрофобизирующие вещества (масляные и кремнийорганические композиции).

Раствор связующего в минераловатный ковер вводят следующими способами: распылением, или пульверизацией (сухой способ); проливом с последующим отжимом и вакуумированием (для удаления избытка раствора); приготовлением гидромассы — смеси с высоким содержанием воды, которая удаляется при формовании и тепловой обработке (мокрый способ).

Тепловая обработка минераловатного ковра, пропитанного связующим веществом, осуществляется путем пропускания горячих дымовых газов или воздуха через слой ковра, когда он проходит по конвейеру камеры тепловой обработки. Температура теплоносителя составляет 140—210 °С. Тепловая обработка обеспечивает удаление влаги, внесенной со связующим, и его отверждение.

Заключительным этапом производства плит является раскрой волокнистого ковра и упаковка готовой продукции.

Плиты изготавливают следующих размеров: длина — 1000, 1200 мм, ширина — 500, 600 мм и толщина от 50 до 120 мм с шагом в 10 мм. В за-

висимости от содержания связующего и степени обжатия ковра при формировании получают изделия различной жесткости.

Согласно ГОСТ 9573—2012 [28] в зависимости от плотности и степени деформации под действием сжимающей нагрузки минераловатные плиты подразделяются на виды. Виды и области применения минераловолокнистых плит для утепления кровель представлены в табл. 1.25.

Таблица 1.25

Виды, марки и области применения минераловолокнистых плит

Вид плиты	Плотность, кг/м ³	Область применения
Мягкая ПМ	40	Ненагруженная тепло-, звукоизоляция скатных крыш, перекрытий
	50	
Полужесткая ППЖ	60	Ненагруженная тепло-, звукоизоляция скатных крыш, потолков
	70	
	80	
Жесткая ПЖ	100	Теплоизоляционный слой в трехслойных панелях для стеновых и кровельных конструкций
	120	
	140	
Повышенной жесткости ППЖ	160	Тепло-, звукоизоляция, подвергающаяся нагрузке в плоских кровлях из профилированного настила или железобетона без устройства цементной стяжки или выравнивающего слоя
	180	
	200	
Твердая ПТ	220	Тепло-, звукоизоляция, подвергающаяся нагрузке в плоских кровлях из профилированного настила или железобетона без устройства упрочняющей стяжки или выравнивающего слоя
	250	
	300	

Применяют также *плиты двойной плотности*, которые состоят из жесткого верхнего (наружного) и более легкого нижнего (внутреннего) слоев. Благодаря этому плиты обладают уменьшенным весом, удобны при монтаже.

Ламельные плиты — теплоизоляционные плиты, изготовленные из волокнистых материалов, у которых общая ориентация волокон перпендикулярна к основным поверхностям изделия. Такие плиты отличаются большой эластичностью и в несколько раз большей прочностью на отрыв слоев. С их помощью удобно утеплять криволинейные поверхности. Размеры ламельных плит меньше, чем обычных: длина 120 см, ширина 20—40 см, толщина 4—20 см.

Укладка минераловатного утеплителя производится сухим методом, что дает возможность проводить работы при отрицательных температурах. Каменная вата не дает усадочных деформаций. Принимая во внимание высокое водопоглощение минеральной ваты и изделий из нее, при выполнении работ нельзя допускать намокание утеплителя. Для защиты утеплителя от возможного попадания влаги необходимо применять защитные покрытия (например полиэтиленовую пленку).

Каменная вата полностью отвечает критериям биологической и химической безопасности, а равномерная связка волокон делает материал практически не пылящим.

Стекловолоконная вата и изделия из нее

Стекловолоконная вата — разновидность минеральной ваты. Стекловолоконные волокна получают из расплава сырьевой смеси, основными компонентами которой являются кварцевый песок, известняк, кальцинированная сода, борная кислота, а также стеклобой. Существует несколько способов получения стекловолокна: фильерно-дутьевой, центробежно-фильтерно-дутьевой и др. Особенности стекловолоконной ваты являются большая длина волокон (до 50 см), меньшее содержание неволоконистых включений, повышенная эластичность, гибкость и влагостойкость. Применяемая в строительстве стекловата имеет насыпную плотность 20—60 кг/м³.

Стекловолоконное волокно для теплоизоляции применяют в виде изделий следующих видов: гибкие — маты, шнуры, жгуты; полужесткие — плиты, полуцилиндры, сегменты; жесткие — плиты. Плотность изделий из стекловолоконной ваты: 35—50 кг/м³ (маты на синтетическом связующем); 50—75 кг/м³ (плиты полужесткие); 100—150 кг/м³ (плиты жесткие). Теплопроводность — 0,035—0,05 Вт/м·°С.

Физико-механические характеристики кровельных теплоизоляционных материалов на основе минеральной ваты и области применения

Все минераловатные материалы, рассматриваемые в данном разделе, представляют собой негорючие, гидрофобизированные изделия, изготовленные из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы на низкофенольном связующем.

**Физико-механические характеристики минераловатных плит
ТЕХНОРОЛЛ, ТЕХНОЛАЙТ, ТЕХНОРУФ, АКСИ РУФ**

Показатель	Значение показателя						
	Марки						
	ТЕХНОРОЛЛ	ТЕХНОЛАЙТ ЭКСТРА	ТЕХНОРУФ 45	ТЕХНОРУФ Н30	ТЕХНОРУФ B60	АКСИ РУФ Н	АКСИ РУФ В
Плотность, кг/м ³	25—35	30—38	126—154	100—130	165—195	135—150	180—200
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	—	—	45	30	60	60	100
Сжимаемость, %, не более	20	20	—	—	—	—	—
Теплопроводность λ_p , Вт/(м·°С), не более	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,041	0,042
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35
Влажность по массе, %, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Водопоглощение по объему, %, не более	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Содержание органических веществ, %, не более	2,0	2,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Горючесть	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	(1000—14000)× (500, 600, 1000, 1200)×(40—200)	(1000, 1200)× (500, 600)× (40—200)	(1000, 1200)× (500, 600)× (50—200)	(1000, 1200)× (500, 600)× (50—200)	(1000, 1200)× (500, 600)× (30—50)	1000× (500, 600)× (50—100)	1000× (500, 600)× (50—100)

- *ТЕХНОРОЛЛ* — легкий минераловатный мат, применяемый в малоэтажном строительстве в качестве тепло- и звукоизоляции горизонтальных и наклонных конструкций, в которых утеплитель не воспринимает внешних нагрузок.

- *ТЕХНОЛАЙТ* — мягкий плитный утеплитель низкой плотности, применяемый для тепло-, звукоизоляции строительных конструкций жилых зданий и промышленных сооружений, в которых утеплитель не воспринимает внешнюю нагрузку (мансарды, чердачные перекрытия).

- *ТЕХНОРУФ* — теплоизоляционные плиты, которые используются в качестве основного теплоизоляционного слоя в покрытиях из железобетона или металлического профилированного настила с кровельным ковром всех типов, в том числе без устройства защитных стяжек. *ТЕХНОРУФ Н* применяют в качестве нижнего, а *ТЕХНОРУФ В* — в качестве верхнего слоя двухслойной изоляции. *ТЕХНОРУФ Н ВЕНТ* — тепло-, звукоизоляционные плиты, предназначенные для устройства теплоизоляции плоских кровель с организацией системы вентилируемых каналов. Как правило, плиты *ТЕХНОРУФ Н ВЕНТ* применяют в комбинации с плитами *ТЕХНОРУФ В*.

- *АКСИ РУФ* — теплоизоляционные плиты, обладающие повышенной жесткостью; предназначены для теплоизоляции покрытий с основанием из железобетона либо металлического профилированного настила. Плиты *АКСИ РУФ В* применяют в качестве верхнего слоя теплоизоляции покрытий при двухслойной схеме утепления; они позволяют укладывать гидроизоляционный ковер непосредственно по слою теплоизоляции (без устройства защитной стяжки). Плиты *АКСИ РУФ Н* применяют в качестве нижнего слоя теплоизоляции покрытий при двухслойной схеме утепления.

Физико-механические характеристики *минераловатных изделий ТЕХНОРОЛЛ, ТЕХНОЛАЙТ, ТЕХНОРУФ, АКСИ РУФ* представлены в табл. 1.26.

Фасонные теплоизоляционные изделия

- *ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ* — теплоизоляционные полосы треугольного сечения, нарезанные из плит минеральной ваты. Предназначены для обеспечения плавного перехода гидроизоляционного материала от горизонтальной плоскости кровли к вертикальной плоскости парапета (рис. 1.32).

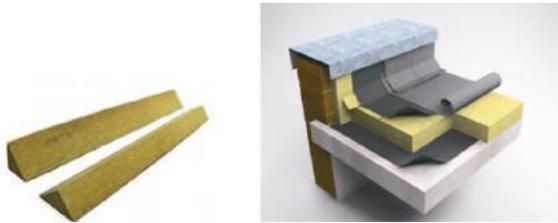


Рис. 1.32. Теплоизоляционные полосы *ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ*

- *ТЕХНОРУФ В60 УКЛОН* — плиты с заранее созданным уклоном 3,3 %. Предназначены для создания уклона в парапетной зоне, способствующего удалению воды с кровли к точкам водосбора. При двухслойной системе теплоизоляции укладка осуществляется на первый нижний слой материала, при общей толщине верхнего слоя 40 мм.

- *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН* — плиты с заранее созданным уклоном 1,7 и 4,2 %. Предназначены для создания разуклонки на кровле, способствующей удалению воды с кровли к точкам водосброса. При двухслойной системе теплоизоляции укладка осуществляется на первый (нижний) слой материала (рис. 1.33, 1.34).

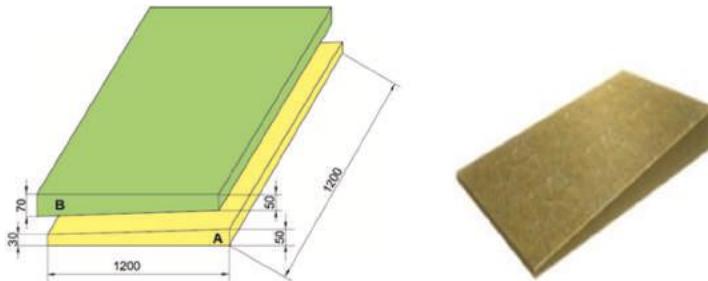


Рис. 1.33. Клиновидные минераловатные плиты *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН* «А» и «В» с уклоном 1,7 %

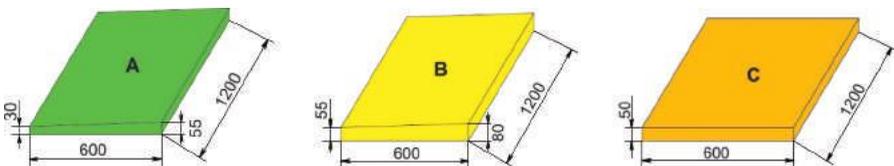


Рис. 1.34. Набор клиновидных минераловатных плит *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН* «А», «В» и «С» с уклоном 4,2 %

Физико-механические характеристики минераловатных изделий ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ, ТЕХНОРУФ В60 УКЛОН, ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН представлены в табл. 1.27.

Таблица 1.27

**Физико-механические характеристики минераловатных изделий
ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ, ТЕХНОРУФ В60 УКЛОН,
ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН**

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ	ТЕХНОРУФ В60 УКЛОН	ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН (1,7 %)	ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН (4,2 %)
Плотность, кг/м ³	165—195	165—195	115	115
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	60	60	30	30
Угол уклона, %	—	3,3	1,7	4,2
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,038			
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,3			
Влажность по массе, %, не более	0,5			
Водопоглощение по объему, %, не более	1,5			
Содержание органических веществ, %, не более	4,5			
Горючесть	НГ	НГ	НГ	НГ
Длина, мм	1200	1200	1200	1200
Ширина, мм	—	600	1200	600
Толщина мин/макс, мм	—	40/60		
Элемент А	—	—	30/50	30/55
Элемент Б	—	—	50/70	55/80
Элемент С	—	—	40/40	50/50
Угол нарезки, град.	45	—	—	—
Длина катетов, мм	100	—	—	—

Ячеистые пластмассы

Ячеистые пластмассы представляют собой высокопористые материалы (пористость до 98 %) с преимущественно замкнутыми порами. Ячеистая структура формируется в результате поризации полимерной композиции газообразующими добавками (например, легкокипящими жидкостями — изопентаном, гексаном и др.) с последующим отверждением. Наиболее широко в строительстве применяются теплоизоляционные изделия на основе полистирола, полиуретана, полиэтилена, фенолоформальдегидных, карбамидных полимеров. Газонаполненные пластмассы характеризуются высокой теплоизолирующей способностью в сочетании с низкой плотностью и, следовательно, уменьшенным расходом полимерного сырья при достаточной прочности. Недостатком пластмасс является ограниченная теплостойкость; большинство из них горючи и выделяют при горении токсичные вещества. Для утепления крыш наибольшее распространение получили теплоизоляционные плиты из экструзионного пенополистирола.

Экструзионный вспененный полистирол (пенополистирол)

Экструзионный пенополистирол (XPS) представляет собой жесткий теплоизоляционный материал с закрытой ячеистой структурой, полученный методом экструзии полистирола или одного из его сополимеров с добавкой вспенивающихся реагентов, с образованием или без образования пленки на его поверхности.

Процесс изготовления экструзионного пенополистирола заключается в следующем. Гранулы полистирола перемешиваются с различными добавками (например с антипиренами, красителями), затем плавятся и тщательно перемешиваются в экструдере. В эту массу под высоким давлением нагнетается газообразный вспениватель. В качестве вспенивающего агента используется двуокись углерода (CO_2). Образующаяся вязкая однородная масса продавливается через тонкую фильеру, т.е. подвергается экструзии. Затем она охлаждается и нарезается на плиты определенного размера.

Материал характеризуется замкнутой микроячеистой структурой с порами размером 0,1—0,2 мм и, как следствие, малой гигроскопичностью, паропроницаемостью и водопоглощением (до 0,3 %). Кроме того,

экструзионный пенополистирол не подвержен гниению, не набухает, не дает усадки. Сочетание этих свойств обуславливает высокую долговечность теплоизоляции из XPS, постоянство ее термического сопротивления при любых условиях эксплуатации. Высокая прочность позволяет получить ровное и одновременно жесткое основание.

Плиты из экструзионного пенополистирола

- *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON* — плиты из экструзионного пенополистирола с применением графита. Введение графита позволило существенно увеличить тепловую эффективность и физико-механические свойства изделий. Согласно проведенным испытаниям снижение теплоизолирующих свойств со временем для образцов экструзионного пенополистирола, выпущенного с применением графита, замечено в незначительной степени. Аналогичные марки материала, выпущенные при помощи вспенивания углекислым газом и без добавления графита, показывают в процессе испытаний снижение теплоизолирующей способности на 10—12 %.

Помимо улучшения теплоизолирующих свойств плиты применение графита и графита позволяет улучшить УФ-стабильность материала (поскольку графит работает как УФ-стабилизатор). Стабильность пенополистирола при воздействии на него повышенных температур особенно важна и актуальна для южных регионов, а также в периоды аномально жаркой погоды при устройстве теплоизоляции плоских кровель.

При использовании графита получается материал с минимальными диаметром ячеек и толщиной стенок. Также отмечается увеличение прочности ячеек без изменения плотности пенополистирольных плит. По сравнению с экструзионным пенополистиролом, производимым стандартным путем, плиты *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON* обладают повышенными прочностью и модулем упругости, а благодаря насыщению графитом имеют серебристый оттенок. Применяются в качестве теплоизоляции в конструкциях инверсионных, эксплуатируемых и традиционных (со стяжкой) кровель. Физико-механические характеристики плит *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON* представлены в табл. 1.28.

Физико-механические характеристики плит из экструзионного пенополистирола

Показатель	Значение показателя				
	Марки XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON				
	PROF 300	PROF 300 RF	PROF 400	PROF 400 RF	SOLID 500
Плотность, кг/м ³	28—35	28—35	29—36	29—36	35—45
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, кПа, не менее	300	300	400	400	500
Прочность при изгибе, МПа, не менее			0,35		0,7
Модуль упругости, МПа			17		20
Теплопроводность λ_p , Вт/(м·°С)			0,028		0,031
Теплопроводность $\lambda_{A,B}$, Вт/(м·°С)			0,032		0,034
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)			0,010		0,005
Водопоглощение, %, не более			0,2		0,2
Группа горючести	Г4	Г3	Г4	Г3	Г4
Температура эксплуатации, °С	от -70 до +75				
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	(1180, 1200, 2360)×580× ×(40, 50, 60, 80, 100)	(1180, 1200, 2360)×580× ×(80, 100, 120)	(1180, 1200, 2360)×580× ×(80, 100, 120)	(1180, 2500, 4000, 4200, 4500, 5000)× ×(580, 600)× ×(40, 50, 60, 100)	

Фасонные изделия из экструзионного пенополистирола

- **XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE** — клиновидные плиты с заранее созданным уклоном 1,7, 3,4 и 8,3 % (рис. 1.35, 1.36). Предназначены для устройства уклона на плоской кровле, увеличения уклона или изменения стока воды; устройства разуклонки в ендове к водоприемным воронкам; создания уклонов (разжелобков) у вентиляционных шахт и зенитных фонарей; создания дополнительного уклона для отведения воды от парапета (контруклона). Применение клиновидных плит позволяет отказаться от устройства мокрых стяжек, что особенно актуально для холодного времени года.

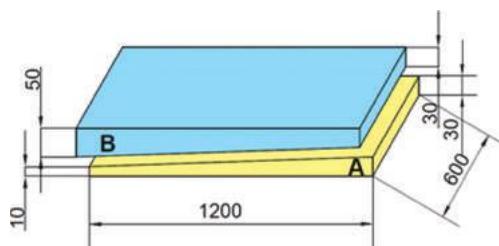


Рис. 1.35. Клиновидные плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 1,7 «А» и «В» из экструзионного пенополистирола с уклоном 1,7 %

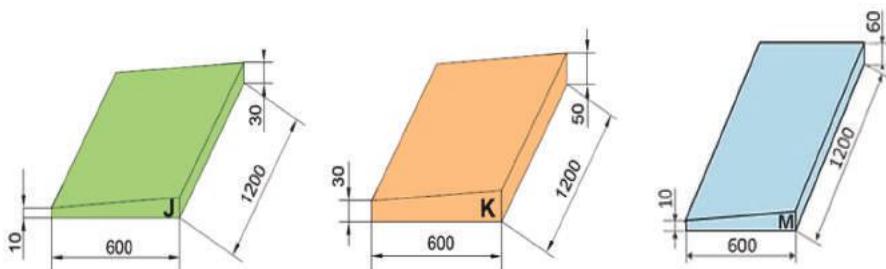
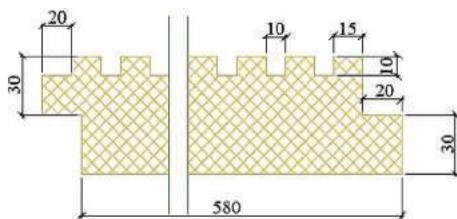


Рис. 1.36. Клиновидные плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 3,4 «J», «K» и 8,3 «M» из экструзионного пенополистирола с уклоном 3,4 и 8,3 % соответственно

- **XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO DRAIN** — плиты из экструзионного пенополистирола со специальными дренажными каналами (рис. 1.37). Применяются в плоских кровлях для улучшения стока воды и создания микровентиляции.



a



б

Рис. 1.37. Теплоизоляционные плиты *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO DRAIN*: *a* — общий вид; *б* — схема плиты

Физико-механические характеристики фасонных изделий из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE*, *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO DRAIN* представлены в табл. 1.29.

Таблица 1.29

Физико-механические характеристики фасонных изделий из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE*, *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO DRAIN*

Показатель	Значение показателя	
	Марки <i>XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON</i>	
	<i>PROF SLOPE</i>	<i>ECO DRAIN</i>
Плотность, кг/м ³	28—30	26—32
Прочность на сжатие, при 10%-ной линейной деформации, кПа, не менее	250	250
Прочность при изгибе, кПа, не менее	300	250
Модуль упругости, МПа	17	17
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,028	0,029
Теплопроводность $\lambda_{A,B}$, Вт/(м·°С), не более		0,034
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)		0,011
Водопоглощение по объему, %, не более	0,2	0,2
Группа горючести	Г3	Г4

Таблица 1.29 (окончание)

Показатель	Значение показателя			
	Марки XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON			
	PROF SLOPE			ECO DRAIN
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	Плиты А/В	Плиты J/К	Плиты М	(1200, 2400)× ×600×60
	1200×600× ×(10/30— 30/50)	1200×600× ×(10/30— 30/50)	1200×600× ×(10/60)	
Угол уклона, %	1,7	3,4	8,3	—

Полиизоцианурат (PIR)

Полиизоцианурат — теплоизоляционный материал с закрытой ячеистой структурой; является разновидностью жестких пенополиуретанов (ППУ). 3—5 % от его объема занимает твердое вещество, образующее каркас из ребер и стенок и придающее материалу механическую прочность. Остальные 95—97 % объема занимают мелкие закрытые поры, заполненные газом с низкой теплопроводностью. В настоящее время считается лучшим теплоизоляционным материалом.

Плиты из полиизоцианурата

- *Плиты PIR ТехноНИКОЛЬ* изготовлены из полиизоцианурата и с обеих сторон кашированы специальной алюминиевой фольгой (рис. 1.38). Благодаря закрытой системе ячеек и покрытию из алюминиевой фольги плиты практически водонепроницаемы, обладают высокой устойчивостью к воздействию огня, устойчивы к воздействию многократных физических нагрузок (от прохода персонала), имеют низкий коэффициент теплопроводности, не подвержены гниению, устойчивы к плесени, грибку; сохраняют свои свойства не менее 50 лет.

Основные физико-механические характеристики плит *PIR ТехноНИКОЛЬ* представлены в табл. 1.30.



Рис. 1.38. Плиты PIR ТехноНИКОЛЬ

Физико-механические характеристики плит PIR ТехноНИКОЛЬ

Показатель	Значение показателя
Прочность на сжатие, кПа, не менее	120
Теплопроводность λ , Вт/(м ^{°С})	0,021
Водопоглощение, %, не более	1,0
Группа горючести	Г1—Г2
Минимальная толщина слоя теплоизоляции, мм	24

1.2. Системы плоских крыш

1.2.1. Виды плоских крыш

Плоские крыши имеют уклон от 1,5 до 12 % и различаются по следующим показателям:

- *системе водоотведения:*

плоские крыши с наружным водоотведением;

плоские крыши с внутренним водоотведением (рис. 1.39);

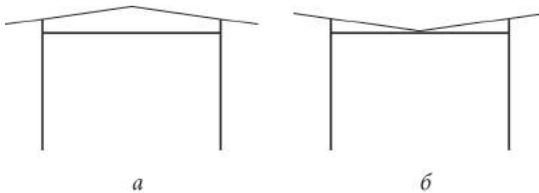


Рис. 1.39. Расположение уклонов плоских крыш: *а* — плоская крыша с уклоном к краю; *б* — плоская крыша с уклоном к центру

- *расположению слоев кровельного пирога:*

традиционные — крыши, в которых гидроизоляционный слой расположен выше теплоизоляционного слоя;

инверсионные — крыши, в которых гидроизоляционный слой расположен ниже теплоизоляционного слоя;

- *назначению:*

неэксплуатируемые — крыши, рассчитанные на пребывание людей, связанное только с периодическим обслуживанием инженерных систем здания;

эксплуатируемые — крыши, специально оборудованные защитным слоем (рабочим настилом), предназначенные для использования в качестве зоны для отдыха, размещения спортивных площадок, бассейнов, автостоянок, вертолетных площадок и т.п., и рассчитанные на пребывание людей, не связанное с периодическим обслуживанием инженерных систем здания;

«зеленые» крыши — крыши, поверхность которых частично или полностью представлена вегетативным слоем, состоящим из растений, высаженных в растительный субстрат, а также специальных слоев (дренажного, водоудерживающего, аэрационного).

1.2.2. Конструктивные решения

_____ кровельных покрытий для плоской крыши

Составляющие кровельных систем

Система плоской крыши включает следующие функциональные слои:

- несущее основание плоской крыши — часть крыши, служащая опорой для всего кровельного пирога, на которую укладываются изоляционные материалы;
- пароизоляционный слой, препятствующий попаданию влаги в утеплитель при миграции водяного пара, содержащегося в воздухе, изнутри помещения наружу;
- теплоизоляционный слой (утеплитель), предназначенный для снижения теплопереноса через конструкцию крыши и сохранения тепла внутри эксплуатируемого помещения зимой, а летом — для снижения затрат на кондиционирование;
- стяжки, распределяющие внешние нагрузки и служащие основанием для гидроизоляционного покрытия;
- уклонообразующий слой;
- гидроизоляционный слой, защищающий конструкцию от воды;
- пригрузки, а также слои эксплуатации, обеспечивающие наличие на кровле ровных поверхностей с высокими противопожарными характеристиками;
- комплектующие элементы (воронки, флюгарки, крепеж, рейки и др.), без которых кровельные системы не приобрели бы полноценные свойства и законченный вид.

Несущее основание плоской крыши

Основанием плоской крыши может служить либо стальной профилированный лист (далее — профнастил), либо железобетонное перекрытие. В качестве железобетонного основания могут быть использованы сплошные, пустотные или ребристые плиты, а также монолитный железобетон.

Пароизоляционный слой

Пароизоляционный слой препятствует проникновению влаги из помещений в теплоизоляционные материалы и вышерасположенные слои крыши. Требуемое сопротивление паропроницанию этого слоя определяется исходя из условия баланса пара в системе и недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции при расчете за годовой период эксплуатации. Как правило, это условие достигается, когда паропроницаемость пароизоляционного слоя ниже, чем паропроницаемость гидроизоляционного слоя.

Материал для пароизоляционного слоя и количество слоев определяют с учетом температурно-влажностного режима в ограждаемых помещениях и климатических условий в районе строительства. Расчет производят в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 [47].

Для устройства пароизоляционного слоя применяются рулонные битумные материалы, например *ПАРОБАРЬЕР С*, *Биполь П ЭПП*, *Техноэласт Альфа*, или полимерные пароизоляционные пленки, описание которых приведено в разделе 1.1.1.

Биполь П ЭПП, *Техноэласт Альфа* применяется для устройства пароизоляции в конструкциях крыш с несущим бетонным основанием, а *ПАРОБАРЬЕР С* и полиэтиленовая пленка *ТЕХНОНИКОЛЬ* — с несущим основанием из профнастила.

Правила монтажа пароизоляционного слоя

Пароизоляцию рекомендуется укладывать непосредственно перед устройством теплоизоляционного слоя. До начала укладки пароизоляционного слоя необходимо:

закончить все виды строительных работ на покрытии;

установить фасонные элементы из стали в местах примыкания стальных профилированных настилов к парапетам и стенкам фонарей, трубы, воронки;

установить металлические компенсаторы в местах устройства деформационных швов.

Пароизоляционный слой должен быть непрерывным (сплошным) на всей площади защищаемой от пара конструкции. Перед приклеиванием пароизоляционного материала бетонное основание и все вертикальные поверхности изолируемых конструкций (стен, парапетов, вентиляционных шахт и пр.) необходимо также огрунтовать битумным праймером. Основания из профнастила не требуют огрунтовки.

Пароизоляционный материал укладывается с перехлестом в боковых швах на 80—100 мм, а в торцевых швах — на 150 мм, при этом торцевые нахлесты соседних полотен должны быть смещены относительно друг друга. Нахлесты полотен битумного или битумно-полимерного пароизоляционного материала (*Биполь П ЭПП*, *Техноэласт Альфа*) свариваются пламенем пропановой горелки или горячим воздухом. Материалы с самоклеящимся нижним слоем (*Паробарьер С*) не требуют сварки в нахлестах.

На крышах с несущим основанием из профилированного листа рулоны пароизоляционного материала раскатываются вдоль волн профлиста. Продольные нахлесты пароизоляционного материала составляют 80—100 мм и располагаются на верхних полках профлиста. Склеивание боковых перехлестов пароизоляционных материалов на основании из профилированного листа должно производиться на верхней плоскости полки листа. Не допускается склеивание боковых перехлестов пароизоляционного материала навесу (рис. 1.40).

На все вертикальные поверхности пароизоляционный материал необходимо наклеить, заводя его на высоту, равную толщине теплоизоляционного слоя, включая клиновидную теплоизоляцию. При этом пароизоляционный материал должен герметично приклеивать-

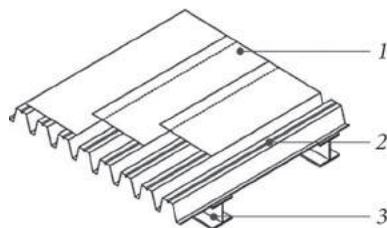


Рис. 1.40. Склеивание перехлестов пароизоляции в системе с основанием из профнастила: 1 — пароизоляция; 2 — несущее основание (профнастил); 3 — несущая конструкция

ся к вертикальной поверхности при помощи специальной самоклеящейся ленты. В местах примыканий к вертикальным поверхностям стен жилых и промышленных зданий пароизоляцию рекомендуется укладывать выше переходного бортика (галтели).

Теплоизоляционный слой

При проектировании кровли выбор вида теплоизоляционного материала проводится с учетом класса функциональной пожарной опасности здания, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности в соответствии с требованиями СНиП 21-01—97* [38].

Толщина теплоизоляционного слоя принимается на основании теплотехнического расчета в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 [47]. Расчетные параметры окружающей среды для различных регионов принимаются по СП 131.13330.2012 [41].

Выбор вида теплоизоляционных материалов зависит от следующих факторов:

- требований пожарной безопасности;
- величины, характера и интенсивности нагрузок, возникающих при эксплуатации крыши;
- экономической целесообразности.

Для устройства теплоизоляционного слоя традиционных крыш применяются негорючие, гидрофобизированные теплоизоляционные плиты из каменной ваты (например *ТЕХНОРУФ*, *АКСИ РУФ*), экструзионного пенополистирола (например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*) или пенополиизоцианурата (например *PIR ТЕХНОНИКОЛЬ*) или их сочетание, укладываемые в один или несколько слоев.

В случае устройства монолитной или сборной стяжки в качестве основания гидроизоляционного покрытия для утепления применяются плиты из каменной ваты с прочностью на сжатие при 10%-ной деформации не менее 0,040 МПа (40 кПа) или плиты из экструзионного пенополистирола или пенополиизоцианурата, укладываемые в один или более слоев (рис. 1.41, 1.42).

При укладке гидроизоляционного слоя непосредственно на утеплитель применяется одно- или двухслойная (многослойная) система утепления. При однослойной укладке для устройства теплоизоляционного слоя применяются плиты из каменной ваты с прочностью на сжатие при

10%-ной деформации не менее 0,060 МПа (60 кПа) (например *ТЕХНО-РУФ В 60*). В случае использования двухслойной (многослойной) системы утепления для устройства нижних слоев применяются плиты из каменной ваты с прочностью на сжатие при 10%-ной деформации не менее 0,030 МПа (30 кПа) (например *ТЕХНОРУФ Н 30*); для устройства верхнего слоя — плиты из каменной ваты с прочностью на сжатие при 10%-ной деформации не менее 0,06 МПа (60 кПа) или теплоизоляционные плиты из экструзионного пенополистирола или пенополиизоцианурата (рис. 1.43, 1.44).

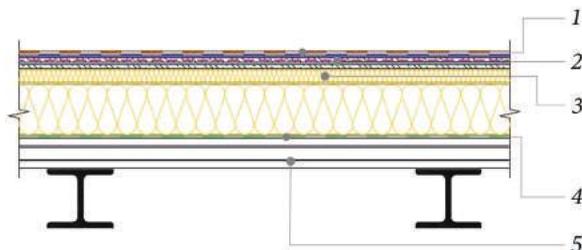


Рис. 1.41. Кровельная система при устройстве сборной стяжки поверх утеплителя из каменной ваты: 1 — гидроизоляционное покрытие (2 слоя); 2 — основание гидроизоляционного покрытия — сборная стяжка; 3 — теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *ТЕХНОРУФ 45*); 4 — пароизоляционный слой; 5 — несущее основание

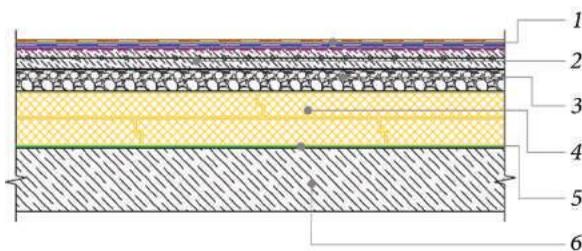


Рис. 1.42. Кровельная система при устройстве монолитной стяжки поверх утеплителя из экструзионного пенополистирола или пенополиизоцианурата: 1 — гидроизоляционное покрытие (2 слоя); 2 — основание гидроизоляционного покрытия — монолитная стяжка; 3 — уклонообразующий слой; 4 — теплоизоляционный слой из экструзионного пенополистирола (например *ТЕХНИКОЛЬ CARBON PROF 300, 400*) или пенополиизоцианурата (например *PIR ТЕХНИКОЛЬ*); 5 — пароизоляционный слой; 6 — несущее основание

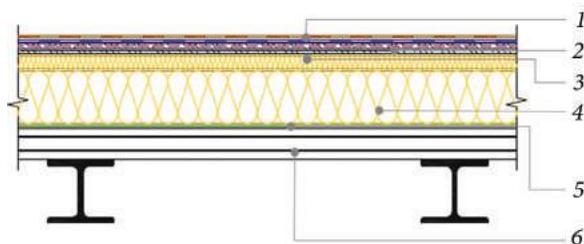


Рис. 1.43. Кровельная система при укладке гидроизоляционного покрытия на утеплитель из каменной ваты: 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия; 2 — нижний слой гидроизоляционного покрытия; 3 — теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *ТЕХНОРУФ В60*); 4 — теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *ТЕХНОРУФ Н30*); 5 — пароизоляционный слой; 6 — несущее основание

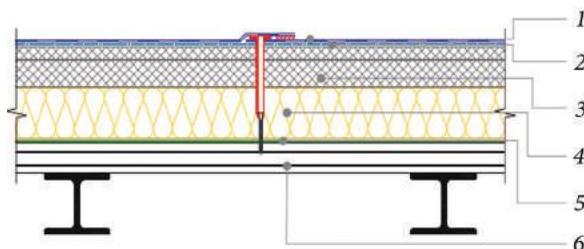


Рис. 1.44. Кровельная система при укладке гидроизоляционного покрытия на комбинированный утеплитель: 1 — гидроизоляционное покрытие (2 слоя); 2 — разделительный слой; 3 — теплоизоляционный слой из экструзионного пенополистирола (например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300, 400*) или пенополиизоцианурата (например *PIR ТЕХНОНИКОЛЬ*); 4 — теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *ТЕХНОРУФ Н30*); 5 — пароизоляционный слой; 6 — несущее основание

При устройстве теплоизоляционного слоя *инверсионных крыш* применяется экструзионный пенополистирол с прочностью на сжатие при 10%-ной линейной деформации не менее 300 кПа (например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300, 400*) — для неэксплуатируемых крыш и эксплуатируемых «зеленых» и крыш под тротуарную нагрузку; экструзионный пенополистирол с прочностью на сжатие при 10%-ной линейной деформации не менее 500 кПа (например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID 500*) — для эксплуатируемых крыш под автомобильную нагрузку.

Правила монтажа теплоизоляционного слоя

Укладку теплоизоляционных плит по профилированному листу следует производить, располагая длинную сторону плит утеплителя перпендикулярно направлению гофр профилированного листа.

Во избежание продавливания утеплителя между гофрами профнастила его укладка без дополнительных выравнивающих слоев (цементно-стружечной плиты или плоского хризотилцементного листа) возможна, если толщина слоя утеплителя (b) больше половины расстояния между гребнями профнастила (a), т.е. $b \geq a/2$ (рис. 1.45). При этом минимальная площадь поверхности опирания утеплителя на ребра профнастила составляет не менее 30 %.

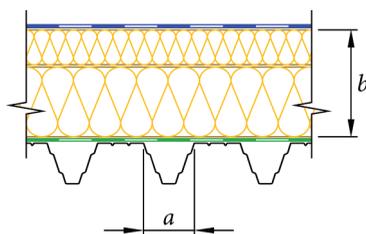


Рис. 1.45. Соотношение толщины утеплителя и расстояния между гофрами профлиста

При устройстве теплоизоляционного слоя из двух и более слоев швы между плитами следует располагать вразбежку, обеспечивая плотное прилегание плит друг к другу (рис. 1.46). Швы между плитами утеплителя должны быть не более 5 мм. Теплоизоляционные плиты одного слоя рекомендуется укладывать со смещением в соседних рядах, равным половине их длины. Стыки верхнего слоя теплоизоляционных плит рекомендуется размещать со смещением не менее 200 мм относительно стыков нижнего слоя.

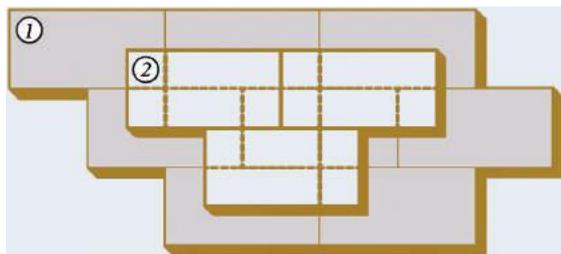


Рис. 1.46. Смещение плит верхнего (2) и нижнего (1) слоев при укладке

Крепление теплоизоляционных плит может осуществляться несколькими способами:

клеевым — с помощью горячей битумной мастики;

балластным — устройством сверху балластного слоя — цементно-песчаной стяжки, тротуарных плиток и т.п. (в основном при устройстве эксплуатируемых покрытий); масса балласта определяется расчетом на воздействие ветровых нагрузок с учетом требований СП 20.13330.2011 [43];

механическим — с помощью специальных крепежных элементов.

Для механического крепления слоев утеплителя, клиновидной теплоизоляции, кровельного ковра к основанию применяют специальный кровельный крепеж, получивший название телескопический. Он состоит из пластикового грибка и стального самореза, а в случае крепления

в бетонное основание еще и из пластикового дюбеля — гильзы (рис. 1.47).



Рис. 1.47. Телескопический крепеж для механической фиксации теплоизоляционных плит к несущим основаниям кровли из профнастила или бетона

Глубина установки крепежа в профнастил составляет 15—25 мм. Крепление осуществляется всегда в верхнюю часть полуволны профлиста (рис. 1.48). Глубина установки крепежа в бетон составляет 45 мм (рис. 1.49).

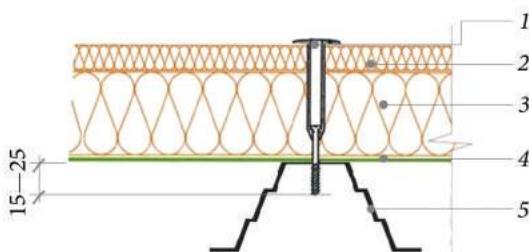


Рис. 1.48. Схема установки телескопического крепежа в профнастил: 1 — телескопический крепеж; 2 — 1-й теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *Технориф В60*); 3 — 2-й теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *Технориф Н30*); 4 — пароизоляционный слой; 5 — несущее основание из профнастила

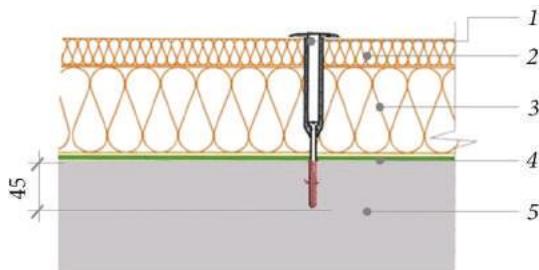


Рис. 1.49. Схема установки телескопического крепежа в бетонное основание: 1 — телескопический крепеж; 2 — 1-й теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *Техноруп В60*); 3 — 2-й теплоизоляционный слой из каменной ваты (например *Техноруп Н30*); 4 — пароизоляционный слой; 5 — несущее основание из железобетона

Крепление минераловатных плит, плит из экструзионного пенополистирола или пенополиизоцианурата осуществляется отдельно от крепления гидроизоляционного полотна. При укладке теплоизоляции в несколько слоев не требуется отдельно закреплять каждый слой теплоизоляции, достаточно закрепить всю теплоизоляцию целиком.

При механическом креплении теплоизоляционных плит необходимо устанавливать не менее двух крепежных элементов на плиту утеплителя или ее часть для плит небольшого размера и не менее четырех — для плит длиной и шириной более 1 м. Минимальное количество крепежных элементов 3 шт./м². При укладке плит из экструзионного пенополистирола или пенополиизоцианурата крепеж устанавливается только в один край, где L-образная кромка закрепляемой плиты прижимает соседнюю плиту. Схема крепления утеплителей представлена на рис. 1.50.

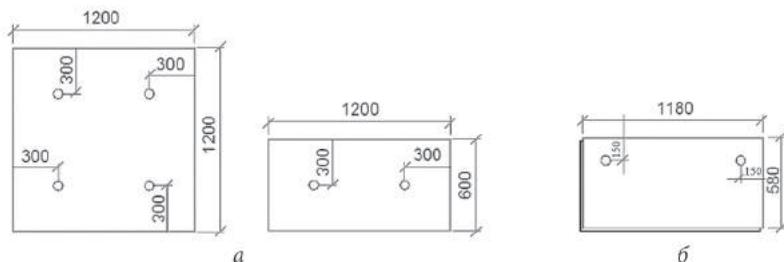


Рис. 1.50. Схема крепления утеплителей: а — минераловатных плит; б — плит из экструзионного пенополистирола

Плиты из экструзионного пенополистирола в инверсионных крышах укладываются в один слой с соединением в паз (шпонку) для предотвращения накопления просочившейся с поверхности крыши воды между слоями теплоизоляции.

Плиты утеплителя могут быть склеены между собой кровельной горячей мастикой (например *ТЕХНОНИКОЛЬ № 41*). Склеивание должно быть равномерным и составлять не менее 30 % от площади склеиваемых поверхностей.

Кровельные уклоны

Для обеспечения эффективного отвода воды и недопущения ее застаивания на поверхности крыш необходимо предусмотреть уклоны основания гидроизоляционного слоя. Уклоны кровель для всех типов крыш должны быть не менее 1,5 % (не менее 1°), в ендовах уклон кровли принимают в зависимости от расстояния между воронками, но не менее 0,5 %. Уклон основания под кровлю может быть задан несущими конструкциями крыши или уклонообразующим слоем. Если уклон основания под кровлю задан несущими конструкциями, то контруклоны (дополнительные уклоны для отвода воды от парапетов) могут быть сформированы уклонообразующим слоем.

Одним из способов формирования уклона является устройство подконструкции из металлического профиля с настилом из двух слоев плоского хризотилцементного листа толщиной 10 мм либо профлиста (рис. 1.51). Шаг элементов подконструкции рассчитывается в зависимости от нагрузок согласно СП 20.13330.2011 [43].

Для устройства уклонообразующего слоя могут применяться сыпучие материалы (засыпные утеплители), легкие бетоны, клиновидные плиты из теплоизоляционных материалов.

Уклонообразующий слой из сыпучих материалов (керамзит, перлит, вермикулит) устраивают на крышах с несущим основанием из сборного или монолитного железобетона. Однако применение засыпных утеплителей сопряжено с проблемой их смещения, а следовательно, нарушением проектных уклонов. Кроме этого, достаточно крупные гранулы засыпного утеплителя (20 мм) не позволяют получить плавное нарастание уклона.

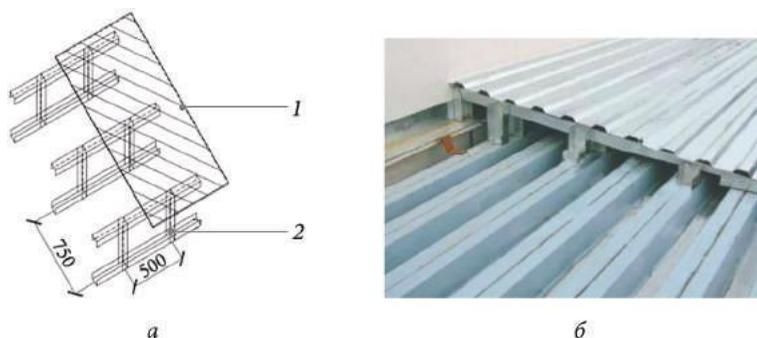


Рис. 1.51. Устройство уклона кровли с помощью подконструкции из металлического профиля: а — с плоским хризотилцементным листом; б — с профнастилом; 1 — плоский хризотилцементный лист; 2 — профиль

Уклонообразующий слой из легких бетонов (например пенополистиролбетона, керамзитобетона, перлитобетона) выполняется на крышах с высокими эксплуатационными нагрузками, например, эксплуатируемых крышах под автомобильную нагрузку. Прочность уклонообразующего слоя зависит от величины нагрузок, действующих на крыше. Расчет нагрузок осуществляется на основании СП 20.13330.2011 [43].

Для создания уклонов, способствующих быстрому удалению воды с кровли к точкам сброса, также применяются клиновидные теплоизоляционные плиты из минеральной ваты или экструзионного пенополистирола. Область применения клиновидных плит довольно широка: они служат для создания разуклонки в ендовах, создания уклонов у вентиляционных шахт и зенитных фонарей, а также применяются как создание дополнительного уклона для быстрого отвода воды от парапетов (контруклона) к водосточным воронкам.

Плоские теплоизоляционные плиты используются для набора необходимой толщины и могут укладываться как под, так и поверх клиновидных плит. Следует учитывать, что разуклонка из клиновидной теплоизоляции не может полностью заменить теплоизоляционный слой, требуемый по теплотехническому расчету.

Плиты клиновидной теплоизоляции из минеральной ваты, например *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН*, применяются в двухслойных (многослойных) системах утепления и укладываются на нижний слой утеплителя. Для создания основного уклона на кровле от ендовы до конька применяют-

ся клиновидные плиты «А» и «В» с уклоном 1,7 % (см. рис. 1.33). Для формирования разуклонки к воронкам в ендове кровли, выполнения контруклона от парапетов применяется набор плит «А», «В» и «С» с уклоном 4,2 %. (см. рис. 1.34). При этом толщина основного теплоизоляционного слоя может быть уменьшена на начальную толщину плит «А», равную 30 мм.

Плиты клиновидной теплоизоляции из экструзионного пенополистирола, например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE*, применяются в одно- и двухслойных (многослойных) системах утепления и могут укладываться как на нижний слой утеплителя, так и сверху основного теплоизоляционного слоя, а также использоваться в качестве основания для укладки кровельного ковра.

Для формирования основных уклонов и ендов на горизонтальном основании применяется набор плит из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE* с уклоном 1,7 %, состоящий из элементов «А» и «В» (см. рис. 1.35). При этом толщина основного теплоизоляционного слоя может быть уменьшена на начальную толщину плит «А», равную 10 мм. В качестве доборной плиты используются плиты из экструзионного пенополистирола, например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*, толщиной 40 мм.

Для формирования разуклонки к воронкам в ендове кровли, выполнения контруклона от парапета применяется набор плит из экструзионного пенополистирола с уклоном 3,4 или 8,3 %, например *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 3,4 %*, *8,3 %* (плиты «J» и «K» и «M» соответственно) (см. рис. 1.36).

Правила монтажа клиновидной теплоизоляции для формирования уклонов

- *Укладка клиновидных плит из минеральной ваты*

Формирование уклонообразующего слоя из клиновидной теплоизоляции следует начинать с нижней точки кровли: от воронки или ендовы, свеса или парапета.

Пример раскладки минераловатных плит (типа *ТЕХНОРУФ Н30-КЛИН 1,7 %*) для выполнения основного уклона представлен на рис. 1.52.

Пример раскладки плит для формирования разуклонки к воронкам представлен на рис. 1.53.

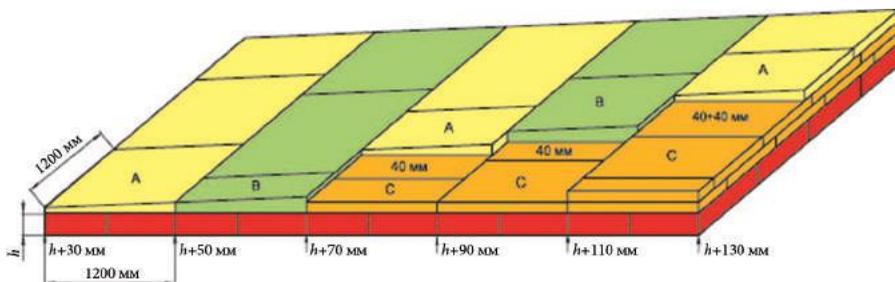


Рис. 1.52. Пример выполнения основного уклона из плит ТЕХНОРУФ Н30-КЛИН 1,7 %

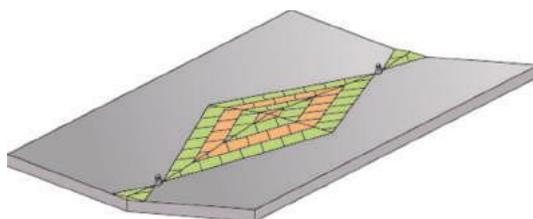


Рис. 1.53. Пример раскладки плит для формирования разуклонки к воронкам

При устройстве разуклонки между воронками в ендове укладка плит производится от края «ромба» к центру. Плиты укладываются параллельно сторонам «ромба». Высота уклона увеличивается к центру «ромба». Это достигается постепенным увеличением толщин плит из соответствующих наборов клиновидной теплоизоляции. Каждая четверть собирается отдельно, затем производится подрезка плит по месту.

Первым укладывается ряд плит «А», затем — «В». Далее, если требуется (в зависимости от размеров ромба), укладывается доборная плита «С» толщиной 50 мм и повторяется раскладка плит: ряд плит «А», затем — «В» (рис. 1.54). Отношение длинной диагонали ромба к короткой не должно быть менее чем 5:1 ($b/a \leq 5$).

Для создания контруклона в целях отвода воды от парапетов, зенитных фонарей и других конструкций крыши следует применять клиновидную теплоизоляцию из набора плит ТЕХНОРУФ Н30-КЛИН 4,2 % (рис. 1.55).

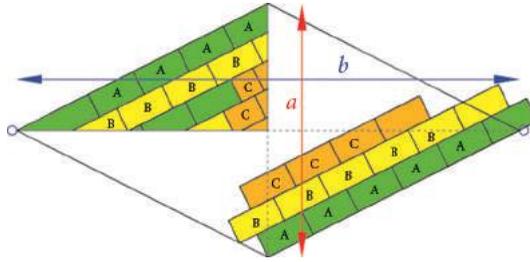


Рис. 1.54. Схема раскладки плит *ТЕХНОРУФ Н30-КЛИН 4,2 %* при создании разуклонки между воронками в ендове

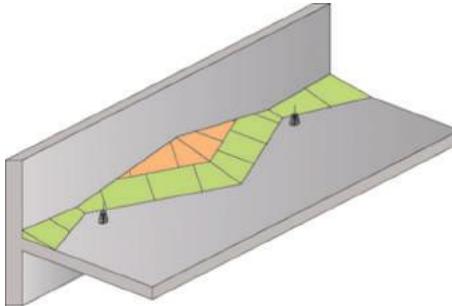


Рис. 1.55. Схема раскладки плит *ТЕХНОРУФ Н30-КЛИН 4,2 %* при устройстве контруклона в парапетной зоне

- Укладка клиновидных плит из экструзионного пенополистирола

Пример раскладки плит из экструзионного пенополистирола для выполнения основного уклона представлен на рис. 1.56.

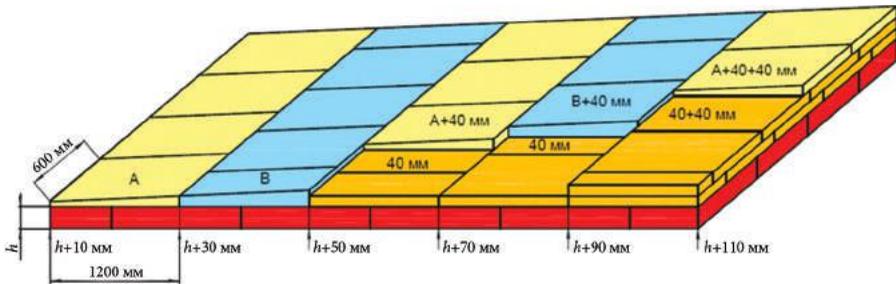


Рис. 1.56. Пример выполнения основного уклона из плит *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 1,7 %*

Раскладка плит из экструзионного пенополистирола для формирования разуклонки к воронкам аналогична раскладке плит из минеральной ваты (см. рис. 1.53). Технология укладки также схожа.

Первым укладывается ряд плит «J», затем «К». Далее, если требуется (в зависимости от размеров ромба), укладывается доборная плита экструзионного пенополистирола толщиной 40 мм и повторяется раскладка плит: ряд плит «J», затем «К» (рис. 1.57). Отношение длинной диагонали ромба к короткой не должно быть менее чем 3:1 ($b/a \leq 3$).

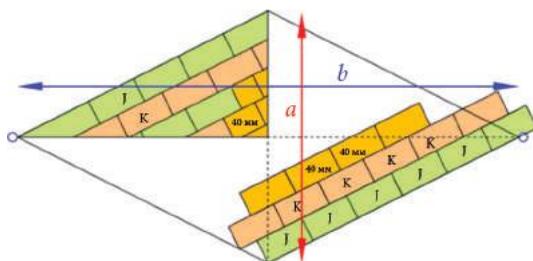


Рис. 1.57. Схема раскладки плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 3,4 % при создании разуклонки между воронками в ендове

Для создания контруклона в целях отвода воды от парапетов, зенитных фонарей и других конструкций крыши следует применять клиновидную теплоизоляцию из набора плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE 3,4 % согласно схеме, представленной на рис. 1.55.

Фиксация к основанию плит клиновидной теплоизоляции производится вместе с фиксацией верхнего слоя утеплителя.

Подготовка основания под гидроизоляционное покрытие

Основанием под гидроизоляционное покрытие служат ровные и прочные поверхности:

- несущих железобетонных плит, швы между которыми заделаны цементно-песчаным раствором марки не ниже М150;
- выравнивающих монолитных стяжек из цементно-песчаного раствора, прочностью на сжатие не менее 5 МПа, толщиной 10—15 мм;
- выравнивающих монолитных стяжек из асфальтобетона, прочностью на сжатие не менее 0,8 МПа, толщиной 20—25 мм;

- сборных стяжек из плоских хризотилцементных листов или цементно-стружечных плит толщиной не менее 10 и 12 мм соответственно, выполненные в два слоя;
- теплоизоляционных плит из каменной ваты или экструзионного пенополистирола, прочностью на сжатие при 10%-ной линейной деформации не менее 0,06 МПа.

Выполнение выравнивающей стяжки из цементно-песчаного раствора производят полосами шириной не более 3 м, ограниченными рейками, которые служат маяками. Разравнивание цементно-песчаной смеси осуществляют правилом из алюминиевого профиля, передвигаемого по рейкам.

В монолитных стяжках должны быть предусмотрены температурные швы шириной до 10 мм, разделяющие стяжку из цементно-песчаного раствора на участки размером не более 6×6 м, а из песчаного асфальтобетона — не более 4×4 м. В холодных покрытиях с несущими плитами длиной 6 м эти участки должны быть размером 3×3 м.

При устройстве выравнивающей стяжки из *литого асфальта* его укладывают полосами шириной до 2 м (ограниченными двумя рейками) и уплотняют валиком или катком весом 60—80 кг. Не допускается применять стяжки из асфальтобетона по сжимаемым (минераловатным и т.д.) и засыпным (керамзитовому гравияу, перлитовому песку и т.д.) утеплителям, а также при наклейке рулонных материалов на холодные кровельные мастики. Между цементно-песчаной стяжкой и теплоизоляционным слоем из каменной ваты должен быть предусмотрен разделительный слой из рулонного материала, исключаящий увлажнение утеплителя во время устройства стяжки.

Не допускается устройство выравнивающих стяжек из цементно-песчаного раствора в кровельных конструкциях с несущим основанием из профилированного листа.

По засыпным утеплителям (керамзитовому гравияу, перлитовому песку и т.д.) устраивают цементно-песчаные стяжки толщиной не менее 50 мм с обязательным армированием стальной сеткой.

В случае приклеивания кровельного ковра из рулонных битумно-полимерных материалов к основанию, по температурным швам должна быть предусмотрена укладка полосок-компенсаторов шириной 150—200 мм из рулонных материалов с приклеиванием по обеим кромкам на ширину около 50 мм [64].

Сборные стяжки из *плоских хризотилцементных листов* или *цементно-стружечных плит* выполняются в два слоя с механическим креплением между слоями. Листы плоского материала необходимо укладывать с разбежкой швов таким образом, чтобы верхний слой перекрывал швы нижнего минимум на 500 мм. Крепление листов между собой осуществляют заклепочным соединением по периметру и по центру листа. Допускается соединение саморезами с предварительной подготовкой отверстий под саморезы во избежание разрушения листа сборной стяжки. В местах повышенной ветровой нагрузки (у парапетов, в углах кровли, примыканиях к выступающим над плоскостью кровли узлам) сборную стяжку необходимо зафиксировать к деревянным брускам, предварительно закрепленным к несущему основанию, или иным способом, обеспечивающим защиту от ветрового воздействия.

В местах примыкания к стенам, парапетам, вентиляционным шахтам и другим кровельным конструкциям должны быть выполнены наклонные бортики (галтели) под углом 45° из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона высотой 100 мм. Для оснований из сборных стяжек или жестких минераловатных плит галтель изготавливают из жесткого минераловатного утеплителя.

Вертикальные поверхности конструкций, выступающих над кровлей и выполненных из штучных материалов (кирпича, пенобетонных блоков и т.д.), должны быть оштукатурены цементно-песчаным раствором М150 на высоту заведения края кровельного покрытия, но не менее чем на 350 мм. Аналогично должны быть оштукатурены парапетные стены из штучных материалов. Возможность применения утеплителя в качестве основания под гидроизоляционное покрытие (без устройства по нему стяжки) устанавливается расчетом на действующие на кровлю нагрузки с учетом упругих характеристик теплоизоляции (предела прочности, относительного удлинения, модуля упругости).

Теплоизоляционные плиты из экструзионного пенополистирола могут быть использованы в качестве основания под гидроизоляционный ковер из рулонных материалов без устройства выравнивающей стяжки только при свободной укладке рулонного материала или при применении самоклеящихся материалов, либо с механическим креплением его, так как огневой способ наклейки при сгораемом утеплителе недопустим. При несовместимости теплоизоляционных плит и кровельного материала, укладываемого на теплоизоляцию, между ними должна быть

предусмотрена разделительная прослойка из стеклохолста плотностью не менее 100 г/м^2 .

Для обеспечения необходимого сцепления наплавляемых рулонных материалов с основанием кровли все поверхности основания из цементно-песчаного раствора и бетона должны быть обработаны грунтовочной мастикой с температурой размягчения не ниже $+80 \text{ }^\circ\text{C}$, например битумным праймером *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*. Грунтовка также может быть приготовлена из битума (марок БН 70/30, БН 90/10, БНК 90/30) и быстроиспаряющегося растворителя (бензин и т.п.), разбавленного в соотношении 1:3—1:4 по массе. Грунтовку наносят с помощью кистей, щеток или валиков (рис. 1.58). Кровельные материалы наплавливаются только после полного высыхания огрунтованной поверхности. Не допускается выполнение работ по нанесению грунтовочного состава одновременно с работами по наплавлению кровельного полотна.

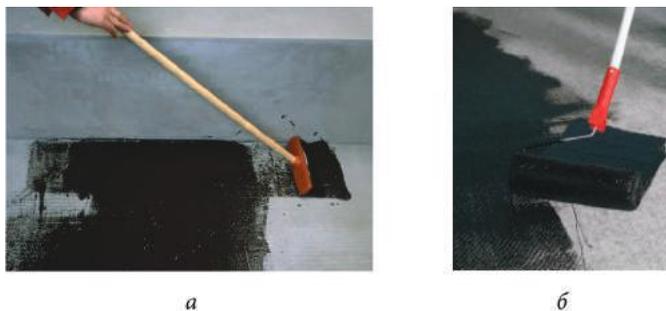


Рис. 1.58. Нанесение грунтовки на монолитную стяжку из цементно-песчаного раствора: *а* — с помощью кисти; *б* — с помощью валика

При наплавлении кровельного материала на теплоизоляционные плиты из минеральной ваты поверхность плит обрабатывают кровельной горячей мастикой, например мастикой *ТЕХНОНИКОЛЬ № 41*. Расход мастики составляет $1,5 \text{ кг/м}^2$.

Полимерные мембраны из ПВХ или ТПО укладываются в один слой. При укладке полимерных мембран на шероховатое основание (цементно-песчаная стяжка, сборная стяжка, поверхность железобетонных плит) предусматривается подкладочный слой из иглопробивного или термоскрепленного геотекстиля поверхностной плотностью не менее 300 г/м^2 , устойчивого к сверлению.

При укладке полимерной мембраны на основание из экструзионного пенополистирола для увеличения пожарной безопасности системы в качестве подкладочного слоя применяется стеклохолст плотностью не менее 100 г/м².

Кровельное гидроизоляционное покрытие

Кровельное покрытие из рулонных битумосодержащих материалов

Несколько десятилетий назад, когда рубероид являлся основным кровельным гидроизоляционным материалом, относительную надежность гидроизоляции можно было достигнуть лишь применением 3—5 слоев этого материала по битумной мастике. Современные гидроизоляционные покрытия изготавливают одно-, двухслойными в зависимости от типа кровельной системы. На традиционных неэксплуатируемых крышах для верхнего слоя применяют битумный или битумно-полимерный кровельный материал с крупно-, мелкозернистой или чешуйчатой посыпкой, например *Техноэласт ЭКП*, *Унифлекс ЭКП* и т.п. В качестве нижнего слоя применяют битумный или битумно-полимерный кровельный материал с мелкозернистой посыпкой или пленкой, например *Техноэласт ЭПП*, *Унифлекс ЭПП* и т.п. Для таких материалов, как *Техноэласт ТИТАН СОЛО*, *Техноэласт ВЕНТ ЭКВ* и т.п., допускается укладка в один слой (см. раздел 1.1.1).

В зависимости от вида материала и типа кровельной системы укладка рулонных битумно-полимерных материалов может быть произведена следующим образом:

- приклеиванием материала огневым способом на подготовленное основание;
- приклеиванием материала безогневым способом на подготовленное основание;
- укладкой материалов со сваркой швов и с механической фиксацией к основанию с помощью специальных крепежных элементов.

Для приклеивания к основанию могут использоваться наплавляемые, самоклеящиеся и укладываемые на мастику материалы.

Варианты сочетания и способы укладки кровельных материалов при устройстве двухслойного гидроизоляционного полотна на примере материалов *ТЕХНОНИКОЛЬ* указаны в табл. 1.31 и на рис. 1.59—1.60.

Таблица 1.31

Варианты сочетания рулонных битумно-полимерных материалов при устройстве двухслойного гидроизоляционного покрытия

Основание под кровлю	Способ укладки кровельных материалов	Кровельный материал	
		Верхний слой	Нижний слой
Выравнивающая цементно-песчаная стяжка по железобетонным плитам	Приклеивание огневым способом	Техноэласт ТИТАН TOP	Техноэласт ТИТАН BASE
		Техноэласт ЭКП	Техноэласт ЭПП
		Техноэласт ДЕКОР	Техноэласт С ЭМС*
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ Унифлекс ЭПП, ТПП
		Техноэласт ТКП	Техноэласт ЭПП, ХПП Техноэласт С ЭМС* Унифлекс ВЕНТ ЭПВ Унифлекс ЭПП, ХПП
Армированная цементно-песчаная стяжка	Приклеивание огневым способом	Техноэласт ТЕРМО ЭКП	Техноэласт ТЕРМО ЭПП
		Техноэласт ТЕРМО ТКП	Техноэласт ТЕРМО ЭПП, ХПП
Стяжка из песчаного асфальтобетона	Приклеивание безогневым способом	Унифлекс ЭКП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ Унифлекс ЭПП, ТПП
		Унифлекс ТКП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ Унифлекс ТПП, ХПП
		Унифлекс ХКП	Унифлекс ТПП
		Техноэласт ПРАЙМ ЭКМ**	Техноэласт ПРАЙМ ЭММ** Техноэласт С ЭМС*
		Техноэласт ЭКП	Техноэласт ФИКС
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	

Сборная стяжка на основной (горизонтальной) плоскости крыши	Приклеивание огневым способом	Техноэласт ЭКП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ
		Техноэласт ДЕКОР	
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	
		Унифлекс ЭКП	
Сборная стяжка на вертикальных конструкциях крыши	Приклеивание огневым способом	Техноэласт ТИТАН TOP	Техноэласт ТИТАН BASE
		Техноэласт ЭКП	Техноэласт ЭПП
		Техноэласт ДЕКОР	Техноэласт С ЭМС*
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ
		Унифлекс ЭКП	Унифлекс ВЕНТ ЭПВ
			Унифлекс ЭПП
	Приклеивание безогневым способом	Техноэласт ТЕРМО ЭКП	Техноэласт ТЕРМО ЭПП
		Техноэласт ПРАЙМ ЭКМ**	Техноэласт ПРАЙМ ЭММ**
Теплоизоляционные плиты из каменной ваты и PIR	Механическая фиксация кровли со сваркой швов	Техноэласт ЭКП	Техноэласт ФИКС
		Техноэласт ДЕКОР	
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	
Теплоизоляционные плиты из каменной ваты	Приклеивание безогневым способом	Техноэласт ПРАЙМ ЭКМ**	Техноэласт ПРАЙМ ЭММ**
		Техноэласт ПЛАМЯ СТОП	

* Техноэласт С ЭМС, Техноэласт С ЭКС — самоклеящиеся материалы; ** Техноэласт ПРАЙМ ЭММ, Техноэласт ПРАЙМ ЭКМ — материалы для укладки на мастику.

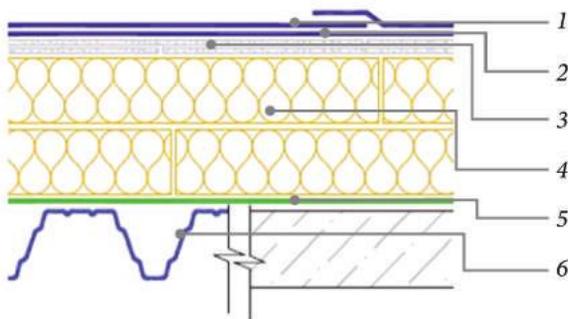


Рис. 1.59. Кровельный пирог по основанию из сборных стяжек:
 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия (например *Техноэласт ЭКП*);
 2 — нижний слой гидроизоляционного покрытия (например *Унифлекс ВЕНТ ЭПВ*);
 3 — сборная стяжка; 4 — 2-слойный минераловатный утеплитель (например *ТЕХНОРУФ 45*); 5 — пароизоляция (например *ПАРОБАРЬЕР С, Биполь ЭПП*);
 6 — несущая конструкция (профнастил или железобетонное перекрытие)

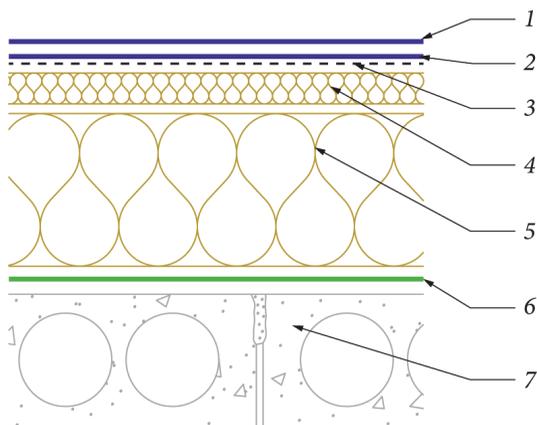


Рис. 1. 60. Кровельный пирог по основанию из минераловатной плиты:
 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия (например *Техноэласт ПРАЙМ ЭКМ*); 2 — нижний слой гидроизоляционного покрытия (например *Техноэласт ПРАЙМ ЭММ*); 3 — горячая битумная или битумно-полимерная мастика; 4 — минераловатный утеплитель (например *ТЕХНОРУФ В60*); 5 — минераловатный утеплитель (например *ТЕХНОРУФ Н30*); 6 — пароизоляция (например *Биполь ЭПП*); 7 — несущая железобетонная конструкция

Варианты сочетания и способы укладки кровельных материалов при устройстве однослойного гидроизоляционного ковра на примере материалов *ТЕХНОНИКОЛЬ* представлены в табл. 1.32.

Таблица 1.32

Рулонные битумно-полимерные материалы, применяемые при устройстве однослойного кровельного покрытия

Основание под кровлю	Способ укладки кровельных материалов	Кровельный материал
Выравнивающая цементно-песчаная стяжка по железобетонным плитам. Армированная цементно-песчаная стяжка. Стяжка из песчаного асфальтобетона	Приклеивание огневым способом	Техноэласт СОЛО РП1 Техноэласт ТИТАН СОЛО
Сборная стяжка на вертикальных конструкциях крыши	Механическая фиксация кровли со сваркой швов	
Теплоизоляционные плиты из каменной ваты и <i>PIR</i>		

Правила монтажа гидроизоляционного покрытия из наплавляемых битумных и битумно-полимерных материалов

Для увеличения надежности, герметичности и долговечности кровли перед непосредственной укладкой нижнего слоя кровельного покрытия производится укладка слоев усиления из наплавляемого кровельного материала. Слои усиления укладываются в местах установки водоприемных воронок и инженерного оборудования, прохода труб, антенных растяжек, анкеров и примыкания к вертикальным поверхностям парапетов и других кровельных конструкций (рис. 1.61). При устройстве кровли из битумно-полимерных материалов в местах примыкания к стенам, парапетам, вентиляционным шахтам и другим конструкциям должны быть выполнены наклонные бортики под углом 45° и высотой 150 мм из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона. Допускается изготавливать бортики из жесткого утеплителя на основе каменной ваты с размерами катетов 100×100 мм, например *ТЕХНОРУФ В60 ГАЛТЕЛЬ*.

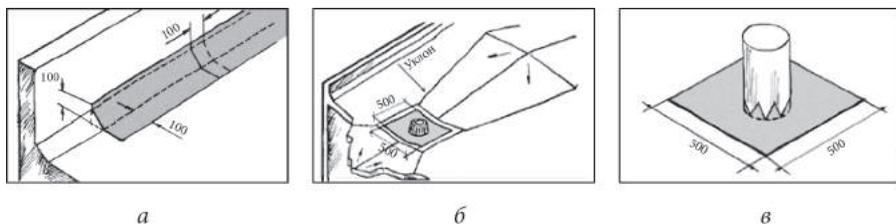


Рис. 1.61. Элементы усиления кровли: *а* — в местах примыкания к вертикальным поверхностям; *б* — в местах воронок; *в* — в местах труб

Укладку материалов следует начинать с пониженных участков, таких как водоприемные воронки и карнизные свесы. Рулоны битумно-полимерных материалов могут быть уложены вдоль или перпендикулярно уклону. При устройстве гидроизоляционного покрытия крыш с несущим основанием из профнастила раскатка рулонов осуществляется перпендикулярно направлению волн профилированного листа (рис. 1.62). При уклонах более 15 % укладку рулонов следует выполнять вдоль уклона.

В процессе производства кровельных работ необходимо обеспечить нахлест смежных полотен: торцевой нахлест должен составлять не менее 150 мм; боковой — не менее 80 мм для двуслойного покрытия и не менее 120 мм — для однослойного (рис. 1.63).

Расстояние между боковыми стыками кровельных полотен в смежных слоях должно быть не менее 300 мм. Торцевые нахлесты соседних полотен материала должны быть смещены относительно друг друга не менее чем на 500 мм. Не допускается перекрестное наклеивание рулонов верхнего и нижнего слоев кровельного покрытия (рис. 1.64).



Рис. 1.62. Укладка материала на скате крыши перпендикулярно уклону

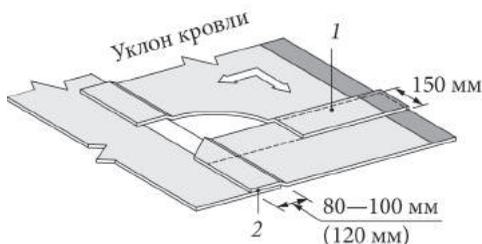


Рис. 1.63. Нахлест полотен кровельного материала в смежных слоях: *1* — торцевой нахлест; *2* — боковой нахлест

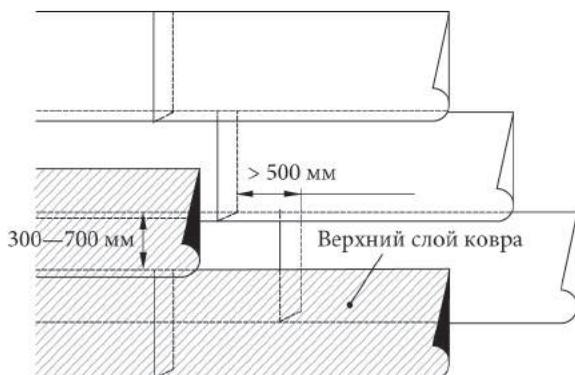


Рис. 1.64. Смещение полотен кровельного материала в смежных слоях

Приклеивание наплавляемого рулонного материала огневым способом выполняют в следующей последовательности. На подготовленное основание раскатывают рулон, обеспечивая необходимый нахлест полотен. Затем рулон скатывают к середине, наматывая его на трубу или картонную шпую (рис. 1.65, *а*). Рулон постепенно раскатывают и с помощью газовой горелки разогревают нижний приклеивающий слой рулона с одновременным нагревом основания. Нагрев производят плавными движениями горелки так, чтобы обеспечивался равномерный нагрев материала и поверхности основания (рис. 1.65, *б*). Аналогично наклеивают вторую половину рулона.

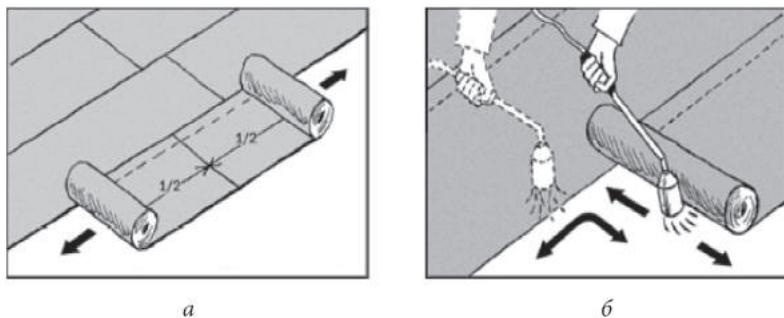


Рис. 1.65. Последовательность выполнения работ по укладке наплавляемого рулонного материала: *а* — скатывание рулона к середине; *б* — разогрев нижней поверхности рулона и основания

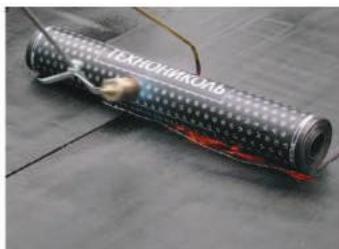


Рис. 1.66. Направление раскатки рулона при огневом приклеивании рулонного материала

При наплавлении кровельного материала кровельщик раскатывает рулон «на себя» (рис. 1.66).

Признаком правильного прогрева материала является образование валика — вытекание битумно-полимерного вяжущего из-под боковой кромки материала на 5—15 мм. Для повышения герметичности нахлеста на образующийся битумный валик сверху наносят посыпку. Во избежание появления складок, морщин и волнистости укладываемых полотен их прикатывают мягкими щетками и валиками, направляя движение от оси рулона по диагонали к его краям. Особенно тщательно приглаживают кромки материала.

Для предотвращения попадания воды под кровельный ковер в местах примыканий одновременно с укладкой первого слоя основного кровельного ковра оклеивают первым слоем выступающие кровельные конструкции и парапетные стены.

Укладку битумно-полимерных материалов производят до температуры гибкости материала. В случае выполнения работ при отрицательных температурах кровельный материал рекомендуется выдержать на теплом складе в течение не менее 1 сут при температуре не ниже +15 °С.

Устройство «дышащих» кровель

При укладке гидроизоляционного покрытия в осенне-зимний период возможно увлажнение основания под кровлю, что может привести к образованию вздутий, снижающих эксплуатационную надежность по-

крытия. Предотвратить появление вздутий можно полосовым приклеиванием кровельного покрытия к основанию. С этой целью применяют специальные кровельные материалы с вентилируемой нижней поверхностью — полосками из битумно-полимерного вяжущего, пространство между которыми заполнено мелкофракционным песком, например *Унифлекс ВЕНТ* или *Техноэласт ВЕНТ*.

При укладке этих материалов приклеивание происходит только в местах битумно-полимерных полос. Остальная поверхность остается не приклеенной к основанию и образует сеть сообщающихся между собой каналов. Каналы обеспечивают свободный выход образующегося под кровельным ковром пара, исключая образование вздутий между основанием под кровлю и кровельным покрытием. Кровли, выполненные таким способом, называются «дышащими».

Применение «дышащих» кровель особенно актуально при ремонтах кровель, имевших протечки, кровель с увлажненным утеплителем (если удаление утеплителя нежелательно), а также кровельных конструкций с локальными повреждениями пароизоляции (рис. 1.67).



Рис. 1.67. Применение «дышащей» кровли при ремонте

«Дышащие» системы также применяют при устройстве новых кровель, в случаях если кровельная конструкция содержит влажные слои между пароизоляционным слоем и кровельным покрытием или если в помещении под кровлей есть открытые резервуары с водой (бассейны, гальванические ванны и т.д.), или при производстве используются мокрые процессы (пивзаводы, текстильные фабрики и т.д.).

Примеры систем неэксплуатируемой крыши по профилированному настилу и бетонному основанию с применением наплавляемых битумно-полимерных материалов представлены на рис. 1.68—1.70.

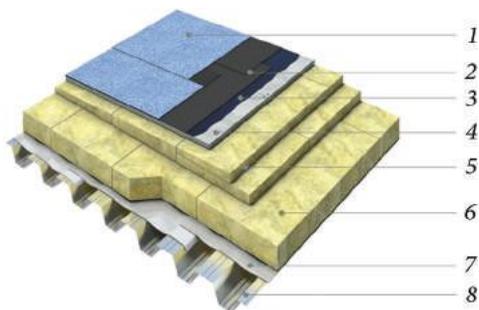


Рис. 1.68. Система *ТН-КРОВЛЯ Титан*: 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия *Техноэласт ЭКП*; 2 — нижний слой гидроизоляционного покрытия *Унифлекс ВЕНТ ЭПВ*; 3 — праймер битумный *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*; 4 — сборная стяжка из двух хризотилцементных листов; 5 — уклонообразующий слой *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН*; 6 — минераловатный утеплитель *ТЕХНОРУФ 45*; 7 — пароизоляция *ПАРОБАРЬЕР С*; 8 — профнастил

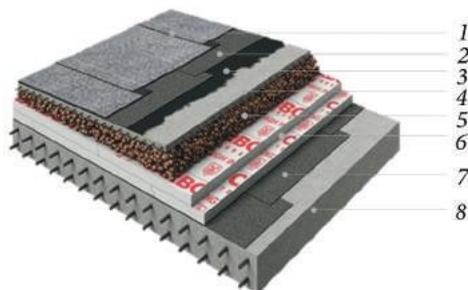


Рис. 1.69. Система *ТН-КРОВЛЯ Стандарт*: 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия *Техноэласт ЭКП*; 2 — нижний слой покрытия *Унифлекс ВЕНТ ЭПВ*; 3 — праймер битумный *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*; 4 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм; 5 — уклонообразующий слой из керамзита; 6 — утеплитель из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 7 — пароизоляционный слой *Битоль ЭПП*; 8 — бетонное основание

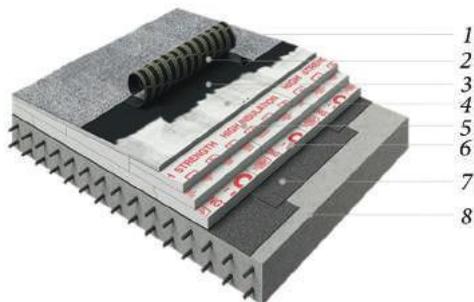


Рис. 1.70. Система *ТН-КРОВЛЯ Универсал*: 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия *Техноэласт ЭКП*; 2 — нижний слой покрытия *Унифлекс ВЕНТ ЭПВ*; 3 — праймер битумный *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*; 4 — сборная стяжка из двух слоев хризотилцементных листов толщиной не менее 50 мм; 5 — уклонообразующий слой из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE*; 6 — утеплитель из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 7 — пароизоляционный слой *Биполь ЭПП*; 8 — бетонное основание

Правила монтажа гидроизоляционного покрытия, укладываемого методом механической фиксации

При механическом креплении кровельного покрытия необходимо обеспечить нахлест смежных полотен рулонных материалов: боковой нахлест — не менее 100 мм для двуслойного покрытия и не менее 120 мм — для однослойного. Торцевой нахлест должен составлять не менее 120 мм — для полимерных мембран и 150 мм — для битумно-полимерных материалов. Для увеличения надежности и герметичности торцевого нахлеста при укладке битумно-полимерных материалов необходимо осуществить подрезку угла полотна материала, находящегося в нахлесте снизу (рис. 1.71).

При механическом креплении кровельного покрытия крепеж устанавливается в боковом нахлесте смежных полотнищ.

Крепление рулонного материала по *сжимаемым основаниям*, например, плитам из каменной ваты, производят с помощью пластиковых телескопических крепежных элементов и специальных саморезов (см. рис. 1.47). Для крепления в основание из профнастила применяются

кровельные сверлоконечные саморезы диаметром 4,8 мм; для крепления в основание из бетона класса В15—В25 или цементно-песчаную стяжку толщиной не менее 50 мм из раствора М150 применяются кровельные остроконечные винты диаметром 4,8 мм в сочетании с полиамидной анкерной гильзой длиной 45 или 60 мм (рис. 1.72).

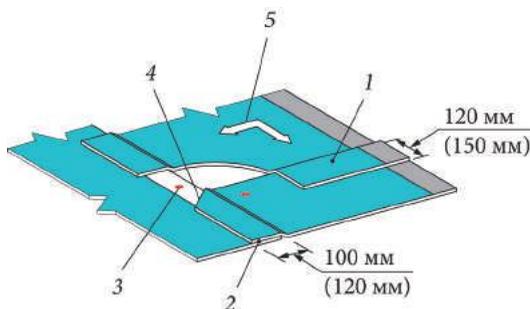


Рис. 1.71. Наклесты полотен рулонных материалов при механической фиксации: 1 — торцевой нахлест; 2 — боковой нахлест; 3 — телескопический крепеж; 4 — подрезка угла полотнища; 5 — направление уклона

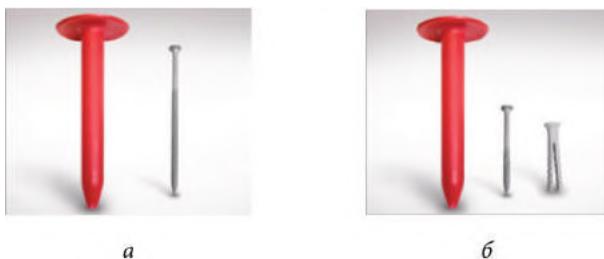


Рис. 1.72. Виды крепежных деталей для механического крепления рулонного материала по сжимаемому основанию: а — в основание из профнастила — телескопический крепеж и сверлоконечный саморез диаметром 4,8 мм; б — в бетонное основание или цементно-песчаную стяжку — телескопический крепеж и кровельный остроконечный винт диаметром 4,8 мм в сочетании с полиамидной анкерной гильзой длиной 45 или 60 мм

Длина телескопического крепежного элемента должна быть меньше толщины слоя теплоизоляции не менее чем на 15 % (но не менее чем на 20 мм) для предотвращения повреждения гидроизоляционного слоя.

Глубина установки крепежа в профнастил должна составлять 15—25 мм (рис. 1.73), в бетонное основание или цементно-песчаную стяжку — 45 мм.

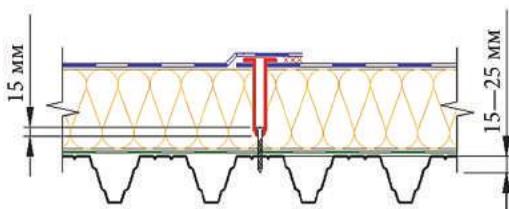


Рис. 1.73. Механическое крепление кровельного покрытия по сжимаемому основанию

Крепление кровельного покрытия по *жесткому основанию* производят при помощи металлических тарельчатых держателей диаметром не более 50 мм и специальных саморезов (рис. 1.74).

Рис. 1.74. Тарельчатый держатель и саморез для механической фиксации гидроизоляционных материалов к несущим и ограждающим основаниям из металлического профлиста, бетона и дерева



Для крепления в основание из бетона классов В15—В25 или цементно-песчаную стяжку толщиной не менее 50 мм из раствора М150 применяются кровельные остроконечные винты диаметром 4,8 мм в сочетании с полиамидной анкерной гильзой длиной 45 или 60 мм (см. рис. 1.72, б); для крепления в основание из сборной стяжки применяется сверлоконечный саморез диаметром 5,5 мм, длиной 45 мм без гладкой части с уменьшенным сверлом; для крепления в основание из бетона класса В25 применяется забивной анкер.

Стандартная схема установки крепежных элементов по жесткому основанию для битумно-полимерных материалов, например, кровельного рулонного материала *Техноэласт ФИКС*, показана на рис. 1.75.

Количество и шаг крепежных элементов определяют, исходя из ветровых нагрузок на кровлю СП 17.13330.2011 [42]. Для выполнения рас-

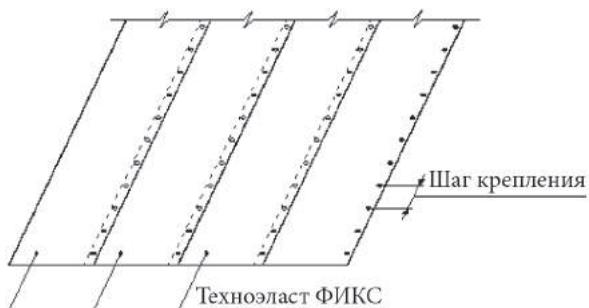


Рис. 1.75. Стандартная схема установки крепежных элементов по жесткому основанию для битумно-полимерных материалов



Рис. 1.76. Условное деление кровли для расчета количества крепежных элементов: 1 — угловая зона; 2 — центральная зона; 3 — парапетная зона

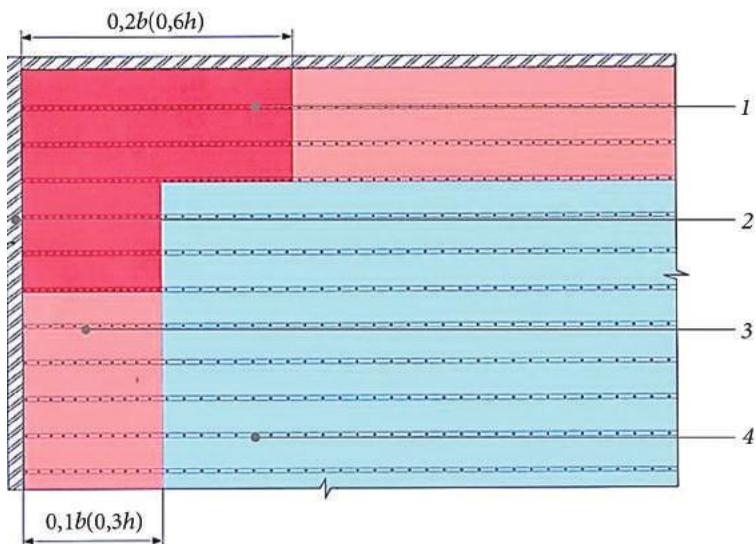


Рис. 1.77. Вариант раскладки и крепления кровельного полотна:
 1 — угловая зона; 2 — парапет; 3 — краевая (парапетная) зона; 4 — центральная зона;
 h — высота здания; b — ширина здания

чета кровлю условно делят на 3 зоны: центральную, краевую (парапетную), угловую (рис. 1.76).

Размеры зон зависят от геометрии здания. В краевой и угловой зонах предусматривают увеличение количества крепежных элементов из-за повышенных ветровых воздействий. Вариант раскладки и крепления кровельного полотна представлен на рис. 1.77.

Примером системы неэксплуатируемой крыши по стальному профилированному настилу с механической фиксацией битумно-полимерного кровельного ковра является система *ТН-КРОВЛЯ Фикс* (рис. 1.78).

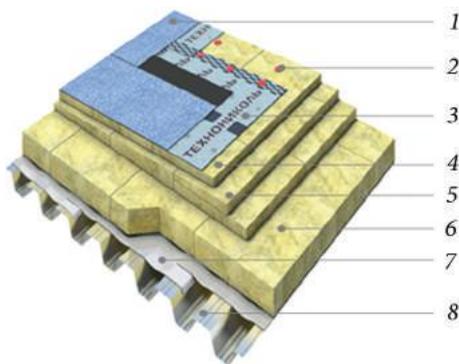


Рис. 1.78. Система *ТН-КРОВЛЯ Фикс*: 1 — верхний слой гидроизоляционного покрытия *ТЕХНОЭЛАСТ ЭКП*; 2 — телескопический крепеж *ТехноНИКОЛЬ*; 3 — нижний слой гидроизоляционного покрытия *ТЕХНОЭЛАСТ ФИКС*; 4 — минераловатный утеплитель *ТЕХНОРУФ В60*; 5 — уклонообразующий слой *ТЕХНОРУФ Н30 КЛИН*; 6 — минераловатный утеплитель *ТЕХНОРУФ Н30*; 7 — пароизоляционный слой *ПАРОБАРЬЕР С*; 8 — несущее основание из профнастила

Кровельное покрытие из битумно-полимерных мастичных материалов

Мастичную кровлю выполняют в тех случаях, когда кровля имеет сложную геометрическую форму и использовать рулонные наплавляемые материалы не представляется возможным или когда затруднен или полностью исключен огневой метод наплавления на опасных объектах (например электростанции, элеваторы и т.п.).

К преимуществам мастичных кровель следует отнести бесшовность гидроизоляционного полотна, возможность устройства гидроизоляции

«безогневым» методом, а также устройство гидроизоляции при большом количестве кровельных элементов.

Мастичную кровлю устраивают по железобетонным несущим плитам со швами, заделанными цементно-песчаным раствором; по монолитным армированным стяжкам из цементно-песчаного раствора М150; по сборным стяжкам из хризотилцементных прессованных плоских плит или цементно-стружечных плит; по деревянным основаниям (из влагостойкой фанеры или древесно-стружечной плиты); по старому кровельному ковру.

В качестве примера мастичной кровли рассмотрим систему *ТН-КРОВЛЯ Мастичная* (рис. 1.79).

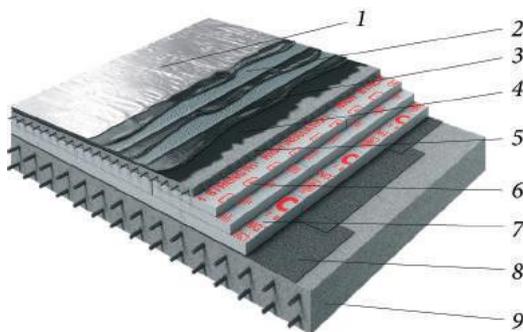


Рис. 1.79. Система *ТН-КРОВЛЯ Мастичная*: 1 — алюминиевая защитная мастика *ТЕХНОНИКОЛЬ № 57*; 2 — стеклоткань с поверхностной плотностью 120—190 г/м²; 3 — мастика *ТЕХНОНИКОЛЬ № 21*; 4 — праймер битумный *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*; 5 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм; 6 — уклонообразующий слой; 7 — плиты из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 8 — пароизоляция *Битоль ЭПП*; 9 — несущее основание из железобетона

В данной системе в качестве гидроизоляционного покрытия используется холодная битумно-полимерная мастика *ТЕХНОНИКОЛЬ № 21*, уложенная в 3 слоя. Расход мастики на один слой составляет не более 2 кг/м².

Для улучшения прочностных характеристик данной системы применяется армирование мастики стеклохолстом или стеклотканью. Для увеличения адгезии перед укладкой мастичных слоев основание из цементно-песчаной стяжки грунтуют битумным праймером. В качестве

теплоизоляции применяются плиты из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*. Для защиты кровли от УФ-воздействия на битумно-полимерную мастичную гидроизоляцию наносится алюминиевая мастика *ТЕХНОНИКОЛЬ № 57*, которая также помогает сократить нагрев всей поверхности кровли.

Система *ТН-КРОВЛЯ Мастичная* может применяться как при устройстве, так и при реконструкции кровли.

Правила монтажа гидроизоляционного покрытия из битумно-полимерных мастичных материалов

Устройство изоляционных слоев начинают с пониженных участков: карнизных свесов и участков расположения водосточных воронок (ендов). Основной гидроизоляционный ковер с применением армирующих стекломатериалов выполняют в следующей последовательности: на оштукатуренную поверхность основания наносят слой мастики, по которому расстилают полотна стеклохолста или стеклоткани с нахлестом по длине 80—100 мм. На пониженном участке, например на карнизе, вначале наклеивают два слоя стекломатериала, а затем каждое последующее полотно смещают относительно предыдущего с нахлестом 570 мм. Далее на уложенные полотна стеклосетки или стеклоткани наносят мастику. Расход мастики составляет не менее 4,5 кг/м² (рис. 1.80).

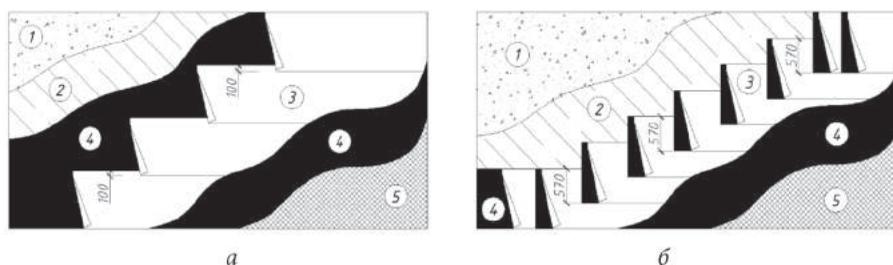


Рис. 1.80. Схема расположения слоев мастичного кровельного ковра:
 а — основной гидроизоляционный ковер (с одним армирующим слоем);
 б — кровельный ковер на пониженном участке (с двумя армирующими слоями);
 1 — основание под кровлю (цементно-песчаная стяжка); 2 — праймер;
 3 — армирующие слои; 4 — слои битумно-полимерной мастики;
 5 — защитный (окрасочный) слой

Мастику можно наносить ручным (валиком, кистью, гребком с резиновой вставкой) или механизированным способом. Для нанесения механизированным способом применяют установки безвоздушного распыления, при этом мастику разбавляют растворителем до рабочей вязкости.

Защитный (окрасочный) слой наносят по высохшему кровельному ковру (валиком, кистью или распылением) через 5—7 сут.

В местах примыкания мастичной кровли к парапетам, стенам, бортам фонарей и другим выступающим над кровлей конструкциям предусматривают дополнительные изоляционные слои из двух мастичных слоев с двумя армирующими прокладками из стекломатериалов. Ендовы и конек кровли в этих покрытиях усиливают одним армированным мастичным слоем. На неэксплуатируемых кровлях допускается выполнять на примыканиях к парапетам, стенам, бортам фонарей дополнительный ковер из трех армированных мастичных слоев без устройства защитного фартука.

Кровельное покрытие из полимерных мембран

Полимерные мембраны (ЭПДМ, ТПО, ПВХ — см. раздел 1.1.2.1) укладываются в один слой. Укладка полимерных мембран в зависимости от вида материала и типа кровельной системы может быть произведена следующим образом:

- частичным или полным приклеиванием материала на подготовленное основание (клеевой метод);
- механической фиксацией к основанию с помощью специальных крепежных изделий;
- свободной укладкой материала (для систем балластной кровли).

Система клеевой кровли с использованием полимерной мембраны

Клеевая система укладки получила наибольшее применение при реконструкции и ремонте старых битумных кровель без демонтажа кровельного пирога. Для устройства кровель клеевым методом применяются полимерные мембраны с подложкой из геотекстиля, например, ПВХ мембрана *LOGICROOF V-RP FB*, которая обеспечивает не только механическое разделение старого и нового слоев, но и надежную фиксацию

материала при помощи клеевого состава. Рулоны мембраны имеют боковое поле без подложки (шириной 100 мм) для возможности сварки полотен при помощи горячего воздуха. Для дополнительного утепления кровли применяются плиты из пенополиизоцианурата *ТЕХНОНИКОЛЬ* (рис. 1.81).

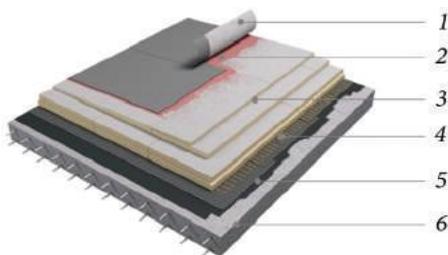


Рис. 1.81. Система клеевой кровли с использованием полимерной мембраны:
 1 — полимерная мембрана с подложкой из геотекстиля *LOGICROOF V-RP FB*;
 2 — монтажный клей; 3 — утеплитель из пенополиизоцианурата *ТЕХНОНИКОЛЬ*;
 4 — битумно-полимерный клей; 5 — старый битумный ковер;
 6 — железобетонное основание

Системы кровли с механическим креплением полимерной мембраны

Для устройства кровель с механическим креплением применяются ПВХ мембраны, армированные полиэфирной сеткой, например *LOGICROOF V-RP* и *ECOPLAST V-RP*.

Далее представлены варианты систем кровли с механическим креплением полимерной мембраны с утеплением из минеральной ваты и комбинированным утеплением.

- Система *ТН-КРОВЛЯ Классик* с утеплителем из минеральной ваты (рис. 1.82)

В данной системе на несущее основание из профилированного листа укладывают пароизоляцию для плоской кровли, которая защищает утеплитель от увлажнения проникающими из помещения водяными парами. В качестве теплоизоляционного слоя применяются минераловатные плиты *ТЕХНОРУФ Н30* и *ТЕХНОРУФ В60*, являющиеся негорючими материалами. *ТЕХНОРУФ Н30*, имеющий меньшую плотность, применяется в качестве нижнего слоя. *ТЕХНОРУФ В60* применяется в каче-

стве верхнего слоя, который распределяет внешнюю нагрузку на нижний слой утеплителя. Утеплитель и гидроизоляционное покрытие крепятся к основанию при помощи телескопических крепежных элементов. Полимерная мембрана *LOGICROOF V-RP* имеет группу горючести Г1, что позволяет применять данную систему без ограничений по площади.

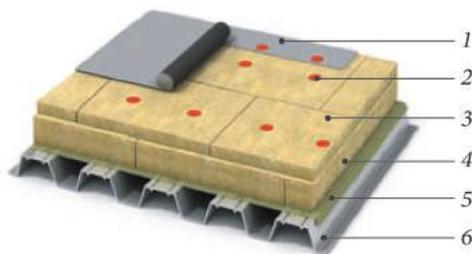


Рис. 1.82. Система полимерной кровли с минераловатным утеплителем *ТН-КРОВЛЯ Классик*: 1 — полимерная мембрана *LOGICROOF V-RP*; 2 — телескопический крепеж; 3 — верхний слой утеплителя — плиты из минеральной ваты *ТЕХНОРУФ Н60*; 4 — нижний слой утеплителя — плиты из минеральной ваты *ТЕХНОРУФ Н30*; 5 — пароизоляционная пленка; 6 — несущее основание из профнастила

Система *ТН-КРОВЛЯ Классик* имеет высокие противопожарные свойства (класс пожарной опасности К0 (30) в соответствии с ГОСТ 30403—96 [16] и применяется для устройства крыш на общественных зданиях с большой площадью и постоянным пребыванием большого количества людей.

- *Вентилируемая система ТН-КРОВЛЯ Вент*

Разновидностью системы *ТН-КРОВЛЯ Классик* является вентилируемая система *ТН-КРОВЛЯ Вент* с двухслойным утеплителем, имеющая ряд конструктивных особенностей, благодаря которым испарение влаги существенно увеличивается за счет циркуляции воздуха по каналам в нижнем слое теплоизоляции (рис. 1.83). Размеры вентиляционных каналов: ширина 30 мм, глубина 20 мм.

Функционирование системы *ТН-КРОВЛЯ Вент* основывается на естественной вентиляции, благодаря которой влага быстрее выводится из конструкции. Для правильной работы системы необходимо организовать уклон. Уклон может быть как конструктивным, так и выполненным при помощи теплоизоляционных уклонообразующих плит *ТЕХНО-*

РУФ Н30 КЛИН, которые укладываются под плиты с вентиляционными каналами. Воздух под действием разницы парциальных давлений вытягивается по каналам вверх к общему поперечному каналу, расположенному вдоль конька, под действием силы ветра. Плита ТЕХНОРУФ В60 толщиной 40 мм является основой для гидроизоляционного слоя и равномерно распределяет внешние нагрузки на слой утеплителя с вентилируемыми каналами ТЕХНОРУФ Н ВЕНТ.

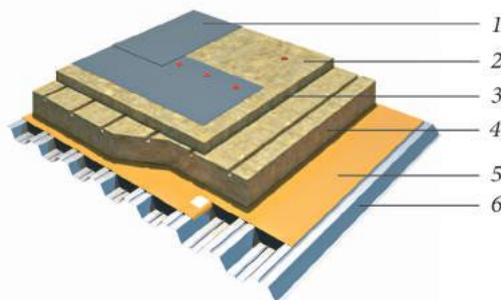


Рис. 1.83. Система ТН-КРОВЛЯ Вент: 1 — полимерная мембрана, например LOGICROOF V-RP, ECOPLAST V-RP или LOGICROOF V-RP ARCTIC; 2 — телескопический крепеж; 3 — утеплитель ТЕХНОРУФ В60; 4 — утеплитель ТЕХНОРУФ Н30 ВЕНТ; 5 — пленка пароизоляционная; 6 — несущее основание из профнастила

• Система ТН-КРОВЛЯ Смарт с комбинированным утеплителем (рис. 1.84)

В данной системе на несущее основание из профилированного листа укладывают пароизоляцию, которая защищает утеплитель от увлажнения проникающими из помещения водяными парами. В качестве нижнего теплоизоляционного слоя применяется минераловатный утеплитель ТЕХНОРУФ Н30 толщиной не менее 50 мм, что обеспечивает системе высокие противопожарные свойства. Применение утеплителя на основе экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300 в качестве верхнего слоя обуславливает ряд преимуществ системы, таких как малый вес конструкции, низкое водопоглощение, повышенная прочность, что позволяет обходиться без устройства пешеходных дорожек на кровле. Класс пожарной опасности конструкции К0 (15) позволяет применять ее в качестве бесчердачных покрытий в зда-

ниях II—V степени огнестойкости с любым классом пожарной опасности здания по ГОСТ 30403—96 [16].

Утеплитель и гидроизоляционное покрытие механически крепятся к основанию при помощи телескопических крепежных элементов.

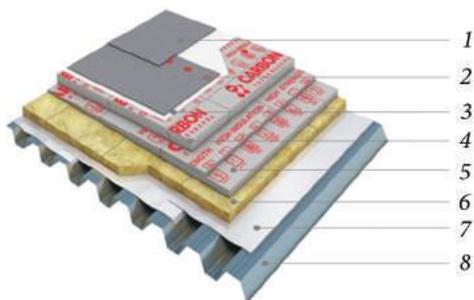


Рис. 1.84. Система полимерной кровли с комбинированным утеплением *ТН-КРОВЛЯ Smart*: 1 — полимерная мембрана, например, *LOGICROOF V-RP*, *ECOPLAST V-RP* или *LOGICROOF V-RP ARCTIC*; 2 — телескопический крепеж; 3 — разделительный слой из стеклохолста; 4 — утеплитель из XPS пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 5 — уклонообразующий слой из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE*; 6 — утеплитель из минеральной ваты *ТЕХНОРУФ НЗ*; 7 — пароизоляция (пароизоляционная пленка *ТЕХНОНИКОЛЬ* или *ПАРОБАРЬЕР С*); 8 — несущее основание из профнастила

Для изготовления фасонных элементов, деталей усиления и деформационного шва применяются неармированные ПВХ мембраны, такие как *LOGICROOF V-SR* и *ECOPLAST V-SR* (рис. 1.85).



Рис. 1.85. Применение неармированной ПВХ мембраны при устройстве внешнего угла

Неармированные мембраны не применяются для устройства парапетов. Необходимо избегать контакта ПВХ мембраны с жирами. На производствах, использующих различные масла, нужно предусмотреть жирулавливающие фильтры, которые устанавливаются на вытяжки.

Общие правила монтажа кровель из полимерных мембран

Правила укладки полимерных мембран на профнастил и бетонное основание

По несущему основанию из профнастила рулоны полимерной мембраны раскатываются поперек волн профилированного листа (рис. 1.86). Это требование обусловлено тем, что механический крепеж должен устанавливаться в разные волны профлиста, а не в одну волну.

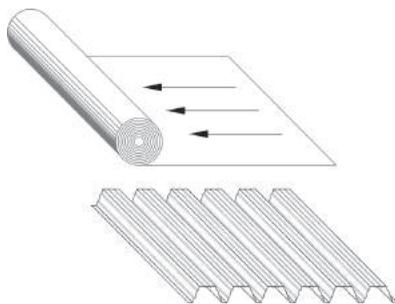


Рис. 1.86. Направление раскатки рулона полимерной мембраны по несущему основанию из профнастила

Раскладка рулонов полимерных мембран осуществляется в зависимости от несущего основания: со смещением торцевых нахлестов (не менее 300 мм) — для любого типа основания (рис. 1.87, а) и с устройством сборной полосы (шириной 200—1000 мм) — для бетонного основания (рис. 1.87, б).

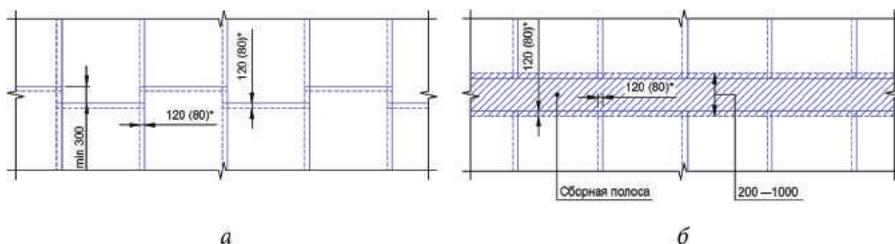


Рис. 1.87. Варианты раскладки рулонов полимерных мембран:

а — со смещением торцевых нахлестов; б — с устройством сборной полосы;

* величина нахлестов: 120 мм — при механической фиксации кровельного ковра; 80 мм — при свободной укладке и клеевом методе укладки кровельного ковра

При укладке полимерных мембран из *ПВХ* или *ТПО* по твердым шероховатым основаниям (старое битумное покрытие, железобетон, цементно-песчаная стяжка, сборная стяжка, настилы из дерева и фанеры) требуется предусматривать разделительный слой из иглопробивного геотекстиля поверхностной плотностью не менее 300 г/м².

В случае устройства кровельного покрытия из *ПВХ* и *ТПО мембран* по основанию из экструзионного пенополистирола (*XPS*) и другим горючим основаниям необходимо предусмотреть укладку разделительного слоя между мембраной и утеплителем из стеклохолста поверхностной плотностью не менее 100 г/м² для увеличения пожарной безопасности системы. Нахлест полотен разделительных слоев должен составлять не менее 100 мм.

Правила монтажа кровель из полимерных мембран, укладываемых клеевым методом

При ремонте старой кровли для дополнительного утепления применяются плиты из экструзионного пенополистирола, например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*. Они приклеиваются к поверхности старого битумного ковра с помощью двухкомпонентного битумно-полимерного клея, имеющего высокую адгезию к битумным и полимерно-битумным материалам и пенополистиролу. Клей, нанесенный порционными частями на нижнюю поверхность плиты с помощью шпателя, твердеет в течение 2 ч. Благодаря густой консистенции битумно-полимерный клей способен заполнять неровности кровельного основания глубиной до 5 мм.

Приклеивание гидроизоляционной полимерной мембраны возможно уже через 4 ч после укладки утеплителя. Приклеивание осуществляется с помощью полиуретановых клеевых составов. Мембрана приклеивается на основание с нахлестом смежных полотен (продольным и торцевым) не менее 80 мм.

На основной плоскости кровли допускается полосовое приклеивание мембраны с площадью приклеивания не менее 30 %. На вертикальных поверхностях и местах перехода на вертикаль полимерная мембрана приклеивается по всей плоскости. Продольные и поперечные швы смежных полотен мембраны не проклеиваются монтажным клеем. Швы свариваются специальным оборудованием при помощи горячего воздуха. Ширина сварного шва должна составлять не менее 30 мм.

Правила монтажа кровель из полимерных мембран, укладываемых методом механической фиксации

Общие правила монтажа кровель из полимерных мембран, укладываемых методом механической фиксации, аналогичны правилам механического крепления битумно-полимерных покрытий.

- Механическое крепление полимерной мембраны в основание из профнастила

Схема механического крепления кровельного покрытия в основание из профнастила представлена на рис. 1.72.

При механическом креплении полимерной мембраны в несущее основание из профнастила шаг крепежа должен быть кратен шагу волны профилированного листа и определяться расстоянием между полками профлиста. В 1 пог. м мембраны можно установить не более 5 креплений, поэтому для мембраны шириной 2 м на 1 м^2 приходится 2,5 крепежа. Если по расчету необходимо большее количество крепежных элементов, например, в угловых или парапетных зонах, то необходимо уменьшить ширину полотна либо установить дополнительные крепления в его середину (рис. 1.88).

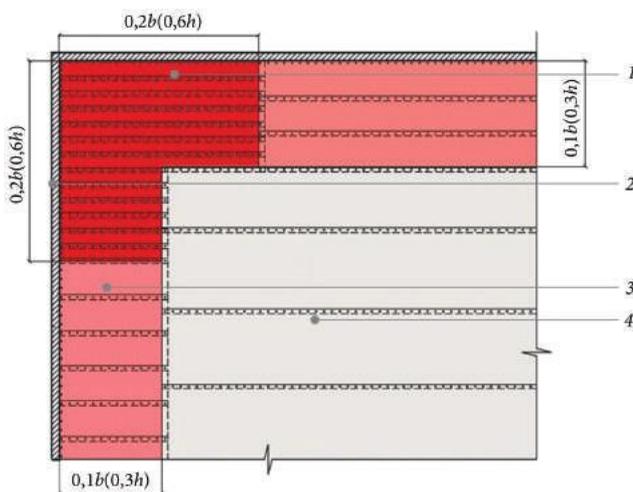


Рис. 1.88. Раскладка и крепление полотен полимерной мембраны к профлисту при механической фиксации: h — высота здания; b — ширина здания; 1 — угловая зона (7 крепежей на 1 м^2); 2 — парапет; 3 — парапетная зона (5 крепежей на 1 м^2); 4 — центральная зона (2,5 крепежа на 1 м^2)

- *Механическое крепление полимерной мембраны в бетонное основание*

При механическом креплении полимерной мембраны в *бетонное основание* или цементно-песчаную стяжку не обязательно уменьшать ширину рулонов либо устанавливать дополнительный крепеж в их середине. В этом случае достаточно уменьшить шаг установки крепежных элементов.

Системы балластных кровель

Балластная система кровли предусматривает свободную укладку кровельного гидроизоляционного покрытия и удержание ее на поверхности основания с помощью балласта: гальки, гравия, щебня, бетонных блоков или тротуарной плитки (в случае эксплуатируемой кровли).

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 (гидроизоляционный слой расположен над утеплителем) и инверсионные (гидроизоляционный слой расположен под утеплителем).

Балластная система укладки применяется для кровель, оборудованных со всех сторон парапетами и уклоном несущего основания не более 3 %, как при устройстве, так и при реконструкции кровель.

Системы балластных традиционных кровель

- *Система неэксплуатируемой балластной традиционной кровли*

В качестве балласта для *неэксплуатируемых балластных крыш* применяется промытая галька, гравий или гранитный щебень фракцией 20—40 мм. Не допускается использовать щебень карбонатных пород. Необходимый вес балласта, а также количество дополнительных крепежных элементов рассчитываются в зависимости от величины ветровых нагрузок, согласно СП 20.13330.2011 [43].

В качестве подкладочного слоя под балласт служит иглопробивной геотекстиль поверхностной плотностью не менее 300 г/м². Этот слой служит для предотвращения попадания мелких частиц в стыки тепло-

изоляционных плит, где они могут вызвать повреждения самих плит при замерзании-оттаивании, а также попадания частиц под теплоизоляцию, где они могут вызвать повреждение мембраны. Нахлесты полотен геотекстиля должны составлять не менее 100 мм и свариваться между собой горячим воздухом.

В качестве гидроизоляционного слоя применяются полимерные мембраны, армированные стеклохолстом, например *LOGICROOF V-GR* или *ECOPLAST V-GR*, или битумно-полимерные материалы, например *Техноэласт* или *Унифлекс*.

Схема традиционной балластной кровли *ТН-КРОВЛЯ Балласт* для неэксплуатируемых крыш представлена на рис. 1.89.

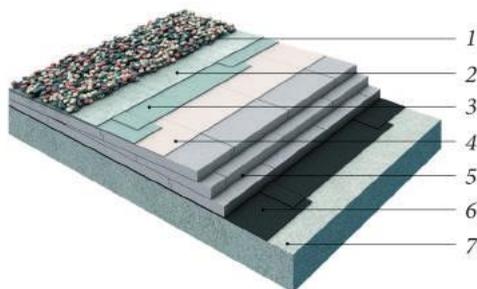


Рис. 1.89. Система традиционной балластной кровли *ТН-КРОВЛЯ Балласт*:

- 1 — балластный слой (гравий или щебень); 2 — иглопробивной геотекстиль;
- 3 — полимерная мембрана; 4 — разделительный слой (стеклохолст плотностью 100 г/м^2); 5 — утеплитель — плиты из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 6 — пароизоляционный слой *ПАРОБАРЬЕР Б*; 7 — железобетонное основание

На неэксплуатируемых крышах, где требуется обслуживание размещенного на них оборудования, должны быть предусмотрены ходовые дорожки и площадки вокруг оборудования. В ендове и около воронок увеличивают вес балласта, чтобы предотвратить всплытие утеплителя. Вокруг воронок применяется балласт более крупной фракции для улучшения фильтрационных свойств (рис. 1.90).



Рис. 1.90. Увеличение фракции балласта вокруг воронки

Системы балластных традиционных эксплуатируемых кровель

• Система традиционной эксплуатируемой кровли под пешеходную нагрузку с тротуарной плиткой

Для устройства защитного (балластного) слоя в эксплуатируемых кровлях под пешеходную нагрузку применяются мелкокоразмерные фигурные тротуарные плитки толщиной не менее 60 мм и морозостойкостью не менее F150 с шириной швов от 5 до 20 мм и заделкой цементно-песчаным раствором. Такой защитный слой позволяет выдерживать падение достаточно тяжелых предметов на поверхность кровли без повреждения гидроизоляционного слоя. Кроме того, улучшаются и пожарные характеристики кровельного покрытия, обеспечивается надежная защита гидроизоляционного слоя от распространения пламени.

Наиболее технологичными являются эксплуатируемые кровли с тротуарной плиткой, уложенной по дренажному слою из мелкого гравия (фракцией 5—20 мм), толщиной не менее 50 мм. Для защиты гидроизоляционного материала от продавливания гравием на его поверхность укладывается разделительный слой иглопробивного геотекстиля плотностью 350—400 г/м² (рис. 1.91).

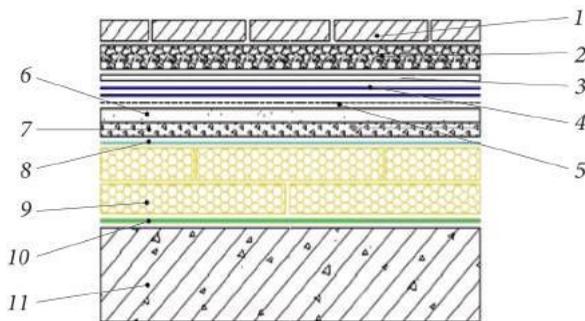


Рис. 1.91. Система традиционной эксплуатируемой кровли с тротуарной плиткой, уложенной по гравию: 1 — тротуарная плитка; 2 — дренажный слой из гравия (толщиной не менее 50 мм); 3 — разделительный слой из иглопробивного геотекстиля; 4 — гидроизоляционное покрытие (например *Техноэласт ЭПП*) — 2 слоя; 5 — битумный праймер; 6 — армированная цементно-песчаная стяжка;

7 — уклонообразующий слой; 8 — разделительный слой; 9 — утеплитель из экструзионного пенополистирола — 2 слоя; 10 — пароизоляция;

11 — несущее основание — железобетонная плита перекрытия

- Система традиционной эксплуатируемой кровли под пешеходную нагрузку с пластиковыми винтовыми опорами *ТН-КРОВЛЯ Терраса*

Для устройства защитного слоя эксплуатируемых крыш можно использовать систему с пластиковыми винтовыми опорами (рис. 1.92). Их применение позволяет обеспечить горизонтальность верхней поверхности эксплуатируемой крыши, уменьшить нагрузки на несущие конструкции зданий и сооружений. В качестве защитного слоя эксплуатируемых крыш с применением винтовых опор можно использовать любые виды тротуарных плит морозостойкостью не менее F150, прошедших расчет на воздействие имеющихся нагрузок.



Рис. 1.92. Винтовые опоры для крепления тротуарных плит

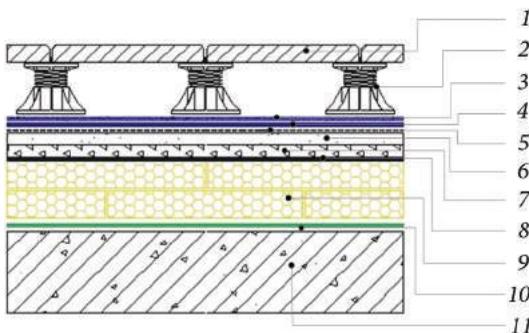


Рис. 1.93. Система традиционной эксплуатируемой кровли с тротуарной плиткой, уложенной на пластиковые винтовые опоры *ТН-КРОВЛЯ Терраса*:

1 — тротуарная плитка; 2 — винтовая пластиковая опора; 3 — верхний слой гидроизоляционного покрытия с крупнозернистой посыпкой *Техноэласт ЭКП*; 4 — нижний слой гидроизоляционного покрытия *Техноэласт ЭПП*; 5 — битумный праймер; 6 — армированная цементно-песчаная стяжка; 7 — уклонообразующий слой; 8 — разделительный слой из геотекстиля; 9 — утеплитель из экструзионного пенополистирола — 2 слоя (например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300, 400*); 10 — пароизоляция; 11 — несущее основание — железобетонная плита перекрытия

Система *ТН-КРОВЛЯ Терраса* не предусматривает устройство цементно-песчаной стяжки поверх слоя утеплителя, а тротуарная плитка укладывается на пластиковые опоры, создавая балластный слой. В качестве утеплителя используются плиты из экструзионного пенополистирола, такие как *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*. В качестве гидроизоляционного покрытия применяются либо 2 слоя рулонных битумно-полимерных материалов, например *Техноэласт ЭПП*, либо однослойные полимерные мембраны, например ПВХ мембраны *LOGICROOF V-GR* или *ECOPLAST V-GR*, армированные стеклохолстом. Схема системы *ТН-КРОВЛЯ Терраса* представлена на рис. 1.93.

Системы балластных инверсионных кровель

Инверсионная система (рис. 1.94) представляет собой разновидность балластной системы и чаще всего применяется для эксплуатируемых кровель, по которым осуществляется регулярное движение, или кровель, устраиваемых в районах с суровыми климатическими условиями. В отличие от традиционной кровли в инверсионной системе пароизоляционный слой не применяется, а роль пароизоляции выполняет кровельное гидроизоляционное покрытие. В качестве утеплителя применяются только плиты из экструзионного пенополистирола.

Применение инверсионных систем устройства кровель имеет следующие преимущества:

- увеличение долговечности гидроизоляционного слоя, который надежно защищен от воздействия основных неблагоприятных факторов: высоких и низких температур, резких температурных перепадов, солнечного излучения, механических нагрузок;
- экономия на пароизоляционном слое;
- возможность укладки теплоизоляционных материалов и вышележащих слоев крыши при неблагоприятных погодных условиях.

Системы неэксплуатируемых инверсионных кровель

Один из вариантов устройства балластной инверсионной неэксплуатируемой кровли представлен на рис. 1.94.

При такой системе укладки кровельная мембрана защищена от воздействий перепадов температуры и солнца, что увеличивает срок службы кровли. Это отражено на графике распределения среднемесячных

температур на поверхности гидроизоляционного покрытия: в балластных системах срок службы кровли существенно выше за счет создания для гидроизоляционного слоя стабильных комфортных условий эксплуатации (рис. 1.95). Кроме того, данная система часто используется при дополнительном утеплении кровель.

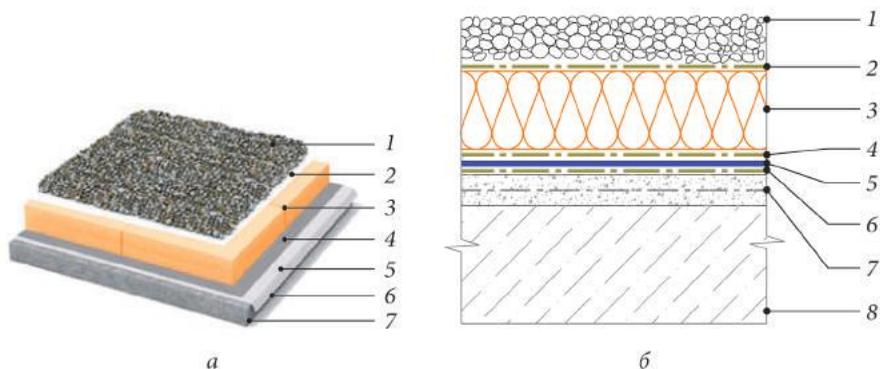


Рис. 1.94. Система балластной инверсионной кровли с применением полимерной мембраны: *а* — общий вид; *б* — схема; 1 — балластный слой (гравий или щебень); 2 — разделительный слой из термоскрепленного геотекстиля; 3 — утеплитель из экструзионного пенополистирола (например XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF); 4 — разделительный слой из термоскрепленного геотекстиля (поверхностной плотностью 150 г/м²); 5 — полимерная мембрана; 6 — разделительный слой из иглопробивного геотекстиля (поверхностной плотностью 300 г/м²); 7 — цементно-песчаная стяжка; 8 — несущее основание

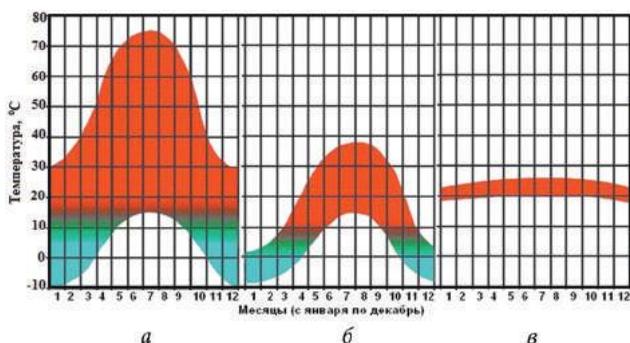


Рис. 1.95. График среднемесячных температур на поверхности кровельного покрытия: *а* — традиционная кровля; *б* — балластная традиционная кровля; *в* — балластная инверсионная кровля

Системы эксплуатируемых инверсионных кровель

Основанием для инверсионной эксплуатируемой кровли могут служить пустотные или ребристые плиты перекрытия, монолитный железобетон. Для обеспечения быстрого отвода воды с поверхности гидроизоляционного слоя эксплуатируемых крыш необходимо предусмотреть устройство уклонов основания, на которое укладывается кровельный ковер. Уклоны формируют непосредственно по несущему основанию. Для создания уклонов на кровле применяют керамзитобетон, пенополистиролбетон, другие составы из легких бетонов. Для эксплуатируемых крыш под пешеходную нагрузку и «зеленых» крыш в качестве уклонообразующего слоя возможно использовать керамзитовый гравий с устройством по нему армированной цементно-песчаной стяжки. В выравнивающих стяжках должны быть предусмотрены температурно-усадочные швы шириной до 10 мм, разделяющие стяжку на участки размером не более 6×6 м. Швы должны совпадать с торцевыми швами сборных железобетонных оснований. По температурно-усадочным швам должна быть предусмотрена укладка полосок-компенсаторов шириной 150—200 мм из рулонных материалов с приклеиванием по обеим кромкам на ширину около 50 мм.

Для устройства гидроизоляционного слоя эксплуатируемых крыш применяются рулонные битумно-полимерные материалы, которые укладываются в 2 слоя.

В качестве разделительного слоя между гидроизоляционным слоем и теплоизоляцией используется иглопробивной геотекстиль плотностью 300 г/м², который препятствует застаиванию воды на поверхности гидроизоляционного слоя. В качестве разделительного слоя между дренажным слоем, теплоизоляцией и растительным субстратом используется термоскрепленный геотекстиль плотностью 150 г/м². Данный материал не заливается и препятствует смыванию частиц растительного субстрата в водостоки.

В качестве утеплителя в эксплуатируемых кровлях применяются плиты из экструзионного пенополистирола, которые укладываются в 1 или 2 слоя. Плиты укладываются с соединением в паз (шпонку) для предотвращения накопления просочившейся с поверхности крыши воды между слоями теплоизоляции. При укладке теплоизоляционных плит в 2 слоя толщина верхнего слоя должна быть не меньше толщины

нижнего слоя теплоизоляции. Данное условие необходимо выполнять для того, чтобы поверхность соприкосновения верхнего и нижнего слоев теплоизоляции находилась ниже «точки росы» («точка росы» обычно находится в верхней трети слоя теплоизоляции). В противном случае не исключено замерзание воды, находящейся между слоями теплоизоляционных плит.

В качестве дренажного слоя эксплуатируемых и «зеленых» крыш применяют гравий (фракция 10—20 мм) или профилированные полимерные мембраны, уложенные между двумя слоями термоскрепленного геотекстиля; минимальная толщина слоя гравия 40 мм. Геотекстиль выполняет функции разделительного, укрепляющего и фильтрующего слоев.

Для удаления воды с поверхности эксплуатируемых и «зеленых» крыш предусматривается устройство системы внутреннего организованного водоотвода. В системах водоотведения «зеленых» и эксплуатируемых крыш используются многоуровневые воронки, обеспечивающие отвод воды не только с поверхности крыши, но и с уровня дренажного слоя и водоизоляционного ковра (рис. 1.96).



Рис. 1.96. Многоуровневая воронка

- Система инверсионной эксплуатируемой кровли под пешеходную нагрузку ТН-КРОВЛЯ Тротуар

В качестве примера инверсионной эксплуатируемой кровли с пешеходными нагрузками рассмотрим систему ТН-КРОВЛЯ Тротуар (рис. 1.97).

В качестве защитного (балластного) слоя применяется тротуарная плитка толщиной не менее 40 мм, укладываемая с помощью специального плиточного клея на цементно-песчаную стяжку М150. Толщина цементно-песчаной стяжки зависит от нагрузок, действующих на поверхность кровли, но она должна быть не менее 50 мм. Армирование стяжки производят дорожной сеткой с ячейкой размером не более 150×150 мм или стальной арматурой.

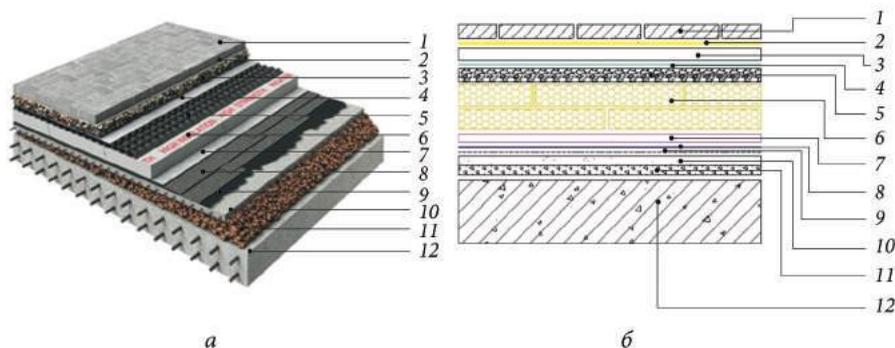


Рис. 1.97. Система инверсионной эксплуатируемой кровли под пешеходную нагрузку *ТН-КРОВЛЯ Тротуар*: а — общий вид; б — схема; 1 — тротуарная плитка; 2 — цементно-песчаная смесь; 3 — балласт (гравий фракцией 20—40 мм); 4 — разделительный слой из геотекстиля; 5 — дренажная мембрана *PLANTER-geo*; 6 — утеплитель из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 7 — иглопробивная геотекстиль 300 г/м²; 8 — битумно-полимерная рулонная гидроизоляция — 2 слоя (*Техноэласт ЭПП*); 9 — битумный праймер; 10 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм; 11 — уклонообразующий слой из керамзитового гравия; 12 — несущее основание — железобетонная плита перекрытия

По стяжке наносится слой полиуретановой мастики, защищающий стяжку от воздействия воды и промерзания. Полиуретановую мастику наносят в 2 слоя общей толщиной не менее 1,5 мм. Верхний слой мастики сразу после нанесения посыпают сухим кварцевым песком для создания сцепляющего слоя с плиточным клеем.

Для создания уклонов на кровле применяют керамзитобетон, пенополистиролбетон, другие составы из легких бетонов. Поверх уклонообразующего слоя устраивают армированную цементно-песчаную стяжку М150, оштукатуривают битумным праймером, например *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*.

Гидроизоляционное покрытие выполняют из двух слоев битумно-полимерных рулонных материалов. В качестве нижнего слоя применяют материалы свободной укладки, например *Техноэласт Фикс*, для верхнего — наплавляемые битумно-полимерные материалы. Далее на гидроизоляционное покрытие укладывают слой иглопробивного геотекстиля с поверхностной плотностью не менее 350—400 г/м².

В инверсионной эксплуатируемой кровле слой теплоизоляции находится поверх гидроизолирующих слоев, выполняющих функцию защиты здания от попадания в него влаги. При использовании такого варианта кровельного пирога в качестве утеплителя применяют экструзионный пенополистирол, например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300* или *400*. Марку и толщину утеплителя выбирают исходя из действующих нагрузок и теплотехнического расчета.

Дренажный слой для отвода излишней влаги устраивают по верхней поверхности теплоизоляционных плит. Для этого используют дренажную мембрану *PLANTER-geo*, представляющую собой пластиковую сетку, покрытую с обеих сторон геотекстилем. Дренажная мембрана и иглопробивной геотекстиль, укладываемый под слой утеплителя, позволяют отвести влагу, поступившую внутрь конструкции. В качестве дренажного слоя допускается применять также слой гранитного гравия толщиной не менее 50 мм, уложенный между двумя слоями иглопробивного геотекстиля с поверхностной плотностью 350—400 г/м². Перед укладкой цементно-песчаной стяжки поверхность дренажной мембраны необходимо закрыть битумным или битумно-полимерным материалом, образующим разделительный слой. Разделительный слой не позволяет забиться композитной мембране цементным молоком.

- Система инверсионной эксплуатируемой кровли под транспортную нагрузку *ТН-КРОВЛЯ Авто*

В качестве примера инверсионной эксплуатируемой кровли под транспортную нагрузку рассмотрим систему *ТН-КРОВЛЯ Авто* (рис. 1.98).

Отличительной особенностью данной системы является способность выдерживать тяжелые транспортные нагрузки.

Для устройства защитного слоя эксплуатируемых крыш под автомобильную нагрузку могут применяться: двухслойное асфальтобетонное покрытие; плиты железобетонные толщиной не менее 80 мм из бетона класса по прочности на сжатие не менее В15 и морозостойкостью не менее F150; дорожная брусчатка толщиной не менее 80 мм и морозостойкостью не менее F150. В утепленных эксплуатируемых кровлях до укладки асфальтобетона должна быть уложена армированная цементно-песчаная стяжка или отлита армированная бетонная плита в зависимости от эксплуатационной нагрузки. Стяжка перераспределяет на-

грузку и не позволяет деформироваться слою асфальтобетона при разогреве его летом. Во избежание появления колеи слой асфальтобетона не должен превышать 70 мм. Для увеличения адгезии перед наплавлением гидроизоляции поверхность необходимо огрунтовать битумным праймером.

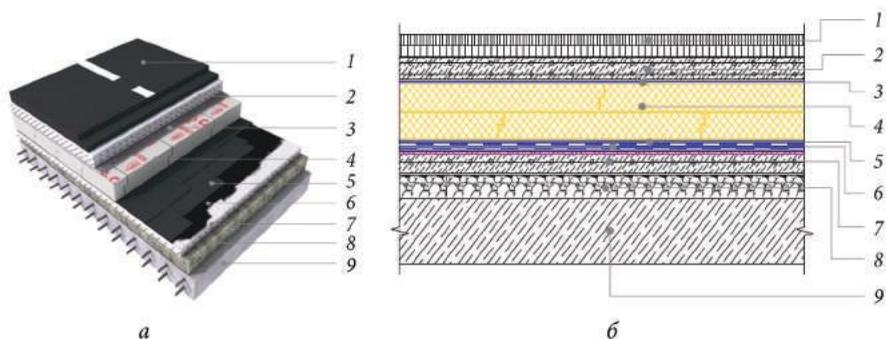


Рис. 1.98. Система инверсионной эксплуатируемой кровли под транспортную нагрузку *ТН-КРОВЛЯ Авто*: *a* — общий вид; *б* — схема; 1 — 2 слоя асфальтобетона; 2 — железобетонная плита толщиной не менее 100 мм; 3 — разделительный слой из полиэтиленовой пленки; 4 — утеплитель из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID 500*; 5 — гидроизоляционный слой из битумно-полимерного рулонного материала в 2 слоя *Техноэласт ЭПП*; 6 — праймер битумный *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01*; 7 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм; 8 — уклонообразующий слой из керамзитобетона; 9 — несущее основание — железобетонная плита перекрытия

Для максимальной надежности и защиты системы от протечек гидроизоляцию выполняют в 2 слоя из битумно-полимерных материалов, таких как *Техноэласт ЭПП*. Утеплитель должен обладать низким водопоглощением, высокой прочностью и не должен разрушаться от высоких динамических нагрузок, связанных с передвижением автотранспорта. В качестве утеплителя необходимо применять экструзионный пенополистирол, например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID 500*.

Для защиты от попадания цементного молока в швы теплоизоляционного материала и создания скользящего слоя по утеплителю необходимо предусмотреть разделительный слой из полимерной пленки, поверх которой устраивается распределительная железобетонная плита с последующей укладкой асфальтобетона.

При устройстве уклонообразующего слоя необходимо отказаться от сыпучих материалов (например керамзитового гравия) и использовать легкие виды бетонов. В противном случае при разрушении или перемещении сыпучих материалов во время эксплуатации крыши может произойти разрушение вышележащих слоев кровельного ковра.

Система «зеленой» кровли

«Зеленая» кровля является разновидностью инверсионной эксплуатируемой кровли, в которой в качестве верхнего слоя применяется растительный грунт, укладываемый на дренажный слой. Примером «зеленой» кровли является система *ТН-КРОВЛЯ Грин* (рис. 1.99).

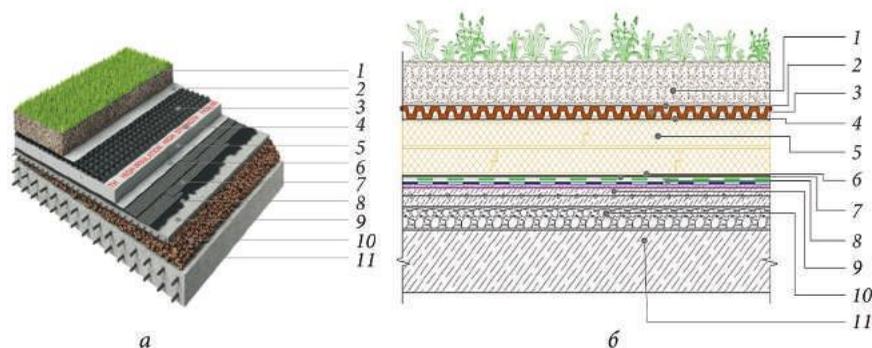


Рис. 1.99. Система «зеленой» кровли *ТН-КРОВЛЯ Грин*: а — общий вид; б — схема; 1 — грунт с зелеными насаждениями; 2 — разделительный слой из термоскрепленного геотекстиля (плотностью 150 г/м²); 3 — дренажная профилированная мембрана *PLANTER-geo*; 4 — разделительный слой из термоскрепленного геотекстиля (плотностью 150 г/м²); 5 — утеплитель из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*; 6 — разделительный слой из иглопробивного геотекстиля (плотностью 300 г/м²); 7 — битумно-полимерная рулонная гидроизоляция *Техноэласт ГРИН*; 8 — битумно-полимерная рулонная гидроизоляция *Техноэласт ЭПП*; 9 — армированная цементно-песчаная стяжка М150 толщиной не менее 50 мм; 10 — уклонообразующий слой из керамзитового гравия; 11 — несущее основание — железобетонная плита перекрытия

«Зеленые» кровельные системы устанавливают на железобетонное основание. Для формирования уклонообразующего слоя применяют керамзитовый гравий. Основанием под гидроизоляционное покрытие служит цементно-песчаная стяжка М150 с нанесенным на нее битум-

ным праймером. Обязательной составляющей строительных систем *ТН-КРОВЛЯ Грин* являются 2 слоя гидроизоляционного битумно-полимерного покрытия, один из которых — *Техноэласт ГРИН* — защищает систему от прорастания корней. Нанесенная с верхней стороны материала толстая полимерная пленка становится защитой от механического повреждения гидроизоляционного слоя корнями растений.

В качестве утеплителя применяется экструзионный пенополистирол, например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*, укладываемый в 1 или 2 слоя. Дренажный слой, выполненный из профилированной мембраны *PLANTER-geo*, с двух сторон защищен разделительными слоями из термоскрепленного геотекстиля поверхностной плотностью 150 г/м². Верхним слоем является растительный субстрат с зелеными насаждениями [67].

В зависимости от видов растений, используемых для «зеленых» крыш, различают легкое и интенсивное озеленение. При устройстве крыш с легким озеленением применяются травянистые и так называемые почвопокровные растения: газонные травы, мохообразные растения и т.п. На крышах с интенсивным озеленением могут выращиваться практически все виды растений, которые используются при обычном ландшафтном проектировании: травянистые растения, кустарники, небольшие деревья.

В качестве растительного субстрата используются специально подобранные смеси на основе минеральных и органических наполнителей, обеспечивающих необходимые условия для жизнедеятельности растений, высаживаемых на «зеленых» крышах. Состав растительного субстрата зависит от видов высаживаемых растений: субстрат должен снабжать растения необходимыми питательными веществами и водой, обладать влаго- и воздухопроницаемостью, требуемым показателем кислотности (рН); он должен быть очищен от семян сорняков, вредителей, возбудителей болезней, токсичных веществ и быть устойчивым к сложным погодным условиям (промерзанию, засухе, переувлажнению, выветриванию) и т.д. Толщина растительного субстрата для «зеленых» крыш с легким озеленением составляет от 30 до 150 мм, с интенсивным — более 150 мм.

Водоудерживающий слой «зеленых» крыш обеспечивает сохранение влаги, необходимой для жизнедеятельности растений. Эту функцию на-

ряду с функцией дренажа выполняет профилированная мембрана, уложенная между двумя слоями термоскрепленного геотекстиля. Мембрана имеет профиль в виде усеченных конусов, в которых скапливается влага. Излишек влаги проходит через отверстия, расположенные на верхней поверхности мембраны, и удаляется в водоприемные воронки (рис. 1.100).

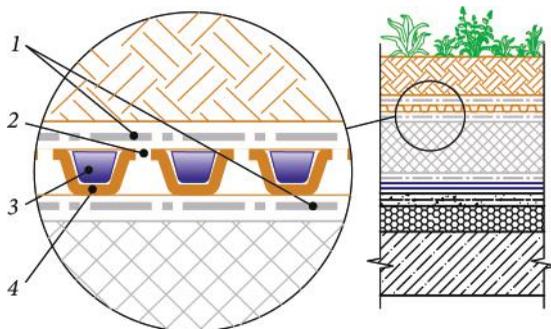


Рис. 1.100. Водоудерживающий слой «зеленых» крыш: 1 — геотекстиль; 2 — отверстие; 3 — вода; 4 — профилированная мембрана

Широкое применение при устройстве «зеленых» крыш с легким озеленением находят *модульные системы озеленения* (рис. 1.101), состоящие из отдельных пластиковых или металлических контейнеров, которые заполнены растительным субстратом с высаженными растениями. Применение таких систем позволяет облегчить производство работ при устройстве вегетативного слоя крыш, получать легкий доступ к поверхности крыши для ее ремонта, устраивать «зеленые» крыши в любое время года, легко заменять вышедшие из строя модули.



Рис. 1.101. Модульная система озеленения

При проектировании «зеленых» крыш необходимо обратить внимание на потребность растений в воде. Для крыш с легким озеленением необходимое количество воды растения получают из выпадающих осадков, но следует также предусмотреть возможность полива растений в случае длительных периодов засухи. Для этого на крыше можно установить специальные емкости, имеющие пополняемый запас воды, например собирающие дождевую воду, либо предусмотреть установку на крыше водопроводного крана.

При проектировании крыш с интенсивным озеленением существует необходимость в устройстве специальных оросительных систем.

Необходимо также предусмотреть мероприятия по защите растений от ветровой нагрузки. К ним относятся устройство высоких парапетов, укладка тротуарной плитки в местах высоких ветровых нагрузок, применение антиэрозионного слоя, увеличивающего сцепление корней растений с крышей (что особенно актуально при посадке растений), применение приспособлений, прикрепляющих высокие виды кустарников и деревьев к конструкциям крыши.

1.2.3. Системы водоотведения плоских крыш _____

Общие положения

Для обеспечения удаления дождевых и талых вод с поверхности крыш в наружные сети дождевой канализации предусматривается внутренний или наружный организованный водоотвод. Допускается предусматривать неорганизованный водосток с крыш 2-этажных зданий при условии устройства козырьков над входами и отмостки.

Кровли отапливаемых зданий следует выполнять с внутренним водостоком. Допускается устройство кровель с наружным организованным водостоком в отапливаемых и неотапливаемых зданиях при условии выполнения мероприятий, препятствующих образованию сосулек и наледей.

Внутреннее водоотведение

Внутренние водостоки зданий включают в себя водоприемную воронку, стояк, отводную трубу и выпуск.

Для предотвращения образования ледяных пробок и сосулек в водосточной системе внутреннего водоотведения крыш с холодными чердаками следует предусматривать утепление водоотводящих стояков и применять воронки с подогревом водоприемной чаши.

Водостоки должны быть защищены от засорения листво- или гравиеуловителями, а на эксплуатируемых кровлях-террасах над воронками и лотками предусматривают съемные дренажные (ревизионные) решетки.

Для организации системы внутреннего водостока применяются *кровельные воронки ТехноНИКОЛЬ* следующих типов:

- с листвоуловителем и фланцем из кровельного материала (ВБ) — для кровель из рулонных битумно-полимерных материалов (рис. 1.102, а);
- с листвоуловителем и прижимным фланцем из нержавеющей стали (ВФ) — при устройстве кровель из различных видов материалов (рис. 1.102, б);
- обогреваемая с листвоуловителем и прижимным фланцем из нержавеющей стали (ВФО) — при устройстве кровель из различных видов материалов (рис. 1.102, в).



Рис. 1.102. Кровельные воронки *ТехноНИКОЛЬ*: а — с листвоуловителем и фланцем из кровельного материала (ВБ); б — с листвоуловителем и прижимным фланцем из нержавеющей стали (ВФ); в — обогреваемая с листвоуловителем и прижимным фланцем из нержавеющей стали (ВФО); 1 — листвоуловитель; 2 — корпус воронки; 3 — фланец воронки; 4 — прижимной фланец

Вокруг водоприемных воронок «зеленых» и эксплуатируемых крыш выполняется гравийная отсыпка (из гранита, базальта, сиенита и других некарбонатных пород) шириной 250 мм из гравия фракции 5—20 мм и маркой по морозостойкости не менее 300, уложенного на геотекстиль (см. рис. 1.90).

Водосточные воронки внутреннего организованного водоотвода должны располагаться равномерно по всей площади кровли на пониженных участках. Количество воронок на кровле определяют по расчету сбора дождевых вод с учетом рельефа и площади кровли, конструкции здания и допускаемой площади водосбора на одну воронку, согласно СП 30.13330 [45] и СП 32.13330 [46]. На кровле здания необходимо устанавливать не менее двух водосточных воронок. Максимальное расстояние между ними при любых видах кровли не должно превышать 30 м.

На самом низком участке кровли при необходимости предусматривают аварийный водоотвод при помощи парапетной воронки. Привязка воронок к разбивочным осям зданий должна учитывать расположение и габариты несущих конструкций покрытия, расположение инженерных сетей и технологического оборудования под покрытием.

Ось воронки должна находиться на расстоянии не менее 600 мм от парапета и других выступающих над кровлей частей зданий.

Монтаж воронок внутреннего водостока

Воронка внутреннего водостока закрепляется к несущему основанию крыши. Пароизоляционный материал заводится на чашу воронки после ее установки в проектное положение, после чего прижимной фланец притягивается к чаше с помощью винтов. В местах пропуска через кровлю воронок внутреннего водостока предусматривается понижение основания под гидроизоляционное покрытие на 15—20 мм в радиусе 0,5—1,0 м от центра воронки. На подготовленное основание укладывается слой усиления из битумно-полимерного материала размерами 1000×1000 мм, на который устанавливается надставной элемент. Слои основного кровельного ковра заводятся на чашу надставного элемента и фиксируются прижимным фланцем (рис. 1.103).

Для организации водоотведения на *инверсионных крышах* используются многоуровневые системы водоотведения, обеспечивающие отвод воды не только с поверхности крыши, но и с уровня дренажного слоя и гидроизоляционного покрытия (рис. 1.104).

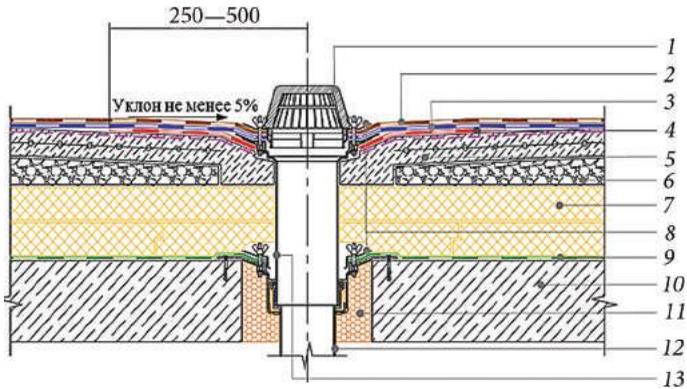


Рис. 1.103. Воронка внутреннего водостока: 1 — листвоуловитель; 2 — верхний слой кровельного покрытия; 3 — нижний слой кровельного покрытия; 4 — слой усиления из кровельного материала; 5 — цементно-песчаная стяжка; 6 — уклонообразующий слой; 7 — утеплитель (например ТЕХНОРУФ 45); 8 — прижимной фланец; 9 — железобетонная плита перекрытия; 10 — пароизоляция; 11 — монтажная пена; 12 — водоприемная воронка; 13 — надставной элемент

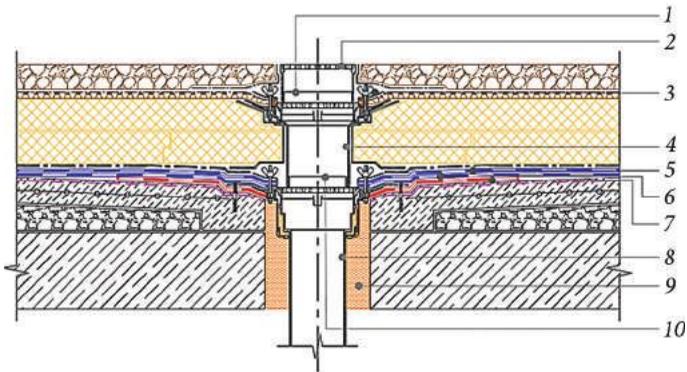


Рис. 1.104. Двухуровневая воронка внутреннего водостока: 1 — дренажное кольцо Д1; 2 — водосливный трап; 3 — прижимной фланец; 4 — надставной элемент; 5 — верхний слой кровельного покрытия; 6 — нижний слой кровельного покрытия; 7 — слой усиления из кровельного материала; 8 — водоприемная воронка; 9 — монтажная пена; 10 — дренажное кольцо Д2

Наружное водоотведение

При наружном организованном отводе воды с кровли должны приниматься расстояние между водосточными трубами не более 24 м, площадь поперечного сечения водосточных труб из расчета $1,5 \text{ см}^2$ на 1 м^2 площади кровли. При неорганизованном водоотводе вынос карниза от плоскости стены должен составлять не менее 600 мм. При устройстве наружного организованного водоотвода с применением водоприемных воронок используют воронки с подогревом водоприемной чаши.

Монтаж наружного водостока

В месте примыкания кровли к краю крыши на крепежные элементы устанавливается отлив из оцинкованной стали, который крепится саморезами с шагом 100 мм в шахматном порядке после укладки нижнего слоя кровельного ковра. На отлив наплавляется слой усиления из кровельного материала, а затем верхний слой кровельного ковра. Водосточный желоб крепится к стене с помощью крепежных элементов (рис. 1.105).

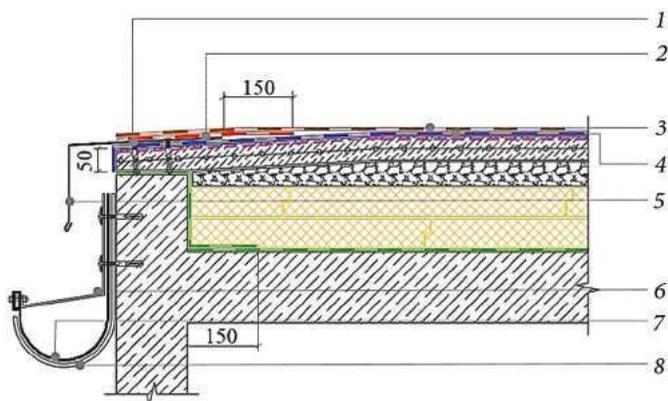


Рис. 1.105. Наружный водосток: 1 — верхний слой кровельного покрытия; 2 — нижний слой кровельного покрытия; 3 — слой усиления из кровельного материала; 4 — крепление саморезами в шахматном порядке; 5 — отлив из оцинкованной стали; 6 — крепежный элемент с шагом от 300 до 900 мм; 7 — водосточный желоб; 8 — крепежный элемент с шагом от 300 до 900 мм

1.3. Системы скатных крыш

Общие сведения

Скатными называются крыши с наклонными поверхностями кровли, что позволяет обеспечить естественный сток воды. Скатные крыши имеют уклон более 12 %.

Выбор уклона зависит главным образом от климатических условий, архитектурных требований и материала кровли. Так, в районах с большим количеством осадков и при кровельном материале с неплотными стыками (например металлочерепице) скаты кровли должны быть крутыми. В местностях с сильными ветрами устраивают более пологие кровли, чтобы уменьшить на них давление ветра. Правильный выбор требуемого уклона способствует снижению стоимости здания. Для покрытия крутых крыш, например, требуется больше материалов, трудовых затрат, следовательно, они обходятся дороже.

1.3.1. Виды скатных крыш

Скатные крыши весьма разнообразны. Их форма зависит от назначения здания и очертания его в плане, но во всех случаях она должна обеспечивать хороший отвод дождевых и талых вод.

Односкатные крыши являются простейшими по форме, они отводят воду в одну сторону. Такими крышами покрывают небольшие домики, хозяйственные постройки, пристройки к дому, крыльцо, временные сооружения. Такие постройки, как правило, делают бесчердачными или с антресолями в подкрышном пространстве (рис. 1.106, а).

Двускатные крыши чаще всего устраиваются на малоэтажных зданиях; они имеют два ската (наклонные плоскости) прямоугольной формы. Боковые (треугольные) части стен по концам крыши называются фронтонами (рис. 1.106, б).

Четырехскатные (вальмовые) крыши образуются из двускатных, фронтоны их срезаются наклонными плоскостями на всю высоту. Основные скаты имеют форму равнобедренной трапеции, а дополнительные скаты (вальмы) — форму треугольника (рис. 1.106, в).

Шатровые крыши имеют различное количество скатов в зависимости от плана здания. По форме они являются пирамидой: все скаты име-

ют форму равнобедренных треугольников и сходятся в одной точке. Шатровые крыши применяются для строений в форме квадрата или равностороннего многоугольника (рис. 1.106, з).

Полувальмовые крыши отличаются от четырехскатных тем, что наклонными плоскостями у них срезаются лишь части фронтонов (рис. 1.106, д).

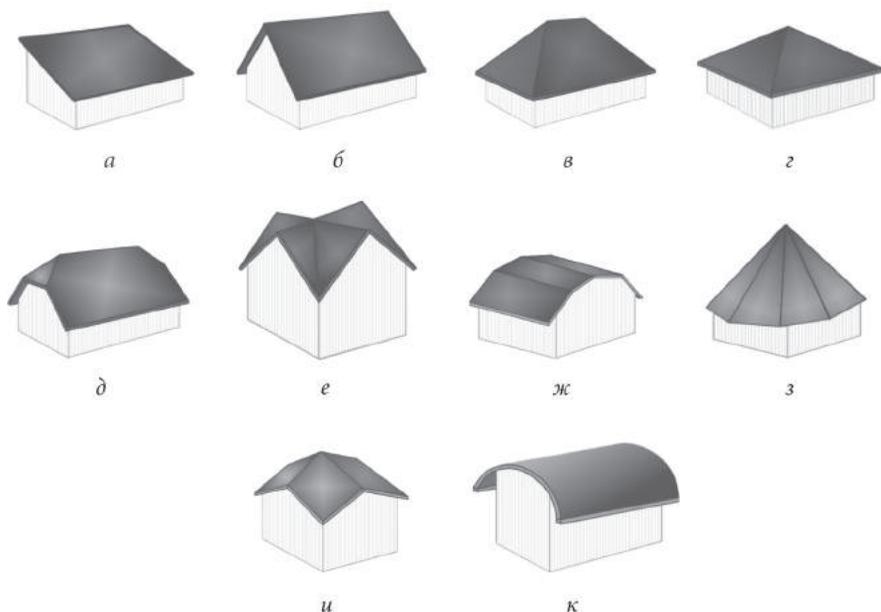


Рис. 1.106. Виды скатных крыш: а — односкатная; б — двускатная; в — вальмовая четырехскатная; г — шатровая; д — полувальмовая; е — многощипцовая; ж — мансардная; з — шпильобразная; и — из косых поверхностей; к — сводчатая

Многощипцовые крыши получаются в результате соединения многочисленных скатов. Щипец — это часть стены, ограниченная скатами крыши (рис. 1.106, е).

Мансардные крыши являются разновидностью двускатной. Отличие заключается в ломаной линии самих скатов: каждая плоскость представляет собой два прямоугольника, соединенных между собой под тупым углом. Мансардные крыши устраиваются в случаях, когда чердачные помещения используются для жилья или имеют служебное назначение (рис. 1.106, ж).

Шпильеобразные (пирамидальные) крыши состоят из нескольких треугольников-скатов, соединяющихся в вершине. Такие крыши устраиваются в зданиях, имеющих в плане форму квадрата или правильного многоугольника. Высокие, вытянутые вверх пирамидальные крыши называются шпильями (рис. 1.106, з).

Крыша из косых поверхностей состоит из нескольких пологих плоскостей, опирающихся на несущие стены, стоящие на разных уровнях (рис. 1.106, и).

Сводчатые крыши в поперечном сечении могут быть очерчены дугой окружности или иной геометрической кривой (рис. 1.106, к).

1.3.2. Элементы скатных крыш

В скатных крышах различают следующие элементы (рис. 1.107):

- скат — наклонная поверхность кровли;
- ребра — пересечения скатов, образующие наклонные линии;
- вальма — треугольный скат;
- конек — пересечения скатов, образующие верхнее горизонтальное ребро (верхняя грань крыши);
- разжелобок (ендова) — места пересечения двух скатов, образующих входящий угол;

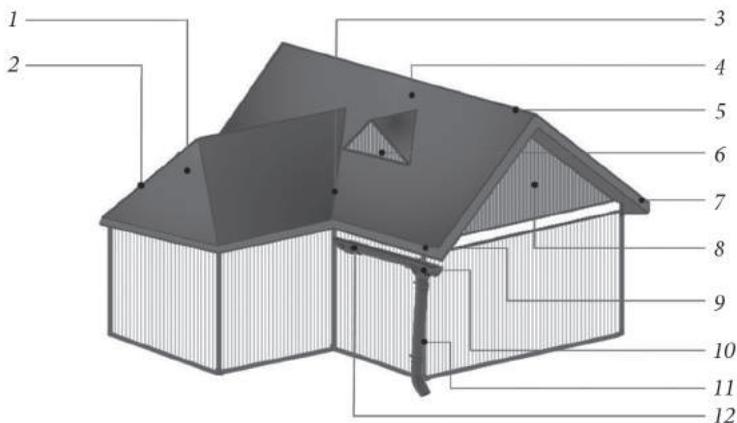


Рис. 1.107. Элементы скатных крыш: 1 — вальма; 2 — ребро; 3 — разжелобок (ендова); 4 — скат; 5 — конек; 6 — слуховое окно; 7 — фронтонный свес; 8 — фронтон; 9 — карнизный свес; 10 — водоприемная воронка; 11 — водосточная труба; 12 — подвесной желоб

- слуховое окно — проем для освещения и проветривания чердачных помещений, а также для выхода на крышу;
- карнизный свес — край крыши, выступающий за плоскость наружных стен;
- щипец или фронтон — торец стены под двухскатными плоскостями;
- настенные желоба — устройства для приема стекающей со скатов воды и направления ее к водосточным трубам.

1.3.3. Конструкции скатных крыш

Конструктивными элементами крыши являются несущие и ограждающие конструкции.

Несущие конструкции воспринимают нагрузку от собственного веса, веса снега, давления ветра и передают эти нагрузки на стены и отдельные опоры. Несущими конструкциями скатной крыши могут служить:

- стропильные конструкции (стропила, обрешетки, фермы и т.п.), выполненные из дерева, металла или железобетона;
- поверхности из железобетонных несущих плит, монолитного железобетона.

Деревянные стропильные конструкции чаще всего применяются в качестве несущих элементов скатных крыш коттеджей и других малоэтажных домов. По сравнению с другими видами конструкций деревянные имеют ряд преимуществ, среди которых простота производства и проведения монтажа, относительно небольшой вес (при сравнении с металлоконструкциями), возможность использования при больших пролетах (до 18 м), простота и возможность утепления. Для производства таких конструкций используется лес-кругляк, доски или брус. Соединяются отдельные деревянные элементы, как правило, методом врубки или при помощи различных анкеров (болтов, гвоздей, зубчатокольцевых шпонок).

Металлические стропильные конструкции применяются в основном при возведении зданий общественного или промышленного назначения: гипермаркетов, складов, цехов, вокзалов, бассейнов и т.д. В сфере жилищного строительства использовать металлические стропила экономически невыгодно вследствие их дороговизны, трудности перевозки и монтажа. Однако в отличие от деревянных стропил металлические конструкции стойки к гниению и пожаробезопасны.

Иногда, в качестве основных несущих элементов применяются железобетонные балки. Железобетонные стропильные балки относятся к подстропильным конструкциям, перекрывающим 12- и 18-метровые шаги колонн. При этом такие элементы образуют промежуточные опоры.

Стропильные конструкции

По конструкции стропила разделяются на 2 типа: наслонные, опирающиеся концами и средней частью (в одной или нескольких точках) на стены здания, и висячие, опирающиеся только концами на стены здания (без промежуточных опор) (рис. 1.108).

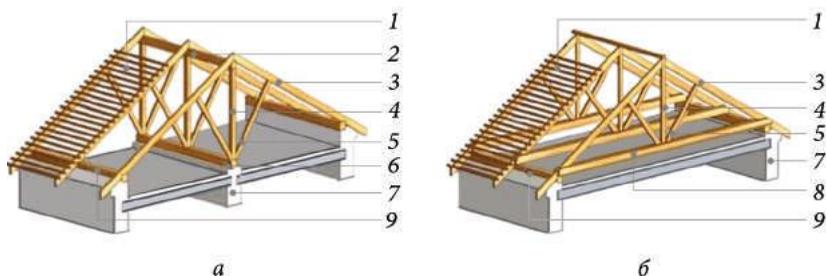


Рис. 1.108. Несущие конструкции двускатной крыши с наслонными (а) и с висячими (б) стропилами: 1 — обрешетка; 2 — коньковый прогон; 3 — стропильная нога; 4 — стойка; 5 — подкос; 6 — лежень; 7 — несущая стена; 8 — затяжка; 9 — мауэрлат

Наслонные стропила устраивают в тех случаях, когда расстояние между опорами (пролет) не превышает 6,5 м. При наличии одной дополнительной опоры ширина, перекрываемая наслонными стропилами, может быть увеличена до 10—12 м, а при двух опорах — до 16 м.

Стропильные балки (ноги) двускатных крыш опираются с одной стороны на подстропильные брусья (мауэрлаты), а с другой — на прогоны, расположенные по линии внутренних опор, или на подкосы. Мауэрлаты укладывают на наружные стены по прокладке из гидроизоляционного материала на высоте не менее 40 см от верха чердачного перекрытия. Прогоны через каждые 3—5 м опираются на стойки, врубленные нижним концом в лежни, которые укладывают на нижние опоры. При большой длине стропильной ноги ей придают дополнительные опоры в

виде подкосов, опирающихся на лежни. Угол между подкосом и стропильной ногой должен быть близок к прямому.

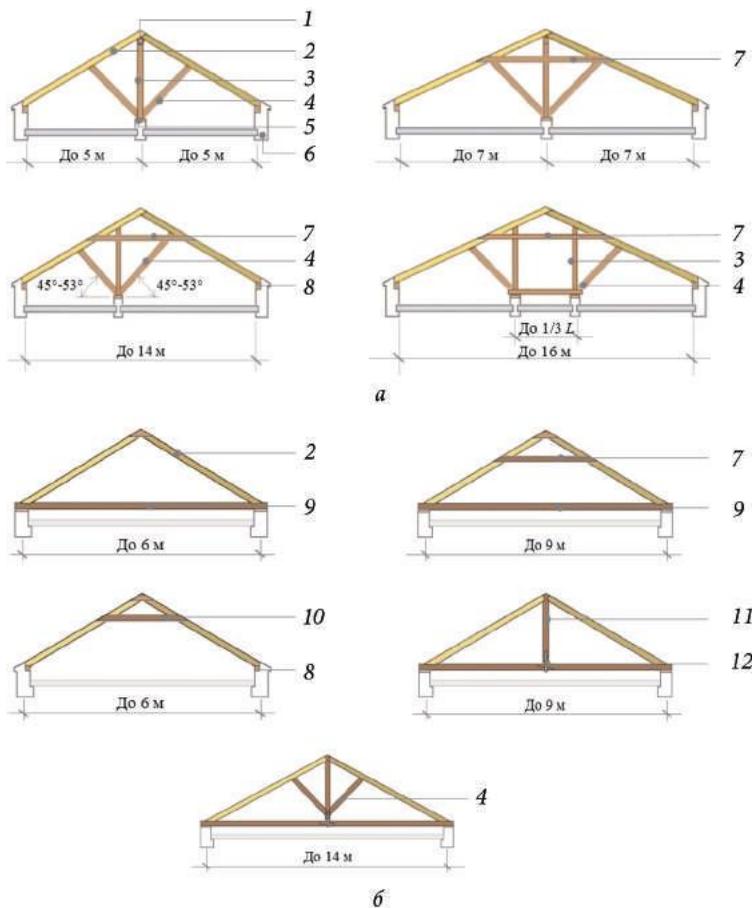


Рис. 1.109. Конструктивные решения наслонных (а) и висячих (б) стропил двускатных крыш: 1 — прогон; 2 — стропильная нога; 3 — стойка; 4 — подкос; 5 — лежень; 6 — несущая конструкция; 7 — ригель; 8 — мауэрлат; 9 — затяжка; 10 — приподнятая затяжка; 11 — бабка; 12 — хомут

Висячие стропила представляют собой две стропильные ноги, соединенные снизу затяжкой, воспринимающей распор. Для уменьшения прогиба стропильных ног при пролетах до 8 м параллельно затяжке врезают ригель (между затяжкой и вершиной стропил), а при пролетах бо-

лее 8 м устанавливают бабку. В одноэтажных однопролетных домах пролетом до 6 м в стропильных конструкциях используются доски сечением 50×150 мм. Все сопряжения элементов выполняют в виде врубок с применением накладок (досок толщиной 25 мм), скоб, болтов и гвоздей.

Конструктивные решения наслонных и висячих стропил двускатных крыш представлены на рис. 1.109.

Металлические фермы

Стропила из металла, которые также называют *фермами*, изготавливают из классических профилей: двутавров, уголков, швеллеров и т.п. Ферма представляет собой стержневую конструкцию, которая состоит из верхнего и нижнего поясов, раскосов и стоек. Конструкции металлических ферм различаются формой поясов, размерами пролетов, статической схемой, способом соединения в узлах и т.д. Статические фермы могут быть рамными, балочными, вантовыми, арочными. В конструкциях крыш наибольшее распространение получили балочные фермы, так как они просты в изготовлении, имеют меньший вес и могут применяться для изготовления конструкций, нуждающихся в устойчивости к большим, постоянным нагрузкам. Арочные фермы используются для создания необычных форм кровли и увеличения помещения, однако они достаточно трудоемки и требуют повышенного расхода материалов.

По очертанию фермы бывают треугольные, трапециевидные, многоугольные, с параллельными поясами, полигональные, сегментные. Очертание ферм зависит от назначения и архитектурного решения здания, типа кровли, схемы промежуточной конструкции, наличия фонарей, подвесного транспорта и подвесного потолка, принятой расчетной схемы и нагрузок. Наиболее простыми конструкциями скатных крыш являются треугольные фермы. Некоторые схемы балочных треугольных ферм представлены на рис. 1.110.

В качестве несущего элемента стропильной системы в утепленных крышах применяют легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Для повышения теплотехнических свойств конструкции стропила изготавливают из *термопрофиля* (рис. 1.111). Термопрофили представляют собой холоднокатанные конструкции из листовой оцинкованной стали различных профилей (например шляпные, Z-, П-, С-образные) толщиной 0,7—2,0 мм. Термопрофили имеют продольные канавки, которые снижают потери тепла за счет удлинения пути теплового потока

и особенностей краевых свойств прорезей, имеющих специальную форму. Кроме того, на теплопроводность влияет толщина стального профиля, с уменьшением которой снижается и теплопроводность конструкции.

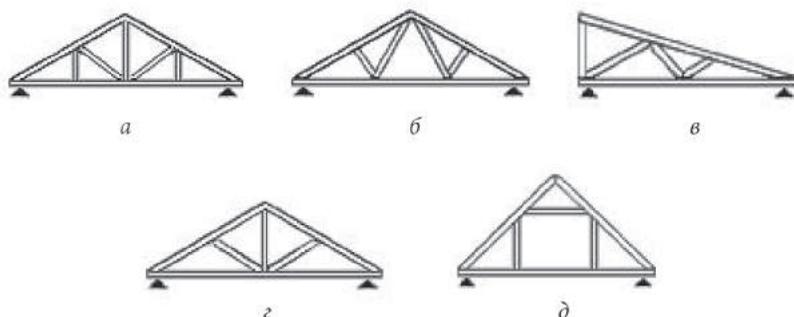


Рис. 1.110. Схемы балочных треугольных ферм: *а* — М-образная; *б* — W-образная; *в* — односкатная; *г* — Е-образная; *д* — мансардная без промежуточной опоры

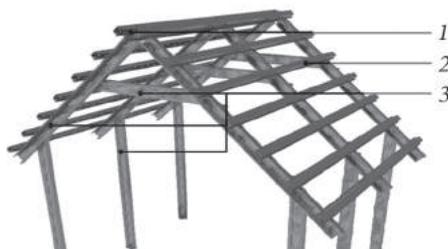


Рис. 1.111. Стропильная система, изготовленная из термопрофилей: *1* — С-образного; *2* — П-образного; *3* — шляпного

Устройство обрешетки

При устройстве деревянной несущей конструкции под кровельный пирог устраивается основание (обрешетка). Деревянные основания выполняют разреженными или сплошными из брусков или брусьев и досок, уложенных перпендикулярно стропильным ногам. В качестве сплошного настила допустимо использовать древесно-стружечную плиту, шпунтованные или обрезные доски.

Перед установкой обрешетки укладывают карнизный настил и обшивают фронтонные свесы строгаными досками. Обрешетка непосредственно воспринимает нагрузку кровельного материала и в свою очередь давит на стропила, которые передают тяжесть крыши несущим стенам. Обрешетку крепят к деревянным стропилам болтами и гвоздями.

К деревянным основаниям предъявляют следующие требования:

- все элементы обрешетки или сплошного настила должны быть прочно закреплены на несущих конструкциях;
- стыки брусков, жердей и досок должны располагаться вразбежку над стропилами, оставляя просветы между досками одного ряда и закрывая их досками другого;
- расстояния между элементами разреженной обрешетки должны быть выдержаны по разметочному шаблону в зависимости от размеров кровельных материалов;
- наибольшие по ширине обрешетины должны располагаться по осям опирания перекрывающих друг друга кровельных материалов, а также у конька и карниза; первая от конька обрешетина должна быть выше остальных на толщину кровельного настила — на 10—35 мм;
- основание под разжелобок должно быть шириной 800 мм, а под карнизный свес с настенными желобами — на всю его ширину в виде сплошного дощатого настила;
- в коньках и на ребрах крыши деревянные бруски устанавливают на ребро;
- деревянные обрешетины, настил и элементы стропил должны отстоять от дымовых труб на 130 мм;
- закладные детали для пропуска труб должны быть установлены до укладки кровельного материала.

Обрешетка изготавливается из сосны, ели, пихты и осины. Влажность древесины не должна превышать 12 %.

Для защиты от загнивания деревянные элементы необходимо обрабатывать антисептическими составами. В настоящее время, как правило, эта операция осуществляется на месте строительства. Для антисептирования древесины элементов крыш используют водорастворимые пропиточные составы. Наибольшее распространение получили фтористые и кремнефтористые соединения натрия, а также препараты на основе борной кислоты и буры. Эти антисептики хорошо проникают в

древесину, не снижая ее прочности, и практически безвредны для людей.

Для защиты от возгорания, кроме конструктивных огнезащитных мероприятий, на деревянные конструкции наносят огнезащитные составы или пропитывают их химическими веществами — антипиренами. В качестве антипиренов применяют буру, хлористый аммоний, фосфорнокислый натрий и аммоний, сернокислый аммоний. Огнезащитные составы в виде красок или паст, приготовляемые из связующего вещества, наполнителя и антипирена, наносят на поверхность деревянных конструкций кистями, а также путем двукратного опрыскивания жидкими составами.

При использовании любых защитных составов следует учитывать ограниченный срок их действия и необходимость повторной обработки деревянных конструкций.

Ограждающие конструкции. Кровельное покрытие защищает здание не только от атмосферных осадков, а также от перегрева летом и переохлаждения зимой. Для обеспечения нормального теплового режима внутренних помещений необходимо в подкрышном пространстве устраивать теплоизоляцию. В отопительный период из-за большой разницы температур наружного и внутреннего воздуха на холодной нижней поверхности покрытия происходит конденсация влаги, содержащейся в теплом воздухе, поднимающемся из внутренних помещений. Это может привести к образованию плесени, увлажнению стропил и обрешетки, намоканию утеплителя. Чтобы предотвратить увлажнение утеплителя, его необходимо защитить снизу (от проникновения водяного пара из помещения) пароизоляционной пленкой, а сверху (от возможного проникновения атмосферной влаги) — надежным гидроизоляционным покрытием. При использовании в качестве кровельного покрытия металлочерепицы поверх подкровельной гидроизоляции оставляют вентилируемый зазор, чтобы избежать накопления конденсата и влаги на внутренней поверхности металла.

Таким образом, ограждающая конструкция крыши представляет собой кровельный пирог, состоящий из следующих слоев (сверху вниз): кровельного покрытия, обрешетки, гидроизоляции, утеплителя, пароизоляции и материала для внутренней отделки (гипсокартона, сухой штукатурки и т.п.) (рис. 1.112).

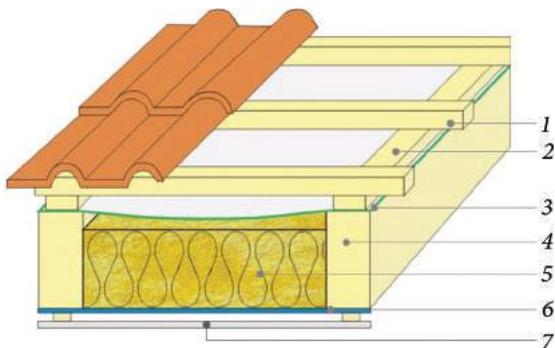


Рис. 1.112. Кровельный пирог скатной крыши: 1 — обрешетка; 2 — контробрешетка; 3 — подкровельная пленка; 4 — стропило; 5 — утеплитель; 6 — пароизоляция; 7 — внутренняя отделка

Излишняя влага может появиться в подкровельном пространстве в следующих случаях:

- неверный монтаж кровли (неграмотно выполненные примыкания, внутренние ендовы, затекания в случае капиллярного эффекта при малых уклонах кровли и т.п.);
- повреждение финишного покрытия;
- конденсация в результате возникновения «точки росы» на внутренней поверхности финишного покрытия как естественный и неотвратимый процесс;
- отсутствие подкровельной вентиляции в результате естественной абсорбции (впитывания) влаги деревянными конструкциями.

Для профилактики проблем, которые создает излишняя влажность, необходимо поддерживать влагу в оптимальном режиме. Для этого все конструкции должны быть герметично изолированы от внешней и внутренней влаги (паров, конденсата), быть вентилируемыми и обеспечивать выветривание влажных паров.

Устройство скатной крыши включает следующие работы:

- подготовку основания;
- устройство пароизоляции;
- укладку теплоизоляции;
- устройство подкровельной гидроизоляции;
- устройство примыканий к инженерным коммуникациям, парапетам, свесам и т.п.;

- монтаж элементов активной и/или пассивной вентиляции;
- монтаж кровли;
- устройство водоотведения;
- устройство элементов системы безопасности, ходовых мостиков, системы снегозадержания (в случае необходимости).

В следующих частях будут рассмотрены 2 типа скатных кровельных систем: с использованием гибкой (мягкой) черепицы и металлочерепицы.

1.3.4. Кровельные системы с использованием гибкой (мягкой) черепицы

Основным достоинством гибкой черепицы является возможность ее применения для кровель любой сложности, формы и конфигурации, вплоть до куполов и луковичных крыш, обеспечивая 100%-ную герметичность. При этом она хорошо вписывается в окружающий ландшафт и придает зданию или сооружению архитектурную выразительность (рис. 1.113).



Рис. 1.113. Кровельные системы с гибкой черепицей

Кроме того, гибкая черепица имеет существенные шумопоглощающие свойства. В случае устройства такой черепицы поверх битумных покрытий, последние выполняют функцию дополнительного нижнего подкладочного ковра.

Рассмотрим различные варианты кровельных систем с гибкой черепицей для зданий с холодными и теплыми чердачными пространствами на примере систем с гибкой черепицей *Шинглас* (*Shinglas*) (см. раздел 1.1.3).

Виды кровельных систем с гибкой черепицей Шинглас

Кровельные системы зданий с холодным чердаком

Кровельная система *ТН-ШИНГЛАС Классик* предназначена для устройства крыш на жилых и административных зданиях с холодным чердаком. Разработано несколько вариантов этой системы. Варианты 1 и 2 предполагают использование деревянной стропильной системы с дощатым (рис. 1.114) или крупнощитовым (рис. 1.115) настилом. В варианте 3 несущей конструкцией является металлическая стропильная система в комбинации с крупнощитовым настилом (рис. 1.116). Вариантом 4 предусмотрена железобетонная стропильная система и крупнощитовой настил (рис. 1.117). Для устройства основания кровель по несущим конструкциям из металла и железобетона допустимо использовать также дощатый настил (согласно схеме на рис. 1.114).

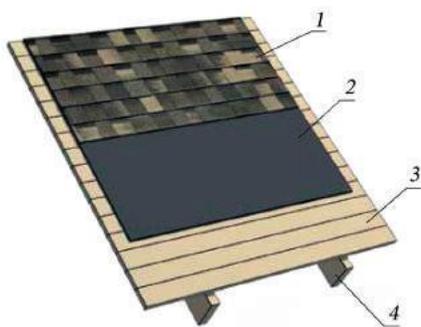


Рис. 1.114. Система *ТН-ШИНГЛАС Классик*. Вариант 1: 1 — гибкая черепица *Шинглас*; 2 — подкладочный ковер; 3 — сплошной дощатый настил; 4 — стропильная нога

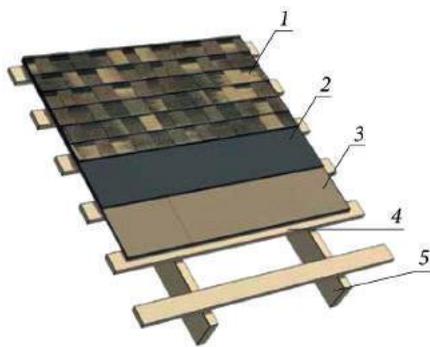


Рис. 1.115. Система *ТН-ШИНГЛАС Классик*. Вариант 2: 1 — гибкая черепица *Шинглас*; 2 — подкладочный ковер; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — разреженная обрешетка; 5 — стропильная нога

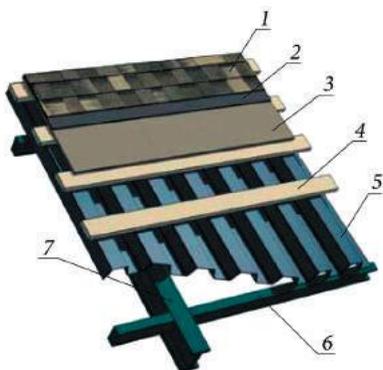


Рис. 1.116. Система ТН-ШИНГЛАС Классик. Вариант 3: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — разреженная обрешетка; 5 — профнастил; 6 — прогон; 7 — рама металлокаркаса

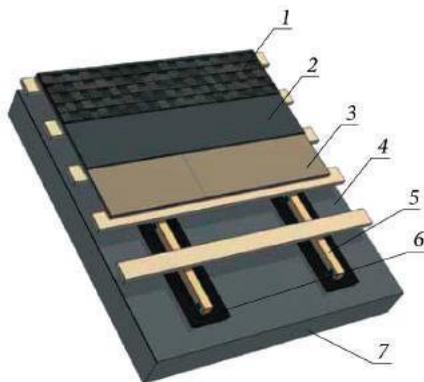


Рис. 1.117. Система ТН-ШИНГЛАС Классик. Вариант 4: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — шаговая обрешетка; 5 — контробрешетка; 6 — полосы битумной гидроизоляции; 7 — железобетонное покрытие

Кровельные системы зданий с мансардой или теплым чердаком

Система ТН-ШИНГЛАС Мансарда предназначена для устройства крыш на жилых и административных зданиях с жилой мансардой или для зданий с утепленным чердаком. Варианты 1 и 2 предполагают использование деревянной стропильной системы с дощатым (рис. 1.118) или крупнощитовым (рис. 1.119) настилом. В качестве крупнощитового настила применяются трехслойные ориентированные стружечные плиты (ОСП-3) или водостойкая фанера, изготовленная с применением смоляного фенолоформальдегидного клея (ФСФ). В варианте 3 несущей конструкцией является металлическая стропильная система в комбинации с крупнощитовым настилом (рис. 1.120). Вариантом 4 предусмотрена железобетонная стропильная система и крупнощитовой настил (рис. 1.121). Деревянный брус размером 50×50 мм устанавливают с шагом 600 мм для укладки слоя *контрутепления*, которое выполняется внутри кровли для того, чтобы не допустить возникновения мостиков холода. Вентилируемые отверстия в контрбрусе (5 см на каждые 1,5 м) обеспечивают переток воздуха.

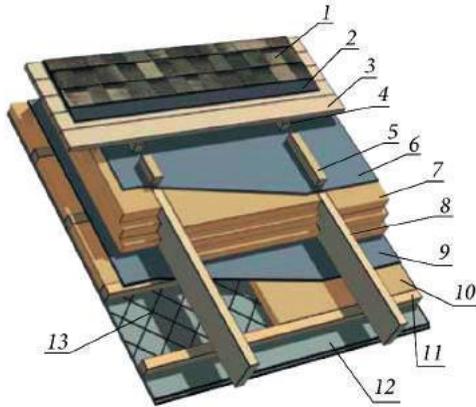


Рис. 1.118. Система ТН-ШИНГЛАС Мансарда. Вариант 1: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер АНДЕРЕП; 3 — сплошной дощатый настил; 4 — вентилируемое отверстие в контрбрусе; 5 — контробрешетка; 6 — ветрозащита (диффузионная пленка); 7 — утеплитель с разбежкой швов; 8 — стропильная нога; 9 — пароизоляция с проклейкой швов; 10 — контрутепление 50 мм; 11 — брус размером 50×50 мм с шагом 600 мм; 12 — два слоя гипсокартона; 13 — металлическая проволока либо специальная сетка $d = 2$ мм с шагом 250 мм

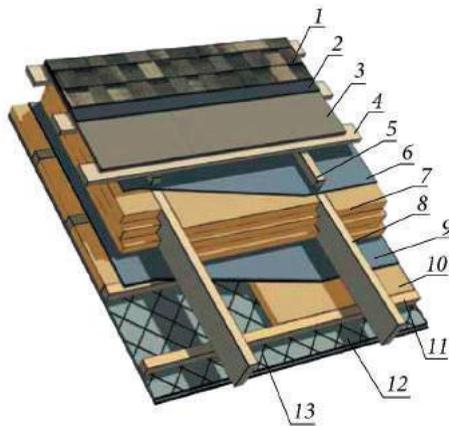


Рис. 1.119. Система ТН-ШИНГЛАС Мансарда. Вариант 2: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер АНДЕРЕП; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — разреженная обрешетка; 5 — контробрешетка; 6 — ветрозащита (диффузионная пленка); 7 — утеплитель с разбежкой швов; 8 — стропильная нога; 9 — пароизоляция с проклейкой швов; 10 — контрутепление 50 мм; 11 — брус размером 50×50 мм с шагом 600 мм; 12 — два слоя гипсокартона; 13 — металлическая проволока либо специальная сетка $d = 2$ мм с шагом 250 мм

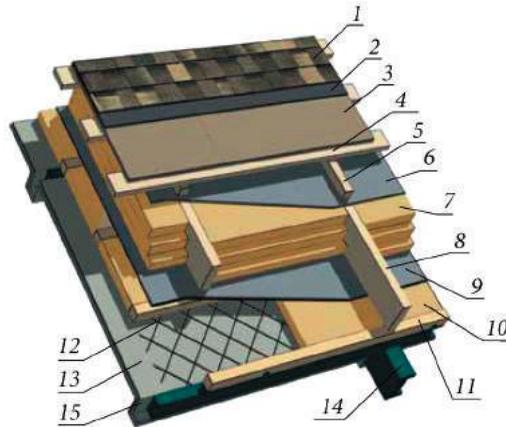


Рис. 1.120. Система ТН-ШИНГЛАС Мансарда. Вариант 3: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер АНДЕРЕП; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — разреженная обрешетка; 5 — контробрешетка; 6 — ветрозащита (диффузионная пленка); 7 — утеплитель с разбежкой швов; 8 — стропильная нога; 9 — пароизоляция с проклейкой швов; 10 — контрутепление 50 мм; 11 — брус размером 50×50 с шагом 600 мм; 12 — металлическая проволока либо специальная сетка $d = 2$ мм с шагом 250 мм; 13 — два слоя гипсокартона; 14 — рама металлокаркаса; 15 — прогон

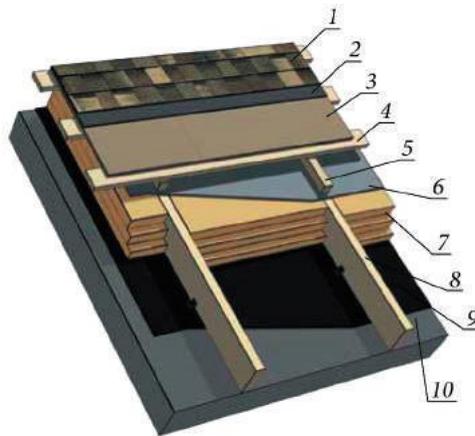


Рис. 1.121. Система ТН-ШИНГЛАС Мансарда. Вариант 4: 1 — гибкая черепица Шинглас; 2 — подкладочный ковер АНДЕРЕП; 3 — сплошной крупнощитовой настил; 4 — разреженная обрешетка; 5 — контробрешетка; 6 — ветрозащита (диффузионная пленка); 7 — утеплитель с разбежкой швов; 8 — стропильная нога; 9 — битумная пароизоляция; 10 — железобетонное покрытие

Устройство кровли из гибкой черепицы

• Подготовка кровельного основания

Основанием под кровлю из битумной черепицы служит сплошной настил, который может быть выполнен из:

- шпунтованных или обрезных досок хвойных пород влажностью не более 20 %;
- влагостойкой фанеры марки ФСФ;
- ориентированно-стружечных плит (ОСП-3) [42].

Основание должно быть сухим, жестким и ровным; перепады по высоте не должны превышать 1—2 мм.

Шаг и сечение стропил определяют расчетом в зависимости от действующих нагрузок. В зависимости от шага стропил применяется различная толщина сплошного деревянного настила (табл. 1.33).

Таблица 1.33

Толщина сплошного настила для укладки гибкой черепицы

Шаг стропил, мм	Толщина сплошного настила, мм		
	из досок	из фанеры	из ОСП-3
600	20	12	12
900	23	18	18
1200	30	21	21
1500	37	27	27

Разреженная обрешетка позволяет уменьшить отходность крупнощитового деревянного настила и способствует свободной циркуляции воздуха по всему объему подкровельного пространства. При использовании в качестве обрешетки обрезной доски зазор между досками должен составлять 1—5 мм.

Монтаж крупнощитового настила (из фанеры марки ФСФ либо ОСП-3) производится с разбежкой швов; настил крепится ершенными гвоздями или саморезами. При этом между листами необходимо оставить зазор 3—5 мм для компенсации линейного расширения.

При использовании влажной древесины окончания шпунтованных или обрезных досок с каждой стороны крепятся на 2 самореза. Перед укладкой делают выборку из досок по толщине. Чтобы толщина настила изменялась постепенно, более толстые доски укладывают ближе к

карнизному свесу. Кроме того, следует обратить внимание на то, чтобы фрагменты годовых колец были ориентированы выпуклостями вниз.

- **Устройство вентиляции**

Для увеличения срока службы подкровельной конструкции необходимо предусматривать вентиляцию. Недостаточная вентиляция может привести к повреждению строительных конструкций и кровли, ослаблению теплоизолирующих функций, а также внутренним протечкам.

Естественное проветривание чердачных помещений через слуховые окна, находящиеся на скатных крышах, является неэффективным вследствие нерационального расположения вентиляционных отверстий на одном уровне в области примерно равных аэродинамических коэффициентов. В чердачном помещении образуются зоны с застойным воздухом (рис. 1.122).

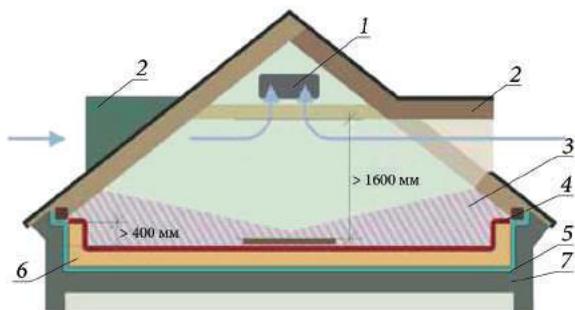


Рис. 1.122. Вентиляция чердака через слуховые окна: 1 — вентиляционное отверстие (окно) в щипцовой стене; 2 — слуховое окно; 3 — зона с застойным воздухом; 4 — ветрозащита; 5 — пароизоляция; 6 — утеплитель; 7 — чердачное перекрытие

При организации вентиляции помещений наряду с обеспечением требуемого воздухообмена большое значение имеет получение полного омывания наружным воздухом всего подкровельного пространства.

Система вентиляции чердачных помещений устраивается в крышах зданий любого назначения и любой конфигурации, с деревянными, металлическими или железобетонными несущими конструкциями и любыми видами кровель (из рулонных гидроизоляционных материалов, кровельной стали, черепицы, асбестоцементных листов и др.). Особенно важно осуществлять ее в крышах с плотными кровлями и при расположении трубопроводов центрального отопления и горячего водоснабжения в чердачных помещениях.

Вентиляционные отверстия в скатной кровле, называемые продухами, позволяют сохранить эффективность утеплителя крыши и увеличить срок службы деревянных конструкций. При естественной вентиляции чердачных помещений наиболее рационально располагать продухи под свесом кровли равномерно по периметру здания и в коньке крыши по всей его длине. В этом случае приточные отверстия окажутся внизу проветриваемого объема, а также в зоне максимальных (положительных) давлений воздушного потока, а вытяжные — в зоне минимальных (отрицательных) давлений воздушного потока. Такое расположение вентиляционных отверстий обеспечит интенсивный воздухообмен по всему объему чердака (рис. 1.123).

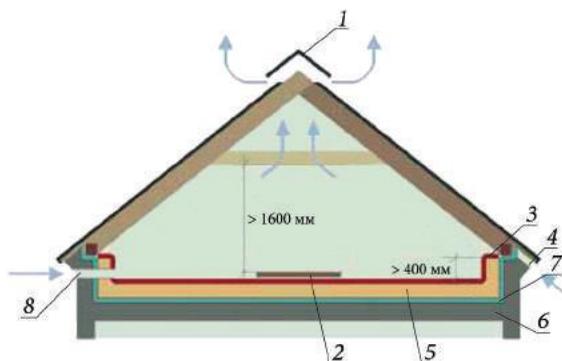


Рис. 1.123. Карнизно-коньковая вентиляция чердака: 1 — коньковый продух; 2 — дощатый проход над утеплителем; 3 — ветрозащита; 4 — карнизный щелевидный продух; 5 — утеплитель; 6 — чердачное перекрытие; 7 — пароизоляция; 8 — карнизный точечный продух

Карнизными щелевидными продухами называются вентиляционные отверстия под свесом кровли в виде узкой щели шириной 2—2,5 см, оставляемой между стеной и кровлей. *Карнизные точечные продухи* — вентиляционные отверстия диаметром 10—25 мм, размещаемые в карнизной части стены по осям окон или простенков.

Карнизные продухи обеспечивают постоянное проветривание конструкции, а также облегчают контроль состояния кровли в наиболее подверженных повреждению местах. Кроме того, их наличие способствует ускорению прогрева надкарнизных участков кровли в периоды оттепелей, а с этим и освобождению желобов от наледей, образующих-

ся при таянии снега под воздействием солнечной радиации. Во избежание заселения чердачного помещения птицами точечные продухи под свесом кровли закрывают решетками, а щелевидные — сетками или специальными перфорированными планками, называемыми *софитами*.

Коньковые продухи делают либо в виде сплошной щели шириной 5 см, либо в виде отдельных отверстий (флюгарок) и располагают через 6—8 м друг от друга, затем закрывают коньковым аэратором. При таком размещении вентиляционные отверстия под свесом кровли работают на приток, в коньке — на вытяжку.

Площадь вентиляционных отверстий системы естественной вентиляции чердачных помещений устанавливается расчетом в зависимости от теплопоступлений в подкровельное пространство, его объема и климатических условий района постройки здания. Площадь сечения слуховых окон и продухов на крыше должна составлять $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{500}$ площади чердачного перекрытия, т.е. на каждые 1000 м² площади чердака необходимо не менее 2 м² слуховых окон и продухов. При этом их расположение должно обеспечить сквозное проветривание чердачного помещения, исключаящее местный застой (воздушные мешки). Для создания тяги воздуха давление в чердачном помещении должно быть пониженным, поэтому площадь вытяжных отверстий принимается на 10—15 % больше площади приточных.

Нормальную вентиляцию *совмещенной скатной крыши* (объединяющей чердачное перекрытие и кровлю) обеспечивают 3 основных элемента: отверстия для притока наружного воздуха, каналы над теплоизоляцией для его циркуляции и вытяжные отверстия в верхней части кровли.

Для удаления конденсата, проветривания подкровельного пространства и вывода наружу влажного воздуха на кровле устанавливают кровельные *аэраторы*. Их изготавливают из материалов, стойких к кислотным средам, коррозии, перепаду температур и ультрафиолетовому излучению, например из ПВХ или нержавеющей стали. Они бывают разных размеров и модификаций — точечными и непрерывными (сплошными). *Точечные аэраторы* предназначены для локальной вентиляции подкровельного пространства. Их устанавливают на отдельных участках кровельного покрытия. *Непрерывные аэраторы* (коньковые) предназначены для непрерывной вентиляции на всей протяженности конька. Они представляют собой длинную пластину с

отверстиями, которую устанавливают по всей длине конька здания (рис. 1.124). Кровельные аэраторы можно устанавливать как при строительстве, так и на уже обустроенную крышу. Количество аэраторов зависит от их технических способностей и площади ската кровли.



Рис. 1.124. Вытяжные элементы: 1 — точечный скатный аэрэлемент ПИЛОТ ТехноНИКОЛЬ высокого типа (диаметр выхода 110 мм); 2 — сплошной коньковый аэратор ТехноНИКОЛЬ размером 0,61×0,29 м; 3 — точечный скатный аэрэлемент КТВ низкого типа

Схемы устройства вентиляции подкровельного пространства совмещенной кровли с применением сплошного конькового и точечных скатных аэраторов представлены на рис. 1.125.

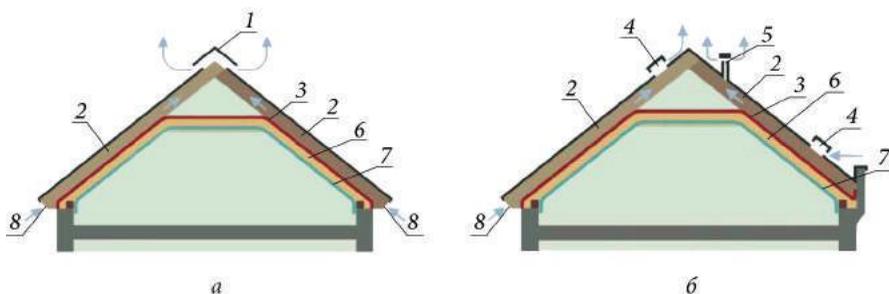


Рис. 1.125. Схемы устройства вентиляции подкровельного пространства совмещенной кровли: а — с применением сплошного конькового аэратора; б — с применением точечных скатных аэраторов; 1 — сплошной коньковый аэратор; 2 — вентиляционный канал; 3 — ветрозащита; 4 — точечный скатный аэратор (низкого типа); 5 — точечный скатный аэратор (высокого типа); 6 — утеплитель; 7 — пароизоляция; 8 — отверстия для притока воздуха

Принципиальная схема устройства притока наружного воздуха через карниз представлена на рис. 1.126.

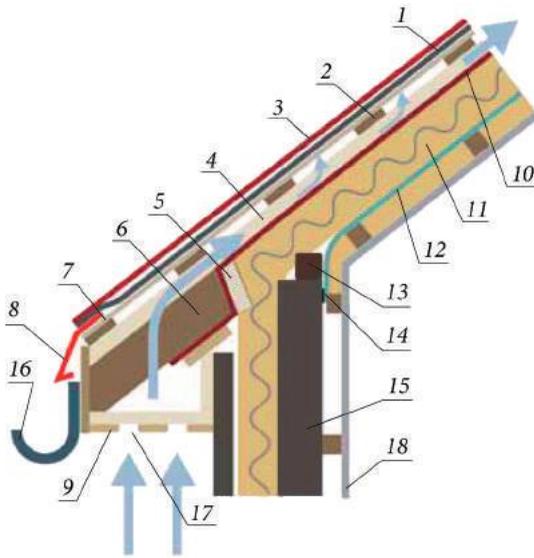


Рис. 1.126. Принципиальная схема устройства притока наружного воздуха через карниз: 1 — подкладочный ковер; 2 — разреженная обрешетка; 3 — гибкая черепица; 4 — контробрешетка; 5 — лобовая доска; 6 — стропильная нога; 7 — разреженная обрешетка; 8 — карнизная планка; 9 — софитная планка; 10 — ветрозащита; 11 — утеплитель; 12 — пароизоляция; 13 — мауэрлат; 14 — гидроизоляция (бутилкаучуковая лента); 15 — наружная стена; 16 — крюк водостока; 17 — отверстия для притока воздуха; 18 — два слоя гипсокартона

Каналы над теплоизоляцией должны иметь минимальную высоту продуха 50 мм при угле наклона ската более 20°. При угле наклона ската менее 20° высота продуха должна быть увеличена до 80 мм.

• **Монтаж пароизоляционных материалов**

Пароизоляцию следует предусматривать в соответствии с расчетом по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101—2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Пароизоляционные материалы всегда крепятся только с внутренней стороны конструкций здания между внутренней облицовкой и утеплителем.

В качестве пароизоляции применяют:

- полипропиленовые или полиэтиленовые пленки (например пароизоляционные пленки *ТЕХНОНИКОЛЬ*) — для крыш с деревянной стропильной системой;
- битумно-полимерные материалы (например *Унифлекс ЭПП*, *Техноэласт ЭПП* и др.) — для укрыв с металлической стропильной системой и железобетонными несущими конструкциями.

Материалы поставляются в рулонах и могут монтироваться как на горизонтальные, так и на вертикальные поверхности. Герметизация швов полимерных пленок обеспечивается применением паронепроницаемых бутилкаучуковых или акриловых соединительных лент. Такие ленты имеют 2 клеящих слоя (внешний и внутренний) и создают прочное соединение пленок. При монтаже полиэтиленовых и полипропиленовых материалов (с верхней и нижней сторонами из нетканого материала) применяют специальную самоклеящуюся ленту. Ленту отматывают с мотка и проклеивают стык пленок, уложенных внахлест. Для соединения пленок можно также использовать деревянные рейки, прикрепленные к стропилам, прижимая нахлест пленок.

Соединение с элементами утепленной конструкции осуществляется скобами механического сшивателя или оцинкованными гвоздями с плоской головкой. В жилых помещениях мансардных надстроек и в помещениях с повышенной влажностью необходимо предусмотреть зазор 1—3 см между пароизоляцией и облицовочным материалом с внутренней стороны помещения.

Битумно-полимерные материалы укладываются внахлест и направляются на основание. При этом величина бокового нахлеста составляет 100 мм, а торцевого — 150 мм.

• **Монтаж теплоизоляционных материалов**

Для утепления скатных крыш и перекрытий применяются материалы плотностью не более 250 кг/м³ и теплопроводностью не более 0,06 Вт/(м·°С). Материал и толщину утеплителя определяют теплотехническим расчетом согласно СП 50.13330.2012 [47]. Теплоизоляционные материалы в конструкциях утепления зданий должны соответствовать требованиям пожарной безопасности [38; 37], иметь гигиенические сертификаты, не выделять токсичные вещества.

В качестве утеплителей скатных крыш наибольшее распространение получили маты и плиты из минеральной ваты, например теплоизоляционные маты *ТЕПЛОРОЛЛ* и плиты *ТЕХНОЛАЙТ*.

При утеплении наклонных и вертикальных поверхностей мансард используют плитную теплоизоляцию — для избегания сползания рулонного утеплителя вдоль ската и, как следствие, закупоривания вентилируемого зазора. Монтаж плит из минеральной ваты осуществляют в распор (рис. 1.127).



Рис. 1.127. Укладка теплоизоляционных плит из каменной ваты

Ширину утеплителя выбирают на 3—5 см больше ширины межстропильного пространства. Если формирование расчетной толщины утеплителя производится из нескольких слоев, то укладку утеплителя следует осуществлять с разбежкой швов вдоль стропильных ног.

• **Монтаж ветро-, влагозащитных материалов**

Ветро-, влагозащитные материалы используются для защиты утеплителя в конструкциях скатных крыш от воздействия ветра и влаги. Применение ветро-, влагоизоляции обеспечивает сохранение нормального температурно-влажностного режима в ограждающей конструкции, что позволяет сохранить теплоизоляционные свойства утеплителя в течение длительного времени. Кроме того, данные материалы способствуют снижению теплотерь за счет устранения «выдувания» тепла. В качестве ветро-, влагоизоляции применяют трехслойные микропористые диффузионные мембраны (см. раздел 1.1.2.3).

Ветро-, влагозащитный материал монтируется на внешнюю сторону ограждающей конструкции вплотную к теплоизоляции, со стороны вентиляционного зазора. Материал можно укладывать либо параллельно коньку, либо по направлению ската крыши: если уклон крыши 1:5, то

ветрозащиту укладывают по направлению ската, при уклоне более 1:5 допускается укладка параллельно коньку (рис. 1.128). При укладке ветро-, влагозащитных материалов параллельно коньку первое полотно укладывается вдоль карнизного свеса, т.е. перпендикулярно стропильной системе. Следующие полотна укладываются внахлест по всему скату, снизу вверх до конька. Ширина нахлеста между полотнами ветро-, влагозащитного материала на внутренних и наружных сгибах составляет не менее 150 мм. В отдельных случаях, на скатах со сложным профилем выполняют предварительный раскрой ветрозащитного материала на земле. На ровных скатах допускается раскатка ветрозащиты непосредственно из рулона.

При монтаже полотна ветро-, влагозащитного материала предварительно закрепляются нержавеющими гвоздями с широкой шляпкой или специальными скобами с шагом 200 мм. Окончательное крепление выполняют при помощи реек (бруса), установленных вдоль стропил и закрепленных оцинкованными гвоздями длиной 100 мм с шагом 300—350 мм. Сечение бруса выбирают равным 50×50 мм при уклоне кровли не менее 1:4 и 50×80 мм — при уклоне кровли менее 1:4.



Рис. 1.128. Укладка ветро-, влагозащитного материала

- **Монтаж подкладочных материалов**

Под кровельный ковер из битумной черепицы должен быть предусмотрен подкладочный слой, который укладывается под черепицу по всей поверхности кровли и служит дополнительной гидроизоляцией.

В качестве подкладочных материалов применяют рулонные битумно-полимерные материалы на стекловолоконистой или полиэфирной основах (например *ANDEREP*) (см. раздел 1.1.1).

На карнизные свесы и ендовы укладывается самоклеящийся подкладочный материал (например *ANDEREP ULTRA*). Остальная поверхность ската укрывается подкладочным материалом с механической фиксацией (например *ANDEREP GL*, *ANDEREP PROF*) (рис. 1.129).

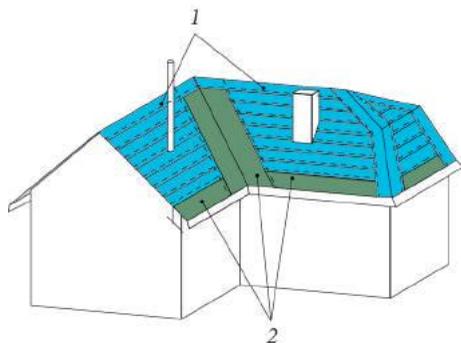


Рис. 1.129. Устройство подкладочного ковра: 1 — подкладочный материал с механической фиксацией; 2 — самоклеящийся подкладочный материал

В ендове подкладочный материал укладывается шириной 1 м (по 50 см на каждый скат). Предпочтительно получить сплошное покрытие (без нахлестов). Если образование сплошного покрытия технологически невозможно, подкладочный ковер укладывается внахлест с проклейкой шва в верхней части крыши; величина нахлеста составляет 30 см. Вдоль карнизного свеса подкладочный материал укладывается на величину самого карнизного вылета плюс 600 мм от внутренней плоскости наружной стены внутрь здания (рис. 1.130). Такое решение позволяет предотвращать появление протечек в карнизной зоне вследствие нарушения температурно-влажностного режима подкровельного пространства либо резких изменений температуры окружающей среды.

Укладку материала на основной поверхности ската проводят снизу вверх с нахлестом в продольном направлении 100 мм, в поперечном — 150 мм, раскатывая рулон параллельно карнизному свесу. К основанию его крепят специальными оцинкованными гвоздями с широкой шляпкой через каждые 200—250 мм. Места нахлеста промазываются битумно-полимерной мастикой (например *ТЕХНОНИКОЛЬ № 23 Фиксер*).

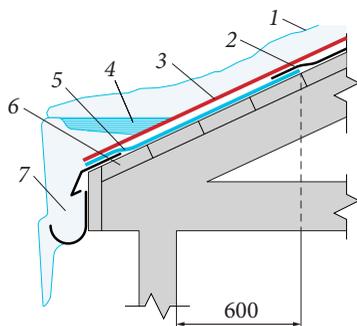


Рис. 1.130. Устройство подкладочного ковра на карнизном свесе: 1 — снег; 2 — подкладочный материал (с механической фиксацией); 3 — гибкая черепица вода; 4, 7 — ледяная глыба; 5 — подкладочный материал (самоклеющийся); 6 — сплошной настил

В местах примыкания подкладочного материала к выступающим частям здания (стены, трубы и т.д.) необходимо завести подкладочный материал на высоту 150 мм.

• **Усиление карнизного и фронтонного свесов**

Карнизный свес кровли усиливают металлическими карнизными планками (капельниками). Их укладывают ребром на край сплошного основания и крепят специальными кровельными гвоздями в шахматном порядке с шагом 120—150 мм, а в местах нахлестов — 20—30 мм. Нахлест планок между собой составляет 30—50 мм.

Фронтонный свес кровли усиливается металлическими торцевыми планками, которые укладываются поверх подкладочного слоя с нахлестом 30—50 мм и крепятся специальными кровельными гвоздями в шахматном порядке с шагом 120—150 мм, а в местах нахлеста — 20—30 мм. Перед укладкой черепицы фронтонную планку нужно промазать кровельной мастикой, а верхний угол плитки гибкой черепицы (гонта) подрезать (рис. 1.131).

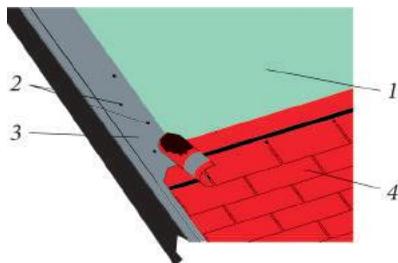


Рис. 1.131. Усиление фронтонного свеса: 1 — подкладочный материал; 2 — кровельные гвозди; 3 — фронтонная планка; 4 — гибкая черепица

- **Монтаж гибкой черепицы Шинглас**

Гибкая черепица *Шинглас* представляет собой плоскую кровельную плитку, изготовленную путем пропитки стеклохолста битумным или битумно-полимерным вяжущим (см. раздел 1.1.3.1). Элементы кровельного покрытия из гибкой черепицы представлены на рис. 1.132.

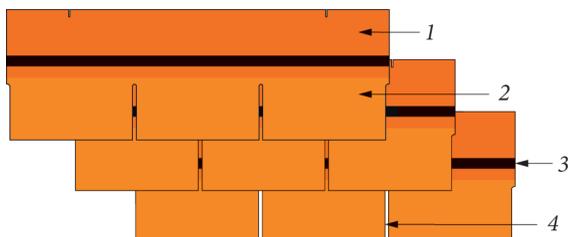


Рис. 1.132. Элементы кровельного покрытия из гибкой черепицы:
1 — перекрываемая часть плитки; 2 — видимая часть плитки;
3 — самоклеящаяся полоса; 4 — вырез

- **Подготовка ендовы**

Укладка гибкой черепицы в ендове может быть выполнена двумя способами: открытым и методом подреза.

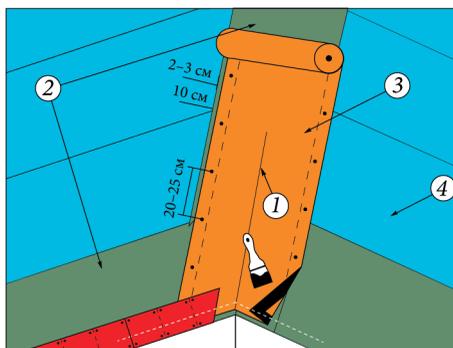


Рис. 1.133. Устройство ендовы открытым способом: 1 — ось ендовы;
2 — самоклеящийся подкладочный материал; 3 — ендовый ковер;
4 — механически закрепляемый подкладочный материал

При открытом способе вдоль оси ендовы поверх подкладочного ковра монтируется *ендовый ковер* — рулонный гидроизоляционный битумно-полимерный материал на полиэфирной основе, покрытый круп-

нозернистой базальтовой посыпкой, со смещением по горизонтали на 2—3 см и промазывается битумной мастикой по периметру тыльной стороны шириной 10 см. Вместо ендового ковра можно использовать металлический лист с антикоррозионным покрытием.

С лицевой стороны ендовый ковер или металлический лист прибивается специальными кровельными гвоздями с отступом от края 2—3 см и с шагом 20—25 см. По возможности следует стремиться к сплошному ковра (без нахлестов) по всей длине ендовы. В противном случае ендовый ковер укладывается внахлест с проклейкой шва в верхней части крыши; величина нахлеста составляет 30 см (рис. 1.133).

При монтаже методом подреза ендовый ковер не требуется.

- *Разметка ската*

Разметочные линии играют роль направляющих и помогают выровнять плитки гибкой черепицы (гонты) по горизонтали и вертикали (рис. 1.134). Помимо этого, они выравнивают гонты, если в скат врезан какой-либо элемент крыши или нарушена геометрия ската кровли. Шаг вертикальных линий соответствует ширине рядовой черепицы, а шаг горизонтальных линий наносится на каждые 5 рядов черепицы (~80 см).

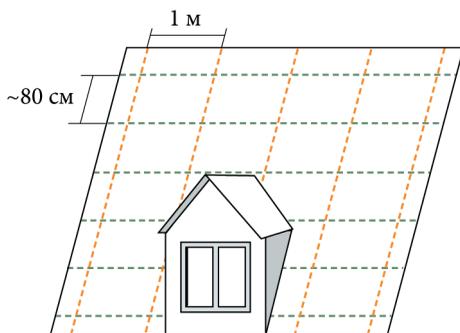


Рис. 1.134. Разметка ската

- *Фиксация стартовой полосы (карнизной черепицы)*

В качестве стартовой полосы применяется универсальная коньково-карнизная черепица либо выкройка из рядовой черепицы (гонт с обрезанными лепестками). Карнизная черепица наклеивается поверх металлических карнизных планок, отступая от места перегиба 10—20 мм, и прибивается гвоздями (рис. 1.135). Величина отступа зависит от дли-

ны и угла наклона ската. При увеличении длины и крутизны ската отступ от места перегиба металлической карнизной планки также увеличивается.

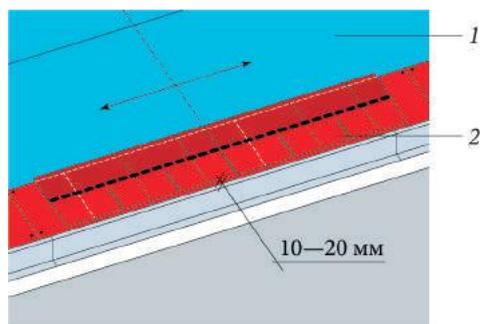


Рис. 1.135. Фиксация стартовой полосы (карнизной черепицы):
1 — подкладочный материал; 2 — коньково-карнизная черепица

- *Фиксация рядовой черепицы*

Каждая рядовая черепица крепится к основанию кровли с помощью специальных оцинкованных гвоздей с широкими шляпками, количество которых зависит от угла наклона ската. Гвозди вбивают таким образом, чтобы шляпка находилась в одной плоскости с поверхностью черепицы, а не врезалась в нее. При этом гвозди должны быть невидимы. Правильное прибивание гвоздей представлено на рис. 1.136. На рисунке изображена лицевая сторона, пунктиром обозначено наличие клеевого слоя с обратной стороны. Черепицу прибивают, отступая от края 2—3 см. При угле наклона до 45° на один гонт рядовой черепицы следует прибивать 4 кровельных гвоздя, свыше 45° — 6 гвоздей.

Установку первого ряда черепицы производят с центра ската в виде полосы или пирамиды (рис. 1.137). Необходимо следить, чтобы стык стартовой черепицы не совпадал со стыком черепицы первого ряда. При укладке первого ряда нужно отступить 10—20 мм от карнизной планки. Второй ряд монтируется с центра ската, смещаясь влево или вправо на половину лепестка. Прибивать гонты необходимо таким образом, чтобы нижний край лепестков находился на одном уровне с верхним краем вырезов в первом ряду кладки. Третий и последующие ряды смещаются относительно предыдущего на половину лепестка влево или вправо в зависимости от выбранного первоначально направления.

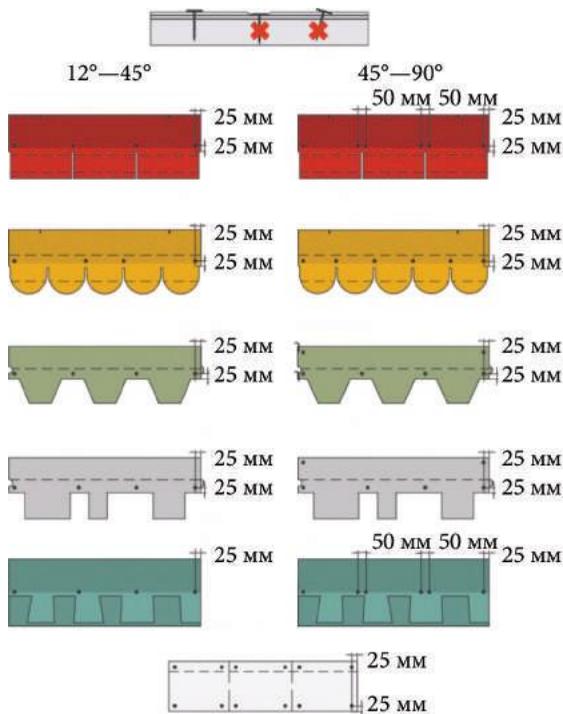


Рис. 1.136. Схема фиксации черепицы *Шинглас* различной нарезки

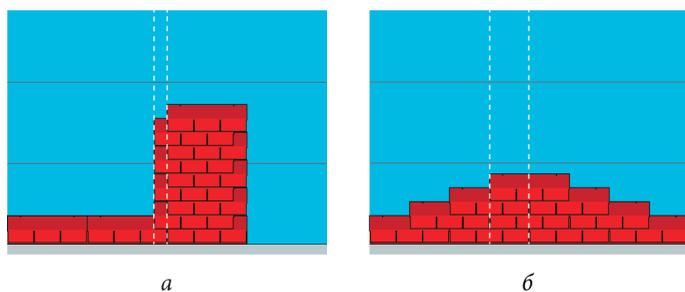


Рис. 1.137. Схема укладки гибкой черепицы:
 а — от центра ската; б — пирамидой

Монтаж черепицы производят диагональными полосами. На рис. 1.138 приведена схема монтажа на примере гибкой черепицы *Шинглас*, имеющей форму нарезки «Соната».

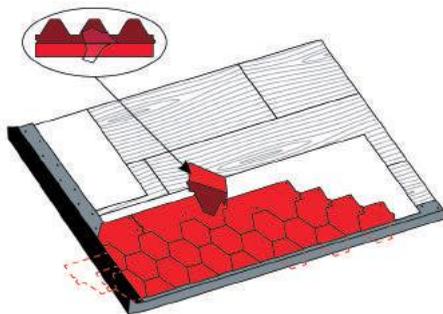


Рис. 1.138. Схема укладки гонтов гибкой черепицы *Шинглас* формы нарезки «Соната»

Для защиты от косого дождя необходимо проклеить рядовую черепицу битумной мастикой вдоль края крыши на 10 см в местах отсутствия самоклеящегося слоя. Верхние углы черепицы, которые подходят к металлической фронтовой планке, следует обрезать на 2—3 см для отбоя воды (см. рис. 1.131).

- *Устройство ендовы*

Метод открытой ендовы (рис. 1.139). Рядовая черепица укладывается поверх ендовного ковра до линии подреза в сторону оси ендовы (1). Каждый гонт дополнительно фиксируется с помощью кровельных гвоздей в верхней части (2) на расстоянии не ближе 30 см от центральной

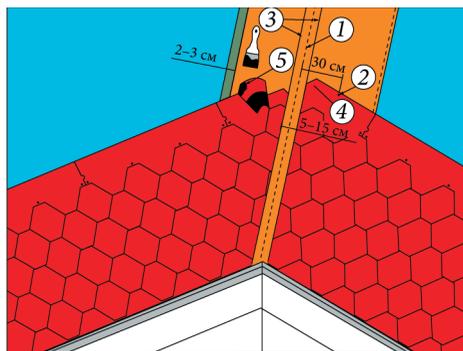


Рис. 1.139. Метод открытой ендовы: 1 — ось ендовы; 2 — дополнительная фиксация черепицы; 3 — подрез по мелованной линии; 4 — подрезка черепицы; 5 — проклейка мастикой

оси ендовы. Таким образом собираются две поверхности ската относительно ендовы. После чего при помощи разметочной шнурки наносятся две мелованные линии (3), по которым прорезается рядовая черепица (3). *Разметочная шнурка* — это крученая капроновая нить, с помощью которой наносят прямолинейную разметку на расстояния, превышающие длину линеек, реек, шин и пр. Для разметки, как правило, используется красящий порошок (например кирпичная пыль), нанесенный на шнурку. Чтобы не повредить целостность гидроизоляционного ковра, под него подкладывается специальная дощечка. Для отбоя воды в ендове необходимо подрезать каждую черепицу (4) и промазывать битумной мастикой с тыльной стороны на 10 см в местах отсутствия самоклеящегося слоя (5).

Метод подреза (рис. 1.140). Сначала монтаж рядовой черепицы выполняют на меньшем (малоуклонном) скате с нахлестом на больший скат на величину не менее 30 см. Каждая черепица дополнительно фиксируется с помощью кровельных гвоздей в верхней части (2). Таким образом укрывают весь меньший (малоуклонный) скат крыши. Затем наносят мелованную линию (3) на более крутом скате. Расстояние от мелованной линии и центральной оси ендовы (1) составляет 7—8 см. Гибкая черепица с большого (крутого) ската подрезается по мелованной линии. Для отбоя воды в ендову необходимо подрезать каждую черепицу (4) и промазывать битумной мастикой с тыльной стороны на 10 см в местах отсутствия самоклеящегося слоя (5).

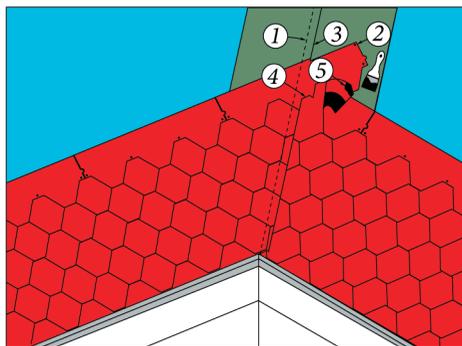


Рис. 1.140. Метод подреза: 1 — ось ендовы; 2 — дополнительная фиксация черепицы; 3 — подрез по мелованной линии; 4 — подрезка черепицы; 5 — проклейка мастикой

- *Устройство ребер скатов и коньков*

Рядовая черепица, выходящая на ребро, подрезается таким образом, чтобы между покрытиями смежных скатов была прорезь шириной 0,5 см. Разметочной шнуркой наносят габариты будущего ребра (2 полосы вдоль ребра). Укладка коньковой черепицы ведется снизу вверх. Каждая черепица фиксируется четырьмя гвоздями (по 2 с каждой стороны) так, чтобы нахлест (3—5 см) вышележащей черепицы перекрывал гвозди нижележащей черепицы.

Укладка конька ведется со стороны, противоположной преобладающей розе ветров в данном районе. Монтаж коньков производится аналогично способу монтажа ребер.

- *Выполнение примыканий*

Устройство примыканий к вертикальным поверхностям приведено на рис. 1.141.

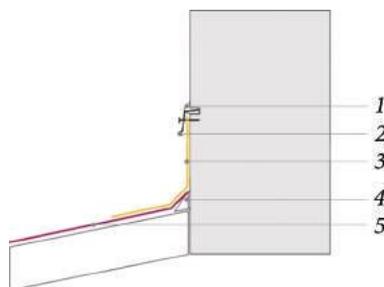


Рис. 1.141. Устройство примыканий к вертикальным поверхностям:

- 1 — герметик; 2 — металлический фартук; 3 — ендовный ковер;
4 — треугольная рейка; 5 — рядовая черепица

В местах стыков ската кровли со стенами или трубой набивается треугольная рейка, на которую заводится рядовая черепица. В качестве треугольной рейки может быть использован деревянный брус размером 50×50 мм либо деревянный плинтус. Если поверхность вертикальной стены кирпичная, то необходимо ее предварительно оштукатурить и огрунтовать. Поверх рядовой черепицы монтируются полосы ендовного ковра шириной не менее 500 мм с проклейкой битумной мастикой (мастика наносится на всю тыльную поверхность выкройки ендовного ковра). На стену полоса заводится не менее чем на 300 мм, а в климатических зонах с повышенными снеговыми нагрузками эта величина мо-

жет быть дополнительно увеличена. Верхняя часть примыкания заводится в штрабу и закрывается металлическим фартуком, который закрепляется механически и герметизируется силиконовым, тиоколовым или полиуретановым герметиком.

Для герметизации дымовых и вентиляционных труб делают выкройку либо из эндového ковра (рис. 1.142), либо из металла с антикоррозийным покрытием (рис. 1.143). Полученные выкройки сгибаются или надрезаются в определенных местах.

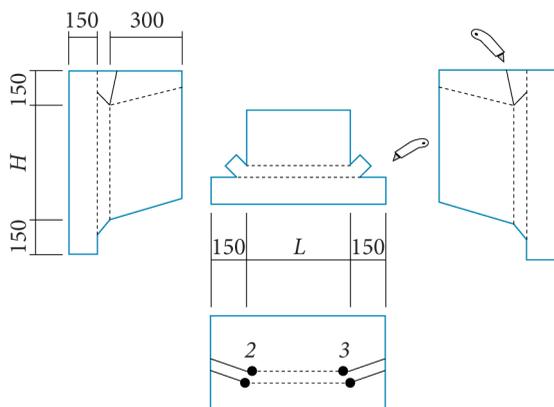


Рис. 1.142. Выкройка из эндového ковра

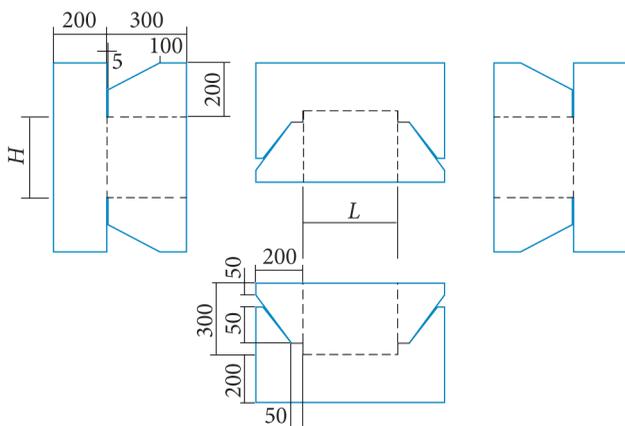


Рис. 1.143. Выкройка из металла с антикоррозийным покрытием

Способ монтажа показан на рис. 1.144. Первоначально монтируется лицевая выкройка с заводом на рядовую черепицу, затем левая и правая, которые заводятся под черепицу. В последнюю очередь монтируется тыльная выкройка. Слева, справа и с тыльной стороны выполняется желоб шириной 8 см. Места сопряжения рядовой черепицы проклеивают битумной мастикой в местах отсутствия самоклеящегося слоя на величину 10 см и отрезают уголки для отбоя воды.

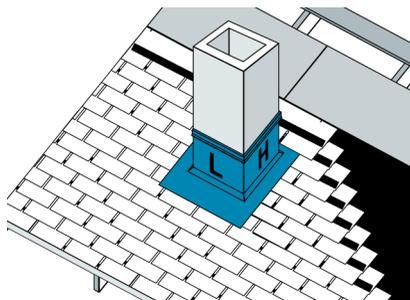


Рис. 1.144. Способ монтажа примыкания к трубе

Для предотвращения скапливания снега за дымовыми и вентиляционными трубами, если их сечение превышает размер 500×500 мм и они расположены поперек ската, устанавливают разжелобок (рис. 1.145).

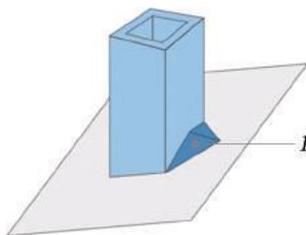


Рис. 1.145. Устройство разжелобка (I)

1.3.5. Кровельные системы с использованием металлочерепицы *LUXARD*

Металлочерепица (или композитная черепица) *LUXARD* (*ЛЮКСАРД*) — это многослойный кровельный композиционный материал на основе горячеоцинкованной стали, покрытой с двух сторон слоями алю-

моцинка, защитного покрытия и нанесенным на лицевую сторону составом, состоящим из акрилового грунта, гранул природного камня и УФ-стойкого защитного акрилового лака (см. раздел 1.2.2). Металлочерепицу *LUXARD* можно использовать для различных типов крыш с уклоном от 12 до 90° (рис. 1.146). Размер панели *LUXARD* составляет 1220×405 мм, вес — 3,5 кг.



Рис. 1.146. Кровельные системы с использованием металлочерепицы

Устройство кровли из металлочерепицы

• Подготовка кровельного основания

Для увеличения срока службы деревянных элементов стропильной конструкции их обрабатывают антисептиками и антипиренами, не агрессивными для кровельных пленок и покрытия.

При укладке металлочерепицы шаг стропил зависит от постоянных и временных нагрузок, а также от индивидуальных архитектурных особенностей крыши и принимается от 600 до 1500 мм. Недопустим прямой контакт деревянных элементов крыши с каменными конструкциями. Во избежание загнивания между древесиной и камнем укладывается битумная гидроизоляция (рис. 1.147).

Вдоль ендов организуют опорный настил из обрезной антисептированной доски толщиной 25 мм. Ширина настила должна быть не менее 150 мм от оси желобка. Сплачивание досок выполняют на стропильных ногах (рис. 1.148).



Рис. 1.147. Соединение элементов каркаса с использованием битумной гидроизоляции

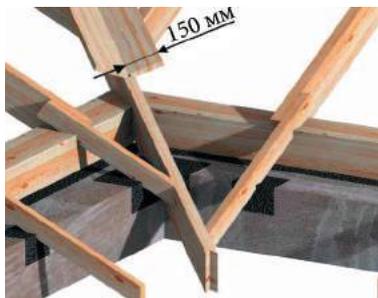


Рис. 1.148. Устройство опорного настила вдоль ендовы

Нижний край основания подрезается по лобовой доске (идущей вдоль карнизных торцов стропильных ног), верхний — по оси конька.

Перед переходом к следующему этапу монтажа повторно измеряют стропильную конструкцию. Исправляют, если необходимо, отклонения в стропильной системе. Завершением подготовки стропильной системы является монтаж лобовой доски вдоль карнизных свесов.

• **Устройство вентиляции крыши**

Для увеличения срока службы подкровельной конструкции необходимо предусматривать вентиляцию каждого элемента кровельной системы. Система подкровельной вентиляции должна исключать зоны с застойным воздухом, так называемые «воздушные мешки». Поэтому необходимо обеспечить полное омывание наружным воздухом всего подкровельного пространства (рис. 1.149).

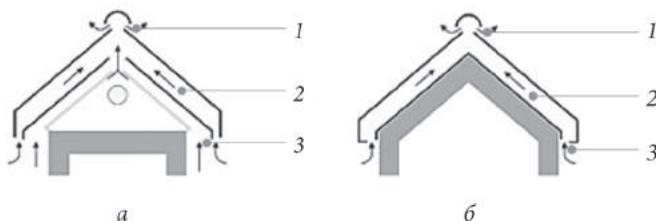


Рис. 1.149. Вентиляция подкровельного пространства:

а — холодного чердака; *б* — мансарды или теплого чердака;

1 — вытяжные отверстия; 2 — вентиляционный канал;

3 — отверстия для притока наружного воздуха

Холодный чердак

Вентиляционная система холодного чердака состоит из отверстия для притока наружного воздуха, каналов над кровельной пленкой для его циркуляции, вытяжных отверстий в верхней части кровли (см. рис. 1.149, а). На рис. 1.150 представлена система холодного чердака *TH-LUXARD Классик*.

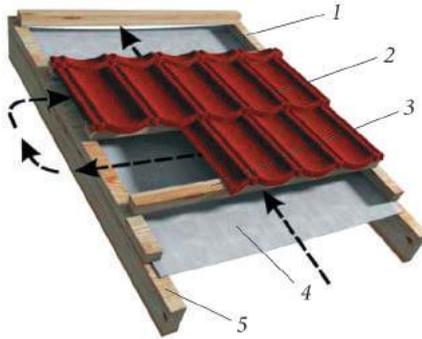


Рис. 1.150. Кровельная система *TH-LUXARD Классик*: 1 — контрообрешетка; 2 — металлочерепица; 3 — обрешетка; 4 — гидроизоляция; 5 — стропила

Мансарда

В мансарде стропильная система спрятана в контур утепления, поэтому вся вентиляционная нагрузка ложится на пространство между кровельным покрытием и пленкой. Вентиляционная система состоит из отверстия для притока наружного воздуха, каналов над теплоизоляцией для его циркуляции и вытяжных отверстий в верхней части кровли (см. рис. 1.149, б).

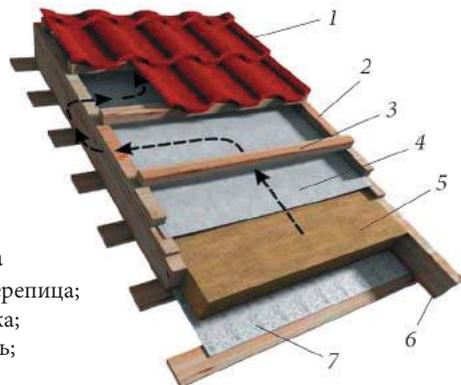


Рис. 1.151. Кровельная система *TH-LUXARD Мансарда*: 1 — металлочерепица; 2 — контрообрешетка; 3 — обрешетка; 4 — гидроизоляция; 5 — утеплитель; 6 — стропила; 7 — пароизоляция

Площадь вытяжных вентиляционных отверстий составляет $1/300—1/500$ от общей площади утепления крыши. При этом 35—40 % полученной площади приходится на приточные отверстия (карниз), 60—65 % — на вытяжные отверстия (конек). На рис. 1.151 представлена система холодного чердака *TH-LUXARD Мансарда*.

- **Монтаж пароизоляционных и диффузионных пленок**

Защитная пленка монтируется с внутренней стороны утеплителя на стропила. В случае холодного чердака применяется пароизоляционная пленка плотностью 70—140 г/м², в случае теплого чердака или мансарды — диффузионная водонепроницаемая мембрана плотностью 70—140 г/м².

Монтаж пленки происходит в следующей последовательности. Вдоль оси ендовы укладывается защитный материал и фиксируется строительным степлером по внешним краям опалубки ендовы с шагом 150 мм. На плоскости скатов пленка раскатывается горизонтальными полосами. Первичная фиксация пленки к стропилам производится строительным степлером. В зоне ендовы пленку заводят с одной плоскости ската относительно оси ендовы на другую плоскость ската на величину не менее 300 мм. Выполняют аналогичный перехлест с противоположного ската кровли (рис. 1.152). Вдоль оси ендовы поверх перехлестов укладывают пленку шириной не менее 1,2 м. Нижний край стартового полотна пленки заводится на лобовую доску минимум на 20 мм и фиксируется на ней строительным степлером. Каждый следующий ряд пленки заводят на предыдущий с нахлестом в 150 мм.

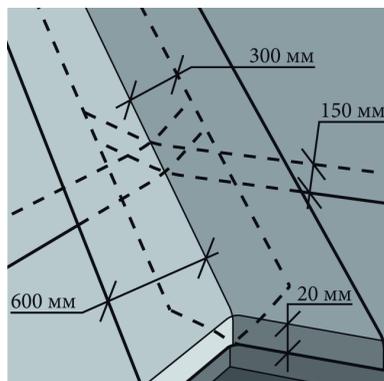


Рис. 1.152. Укладка защитной пленки в зоне ендовы

Если плоскость ската с боковой стороны ограничена фронтоном, то пленка должна свисать на 200 мм с фронтоной стропильной конструкции для фиксации пленки после монтажа элементов фронтона (рис. 1.153, а). Если плоскость ската с боковой стороны ограничена ребром, то пленку с двух скатов доводят до ребра и крепят строительным степлером с шагом 150 мм. Затем вдоль ребра укладывается полоса из пленки шириной не менее 300 мм. Фиксация пленки производится по длинным краям полотна специальной клейкой лентой (рис. 1.153, б).

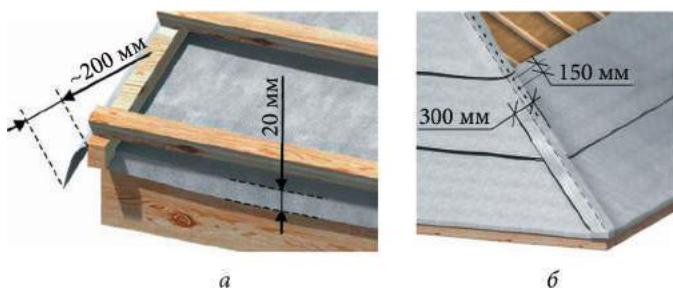


Рис. 1.153. Укладка защитной пленки: а — на фронтоне; б — на ребре

• **Монтаж теплоизоляционных материалов**

В качестве утеплителя применяются изделия из минеральной ваты (например *ТЕХНОРОЛЛ*, *ТЕХНОЛАЙТ* и др.). Размер утеплителя должен соответствовать шагу стропил таким образом, чтобы плита утеплителя держалась между стропилами, а воздух не мог циркулировать между ними. Для крепления плит возможно использование тонких дополнительных реек снизу поперек стропил. Утеплитель монтируется без щелей между элементами конструкции. Если утеплитель укладывается в несколько слоев, то места стыков плит не должны совпадать. Толщина утеплителя определяется теплотехническим расчетом согласно СП 50.13330.2012 [47]. Для климата средней полосы толщина утеплителя обычно принимается не менее 150 мм.

Для защиты утеплителя и внутренних элементов крыши от атмосферных воздействий необходимо устройство гидроизоляции (ветро-, влагозащитных материалов).

- **Монтаж ветро-, влагозащитных материалов** рассмотрен в разделе 1.3.4.

- **Монтаж обрешетки под панели металлочерепицы LUXARD**

- **Монтаж контробрешетки**

Необходимую вентиляцию подкровельного пространства в совмещенном покрытии (мансарде) организуют при помощи контробрешетки — набитых вдоль стропил брусков сечением 50×75 мм (при уклоне ската 12—20°) или 50×50 мм (при уклоне ската более 20°). При этом происходит окончательная фиксация пленки на стропильной конструкции.

Нижние края контробрешетки на карнизном свесе являются опорой *капельника* — продольного желобка с нижней стороны карнизной плиты. Капельники предназначены для безопасного отвода воды (дождевой, талой или конденсата росы) от края карниза крыши или направления ее в водосточный желоб. Каждому бруску контробрешетки устраивают карнизный вылет относительно лобовой доски. Величина вылета составляет сумму толщины деревянной подложки под крючья водосточной системы (2 см) и $\frac{1}{3}$ сечения водосточного желоба (4 см). Через пространство между деревянными подложками осуществляется забор наружного воздуха для вентиляции подкровельного пространства. Если водосточная система не устанавливается, монтаж деревянных подложек не требуется.

Контробрешетка ендовы. Вдоль оси ендовы (слева и справа) монтируются две пары брусков таким образом, чтобы от оси ендовы до ближайшей грани внутренних брусков сохранялось расстояние в 150 мм. Между основной контробрешеткой и брусками контробрешетки вдоль оси ендовы остается вентилируемый зазор 50 мм (рис. 1.154).

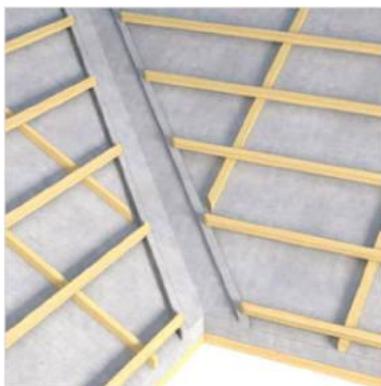


Рис. 1.154. Монтаж контробрешетки ендовы

На рис 1.155, *а* изображено устройство контробрешетки ендовы, выходящей на скат: вдоль оси ендовы на расстоянии 230 мм (влево и вправо) монтируются бруски контробрешетки.

На ребрах крыши контробрешетка монтируется следующим образом. Вдоль ребер набивают бруски кон-

тробрешетки по одному на каждый скат. Расстояние от оси ребра до бруса — 20 мм. Между основной контробрешеткой и брусьями контробрешетки ребра крыши оставляют вентилируемый зазор 50 мм (рис. 1.155, б).



Рис. 1.155. Контробрешетка ендовы: а — выходящей на скат; б — на ребрах крыши

- **Монтаж шаговой обрешетки**

В зависимости от шага стропил применяются бруски обрешетки различного сечения. При шаге стропил до 1000 мм применяются бруски сечением 50×50 мм с относительной влажностью не более 20 %. При большем шаге стропил сечения брусков увеличивают.

Монтаж обрешетки выполняется снизу вверх. Нижний брус обрешетки механически фиксируется с отступом 50 мм от свеса контробрешетки. Последующие ряды монтируются с постоянным шагом. При этом шаг обрешетки определяется по месту с учетом нахлестов панелей и ориентировочно равен 367 мм (для панелей *LUXARD Классик*) и 370 мм (для панелей *LUXARD Роман*). Последний брус шаговой обрешетки (в коньковой части) не доводится до оси конька на 20 мм (рис. 1.156).

- **Монтаж наличника**

После окончания работ по монтажу контробрешетки и шаговой обрешетки под панели *LUXARD* вдоль фронтона монти-

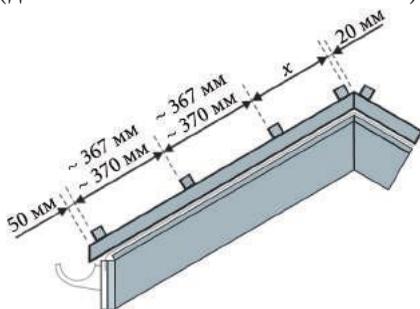


Рис. 1.156. Схема шаговой обрешетки

руется наличник. Верхняя часть наличника отстоит от плоскости обрешетки на 30—40 мм. При этом защитные пленки, которые монтируются под металлочерепицу, заводятся на верхний торец наличника (рис. 1.157). Далее монтируют карнизную вентиляционную ленту, которая крепится к нижнему брусу обрешетки и лобовой доске.

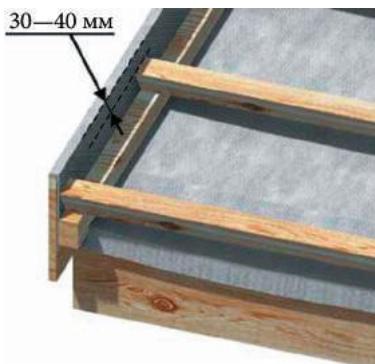


Рис. 1.157. Монтаж наличника

- **Монтаж комплектующих систем металлочерепицы LUXARD**

Перед монтажом кровельного покрытия устанавливают деревянные подложки под крепления водосборных желобов (крюков) для обеспечения притока наружного воздуха между желобом водосборной системы и лобовой доской.

- *Крепление панелей черепицы*

Монтаж черепицы производят снизу вверх, учитывая преобладающие направления ветра. Порядок крепления листов ведется с противоположной стороны преобладающих ветров. Укладку вышележащего



Рис. 1.158. Монтаж черепицы

ряда ведут с разбежкой швов. Крепление панелей черепицы производят специальными гальванизированными гвоздями либо саморезами. Гвозди и саморезы в основание панели устанавливают под углом 60° к плоскости ската и в том месте, где волна касается деревянной шаговой обрешетки (рис. 1.158).

- *Устройство карнизного свеса*

Для устройства карнизного свеса применяют специальные карнизные планки (длиной 1250 мм), которые фиксируют специальными гвоздями или саморезами с шагом 250 мм в верхнюю полку к брусу шаговой обрешетки. Торцевой нахлест карнизных планок составляет 10—150 мм (рис. 1.159).

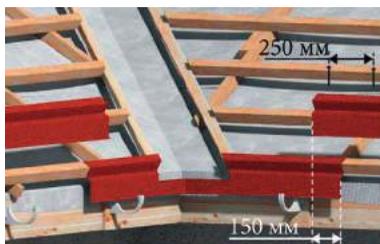


Рис. 1.159. Устройство карнизного свеса

- *Крепление торцевых планок*

Торцевые планки монтируются снизу вверх и фиксируются специальными гальванизированными гвоздями либо гальванизированными саморезами к наличнику с плоскости ската и с плоскости фронтона (рис. 1.160).

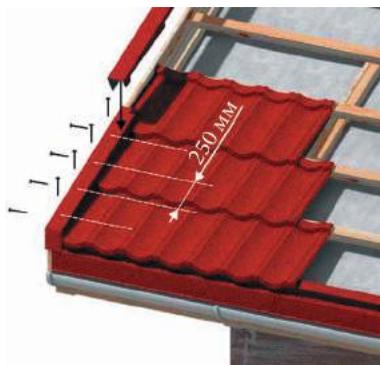


Рис. 1.160. Крепление торцевых планок

- *Устройство ендовы*

Водосборные элементы ендовы монтируют вдоль оси снизу вверх, фиксируя при помощи специальных металлических кляммеров с шагом

250—300 мм. Первый элемент ендовы заводят на нижнюю полку капельника. Выходящую за пределы капельника часть элемента ендовы подрезают и загибают вниз. Каждый вышележащий элемент ендовы заводят в нижележащий с нахлестом 15—20 см и фиксируют при помощи кляммеров. Вдоль ендовы (слева и справа) на расстоянии 1—4 см от бортов водосборного элемента наклеивают специальный поролоновый уплотнитель (рис. 1.161).

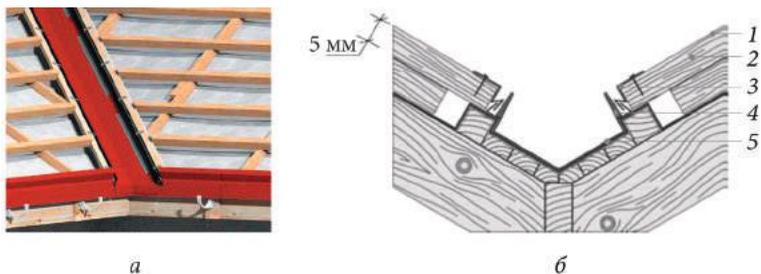


Рис. 1.161. Монтаж водосборных элементов ендовы: *а* — общий вид; *б* — схема монтажа; 1 — брус вдоль ендовы; 2 — кляммер крепления; 3 — поролоновый уплотнитель; 4 — лоток ендовы; 5 — обрешетка под черепицу

Панель черепицы заводят на элемент ендовы на 8 см и загибают вниз так, чтобы расстояние между нижним отгибом черепицы и элементом ендовы составляло 1 см (рис. 1.162).

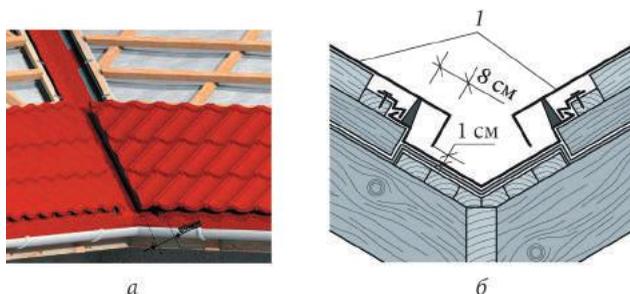


Рис. 1.162. Монтаж панелей черепицы на ендове: *а* — общий вид; *б* — схема монтажа; 1 — панель черепицы

- *Устройство ребер*

На ребра с шагом 600 мм устанавливаются деревянные или металлические крепежи для конькового бруса сечением 50×50 мм (рис. 1.163, *а*).

Панели, примыкающие к ребру (рис. 1.163, б), подрезают по оси ребра, затем 30 мм полотна панели со стороны ребра загибают на 90° вверх. Крепление выкроенных панелей производится аналогично целым панелям. Для обеспечения вентиляции подкровельного пространства и защиты конька от проникновения воды, снега и птиц используют *рулонный аэроэлемент конька* — вентиляционную самоклеящуюся ленту, изготовленную из пластика, армированного алюминиевой сеткой, и геотекстиля.

Полукруглые коньковые элементы на ребрах монтируются снизу вверх и укладываются с нахлестом 20 мм (рис. 1.163, в). Полукруглый коньковый элемент фиксируют сверху специальными гальванизированными гвоздями либо гальванизированными саморезами к хребтовому брусу. Торец первого полукруглого конькового элемента закрывают заглушкой, вырезанной из плоского листа. Заглушка крепится специальными гальванизированными гвоздями либо саморезами к торцу конькового бруса.



Рис. 1.163. Устройство ребра: а — крепление конькового бруса; б — подрезка панелей; в — крепление коньковых элементов

- *Монтаж конька*

На каждой паре стропильных ног устанавливают крепления для конькового бруса. Коньковый брус сечением 50×50 мм (или 50×75 мм) фиксируют к креплениям саморезами (рис. 1.164).

Верхний ряд панелей ската не является полноразмерным, поэтому панели подрезают вдоль и профилируют в тисках либо на специальном станке опорную ступень для укладки на обрешетку. Фиксацию выкроенных панелей производят аналогично целым панелям. Рулонный аэро-

элемент конька укладывают самоклеящимися полосами вниз, после монтажа конька снимают защитную пленку и прикатывают аэроэлемент резиновым валиком к панелям черепицы до полного склеивания с ними. Полукруглые коньковые элементы укладывают с нахлестом 20 мм и фиксируют сверху по краям гальванизированными гвоздями либо саморезами к коньковому брусу.

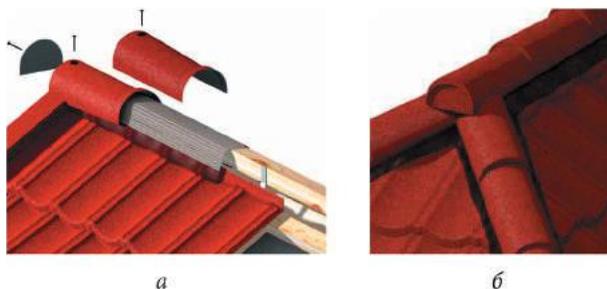


Рис. 1.164. Устройство конька: *а* — установка конькового бруса; *б* — соединение конька и ребра

- *Выполнение примыканий*

Вариант 1. Если панели примыкают вплотную к трубе, то стык панелей и трубы изолируют специальным рулонным самоклеящимся гидроизоляционным материалом. Для предотвращения сползания гидроизоляции с трубы ленту для примыканий закрепляют механически специальными планками (рис. 1.165). Этот вариант не подходит для домов, имеющих большую усадку и деформации, например деревянных бревенчатых или брусовых.

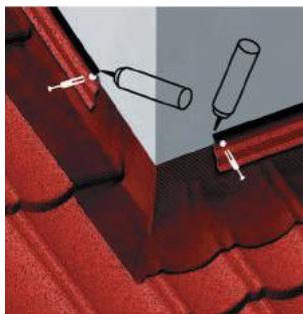


Рис. 1.165. Выполнение примыкания к каменной трубе по *варианту 1*

Вариант 2. Панель, которая примыкает к трубе, обрезают под 45°, а верхнюю часть панели отгибают. Примыкание ската к тыльной стороне трубы выполняют при помощи плоского листа (1250×600 мм) (рис. 1.166, а). Для его опоры монтируют сплошной деревянный настил из досок толщиной 25 мм. Длина листа складывается из ширины трубы плюс 20 см. Ширина листа складывается из шага обрешетки, высоты заведения на трубу и отгиба на контрбрус. Монтаж выполняют согласно схеме (рис. 1.166, б). Верхнюю часть панели, примыкающую к трубе, промазывают герметиком. По периметру трубы монтируют прижимную планку с последующей механической фиксацией и герметизацией (рис. 1.166, в). Этот вариант подходит для любых типов домов.

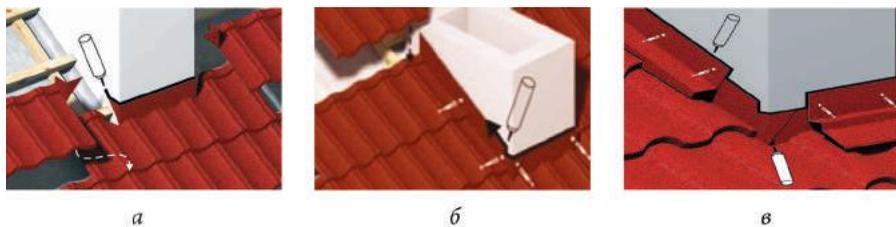


Рис. 1.166. Выполнение примыкания к каменной трубе по *варианту 2*:
 а — обрезка панелей; б — формирование стыка панелей на тыльной
 стороне трубы; в — герметизация стыка

Примыкание к стене является частным случаем примыкания к трубе и выполняется аналогично.

Системы водоотведения скатных крыш

Для удаления воды с поверхности скатных крыш предусматривается наружный организованный водоотвод (рис. 1.167). Расстояние между водосточными трубами должно составлять не более 24 м, а площадь поперечного сечения водосточных труб должна приниматься из расчета 1,5 см² на 1 м² площади кровли.

Для устройства организованного водоотвода со скатных крыш применяются водосточные системы из оцинкованной стали, меди, титан-цинка, алюминия или пластика. В последние годы наибольшее распространение получили пластиковые водосточные системы из поливинилхлорида. Элементы водосточной системы представлены на рис. 1.168.



Рис. 1.167. Системы наружного водоотвода

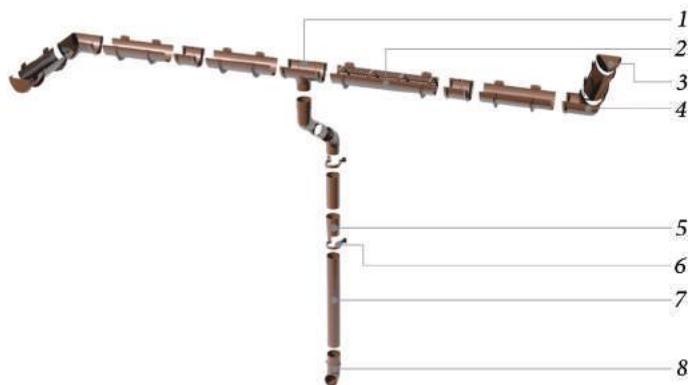


Рис. 1.168. Пластиковые водосточные системы: 1 — водоприемная воронка; 2 — водосточный желоб; 3 — заглушка; 4 — внутренний и наружный углы желоба; 5 — соединительная муфта; 6 — хомут; 7 — водосточная труба; 8 — водосточный слив

Водосточный желоб предназначен для сбора дождевой воды с кровли; он фиксируется на кронштейнах, установленных с промежутком 600—900 мм и обеспечивающих уклон 1 см на 3,5 м. Водоприемная воронка служит для соединения желобов и трубы в целях отвода воды из водосборной в водосливную систему. Для изменения направления потока воды применяются внутренние и наружные углы желоба. На торцах желоба устанавливаются заглушки, которые обеспечивают постоянную фиксацию, герметичность и жесткость желоба. Вертикальный сток до-

ждевой воды осуществляется по водосточной трубе, которая крепится к фасаду здания хомутами. Для герметичного соединения водосточных труб применяются соединительные муфты. Водосточный слив обеспечивает отвод воды из водосточной системы на землю. Для предотвращения засора водосточной системы предусмотрена защитная решетка.

Водосточные системы из ПВХ могут быть использованы при температуре от -50 до $+50$ °С, они устойчивы к ультрафиолетовому облучению и не подвержены коррозии. Пластиковая водосточная система может устанавливаться как на новые, так и на уже эксплуатируемые здания любой конфигурации.

В соответствии с СП 118.13330.2012 [40] допускается предусматривать неорганизованный водоотвод с крыш 1—2-этажных зданий при устройстве козырьков над входами. При неорганизованном водоотводе вынос карниза от плоскости стены должен составлять не менее 600 мм.

1.3.6. Мансарды

Мансарда — этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной или ломаной крыши, при этом линия пересечения плоскости крыши и фасада должна быть на высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа.

Использование чердаков в качестве мансардных с жилыми и подсобными помещениями обеспечивает значительное снижение стоимости строительства. Высота чердака зависит от уклона крыши, ширины здания и высоты стен над чердачным перекрытием. Дополнительный резерв площади квартиры особенно целесообразен в домах с высокими чердачными помещениями.

Мансардный этаж может занимать всю площадь здания либо его часть, но, как правило, в пределах лежащих ниже стен основного здания. Архитектурно-планировочные решения могут иметь широкий диапазон, а помещения — любую площадь и конфигурацию (рис. 1.169).

При проектировании мансарды следует предварительно выбирать ее планировочную схему (например секционную, коридорную, смешанную). Для обычного жилья принимается в основном секционная структура плана. Для специальных видов жилища может быть принята коридорная либо смешанная схема.



Рис. 1.169. Мансарды

Существуют различные технические решения по устройству секционных мансардных этажей. Наибольшее распространение получили следующие варианты:

- мансардный этаж без пристенка (рис. 1.170, *а*);
- мансардный этаж с пристенком (рис. 1.170, *б*);
- помещения с плоской крышей (рис. 1.170, *в*).

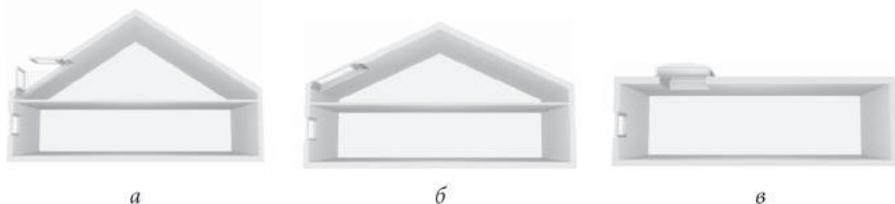


Рис. 1.170. Системы мансардных этажей: *а* — мансардный этаж без пристенка; *б* — мансардный этаж с пристенком; *в* — помещения с плоской крышей

- **Объемно-планировочное решение мансардного этажа**

Согласно СП 54.13330.2011 [49] высота (от пола до потолка) жилых помещений и кухни в климатических районах IА, IБ, IГ, IД и IVА должна составлять не менее 2,7 м, а в других климатических районах — не менее 2,5 м. В жилых помещениях и кухне квартир, расположенных в *мансардном этаже* (или верхних этажах с наклонными ограждающими конструкциями), допускается меньшая высота потолка относительно нормируемой на площади, не превышающей 50 %.

Площадь спальни и кухни в мансардном этаже (или этаже с наклонными ограждающими конструкциями) допускается не менее 7 м² при условии, что общее жилое помещение имеет площадь не менее 16 м².

Расчет площадей помещения с наклонными ограждающими конструкциями выполняется в соответствии с СП 118.13330.2012 [40]. Площадь мансардного этажа измеряется в пределах внутренних поверхностей наружных стен и стен мансарды, смежных с пазухами чердака. При этом результирующая площадь мансарды учитывается с понижающим коэффициентом 0,7 на участке в пределах высоты наклонного потолка (стены) при наклоне 30° — до 1,5 м, 45° — до 1,1 м, 60° и более — до 0,5 м.

Результирующая площадь мансарды может быть определена по формуле

$$S = 0,7 (a + b + c), \quad (1.28)$$

где a — площадь пола части мансарды с наклоном 30° и высотой стены более 1,5 м;

b — площадь пола части мансарды с наклоном 45° и высотой стены более 1,1 м;

c — площадь пола части мансарды с наклоном 60° и высотой стены более 0,5 м.

Зоны помещений, имеющие высоту менее нормируемой, в подсчете площадей не учитываются, их рекомендуется использовать для размещения хозяйственных емкостей или элементов мебели. При определении этажности здания в число этажей включаются все надземные этажи, в том числе и мансардный.

- **Устройство мансардного этажа**

Устройство мансардного этажа выполняется в соответствии с учетом требований к естественному освещению, пожарной безопасности, температурно-влажностному режиму эксплуатации и т.д.

- *Устройство мансардного этажа с учетом требований к естественному освещению*

Естественное освещение мансардного этажа следует принимать согласно требованиям СП 52.13330.2011 [48], СП 54.13330.2011 [49] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 [36]. При этом отношение площади вертикальных световых проемов (традиционные окна, расположенные во фронтонах) к площади пола жилых помещений не должно превышать 1:5,5 и не должно быть меньше 1:8. При расчетах освещения через остекленные люкарны («слуховые окна») следует учитывать образование глубоких откосов, в которых задерживается до 50 % естественного света по сравнению с обычным вертикальным остеклением и до 70 % освещения по сравнению с наклонным мансардным окном. При применении мансардных окон, расположенных на скатах кровли, допускается принимать отношение площади наклонных световых проемов к площади пола 1:10, т.е. на 25 % меньше, чем необходимая площадь вертикальных окон на фронтонах.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) — отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; выражается в процентах [48].

Требования к естественному освещению жилых зданий и ряда помещений общественных зданий в зависимости от назначения помещения представлены в табл. 1.34. При одностороннем боковом освещении в жилых зданиях нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов: в одной комнате для 1-, 2- и 3-комнатных квартир и в двух комнатах для 4-комнатных и более квартир. В остальных комнатах многокомнатных квартир и в кухне нормируемое значение КЕО при боковом освещении должно обеспечиваться в расчетной точке, расположенной в центре помещения на плоскости пола в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 [36].

Площадь световых проемов зенитных фонарей не должна превышать 15 % площади пола освещаемых помещений.

**Требования к освещению в зависимости от типа помещения
и рабочей поверхности**

Помещения	Естественное освещение, КЕО, %	
	верхнее или комбинированное	боковое
Жилые комнаты, гостиные, спальни, кухни	2,0	0,5
Детские	2,5	0,7
Кабинеты, библиотеки	3,0	1,0

• *Устройство мансардного этажа с учетом требований пожарной безопасности (см. часть 4)*

В соответствии с СП 118.13330.2012 [40] здания степеней огнестойкости I, II и III, высотой не более 10 этажей допускается надстраивать одним мансардным этажом с несущими элементами, имеющими предел огнестойкости не менее R45 и класс пожарной опасности не ниже K1, при отделении его от нижних этажей противопожарным перекрытием. Ограждающие конструкции этого этажа должны отвечать требованиям, предъявляемым к конструкциям надстраиваемого здания.

Мансардный этаж должен разделяться, как и надстраиваемое здание, противопожарными стенами и перегородками на секции и пожарные отсеки в зданиях I, II и III степеней. Покрытия мансарды в здании I степени огнестойкости должны отвечать требованию RE30. Покрытия в здании II, III и IV степеней огнестойкости — RE15. В мансардах зданий до 10 этажей включительно допускается применение деревянных конструкций с огнезащитой, обеспечивающей установленные пределы огнестойкости и распространения огня. В зданиях V степени огнестойкости требований к огнестойкости несущих элементов и покрытий не предъявляется.

• *Устройство мансардного этажа с учетом требований температурно-влажностного режима эксплуатации*

В соответствии с ГОСТ 30494—2011 [17] к параметрам, характеризующим микроклимат в жилых и общественных помещениях, относятся:

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;

- относительная влажность воздуха;
- результирующая температура помещения.

Для жилых помещений с постоянным пребыванием людей принимают значение оптимальной температуры 20—22 °С, оптимальной относительной влажности — 45 %, оптимальной скорости движения воздуха не более 0,15 м/с.

- ***Системы мансардного остекления***

Мансардные окна в большинстве своем изготавливаются из ламинированной древесины хвойных пород и имеют размеры от 550×780 до 1140×1400 мм. Все деревянные детали окна проходят обработку бесцветной фунгицидной пропиткой и покрываются экологически безопасным лаком на водной основе. Снаружи деревянные части мансардного окна защищены металлическими накладками. Для обеспечения водонепроницаемости кровли в месте установки мансардного окна используется система специальных водоотводящих желобов, устанавливаемых по периметру окна, — так называемый оклад мансардного окна. Оклад используется для отвода атмосферных осадков от мансардного окна и обеспечивает герметичное сопряжение окна с кровлей

Мансардные окна имеют специальные поворотные шарниры, соединяющие поворотную раму с коробкой мансардного окна. Шарниры, не требующие смазки, позволяют легко оперировать поворотной рамой окна, а также при необходимости снять ее с коробки окна. Поворотная рама вращается по средней горизонтальной оси. Она поворачивается на 160° и может быть зафиксирована в таком положении с помощью специальной защелки. Также поворотная рама может быть зафиксирована защелкой в приоткрытом положении — положении проветривания. Для организации воздухообмена в помещении мансардные окна имеют специальные вентиляционные устройства — регулируемое вентиляционное отверстие и вентиляционный клапан.

Уклон кровли, при котором допускается использование мансардных окон, составляет 15—90°.

- ***Стеклопакеты, применяемые для остекления мансард***

Мансардные окна выпускаются с однокамерными энергосберегающими стеклопакетами, заполненными аргоном, или двухкамерными энергосберегающими стеклопакетами, заполненными криптоном. Использование специальных уплотнителей позволяет добиться повышен-

ной водонепроницаемости окон, а также высокого сопротивления теплопередаче и хорошей звукоизоляции.

Приведенное сопротивление теплопередаче окон должно соответствовать требованиям СП 23-101—2004 [44]. Требуемое приведенное сопротивление теплопередаче мансардных оконных блоков, устанавливаемых под углом 15—75°, согласно ГОСТ 30734—2000 «Блоки оконные деревянные мансардные» допускается принимать на 10 % ниже, чем для оконных конструкций, устанавливаемых вертикально. В зависимости от модели окна приведенное сопротивление теплопередаче (R_0) составляет от 0,73 м²·°С/Вт.

Для остекления мансард применяют следующие виды стеклопакетов.

Усиленный стеклопакет. Однокамерный стеклопакет с закаленным внешним стеклом и внутренним стеклом с низкоэмиссионным (энергосберегающим) покрытием — специальным покрытием из оксидов металлов, которое обеспечивает снижение доли энергии, излучаемой стеклом в сторону этого покрытия.

Многофункциональный стеклопакет. Дополнительно к характеристикам усиленного стеклопакета этот стеклопакет имеет ламинированное внутреннее стекло для дополнительной безопасности, повышения звукоизоляции, а также защиты от УФ-лучей.

Стеклопакеты с ламинированным стеклом внутри. Ламинированное стекло состоит из двух слоев стекла с двумя поливинилбутиральными пленками (ПВБ) между ними. Такие стеклопакеты рекомендуются для мансардных окон, под которыми люди спят, играют или работают. В случае разбивания ПВБ-пленки удерживают осколки от осыпания.

Стеклопакет с самоочищающимся покрытием. Стеклопакет, на который снаружи нанесено самоочищающееся покрытие, содержащее двуокись титана. Это вещество под действием ультрафиолета позволяет разлагать оседающую на стекло органическую грязь, которая легко смывается вместе с неразлагаемыми неорганическими загрязнениями (пыль, песок) дождевой водой без дополнительных моющих и чистящих средств. Применяется для труднодоступных мансардных окон.

Непрозрачный стеклопакет. Дополнительно к характеристикам усиленного стеклопакета этот стеклопакет имеет внутреннее рельефное стекло. Подходит для ванных комнат, поскольку обеспечивает приватность без уменьшения количества естественного освещения.

Двухкамерный стеклопакет. Стеклопакет имеет внешнее закаленное стекло с низкоэмиссионным покрытием, а также наружное покрытие «антироса» (снижает вероятность выпадения росы). Имеет лучшие теплосберегающие характеристики и повышенную защиту от шума. Такие пакеты применяются для зданий с повышенными требованиями к теплоизоляции, а также в регионах с суровыми зимами и обильными снегопадами.

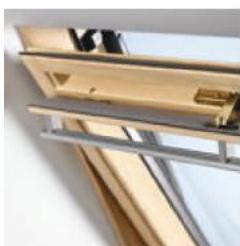


Рис. 1.171. Мансардное окно *VELUX GZL*

Рассмотрим некоторые модели стеклопакетов, изготовленных из клееной древесины северной сосны, которые выпускает компания *VELUX*.

Окна серии VELUX GZL (среднеповоротные) относятся к классу «Стандарт» и представляют собой мансардные окна с открыванием по центральной оси (рис. 1.171).

Вентиляция помещения при закрытом окне осуществляется при помощи специального клапана со съемным фильтром, расположенного в верхней части окна. На внутренней части окна находятся кронштейны, на которые монтируют шторы или жалюзи (рис. 1.172, *а*).



а



б



в

Рис. 1.172. Мансардные окна *VELUX GZL*: *а* — вентиляционное устройство для щелевого проветривания; *б* — *VELUX GZL 1059* (ручка сверху); *в* — *VELUX GZL 1059b* (ручка снизу)

- *VELUX GZL 1059* — мансардное окно, основой которого служит усиленный энергосберегающий стеклопакет. Ручка открывания расположена в верхней части окна. Для того чтобы окно можно было откры-

вать вручную, его располагают на расстоянии 90—20 см от пола. Если окно расположено выше, то для его открывания используют специальный стержень или шнур (рис. 1.172, б).

- *VELUX GZL 1059b* — мансардное окно, отличительной особенностью которого является ручка открывания, расположенная в нижней части окна. Это позволяет монтировать окно на высоте 120—170 см от пола и открывать его вручную (рис. 1.172, в).

- *VELUX GZL 1073b* — мансардное окно, основой которого служит многофункциональный стеклопакет, имеющий двухслойное внутреннее стекло «триплекс». Ручка открывания окна расположена внизу.

Окна серии *VELUX GGL* (среднеповоротные) относятся к классу «Классика» и представляют собой мансардные окна с открыванием по центральной оси (рис. 1.173).

При закрытом окне вентиляция помещения осуществляется через клапан-форточку, конструктивно объединенный с ручкой для открывания, расположенной в верхней части окна (рис. 1.174, а). На внутренней части окна находятся кронштейны, на которые монтируют шторы или жалюзи, а также системы электрооборудования: шторы, датчики дождя, рольставни и т.д., управлять которыми можно дистанционно.

- *VELUX GGL 3073* — мансардное окно, основу которого составляет стеклопакет с ламинированным внутренним стеклом «триплекс» и закаленным внешним стеклом с самоочищающимся покрытием *Easy clean* (рис. 1.174, б).

- *VELUX GGL 3065* — мансардное окно, основу которого составляет двухкамерный стеклопакет с повышенными теплосберегающими характеристиками. Окно имеет металлизированное покрытие, которое позволяет снизить его излучательную способность и сохранить тепло в помещении. *VELUX GGL 3065* позволяет исключить промерзание и способно поддерживать заданную температуру в комнате при очень низких температурах на улице; применяется в регионах с холодным климатом.

- *VELUX GGL 3173* — мансардное окно, оснащенное накладками из меди, а не из алюминия. Предназначено для использования в медных



Рис. 1.173. Мансардное окно *VELUX GGL*

кровлях. Применение алюминиевых конструкций в медных кровлях недопустимо, так как при соприкосновении меди и алюминия происходят разрушительные коррозионные процессы. Оклад — элемент, соединяющий кровельный материал и оконную коробку, — должен быть также выполнен из меди.



Рис. 1.174. Мансардные окна *VELUX GGL*: *а* — клапан-форточка для проветривания помещения; *б* — *VELUX GGL 3073*

Все мансардные окна *VELUX GZL* и *GGL* поворачиваются по центральной оси практически на 180° , снабжены специальной задвижкой, которая может фиксировать их в открытом положении, и могут применяться для любых кровель с углом наклона $15\text{—}90^\circ$.

Окна серии *VELUX Integra* (среднеповоротные)



Рис. 1.175. Мансардное окно *GGL/GGU Integra*

Мансардные окна *VELUX Integra* представляют собой многофункциональные стеклопакеты, снабженные встроенным электрооборудованием, которое позволяет управлять как самим окном, так и различными аксессуарами к нему (рольставнями, шторой, подсветкой и т.д.) (рис. 1.175). Радиус действия дистанционного пульта в доме составляет не менее 30 м. Окно снабжено датчиком дождя — при первых каплях, попавших на стекло, оно автоматически закрывается, сохраняя помещение абсолютно сухим. *VELUX Integra* легко встраивается в систему «Умный дом».

Мансардные окна *VELUX Integra* имеют 2 варианта исполнения:

- *VELUX GGL Integra* — окно, изготовленное на базе классического деревянного окна *GGL*;
- *VELUX GGU Integra* — окно, изготовленное из клееной древесины с белым влагостойким полиуретановым покрытием; предназначено для помещений с повышенной влажностью (кухни, ванные комнаты и т.д.).

Окна серии *VELUX GPL* (с комбинированным открыванием)

Мансардные окна *VELUX GPL* соединяют в себе 2 типа открывания: по центру и снизу вверх по верхней оси. При открывании по центральной оси, как и в других моделях окон *VELUX* с центральным открыванием, оконная рама разворачивается на 160° и фиксируется. При открывании по верхней оси окно открывается на 45° (рис. 1.176).

В окнах *GPL* используется многофункциональный стеклопакет «триплекс» с закаленным внешним стеклом и двухслойным ламинированным внутренним стеклом. Мансардные окна *VELUX GPL* (как и модель *GGL*) имеют вентиляционный клапан-форточку и дополнительную ручку открывания, размещенную снизу. С ее помощью окно может открываться снизу вверх. Окно *GPL* может использоваться в качестве аварийного выхода или в случаях, когда необходим доступ на кровлю. Мансардные окна *VELUX GPL* используются при малом уклоне кровли (угол уклона от 15 до 55°).



Рис. 1.176. Мансардное окно *VELUX GPL*

Террасы VELUX

Каждая секция *Террасы VELUX* состоит из наклонного и вертикального элементов. Вертикальный элемент может быть распашным (открываться по боковой оси) либо глухим (не открываться). Наклонный элемент открывается по верхней оси на угол 45° . Подобных секций может

быть несколько. Все элементы *Террасы* выполнены из многофункциональных стеклопакетов (рис. 1.177).



Рис. 1.177. *Терраса VELUX*

Монтаж мансардных окон

• *Выбор мансардного окна*

Выбор мансардного окна осуществляется с учетом назначения и температурно-влажностного режима эксплуатации помещения. Для жилых помещений — спален, детских, гостиных, кабинетов — с нормальным влажностным режимом (менее 55 %) применяются деревянные мансардные окна (например модели *GGL*, *GPL* и т.д.). Для «влажных» помещений — ванная, санузел, бассейн, зимний сад — с влажностью внутри более 55 % применяется белое влагостойкое окно (например модели *GGU/GPU* и т.д.).

Определение размеров оконного блока производится с учетом угла наклона крыши и стропильной системы сооружения, а также условий оптимального обзора и освещенности помещения.

• *Порядок выполнения работ*

Подготовительные работы выполняются перед началом установки мансардных окон и включают следующие операции:

- очистку места установки окон и нижележащих конструкций от посторонних предметов и строительного мусора;
- установку подмостей на ровной поверхности под местом установки мансардных окон и закрепление строп монтажного пояса к надежному основанию;
- выполнение раскрытия крыши в месте установки мансардных окон с использованием специальных инструментов.

Основные работы заключаются в установлении мансардных окон и дополнительных элементов в соответствии с проектным решением.

Заключительные работы состоят в восстановлении кровельного материала в месте установки окна: соединении оклада и материала кровли. Далее следует демонтаж подмостей и уборка строительного мусора.

- **Установка мансардных окон**

Для оптимального обзора и удобного открывания мансардные окна размещают таким образом, чтобы верх окна располагался на высоте 180—200 см от пола, а расстояние от пола до нижней части окна составляло 80—90 см (рис. 1.178).

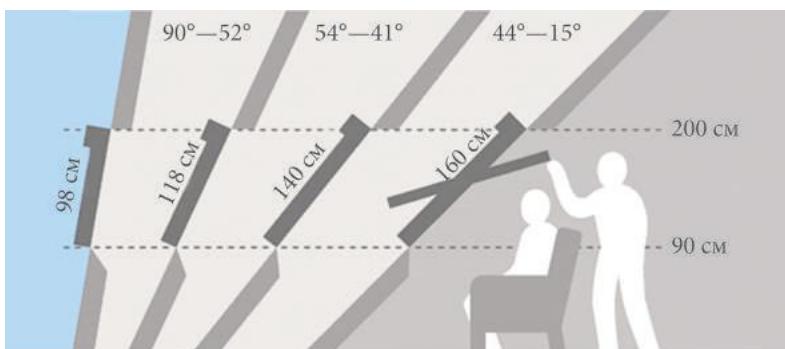


Рис. 1.178. Выбор размера и высоты установки мансардного оконного блока

Мансардные окна устанавливаются в подготовленный проем в несущей конструкции кровли. Коробка мансардного окна крепится к стропильным конструкциям при помощи специальных монтажных уголков. Зазор между стропильным брусом и коробкой окна должен составлять от 10 до 30 мм. Этот зазор заполняется мягкой теплоизоляцией (например полосами вспененного полиэтилена) для утепления откосов мансардного окна.

Система окладов мансардных оконных блоков должна учитывать конструкцию кровельного покрытия, тип кровельного материала (плоский или профилированный) и обеспечивать отвод осадков от оконной коробки. Детали оклада крепятся внахлест с целью исключения проникновения воды. При установке окладов для профилированных кровельных материалов важно, чтобы пористый уплотнитель и гибкие части нижней секции оклада были подогнаны плотно к кровельному ма-

териалу во избежание попадания дождя и снега под оклад и кровельный материал (рис. 1.179, *а*). При установке окладов на крышах с кровельным материалом из битумной черепицы нижняя секция оклада должна перекрывать кровельный материал с таким же нахлестом, какой применяется при укладке кровельного ковра (рис. 1.179, *б*).

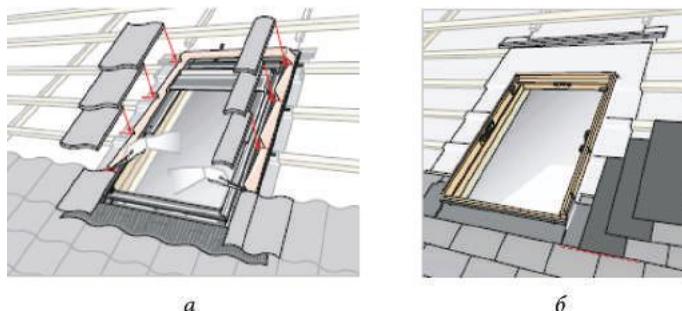


Рис. 1.179. Установка окладов: *а* — для профилированного кровельного материала; *б* — для плоских кровель с битумной черепицей

Мансардные окна могут устанавливаться как отдельно друг от друга (одиночная установка), так и группами (комбинированная установка). В случае комбинированной установки расстояния между коробками окон по горизонтали и вертикали должны составлять 100 мм. Согласно СП 54.13330.2011 [49] для мансардных этажей при использовании мансардных окон площадь световых проемов должна составлять не менее 10 % от площади пола освещаемого помещения.

Библиографический список к части 1

1. ГОСТ 11262—80* «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».
2. ГОСТ 11501—78 «Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы».
3. ГОСТ 11505—75 «Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости».
4. ГОСТ 11506—73 «Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару».
5. ГОСТ 11507—78 «Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу».

6. ГОСТ 16381—77 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие требования».
7. ГОСТ 17177—94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний».
8. ГОСТ 18124—2012 «Листы хризотилцементные плоские. Технические условия».
9. ГОСТ 18180—72 «Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева».
10. ГОСТ 20739—75 «Битумы нефтяные. Метод определения растворимости».
11. ГОСТ 2477—65 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды».
12. ГОСТ 25898—2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию».
13. ГОСТ 26589—94 «Мастики кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний».
14. ГОСТ 2678—94* «Кровельные рулонные материалы. Методы испытаний».
15. ГОСТ 30244—94 «Материалы строительные. Методы испытания на горючесть».
16. ГОСТ 30403—96 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности».
17. ГОСТ 30494—2011 «Параметры микроклимата в помещениях».
18. ГОСТ 30547—97* «Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия».
19. ГОСТ 30693—2000 «Мастики кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия».
20. ГОСТ 31899-1—2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения деформативно-прочностных свойств».
21. ГОСТ 31899-2—2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие полимерные (термопластичные или эластомерные). Методы определения деформативно-прочностных свойств».
22. ГОСТ 32310—2012 «Изделия из экструзионного пенополистирола XPS теплоизоляционные промышленного производства, применяемые в строительстве».

23. ГОСТ 4333—87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле».
24. ГОСТ 4640—2011 «Вата минеральная. Технические условия».
25. ГОСТ 6548—74 «Битумы нефтяные кровельные».
26. ГОСТ 6617—76 «Битумы нефтяные строительные».
27. ГОСТ 7076—99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме».
28. ГОСТ 9573—2012 «Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия».
29. ГОСТ ЕН 12730—2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие и полимерные (термопластичные или эластомерные). Метод определения сопротивления статическому продавливанию».
30. ГОСТ Р 50111—92 «Мембраны полимерные. Метод определения прочностных свойств плоских мембран».
31. ГОСТ Р 51553—99 «Материалы текстильные. Метод определения водоупорности. Испытание гидростатическим давлением».
32. ГОСТ Р 52953—2008 «Материалы и изделия теплоизоляционные. Термины и определения».
33. ГОСТ Р ЕН 1009—2009 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения гибкости при пониженных температурах».
34. ГОСТ Р ЕН 1110—2008 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения теплостойкости».
35. ГОСТ Р ЕН 1928—2009 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие и битумосодержащие и полимерные (термопластичные и эластомерные). Метод определения водонепроницаемости».
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
37. СНиП 2.01.02—85* «Противопожарные нормы».
38. СНиП 21-01—97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
39. СНиП I-2 «Строительная терминология».

40. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06—2009».
41. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01—99*».
42. СП 17.13330.2011 «Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26—76».
43. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07—85*».
44. СП 23-101—2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
45. СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.-1—85*».
46. СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03—85».
47. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02—2003».
48. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05—95*».
49. СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01—2003».
50. СТО НОСТРОЙ 2.13.81—2012 «Крыши и кровли. Требования к устройству, правилам приемки и контролю».
51. ТУ-21-22-15—99 «Посыпка крупнозернистая для мягкой кровли».
52. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
53. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
54. *Белухина С.Н.* Строительная терминология: объяснительный словарь / С.Н. Белухина, О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова. М. : МГСУ, 2015. 560 с.
55. *Горлов Ю.П.* Технология теплоизоляционных материалов : учебник для вузов / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. М. : Стройиздат, 1980. 399 с.
56. *Гун Р.Б.* Нефтяные битумы / Р.Б. Гун. М. : Химия, 1973. 432 с.
57. *Исламкулова С.Х.* Кровельные материалы для строительства и ремонта индивидуальных домов / С.Х. Исламкулова. М. : Стройиздат, 1992. 112 с.

58. *Ляпидевская О.Б.* Скатные кровли и крыши / Кровельные системы. Материалы и технологии / О.Б. Ляпидевская. М. : Стройинформ, 2004.

59. *Ляпидевская О.Б.* Технология монтажа металлических кровельных покрытий / О.Б. Ляпидевская // Современные строительные материалы. Технологии работ. М. : Стройинформ, 2007. С. 592—610.

60. *Мещеряков Ю.Г.* Строительные материалы : учебник для студентов ВПО, обучающихся по направлению 270800 «Строительство» НОУ ДПО «ЦИПК» / Ю.Г. Мещеряков, С.В. Федоров. СПб., 2013. 400 с.

61. *Попов К.Н.* Оценка качества строительных материалов : учебное пособие. 3-е изд. / К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков. М. : Студент, 2012. 287 с.

62. *Рахимов Р.З.* Современные кровельные материалы / Р.З. Рахимов, Г.Ф. Шигапов. Казань : Центр инновационных технологий, 2001. 432 с.

63. Руководство по применению на скатных крышах гибкой черепицы SHINGLAS компании ТехноНИКОЛЬ. М., 2014. 321 с.

64. Руководство по проектированию и устройству кровель из битумно-полимерных материалов компании ТехноНИКОЛЬ. М., 2012. 132 с.

65. Руководство по проектированию и устройству кровель из полимерных мембран компании ТехноНИКОЛЬ. М., 2010. 84 с.

66. Руководство по проектированию и устройству однослойных гидроизоляционных мембран компании ТехноНИКОЛЬ. М., 2010. 66 с.

67. Руководство по проектированию и устройству эксплуатируемых и «зеленых» кровель из битумно-полимерных материалов компании ТехноНИКОЛЬ. М., 2012. 138 с.

Часть 2. СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ ФАСАДОВ И НАРУЖНЫХ СТЕН

Основы энергосбережения и комфорта

Основные принципы энергосбережения

Экономия топливно-энергетических ресурсов, повышение эффективности тепловой защиты зданий и сооружений, промышленных объектов, внедрение энергоэффективных технологий и материалов являются приоритетными направлениями в развитии как российской, так и мировой экономики. Эта общемировая тенденция отражена в государственных программах по эффективному использованию энергии в жилых домах. За прошедшие годы различным странам удалось не только сдержать рост, но и существенно снизить энергопотребление в строительном комплексе, несмотря на рост жилых площадей.

Российская Федерация расположена в семи климатических поясах: в двух из них температура наиболее холодных суток составляет $-50\dots-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, в четырех — $-36\dots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и только в области высокогорного климата — $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Общая площадь эксплуатируемых зданий составляет около 5 млрд м^2 , и на отопление ежегодно расходуется около 400 млн т условного топлива, т.е. примерно четверть энергоресурсов страны. Среднее потребление энергии в зданиях, построенных в 50—70-х гг. прошлого века, составляет от 200 до 350 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\text{год}$. Современные строительные нормы в европейских странах устанавливают потребление энергии на уровне 80—100 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\text{год}$, а в России на единицу жилой площади расходуется в 2—3 раза больше тепловой энергии.

Известно, что наибольшие потери тепловой энергии в зданиях происходят через их ограждающие конструкции (до 35 %). Это явление характерно как для зданий постройки до конца 90-х гг. прошлого века, так и для зданий последних серий. Одним из наиболее эффективных путей экономии энергии признано сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий и сооружений. Вопросы энергосбережения в жилищном фонде особенно актуальны в связи с принятием СНиП 23-02—2003 «Тепловая защита зданий», а затем его актуализированной редакции СП 50.13330.2012 [61], где установлены повышенные требования по теплозащите, а определяющим фактором повышения энергоэффективности здания является увеличение термического со-

противления его конструктивных элементов. Согласно принятым нормативам требуемое приведенное сопротивление ограждающих конструкций увеличилось более чем в 3 раза по сравнению с ранее действующим СНиП II-3—79.

Определяющим фактором, позволяющим обеспечить такие значения термического сопротивления, является разработка более эффективных конструктивных решений наружных стен зданий с применением эффективной тепловой изоляции в строительных конструкциях.

В качестве примера сокращения теплопотерь при использовании эффективного утеплителя в наружной ограждающей конструкции здания рассмотрим две термометрические съемки одного дома, произведенные до и после утепления (рис. 2.1, а, б). Красно-желтые оттенки на съемке указывают на высокие температуры поверхности наружной стены (11—16 °С) и большие тепловые потери здания в окружающую среду. После утепления стен и установки стеклопакетов наблюдается значительное снижение температуры на поверхности стены, а следовательно, и расход тепловой энергии на обогрев дома.

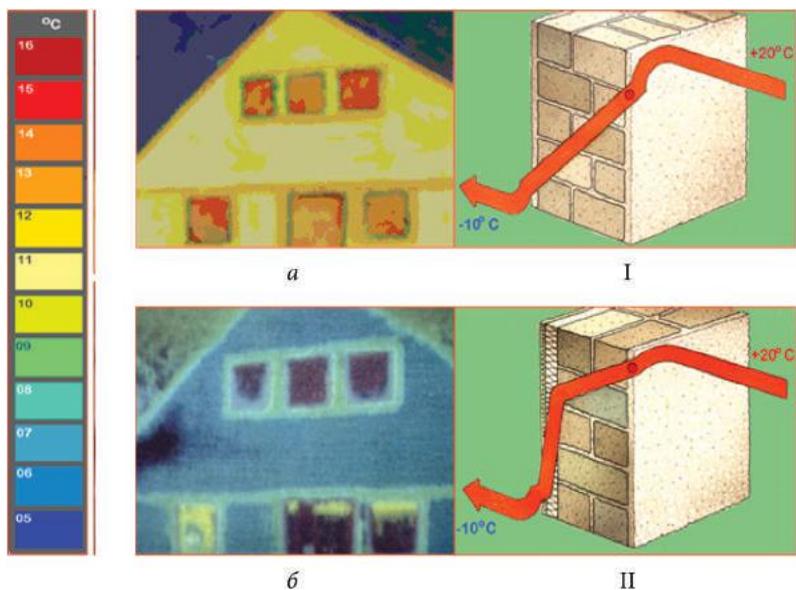


Рис. 2.1. Результаты термометрической съемки до (а) и после (б) утепления; I, II — температурная кривая стены соответственно до и после утепления

Изменение температуры в неутепленной стене показано на рис. 2.1, I. Высокий перепад температур в стене вызывает перемещение холодного воздуха по помещению, и для поддержания комнатной температуры (20 °С) требуется значительный расход энергии. После утепления стены (рис. 2.1, II) разность температур воздуха в помещении и внутренней поверхности стены незначительная. В утепленной стене резкое падение температуры происходит в пределах теплоизоляционного слоя.

Обеспечение комфортного проживания в помещении

Понятие комфортных условий проживания включает оптимальный для человека тепловой режим помещения (оптимальная температура и влажность воздуха), оптимальный состав воздуха в помещении (наличие необходимого количества кислорода и отсутствие вредных для здоровья человека примесей), акустический комфорт и др. При этом температура внутренней поверхности ограждающей конструкции не должна вызывать у человека ощущение холода. На ней не должна конденсироваться влага, приводящая к появлению сырости, образованию грибков. Материал и конструкция ограждения должны подбираться таким образом, чтобы в его толще при эксплуатации не образовывалась влага, ухудшающая теплозащитные и санитарно-гигиенические качества ограждения. Таким образом, чтобы обеспечить необходимые комфортные условия в помещении, ограждения должны иметь:

- достаточные теплозащитные свойства для защиты помещений зимой от холода, летом от перегрева;
- температуры внутренних поверхностей, незначительно отличающиеся от температуры внутреннего воздуха.

При этом наружные ограждающие конструкции должны обеспечивать минимальные экономически обоснованные теплопотери, отвечающие требуемой энергетической эффективности здания.

Учитывая мировой опыт и особенности российских климатических условий, в настоящее время в России разрабатываются различные типы фасадных систем, позволяющие сократить энергозатраты и обеспечить оптимальный микроклимат в помещении для проживания человека.

Крупнейшим разработчиком фасадных систем в нашей стране является компания *ТехноНИКОЛЬ*. В последующих разделах рассмотрены созданные этой компанией различные типы систем, материалы, их составляющие, особенности проектирования, а также технологии монтажа.

2.1. Материалы фасадных систем

2.1.1. Сухие строительные смеси

Общие сведения

Сухие строительные смеси представляют собой порошкообразные или мелкозернистые композиции, содержащие вяжущие вещества, наполнители, заполнители, добавки и изготовленные в заводских условиях.

История применения в строительстве сухих смесей насчитывает много тысячелетий. Более 6 тыс. лет назад в Египте для выравнивания стен и потолков применялись штукатурные составы на основе гашеной извести, а в Древнем Вавилоне — растворы на основе гипса. Составы смесей непрерывно совершенствовались: в Средние века в Европе и России для улучшения свойств в них добавляли природные модификаторы — творог (казеин) и яичный белок (лецитин), растительное масло, кровь животных или отвары древесной коры. Однако наиболее существенным шагом стало включение в состав смесей портландцемента, промышленный выпуск которого начался с XIX в.

Использование цементов значительно улучшило адгезионные и прочностные характеристики выравнивающих составов и дало возможность наносить их более тонкими слоями. А открытие в 1912 г. химиками немецкого концерна Hoechst водорастворимой целлюлозы позволило получать смеси с высокой водоудерживающей способностью.

В 1960-е гг. при изготовлении сухих смесей впервые был использован поливинилацетатный клей (ПВА), существенно улучшивший их свойства. С этого времени началось промышленное производство и широкое применение полимермодифицированных сухих смесей [75].

В настоящее время в мире работают более 1000 крупных заводов по приготовлению сухих смесей, мировое потребление которых составляет около 45 млн т в год, из него на долю Западной Европы приходится 29 млн т. Объем производства модифицированных сухих строительных смесей в России в 2013 г. составил 8,8 млн т [73].

В зависимости от агрегатного состояния различают [38]:

- *составы в сухом состоянии*: промышленно изготовленные клеевые, базовые штукатурные, выравнивающие шпаклевочные составы в сухом состоянии до их затворения водой;

- *растворные составы*: затворенные водой, перемешанные до однородной массы и готовые для применения;
- *затвердевшие составы*: искусственные каменные материалы, представляющие собой затвердевшие смеси вяжущих, наполнителей, заполнителей, модифицирующих добавок; продукт естественного твердения растворных составов.

Классификация

В соответствии с ГОСТ 31189—2003 [24] *сухие строительные смеси* (ССС) классифицируют по следующим показателям:

- основному назначению;
- применяемому вяжущему;
- наибольшей крупности наполнителей.

По основному назначению ССС подразделяют на следующие виды:

- выравнивающие (штукатурные и шпаклевочные);
- облицовочные (клеевые и шовные);
- напольные (уплотняемые, самоуплотняющиеся, затирочные);
- ремонтные (поверхностные и инъекционные);
- защитные (огнезащитные, коррозионно-защитные, морозозащитные, радиационно-защитные и др.);
- кладочные;
- монтажные;
- декоративные;
- гидроизоляционные (поверхностные и проникающие);
- теплоизоляционные;
- грунтовочные.

По применяемому вяжущим ССС подразделяют на:

- цементные;
- гипсовые;
- известковые;
- полимерные;
- сложные.

По наибольшей крупности зерен наполнителей смеси подразделяют на:

- бетонные (содержащие крупный и мелкий заполнители);
- растворные (содержащие мелкий заполнитель);

- дисперсные (содержащие наполнитель с крупностью зерен не более 0,63 мм).

В настоящем пособии будут рассмотрены растворные и дисперсные смеси, предназначенные для фасадных работ.

Состав сухих строительных смесей

В состав сухих строительных смесей входят вяжущие вещества, наполнители, заполнители, модифицирующие добавки.

Вяжущие вещества

Вяжущие вещества — материалы, которые на определенной стадии переработки обладают вязкопластичными свойствами и способны связывать сыпучие компоненты (наполнители, заполнители) в единый материал, а затем постепенно переходить в твердое состояние. Для наружных работ применяют портландцемент и его разновидности.

Портландцемент — гидравлическое вяжущее вещество, в составе которого преобладают силикаты кальция; это продукт тонкого измельчения клинкера с добавкой природного гипса (3—5 %). Клинкер — зернистый материал, получаемый обжигом до спекания сырьевой смеси. Основным сырьем для производства цемента являются известняк, мел, мергель — CaCO_3 (75 %); глинистые породы — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (25 %). Основные минералы портландцементного клинкера — трехкальциевый силикат (алит) — $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S) — 45—60 %, двухкальциевый силикат (белит) — $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S) — 20—30 %, трехкальциевый алюминат — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A) — 4—12 %, четырехкальциевый алюмоферрит — $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF) — 10—20 %.

В соответствии с ГОСТ 30515—97 [22] цементы классифицируют по следующим показателям:

- назначению (общестроительные, специальные);
- виду клинкера;
- вещественному составу;
- прочности на сжатие (классы 22,5; 32,5; 42,5; 52,5);
- скорости твердения (Н — нормальнотвердеющие; Б — быстротвердеющие);

- срокам схватывания (медленносхватывающиеся — начало схватывания (н.с.) — более 2 ч; нормальносхватывающиеся — н.с. от 45 мин до 2 ч; быстро схватывающиеся — н.с. менее 45 мин).

По вещественному составу цементы разделяют на 5 видов:

ЦЕМ I — портландцемент (без добавок) ПЦ-Д0;

ЦЕМ II — портландцемент с минеральными добавками (6—20 %) ПЦ-Д5, ПЦ-Д20;

ЦЕМ III — шлакопортландцемент ШПЦ (добавка шлаков 36—65 %);

ЦЕМ IV — пуццолановый цемент ППЦ (пуццолановые и другие минеральные добавки — 21—35 %);

ЦЕМ V — композиционный цемент (добавка: шлак + пуццолан — 20—60 %).

Физико-механические свойства цементов представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Физико-механические свойства цементов

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут			
			не менее	не более		
22,5Н	—	11	22,5	42,5	75	10
32,5Н	—	16	32,5	52,5		
32,5Б	10	—				
42,5Н	10	—	42,5	62,5	60	
42,5Б	20	—				
52,5Н	20	—	52,5	—	45	
52,5Б	30	—				

Заполнители

Заполнителями для растворов являются сыпучие материалы с крупностью зерен до 5 мм.

Назначение заполнителей:

- занимая в растворе до 75 % объема, позволяют сократить расход вяжущего;

- создают в растворе жесткий скелет и уменьшают усадку;
- плотные заполнители увеличивают прочность раствора;
- легкие пористые заполнители уменьшают плотность и теплопроводность раствора;
- цветные заполнители придают растворам декоративный вид.

Заполнители подразделяются на:

- тяжелые с насыпной плотностью $\rho_{\text{нас}}$ более 1000 кг/м³;
- легкие с $\rho_{\text{нас}}$ менее 1000 кг/м³.

К *тяжелым заполнителям* относятся:

- природный песок — неорганический сыпучий материал, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород;
- дробленый песок — песок, получаемый дроблением скальных горных пород и гравия;
- фракционированный песок — песок, разделенный на две или более фракций.

Зерновой (гранулометрический) состав песка определяют просеиванием высушенной пробы (1000 г) через стандартный набор сит с размерами отверстий 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм.

Для оценки крупности песка применяют модуль крупности M_k , %:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (2.1)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ — полные остатки на ситах, %.

Классификация песков по крупности представлена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Классификация песков по крупности

Группа песка	Модуль крупности
Очень крупный	Св. 3,5
Повышенной крупности	>> 3,0 до 3,5
Крупный	>> 2,5 >> 3,0
Средний	>> 2,0 >> 2,5
Мелкий	>> 1,5 >> 2,0
Очень мелкий	>> 1,0 >> 1,5
Тонкий	>> 0,7 >> 1,0
Очень тонкий	До 0,7

В зависимости от вида раствора применяют пески различной крупности (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Крупность песков для растворов

Виды растворов	Крупность песка (M_k)
Бутовая кладка	Св. 3,5
Кладочные растворы (кроме бутовой кладки)	2,5
Штукатурные растворы (кроме накрывочного слоя)	2,5
Штукатурные растворы накрывочного слоя	1,25
Облицовочные	1,25

Легкие заполнители применяются при изготовлении штукатурных растворов для улучшения теплозащитных и звукоизоляционных свойств ограждающих конструкций: стен, перегородок, перекрытий. По происхождению легкие заполнители делятся на неорганические и органические. К неорганическим относятся природные (песок из пемзы, вулканического шлака, вулканического туфа и др.) и искусственные (керамзитовый песок, вермикулитовый песок, перлитовый песок и др.) заполнители, к органическим — древесные опилки, пенополистирольные гранулы и др.

Наполнители

Наполнители — порошкообразные материалы, частицы которых соизмеримы с частицами вяжущего вещества, а также натуральные или синтетические волокна.

Функции наполнителей:

- заполнение пор в растворе без вступления в химические реакции с компонентами;
- увеличение водоудерживающей способности вяжущего вещества при использовании его в строительных растворах, укладываемых по пористому основанию;
- улучшение специальных свойств растворов (повышение огнестойкости, снижение истираемости и др.);
- увеличение прочности при растяжении и изгибе, повышение трещиностойкости (армирующие волокна);
- удешевление материала.

Существуют различные виды наполнителей:

- тонкоизмельченные горные породы и минералы (известняковые, доломитовые и др.);
- порошки помола керамического боя, шлака и других отходов промышленности;
- зола-унос;
- декоративные наполнители (мраморная крошка, слюда и др.);
- армирующие волокна (полимерные, целлюлозные, базальтовые, асбестовые и др.).

Добавки

Добавки — органические и неорганические вещества, которые вводят в смеси в процессе их приготовления с целью направленного регулирования их технологических свойств и/или придания им новых свойств.

В отличие от заполнителей и наполнителей добавки вступают в реакцию с одним или несколькими компонентами смеси. Расход добавки составляет от 0,01 до 2 % от массы вяжущего или сухой смеси.

В зависимости от основного эффекта действия модифицирующие добавки подразделяются на следующие виды [11]:

1) добавки, регулирующие свойства смесей:

- пластифицирующие и суперпластифицирующие (обеспечивающие увеличение подвижности растворной смеси при снижении прочности раствора не более чем на 5 %);
- водоредуцирующие (снижающие водопотребность растворной смеси от 7 до 20 %);
- стабилизирующие (в 2 раза и более снижающие расслаиваемость смеси: растворо- и водоотделение);
- регулирующие сохраняемость удобоукладываемости смеси в 1,5 раза и более;

2) добавки, регулирующие свойства растворов:

- регулирующие кинетику твердения: ускорители, замедлители;
- повышающие прочность растворов в проектном возрасте на 20 % и более;
- снижающие водопроницаемость на 2 марки и более;
- повышающие морозостойкость (повышающие стойкость растворов на 2 и более марки в условиях многократного попеременного замораживания и оттаивания);

- повышающие коррозионную стойкость в условиях воздействия различных агрессивных сред;
 - регулирующие процессы усадки и расширения;
- 3) добавки, придающие растворам специальные свойства:
- противоморозные (обеспечивающие твердение растворов при отрицательных температурах);
 - гидрофобизирующие (снижающие водопоглощение растворов и придающие им водоотталкивающие свойства).

Основные показатели качества сухих строительных смесей

В соответствии с ГОСТ 31357—2008 [26] свойства сухих строительных смесей характеризуются показателями качества смесей в сухом состоянии, смесей, готовых к применению, и затвердевшего раствора.

К основным показателям качества *сухих смесей* относятся:

- влажность;
- наибольшая крупность зерен заполнителя;
- содержание зерен наибольшей крупности;
- насыпная плотность.

К основным показателям качества *смесей, готовых к применению*, относятся:

- подвижность;
- сохраняемость первоначальной подвижности;
- водоудерживающая способность.

К основным показателям качества *затвердевшего раствора* относятся:

- прочность на сжатие (кроме клеевых);
- водопоглощение;
- морозостойкость (кроме смесей для внутренних работ);
- прочность сцепления с основанием (адгезия);
- водонепроницаемость (для гидроизоляционных смесей);
- истираемость (для напольных смесей);
- морозостойкость контактной зоны (кроме смесей для внутренних работ).

Для смесей конкретного вида установлены дополнительные показатели качества в соответствии с областью их применения:

- прочность на растяжение при изгибе;
- деформации усадки (расширения);

- стойкость к ударным воздействиям;
- модуль упругости;
- теплопроводность;
- паропроницаемость;
- коррозионная стойкость при различных видах коррозии.

Методы испытаний строительных смесей

Испытания строительных смесей на цементном вяжущем проводят в соответствии с ГОСТ 31356—2007 [25]. Стандарт устанавливает методы определения показателей свойств растворных смесей, готовых к применению, и затвердевших растворов:

- подвижность по расплыву кольца;
 - водопоглощение при капиллярном подсосе;
 - прочность сцепления (адгезию) растворов с основанием;
 - морозостойкость растворных и дисперсных смесей;
 - морозостойкость контактной зоны.
- *Определение подвижности растворной смеси*

Сущность метода заключается в определении количества воды, необходимого для получения растворной смеси требуемой подвижности, определяемой по диаметру расплыва (растекаемости) образца растворной смеси.

Подвижность по расплыву кольца определяют для *дисперсных цементных растворных смесей*. Кольцо из нержавеющей металла внутренним диаметром 70 мм и высотой 50 мм устанавливают в центр стеклянной пластины размером 400×400 мм, предварительно протертой влажной тканью. Приготовленную растворную смесь быстро за один прием переносят в кольцо, также протертое влажной тканью. Излишки смеси срезают вровень с краями кольца ножом. Через 10—15 с после заполнения смесью кольцо поднимают вертикально на высоту 10—15 см и отводят в сторону. Диаметр расплыва растворной смеси измеряют линейкой сразу после поднятия кольца в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вычисляют среднеарифметическое значение результатов двух измерений диаметра расплыва.

Марку по подвижности и критерий оценки подвижности устанавливают в нормативных или технических документах на сухие смеси конкретных видов в зависимости от их назначения.

- *Определение водопоглощения при капиллярном подсосе*

Водопоглощение при капиллярном подсосе ($W_{к.п}$) определяют по объему воды, поглощенной образцом, высушенным до постоянной массы, при атмосферном давлении за счет капиллярных или адсорбционных сил.

Для испытания изготавливают не менее трех образцов-призм размером $40 \times 40 \times 160$ мм. Образцы выдерживают не менее 28 сут при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ по следующему режиму:

2 сут — хранение образцов в форме;

5 сут — хранение образцов после распалубки при влажности окружающего воздуха $(95 \pm 5)\%$ и далее 21 сут — при влажности $(65 \pm 5)\%$.

По истечении 28 сут торцевые грани образцов обрабатывают штукатурной теркой для получения шероховатой поверхности.

Перед испытанием образцы высушивают до постоянной массы при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$. Массу образца считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний не превышает $0,2\%$ массы образца. Промежуток времени между двумя последовательными взвешиваниями должен быть не менее 4 ч. Боковые грани образцов-призм покрывают водонепроницаемым составом (расплавленным парафином, эпоксидной смолой и др.) и взвешивают (m_1). Затем образцы помещают торцевой гранью в ванну на сетчатую подставку. Ванну заполняют водой температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ так, чтобы торец был погружен в воду на $5-10$ мм (рис. 2.2). Уровень воды в ванне поддерживается постоянным в течение всего времени испытания. Через 24 ч образцы извлекают из воды, удаляют с их поверхности избыток воды влажной тканью и взвешивают (m_2).

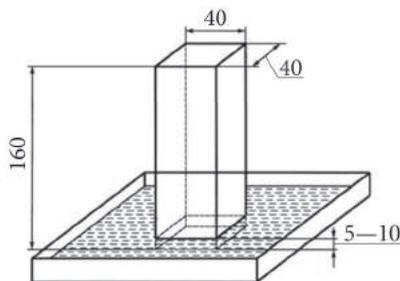


Рис. 2.2. Схема испытания по определению водопоглощения при капиллярном подсосе

Водопоглощение при капиллярном подсосе ($W_{\text{к.п}}$), кг/(м²·ч^{0,5}), определяют по формуле

$$W_{\text{к.п}} = K_w \frac{m_2 - m_1}{S}, \quad (2.2)$$

где m_1 — масса сухого образца, кг;

m_2 — масса образца после насыщения водой, кг;

S — площадь увлажняемой грани образца, м²;

K_w — коэффициент, учитывающий время насыщения образца и равный $\frac{1}{\sqrt{24}}$, ч^{-0,5}.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытания трех образцов.

- *Определение прочности сцепления с основанием (адгезии)*

Сущность метода заключается в определении предельного сопротивления отрыву затвердевшего раствора от основания.

Образцы для испытания изготавливают в форме цилиндров диаметром 50 мм или призмы с квадратным поперечным сечением размером 50×50 мм и толщиной не более 10 мм. На бетонное основание (размером не менее 300×150×40 мм) устанавливают трафарет, на который наносят смесь, готовую к применению и с установленной маркой по подвижности. Смесь заглаживают металлическим шпателем, после чего трафарет снимают (в качестве основания могут быть использованы другие виды материалов (кирпич, природный камень, гипсовые плиты и др.) в зависимости от области применения сухой смеси). Образцы цилиндрической формы могут быть изготовлены без использования трафарета. Для изготовления образцов цилиндрической формы смесь, готовую к применению, наносят на основание слоем толщиной не более 10 мм и разглаживают. В период структурообразования (до начала твердения) в слой смеси, вращая вдавливают до основания усеченные конические кольца. Затем, продолжая вращение, кольца осторожно удаляют. Число образцов для испытания должно быть не менее пяти.

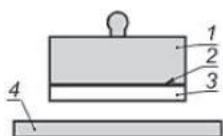
Образцы цементных растворов до проведения испытания хранят в течение 7 сут при температуре (20±2)°С и относительной влажности (95±5)%, а затем в течение 21 сут — при температуре (20±2)°С и отно-

сительной влажности ($65\pm 5\%$). Таким образом, общее время твердения образцов должно составлять 28 сут. Через 27 сут к затвердевшим образцам эпоксидным или другим быстротвердеющим клеем высокой прочности приклеивают штамп и продолжают хранение образцов при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65\pm 5)\%$ в течение 24 ч. Силу отрыва образцов от основания определяют через 24 ч на прессе, прикладывая к штампу силу со скоростью ее нарастания 250 Н/с (рис. 2.3).



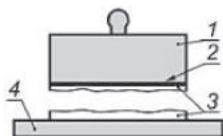
Рис. 2.3. Определение прочности сцепления раствора с основанием

При испытании отмечают характер отрыва образцов от основания. Варианты отрыва образцов от основания приведены на рис. 2.4.



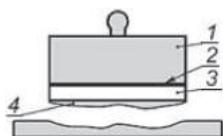
АТ-1 — адгезионный отрыв по границе образец—основание.

Значение, полученное при испытании, равно фактической прочности сцепления



АТ-2 — когезионный отрыв по телу образца.

Прочность сцепления больше значения, полученного при испытании



АТ-3 — отрыв по телу основания.

Прочность сцепления больше значения, полученного при испытании

Рис. 2.4. Варианты отрыва образцов раствора от основания: 1 — металлический штамп (пластинка); 2 — клей; 3 — образец раствора; 4 — бетонная плита (основание)

Если разрушение произошло по слою клея, испытание проводят повторно, так как были допущены ошибки при приклеивании металлического штампа (пластинки) или неправильно выбран клей.

Прочность сцепления (адгезию) образца с основанием определяют как максимальную силу, приложенную перпендикулярно к поверхности образца, при которой происходит отрыв образца от основания.

Прочность сцепления с основанием (адгезию) при испытании одного образца A_i , Н/мм² (МПа), определяют по формуле

$$A_i = \frac{F}{S}, \quad (2.3)$$

где F — максимальная сила отрыва образца от основания, Н;

S — площадь контакта поверхности образца с основанием, мм².

За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов A , МПа, рассчитанное по формуле

$$A = (A_1 + \dots + A_n)/n. \quad (2.4)$$

В зависимости от прочности сцепления цементных растворов с бетонным основанием в проектном возрасте устанавливают классы затвердевших составов, приведенные в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Классы затвердевших цементных растворов по прочности сцепления с бетонным основанием

Класс	Прочность сцепления с бетонным основанием (адгезия) A , МПа, не менее		
	Клеевые составы	Базовые штукатурные составы	Выравнивающие шпаклевочные составы
$A_{ab}1$	—	—	0,35
$A_{ab}2$	0,5	0,5	0,5
$A_{ab}3$	0,65	0,65	0,65
$A_{ab}4$	0,8	0,8	—
$A_{ab}5$	—	1,0	—

• *Предел прочности цементных растворов на растяжение при изгибе и сжатии* определяют в соответствии с ГОСТ 310.4—81 [23] и ГОСТ 5802—86 [29] на образцах-призмах размером 40×40×160 мм и кубов с ребром 70,7 мм, изготовленных из растворной смеси после 28-суточного нормального твердения при 15—25 °С.

Классы (марки) по прочности на сжатие и растяжение при изгибе для клеевых, штукатурных и шпаклевочных цементных смесей в соответствии с ГОСТ Р 54359—2011 [40] представлены в табл. 2.5 и 2.6.

Таблица 2.5

Классы (марки) затвердевших цементных смесей по прочности на сжатие

Класс (марка)	Прочность на сжатие R_c , МПа, не менее	
	Клеевые и базовые штукатурные составы	Выравнивающие шпаклевочные составы
B2,5 (M35)	—	3,3
B3,5 (M50)	4,5	4,5
B5 (M75)	6,5	6,5
B7,5 (M100)	10,0	10,0
B10 (M150)	13,0	—

Таблица 2.6

Классы затвердевших цементных смесей по прочности на растяжение при изгибе

Класс	Прочность на растяжение при изгибе R_{tb} , МПа, не менее	
	Клеевые и базовые штукатурные составы	Выравнивающие шпаклевочные составы
$B_{tb}0,8$	—	1,0
$B_{tb}1,6$	2,0	2,0
$B_{tb}2,4$	3,0	3,0
$B_{tb}3,2$	4,0	4,0
$B_{tb}4,0$	5,0	5,0
$B_{tb}4,4$	6,0	—

- *Определение морозостойкости растворных и дисперсных смесей*

При определении морозостойкости растворных и дисперсных смесей применяют следующие методы:

- основной при многократном замораживании и оттаивании;
- ускоренный (дилатометрический) при однократном замораживании.

Условия испытания при определении морозостойкости по основному методу принимают по табл. 2.7.

Таблица 2.7

Условия испытания при определении морозостойкости основным методом

Число циклов замораживания — оттаивания для раствора марки по морозостойкости										
F10	F15	F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400
$\frac{5^*}{10}$	$\frac{10^*}{15}$	$\frac{15^*}{25}$	$\frac{25^*}{35}$	$\frac{35^*}{50}$	$\frac{50^*}{75}$	$\frac{75^*}{100}$	$\frac{100^*}{150}$	$\frac{150^*}{200}$	$\frac{200^*}{300}$	$\frac{300^*}{400}$

* Над чертой указано число циклов, после которого проводят промежуточное испытание, под чертой — итоговое число циклов, соответствующее марке смеси по морозостойкости.

Для основного метода испытания используют образцы-кубы с ребром 100 или 70 мм или образцы-призмы размером 40×40×160 мм в количестве 18 шт. (6 — контрольных и 12 — основных). Для ускоренного метода используют образцы-кубы с ребром 100 или 70 мм или образцы-цилиндры диаметром и высотой 70 мм в количестве 3 шт. (допускается также испытание пластин размером 100×100×(20...60) мм).

Образцы испытывают сериями в проектном возрасте после выдержки в камере нормально-влажностного твердения в соответствии с ГОСТ 31357—2008 [26]. Если проектный возраст образцов не установлен, то за проектный возраст принимают 28 сут твердения образцов при температуре (23±5)°С и относительной влажности воздуха (65±5)%.

Контрольные образцы раствора перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой при температуре (18±2)°С, для чего образцы погружают в жидкость на $\frac{1}{3}$ их высоты на 24 ч, затем уровень жидкости повышают до $\frac{2}{3}$ высоты образца и выдерживают в таком состоянии еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в жидкость на 48 ч таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм.

Испытания по основному методу проводят в соответствии с ГОСТ 10060—2012 [1]. Число циклов замораживания — оттаивания в зависимости от марки смесей по морозостойкости принимают по табл. 2.8.

Среднюю прочность на сжатие серии контрольных и основных образцов определяют по ГОСТ 10180—2012 [2].

Таблица 2.8

Число циклов замораживания — оттаивания при определении морозостойкости раствора по основному методу

Число циклов замораживания — оттаивания для раствора марки по морозостойкости										
F10	F15	F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400
$\frac{5^*}{10}$	$\frac{10^*}{15}$	$\frac{15^*}{25}$	$\frac{25^*}{35}$	$\frac{35^*}{50}$	$\frac{50^*}{75}$	$\frac{75^*}{100}$	$\frac{100^*}{150}$	$\frac{150^*}{200}$	$\frac{200^*}{300}$	$\frac{300^*}{400}$

* Над чертой указано число циклов, после которого проводят промежуточное испытание, под чертой — итоговое число циклов, соответствующее марке смеси по морозостойкости.

Марку смесей по морозостойкости при испытании основным методом принимают за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов после проведения числа циклов переменного замораживания и оттаивания (см. табл. 2.8) для данной марки уменьшилось не более чем на 10 % по сравнению со средней прочностью на сжатие контрольных образцов.

Испытание по ускоренному методу проводят в соответствии с ГОСТ 10060—2012 [1]. При испытании серии образцов по ускоренному методу марку смесей по морозостойкости, выраженную в циклах переменного замораживания и оттаивания образцов в воде, принимают по табл. 2.9.

Таблица 2.9

Число циклов замораживания — оттаивания при определении морозостойкости раствора ускоренным методом

Форма и размер базового образца, мм	Вид раствора	Пределы максимального относительного увеличения разности объемной деформации испытываемых и стандартного образцов $Q_{cp} \cdot 10^{-3}$ для марки раствора по морозостойкости								
		F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400
Куб 70×70×70	Тяжелый	Более 1,53	1,53—1,08	1,08—0,79	0,79—0,52	0,52—0,39	0,39—0,25	0,25—0,17	0,17—0,10	Менее 0,10
	Легкий	2,74—1,87	1,87—0,92	0,92—0,46	0,46—0,19	Менее 0,19	—	—	—	—

Марку смеси по морозостойкости при испытании по ускоренному методу принимают соответствующей требуемой, если среднеарифметическое значение относительного увеличения разности объемной деформации серии образцов находится в пределах значений относительного увеличения разности объемной деформации стандартного и испытываемых образцов, указанных в табл. 2.9 для данной марки смеси по морозостойкости.

- *Определение морозостойкости контактной зоны*

Морозостойкость контактной зоны — способность затвердевшего раствора сохранять прочность сцепления (адгезию) с основанием при многократном переменном замораживании и оттаивании. Морозостойкость контактной зоны смесей характеризуется маркой по морозостойкости, определяемой числом циклов переменного замораживания и оттаивания образцов, испытанных основным методом (см. *описание выше*), при которых прочность сцепления (адгезия) с основанием образцов, испытанных в соответствии с ГОСТ 31356—2007 [25], уменьшается не более чем на 20 % по сравнению с первоначальной.

Для испытания изготавливают 15 образцов: 5 — контрольных, 10 — основных для переменного замораживания и оттаивания. Контрольные образцы перед определением прочности сцепления с основанием, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой температурой 18—20 °С в течение 48 ч. Контрольные образцы после насыщения водой хранят в течение 2—4 ч в естественных условиях (температура 20—23 °С, влажность 50—60 %), после чего испытывают на прочность сцепления с основанием (по ГОСТ 31356—2007 [25]). Основные образцы подвергают переменному замораживанию и оттаиванию по методике, указанной в разделе «*Определение морозостойкости растворных и дисперсных смесей*» в соответствии с ГОСТ 10060—2012 [1]. Для определения прочности сцепления с основанием основных образцов после их оттаивания, через 2—4 ч хранения в естественных условиях к ним приклеивают штампы. Образцы со штампами выдерживают при температуре 20—23 °С и относительной влажности воздуха 50—60 % в течение 24 ч, после чего испытывают так же, как и контрольные.

Марку смесей по морозостойкости контактной зоны принимают за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности сцепления (адгезии) основных образцов после установленного в нормативных

или технических документах на смеси конкретных видов для данной марки числа циклов переменного замораживания и оттаивания уменьшилось не более чем на 20 % по сравнению со средней прочностью контрольных образцов.

Физико-технические свойства строительных смесей

• *Физико-технические свойства клеевых строительных смесей* на цементном вяжущем в сухом состоянии, в виде растворной смеси и затвердевшего раствора представлены в табл. 2.10 [40].

Таблица 2.10

Физико-технические свойства клеевых строительных смесей

Показатель	Значение
<i>Сухая смесь</i>	
Влажность, %, не более	0,20
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм, не более	1,0
Содержание зерен наибольшей плотности, %, не более	2,5
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Растворная смесь</i>	
Подвижность смеси Пк (глубина погружения конуса, см)	Пк 3 (8—12)
Сохранимость первоначальной подвижности, мин, не менее	90—120
Водоудерживающая способность, %, не менее	95
Стекаемость с вертикальной поверхности при толщине слоя 30 мм	Не стекает
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Затвердевшая растворная смесь</i>	
Марка по морозостойкости, не менее	F50
Водопоглощение по массе, %, не более	15
Деформация усадки, %, не более	0,2
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,035

• *Физико-технические свойства базовых штукатурных строительных смесей* на цементном вяжущем в сухом состоянии, в виде растворной смеси и затвердевшего раствора представлены в табл. 2.11 [40].

Таблица 2.11

Физико-технические свойства базовых штукатурных строительных смесей

Показатель	Значение
<i>Сухая смесь</i>	
Влажность, %, не более	0,20
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм, не более	1,0
Содержание зерен наибольшей плотности, %, не более	2,5
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Растворная смесь</i>	
Подвижность смеси Пк (глубина погружения конуса, см)	Пк 3 (8—12)
Сохраняемость первоначальной подвижности, мин, не менее	90—120
Водоудерживающая способность, %, не менее	95
Стекаемость с вертикальной поверхности при толщине слоя 30 мм	Не стекает
Образование трещин	Не допускается
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Затвердевшая растворная смесь</i>	
Марка по морозостойкости, не менее	F75
Водопоглощение по массе, %, не более	15
Деформация усадки, %, не более	0,15
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,035

• *Физико-технические свойства выравнивающих шпаклевочных строительных смесей* на цементном вяжущем в сухом состоянии, в виде растворной смеси и затвердевшего раствора представлены в табл. 2.12 [40].

Таблица 2.12

Физико-технические свойства выравнивающих шпаклевочных строительных смесей

Показатель	Значение
<i>Сухая смесь</i>	
Влажность, %, не более	0,20
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм, не более	0,63

Таблица 2.12 (окончание)

Показатель	Значение
Содержание зерен наибольшей плотности, %, не более	1,5
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Растворная смесь</i>	
Подвижность смеси Пк (глубина погружения конуса, см)	Пк 3 (8—12)
Сохраняемость первоначальной подвижности, мин, не менее	90—120
Водоудерживающая способность, %, не менее	95
Стекаемость с вертикальной поверхности при толщине слоя 30 мм	Не стекает
Образование трещин	Не допускается
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Затвердевшая растворная смесь</i>	
Марка по морозостойкости, не менее	F50
Водопоглощение по массе, %, не более	15
Деформация усадки, %, не более	0,15
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,035

• *Физико-технические свойства декоративных штукатурных строительных смесей* на цементном вяжущем в сухом состоянии, в виде растворной смеси и затвердевшего раствора представлены в табл. 2.13 [39].

Таблица 2.13

Физико-технические свойства декоративных штукатурных строительных смесей

Показатель	Значение
<i>Сухая смесь</i>	
Влажность, %, не более	0,20
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм, не более	5
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Растворная смесь</i>	
Подвижность смеси Пк (глубина погружения конуса, см)	Пк 3 (8—12)
Сохраняемость первоначальной подвижности, мин, не менее	90—120
Водоудерживающая способность, %, не менее	95

Таблица 2.13 (окончание)

Показатель	Значение
Устойчивость к образованию трещин	Не допускается
Насыпная плотность, кг/м ³	1200—1800
<i>Затвердевшая растворная смесь</i>	
Марка по морозостойкости	F50
Водопоглощение по массе, %, не более	15
Деформация усадки, %, не более	0,2
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,035

2.1.2. Армирующие сетки для штукатурных работ

Фасадные армирующие сетки для штукатурных работ (фасадные стеклосетки) представляют собой стеклянную ткань с прямоугольными ячейками фиксированных размеров. Для придания стеклосеткам жесткости и щелочестойкости их обрабатывают полимерными пропиточными составами. Фасадные стеклосетки предназначены для устройства армированного базового штукатурного слоя [41].

Фасадные стеклосетки в зависимости от назначения изготавливают следующих типов:

Р — рядовые, предназначенные для армирования базового штукатурного слоя систем фасадных теплоизоляционных композиционных (СФТК) и для изготовления профильных элементов;

У — усиленные, предназначенные для армирования базового штукатурного слоя СФТК в области цокольных этажей при антивандальной защите и базового слоя СФТК с керамической облицовкой;

А — архитектурные, предназначенные для армирования базового штукатурного слоя архитектурных деталей.

В зависимости от типа фасадной стеклосетки номинальный размер

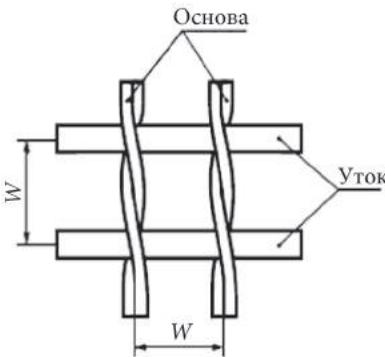


Рис. 2.5. Ячейка фасадной стеклосетки: W — размеры ячейки

ячейки (W) по основе и утку (рис. 2.5) составляет: для рядовой — 3,5—6,0 мм; для усиленной — 4,0—12,0 мм; для архитектурной — 2,0—4,5 мм.

Основные физико-механические показатели фасадных стеклосеток представлены в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Физико-механические показатели фасадных стеклосеток

Показатель	Значение показателя		
	Тип фасадной стеклосетки		
	Рядовая	Усиленная	Архитектурная
Номинальная масса на единицу площади, г/м ²	145—170	300—350	65—120
Разрывное усилие по основе/утку, Н/мм, не менее	2000/2000	3600/3600	1000/1000
Предел прочности при разрыве по основе/утку, Н/мм, не менее	40/40	72/72	20/20
Относительное удлинение при разрыве по основе/утку, %, не менее	5,0/5,0	7,0/7,0	3,5/3,5
Относительная остаточная прочность при разрыве по основе/утку стеклосетки после выдержки в щелочной среде в течение 24 ч, %, не менее	60/60	60/60	60/60
Относительная остаточная прочность при разрыве по основе стеклосетки после выдержки в щелочной среде в течение 28 сут, %, не менее	50/50	50/50	50/50

Условное обозначение фасадной стеклосетки включает в себя следующее: сокращенное обозначение фасадной стеклосетки — ФС, обозначение типа ФС, номинальную массу, ширину, разрывное усилие при испытании на растяжение ФС по основе и утку без предварительной обработки в щелочной среде и обозначение стандарта.

Пример условного обозначения рядовой фасадной стеклосетки номинальной массой 160 г/м и шириной 110 см, разрывным усилием по основе и утку 2000 Н:

ФСР-160(110)-2000/2000 ГОСТ Р 55225-2012.

2.1.3. Теплоизоляционные материалы, применяемые в фасадных системах

Общие сведения, классификация, основные показатели качества, методы испытаний и виды теплоизоляционных материалов изложены в главе 1, разделе 1.1.6.

В настоящем разделе рассмотрены теплоизоляционные материалы, применяемые в фасадных системах.

Теплоизоляционные материалы на основе минеральной ваты

Все минераловатные материалы, рассматриваемые в данном разделе, представляют собой негорючие, гидрофобизированные изделия, изготовленные из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы на низкофенольном связующем.

- **ТЕХНОБЛОК** — тепло-, звукоизоляционные плиты, предназначенные для различных типов слоистых кладок, каркасных стен с различными видами отделки, в том числе сайдингом, а также в качестве первого (внутреннего) теплоизоляционного слоя в фасадных системах с воздушным зазором при двухслойном использовании теплоизоляции.

- **ТЕХНОВЕНТ** — плиты, предназначенные для применения в качестве теплоизоляционного слоя при однослойном утеплении и внешнего слоя при двухслойном утеплении в системах утепления с вентилируемым зазором наружных стен зданий.

- **ТЕХНОФАС** — плиты, предназначенные для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве тепло-, звукоизоляции в системах наружного утепления стен с защитно-декоративным слоем из тонкослойной штукатурки.

- **ТЕХНОФАС ЭКСТРА** — плиты, используемые в качестве теплоизоляционного слоя в системах фасадной изоляции с толстослойной штукатуркой по стальной армирующей сетке.

- **ТЕХНОФАС Л** — ламели (полосы, нарезанные из минераловатных плит, волокна в которых расположены перпендикулярно изолируемой поверхности), применяемые в качестве наружного утепления стен с защитно-декоративным слоем из тонкослойной штукатурки при изоляции криволинейных поверхностей (рис. 2.6).

Основные физико-механические характеристики материалов **ТЕХНОБЛОК**, **ТЕХНОВЕНТ**, **ТЕХНОФАС** представлены в табл. 2.15.

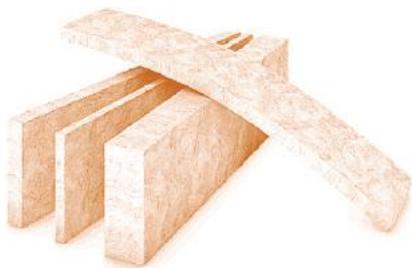


Рис. 2.6. Ламели из каменной ваты

Таблица 2.15

**Физико-механические характеристики минераловатных плит
ТЕХНОБЛОК, ТЕХНОВЕНТ, ТЕХНОФАС**

Показатель	Значение показателя				
	Марки				
	ТЕХНО- БЛОК	ТЕХНО- ВЕНТ	ТЕХНО- ФАС	ТЕХНОФАС ЭКСТРА	ТЕХНО- ФАС Л
Плотность, кг/м ³	40—50	72—99	131—159	90	72—88
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	—	10—12	45	15	50
Сжимаемость, %, не более	8	2	—	—	—
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,037	0,036	0,036— 0,038	0,037	0,035—0,036
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Влажность по массе, %, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Водопоглощение по объему, %, не более	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
Содержание органических веществ, %, не более	2,5	3,0	4,5	3,5	4,0
Горючесть	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	1200×600× ×(40—200)	1200×600× ×(40—200)	1200×600× ×(40—200)	(1000, 1200)× ×(500, 600)× ×(40—200)	(1000, 1200)× × 200× ×(40—240)

Теплоизоляционные материалы на основе пенополистирола

• *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF* — теплоизоляционные плиты из экструзионного пенополистирола с применением нанографита, позволяющего значительно увеличить тепловую эффективность и физико-механические свойства изделий. Применяются в общегражданском строительстве при устройстве теплоизоляции фундаментов, крыш, полов, утеплении фасадов и цоколей. Подробное описание и основные физико-механические свойства плит серии *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF* представлены в главе 1, разделе 1.1.6, табл. 1.28.

• *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* — теплоизоляционные плиты из экструзионного пенополистирола, снабженные специальной фрезерованной поверхностью для улучшения адгезии штукатурных смесей. Предназначены для теплоизоляции штукатурных фасадов и цоколей. Основные физико-механические характеристики плит *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* представлены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Физико-механические характеристики плит из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS*

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³	26—32
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, МПа, не менее	0,25
Прочность при изгибе, МПа, не менее	0,35
Модуль упругости, МПа	17
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,029
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,010
Водопоглощение, %, не более	0,2
Группа горючести	Г4
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	1180×580×50 (100)

• *ППС15Ф, ППС16Ф, ППС20Ф* — фасадные пенополистирольные плиты, изготавливаемые беспрессовым способом из суспензионного вспенивающегося полистирола с добавкой антипирена. Предназначены для теплоизоляции в фасадных теплоизоляционных композиционных системах с наружными теплоизоляционными слоями [6].

Основные физико-механические характеристики плит ППС15Ф, ППС16Ф, ППС20Ф представлены в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Физико-механические характеристики плит из пенополистирола ППС15Ф, ППС16Ф, ППС20Ф

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	ППС15Ф	ППС16Ф	ППС20Ф
Плотность, кг/м ³ , не менее	15	16	20
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, МПа, не менее	0,07	0,1	0,1
Прочность при изгибе, МПа, не менее	0,14	0,18	0,25
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,034	0,038	0,033
Влажность, % по массе, не более	2	2	2
Водопоглощение за 24 ч, % по объему, не более	4	1	3
Время самостоятельного горения, с, не более	1	1	1

2.1.4. Штучные материалы для наружной облицовки

Общие сведения

Наружная облицовка зданий представляет собой систему из штучных материалов, образующую наружный слой элементов зданий (стен, колонн, перекрытий, цоколей) и поверхности зданий и сооружений [50].

Этот вид облицовки появился, когда для несущих конструкций начали применять искусственные строительные материалы (кирпичную кладку и бетон). В результате многие вертикальные, наклонные и горизонтальные элементы сооружений стали многослойными.

Вместе с экономией за счет применения железобетона и кирпичной кладки возникла серьезная инженерная задача обеспечить совместную работу слоев разнообразных материалов в течение срока службы, т.е. требуемую долговечность в разнообразных температурных и влажностных условиях.

Наружная облицовка фасадов, выполненная с воздушным вентиляционным зазором (на некотором расстоянии от стены), имеет теплозащитные функции. Эффективность теплозащиты в этом случае повышается при осуществлении вентиляции теплым воздухом свободного пространства между стеной и облицовочными плитами. Кроме того, данный тип отделки применим практически к любому типу зданий, что позволяет существенно повысить эффективность процесса и скрыть множество неровностей стен, всевозможных отклонений и других дефектов.

Для наружной облицовки зданий применяют различные материалы:

- плиты из природных каменных материалов, керамики, керамогранита, цементно-песчаного раствора, фиброцемента, стекла и др.;
- кирпичи и камни облицовочные;
- панели (сайдинг) из пластика или металла.

Облицовочные материалы из природного камня

Облицовочные плиты из природного камня широко применяются в строительстве, что обусловлено такими их свойствами, как прочность, атмосферостойкость, долговечность. Декоративные качества натурального камня позволяют создавать оригинальные фасады зданий. В зависимости от архитектурных задач выбирают породу камня, фактуру его поверхности, размер облицовки.

Виды облицовочных плит из природного камня

Плиты из природного камня, применяемые для облицовки фасадов (модульные плиты), представляют собой унифицированные изделия квадратной или прямоугольной формы с соотношением сторон 1:1,5 и 1:2, кратные модульному размеру 300 или 305 мм (12 дюймов). В табл. 2.18 представлены типоразмеры фасадных облицовочных плит [35].

Внешний вид фасада определяет также фактурная обработка камня. Облицовочные плиты могут иметь различные виды фактуры лицевой поверхности. К основным видам относятся:

- *полированная* — с зеркальным блеском, полным выявлением цвета, рисунка и структуры камня, с четким отражением предметов без следов обработки при предыдущей операции;

Таблица 2.18

Типоразмеры фасадных облицовочных плит из натурального камня

Тип облицовочных плит	Размеры, мм		
	длина	ширина	толщина
Модульные	300	300	8—20
	305	305	
	300	450	
	300	600	
	305	610	
	600	600	
	610	610	

- *лощенная* — гладкая матовая, без следов обработки предыдущей операции, с полным выявлением рисунка камня;

- *шлифованная*: грубошлифованная — равномерно шероховатая со следами обработки обдирочным шлифовальным инструментом, с высотой микрорельефа до 630 мкм; среднешлифованная — равномерно шероховатая со следами обработки среднешлифовальным инструментом, с высотой микрорельефа до 2,5 мкм; тонкошлифованная — равномерно шероховатая со следами обработки тонкошлифовальным инструментом, с высотой микрорельефа до 1,25 мкм;

- *пиленая* — неравномерно шероховатая с высотой неровностей рельефа до 2,0 мм;

- *точечная* (бучардованная) — равномерно шероховатая с неровностями рельефа высотой до 5 мм;

- *рифленая* («вельвет») — с непрерывными параллельными бороздами, направленными вертикально, горизонтально или по диагонали, с высотой рельефа до 5 мм и расстоянием между соседними бороздами 4—6 мм;

- *бороздчатая* (кованая) — неравномерно шероховатая, образованная мелкими параллельными прерывистыми бороздами с высотой рельефа до 2,0 мм;

- *бугристая* — рельефная с равномерным чередованием бугров и впадин, с высотой рельефа до 10 мм при расстоянии между соседними буграми 20—40 мм;

- *скальная* — рельефная, с чередованием плоскостей скола, образующих общее повышение рельефа к центральной части плит; используется для толстомерных плит;
- *термообработанная* — крупношероховатая со следами чешуйчатого шелушения и отслаивания от поверхности лещадных частиц размером до 30 мм и высотой рельефа до 10 мм;
- *гидроударная* (акваджет) — матовая, равномерно шероховатая, с выявлением структуры, цвета и рисунка камня, с высотой рельефа до 5 мм;
- «*античная*» (только для пород карбонатного состава) — со следами искусственного старения («ложное выветривание»: углубление или выпирание и сглаживание прожилков, твердых или мягких включений, завальцованность углов и т.п.);
- *пескоструйная* — равномерно шероховатая, с высотой рельефа до 2 мм;
- *волнистая* — рельефная, с параллельным чередованием сглаженных бугров и впадин, расположенных волнистыми грядами, с высотой рельефа до 15 мм;
- *слоистая* (колотая) — рельефная, иногда слабо волнистая, сохраняющая рисунок и рельеф межслоевой плоскости.

Классификация горных пород

В качестве облицовочных материалов используют горные породы различного происхождения. В соответствии с геологической классификацией горные породы делятся на 3 группы: магматические, осадочные и метаморфические.

• *Магматические горные породы* образовались в результате охлаждения и затвердевания магмы. В зависимости от условий образования делятся на 2 группы: глубинные и излившиеся.

1. *Глубинные горные породы* образовались при медленном остывании магмы в глубине земной коры под давлением верхних слоев. Они имеют зернисто-кристаллическую структуру, высокую плотность (2,6—3,0 г/см³), прочность (100—300 МПа), морозостойкость, малое водопоглощение (< 1 %), хорошо поддаются обработке.

К магматическим глубинным породам относятся:

• *гранит* (от лат. «гранум» — зерно) — состоит из кварца, полевого шпата (ортоклаза), слюды; может иметь серую, черную, красную, розо-

вую, даже зеленоватую окраску; легко шлифуется, имеет красивую текстуру;

- *сиенит* — горная порода, близкая к граниту по свойствам и внешнему виду; основное отличие — отсутствие в его составе кварца;

- *габбро* — состоит из темного полевого шпата (плаггиоклаза), железисто-магнезиальных минералов (роговой обманки, авгита); имеет черную, зеленовато-черную окраску;

- *лабрадорит* — разновидность габбровых пород серого или черного цвета; имеет иризирующие кристаллы полевого шпата с ярким синим, голубым и зеленым отливом;

- *пироксенит* — ультраосновная горная порода, состоящая из одного или нескольких пироксенов (Mg- и Fe-содержащих породообразующих минералов подкласса цепочечных силикатов); имеет полнокристаллическую и крупнозернистую структуру и темную, зеленовато-серую и черную окраску; обладает высокой плотностью и прочностью.

2. *Излившиеся горные породы* образовались в результате излияния магмы, ее охлаждения и застывания в приповерхностных слоях и на поверхности земли. В зависимости от условий охлаждения делятся на плотные и пористые.

Плотные излившиеся породы образовались в приповерхностных слоях земли (до 200 км) при медленном остывании магмы. Имеют стекловатую или мелкозернистую порфиристую структуру (с вкраплением крупных кристаллов). К этой группе пород относятся:

- *базальт* (от эфиоп. «базал» — «кипящий», «рожденный в огненной купели вулкана») — состоит из полевых шпатов (плаггиоклазов) с небольшим количеством вулканического стекла, почти не содержит кремнезема; имеет скрытно-кристаллическую структуру и темно-серую, почти черную окраску; обладает высокой прочностью (до 500 МПа), плотностью (2,8—3,0 г/см³), высокой стойкостью к истиранию и твердостью; весьма сложен в обработке;

- *кварцевый порфир* — состоит из кварца и полевого шпата (плаггиоклаза), имеет порфиристую структуру с вкраплениями ортоклаза, флюидальную, иногда полосчатую текстуру и бурую, красно-бурую или серо-зеленую окраску; обладает высокой прочностью на сжатие (140—270 МПа) и плотностью 2,67 г/см³;

- *диабаз* — состоит из полевого шпата (анортита) и железисто-магнезиальных минералов (авгита); имеет темно-серую или зелено-черную окраску, высокую прочность (180—260 МПа), плотность (2,8—3,0 г/см³);

- *андезит* — состоит в основном из полевого шпата (плагиоклаза) и темноокрашенных минералов (роговой обманки, авгита и биотита); имеет цвет от зеленовато-серого до черного; обладает высокой прочностью (до 240 МПа) и высокой кислотостойкостью;

- *фельзитовый туф* (*фельзит*, *фельзитовый порфир*) — природный гидровулканический камень мелкозернистой структуры, имеющий однородную смесь кварцевых порфиров и ортофиров; обладает множеством цветов и оттенков (желтых, голубых, бежевых, кремовых, зеленых и т.д.).

Пористые излившиеся породы образовались на поверхности земли при быстром охлаждении лавы. При извержении часть лавы выбрасывалась в мелкораздробленном состоянии и, подвергаясь быстрому охлаждению, падала в виде мелких частиц и кусков различных размеров. К ним относятся: *вулканические туфы*, образовавшиеся в результате уплотнения и цементирования вулканических пеплов; имеют розово-фиолетовый цвет; обладают высокой пористостью (40—70 %), высокой морозостойкостью, прочностью 8—20 МПа, плотностью 0,75—1,4 г/см³; легко обрабатываются.

- *Осадочные горные породы* образовались на поверхности земли двумя путями: 1) в результате разрушения магматических горных пород под действием воды, ветра, температуры; 2) за счет постепенного осаждения органических и неорганических материалов на дно океанов, рек, морей, озер.

В зависимости от условий образования осадочные горные породы делятся на 3 группы:

1) *обломочные (механические осадки)* — твердые осадки разрушенных магматических горных пород, перенесенных водами и ветром. По структуре различают:

- *рыхлые* — гравий, глина, песок;
- *цементированные* — песчаники, брекчии;

2) *химические осадки* — образовались в результате осаждения водных солевых растворов. К ним относятся:

- *карбонатные породы* — известняки, доломиты, мергели, травертин;
- *сульфатные породы* — гипс, ангидрит;
- *аллитовые породы* — бокситы;

3) *органогенные породы* — образовались из останков животных и растений. Для получения облицовочных материалов наибольшее распространение из этой группы получил известняк-ракушечник.

• *Метаморфические горные породы* образовались в толще земной коры преобразованием магматических и осадочных горных пород под влиянием высоких температур и давления. К основным горным породам этой группы относятся:

– *мрамор* — образовался путем перекристаллизации известняков и доломитов; имеет зернисто-кристаллическое строение, высокую прочность (до 300 МПа), плотность (2,8 г/см³), хорошо поддается обработке, легко полируется;

– *гнейсы* — по составу сходны с гранитом; образовались из кварцево-пылеватых пород и имеют сланцевое строение; обладают высокой прочностью (до 200 МПа), плотностью (2,6 г/см³);

– *кварцит* — образовался путем перекристаллизации песчаников; обладает высокой прочностью (300—400 МПа), плотностью (2,6 г/см³), кислотостойкостью; имеет красноватый белый, красный, фиолетовый, темно-вишневый цвет; сложен в обработке;

– *амфиболит* — горная порода, главной составной частью которой служат роговая обманка и плагиоклаз; имеет среднезернистую структуру, серовато-зеленый цвет (до черно-зеленого).

Физико-механические показатели горных пород, применяемых для производства облицовочных изделий

В соответствии с ГОСТ 9479—2011 [34] горные породы должны быть оценены по физико-механическим, радиационным, декоративным показателям и минералого-петрографической характеристике.

Физико-механические показатели некоторых горных пород, применяемых для производства облицовочных изделий, представлены в табл. 2.19.

Технические требования к плитам из натурального камня [66] приведены в табл. 2.20.

Физико-механические показатели горных пород

Горная порода	Значение показателя			Снижение прочности при сжатии породы при водонасыщении, %, не более
	Средняя плотность, кг/м ³ , не менее	Водопоглощение, %, не более	Предел прочности при сжатии породы в сухом состоянии, МПа, не менее	
<i>Прочные породы</i>				
Гранит, сиенит, кварцевый порфир, кварцит	2500	0,75	100	25
<i>Среднепрочные породы</i>				
Лабрадорит, диабаз, диорит, сиенит, порфирит, гнейс, габбро, пироксенит, плотный базальт, амфиболит, кварцевый песчаник	2500	0,75	70	25
Андезит, трахит, липарит, кристаллический сланец	Не нормируется			30
Мрамор, полирующий доломит, мраморный оникс, полирующийся травертин, конгломерат, брекчия, серпентинит	2600	0,75	50	30
<i>Низкопрочные породы</i>				
Пористый базальт, фельзитовый туф, песчаник	Не нормируется			30

Плотный известняк, плотный неполирующий доломит, неполирующий травертин, известняковый песчаник	Не нормируется	25	35
Пористые известняк и доломит, известняк-ракушечник, туф вулканический (кроме фельзитового)	Не нормируется	10	35
Гипсовый камень, ангидрит	Не нормируется	15	35

Таблица 2.20

Технические требования к плитам из натурального камня

Показатель	Значение показателя
Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, не менее	120
Твердость лицевой поверхности плит по шкале Мооса, не менее	6—7
Водопоглощение, %, не более	0,75
Морозостойкость, циклы, не менее	50
Снижение прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, %, не более	25
Термическая стойкость, °С, не менее	125
Предельные отклонения размеров плит, %: по длине и ширине	±1,0
разнотолщинность одной плиты, мм, не более	1,0
отклонение формы плиты от прямоугольной (косоугольность), мм, не более	2,0
отклонение лицевой поверхности от плоскостности, мм, не более	2,0
искривление граней, мм, не более	1,5

Облицовочные плиты из керамогранита

Керамогранит — искусственный отделочный материал, сырьем для производства которого служат беложгущиеся глины и каолины, кварцевый песок, плавни (полевые шпаты и пегматиты). Керамогранит производится методом полусухого прессования сырьевой смеси в формах при давлении 400—500 кг/см² с последующим обжигом при температуре 1200—1300 °С. При этой температуре внутри материала происходит реструктуризация компонентов, и они образуют остеклованный монолит. Затем происходит процесс калибровки плитки — *ректификация*, при которой кромка изделия обрезается с помощью алмазных кругов.

Керамогранит обладает высокой механической прочностью, твердостью и износостойкостью, устойчивостью к перепадам температур, морозостойкостью. Кроме того, он стоек к воздействию кислот и щелочей, что позволяет очищать поверхность от загрязнения различными растворителями. Керамогранит имеет низкое водопоглощение (менее 0,05 %) и низкую водоудерживающую способность. Укладка плит на цементно-песчаный раствор может вызвать отслоение, поэтому монтаж керамогранитных плит осуществляется на специальные клеевые составы или с помощью металлоконструкций. Используется в отделке фасадов как частных жилых домов, так и административных зданий (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Отделка фасадов плитками из керамогранита производства завода «Уральский гранит»

В связи с тем, что керамогранит является сравнительно новым материалом (производство начато в конце 90-х гг. XX столетия), специальный стандарт на него не разработан, поэтому требования к плиткам из керамогранита предъявляются такие же, как и к плиткам керамическим для полов в соответствии с ГОСТ 6787—2001 [33], а методы испытаний проводятся в соответствии с ГОСТ 27180—2001 [13] и EN ISO 10545 (части 1—17).

Основные технические характеристики керамогранита, производимого в России в соответствии с ТУ 5752-001-56380351—2007 [68], представлены с табл. 2.21.

Таблица 2.21

Технические характеристики керамогранита

Показатель	Требования ГОСТ 6787—2001, ТУ 5752-001- 56380351—2007	Характеристики керамического гранита «Уральский гранит»
Размеры (длина×ширина), мм толщина, мм	300×300, 600×600	300×300, 600×600 8—10
Водопоглощение, %	0,5	0,05
Прочность на изгиб, МПа	35	46
Твердость по шкале Мооса	Не менее 6	6-7
Морозостойкость, число циклов, не менее	150	200
Стойкость к истиранию, г/мм ²	0,18	0,05
Устойчивость к образованию пятен (класс, не ниже)	2-й класс	4-й класс*
Химическая стойкость к воздействию средств бытовой химии, категория, не ниже	UB	UB**
Химическая стойкость к воздействию кислот и щелочей низкой и высокой кон- центрации, категория, не ниже	ULB/UHB	ULB/UHB**

* Классы устойчивости к образованию пятен определяются в соответствии с EN ISO 10545-14 [71]. Класс 4 соответствует возможности очистки вручную при помощи очищающего вещества слабой концентрации.

**Химическая стойкость определяется в соответствии с EN ISO 10545-13 [70]: L, H — низкая и высокая концентрации испытательных растворов хлорида аммония, гипохлорита натрия, соляной, лимонной, молочной кислот, гидроксида калия; UB — видимые эффекты по обрезанным краям плитки при использовании испытательных растворов хлорида аммония или гипохлорита натрия; ULB — видимые эффекты по обрезанным краям плитки при использовании концентрированных испытательных растворов (L); UHB — видимые эффекты по обрезанным краям плитки при использовании высококонцентрированных испытательных растворов (H).

В зависимости от обработки поверхности существуют различные виды керамогранита, некоторые из них перечислены ниже:

- *глазурованный* — керамогранит с нанесенной глазурью с последующим обжигом;
- *неполированный*;
- *полированный* — керамогранит с механически обработанной (отполированной) поверхностью;
- *с рельефной поверхностью* — керамогранит, поверхность которого обработана таким образом, чтобы имитировать структуру и вид, например, натурального камня, а также создавать рельефные рисунки;
- *сатинированный* — керамогранит, блестящая поверхность которого достигается нанесением перед обжигом на его поверхность слоя минеральных солей.

Введение в сырьевую массу минеральных пигментов позволяет получать изделия различных расцветок (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Виды плиток из керамогранита ЭСТИМА (пр-во Россия): а — Antica; б — Bolero; в — Country; г — Dream; д — Energy

Фасадные панели из фиброцементных плит

Фиброцементные плиты — облицовочный материал, состоящий из легкого бетона с синтетической фиброй (чаще всего — целлюлозной), с защитным акриловым или полиуретановым покрытием. Наружный слой плиты имеет различные текстуры и окраску, имитирующие различные материалы (мрамор, кирпич, дерево и др.) (рис. 2.9). Панели также могут иметь самоочищающееся покрытие — гидрофильную неорганическую пленку.

Монтаж панелей производится на металлический или деревянный каркас при помощи саморезов, шляпки которых покрываются специальной краской в тон панели, благодаря чему они становятся незаметными. Толщина панелей составляет 10—20 мм.



Рис. 2.9. Фасадные фиброцементные панели
ЭКВИТОН (пр-во Бельгия)

Основными достоинствами фасадных панелей из фиброцементных плит являются долговечность (более 20 лет), высокая морозостойкость (F100), стойкость к коррозии, УФ-излучению и к перепадам температур, негорючесть (группа НГ), экологическая безопасность.

Фасадные панели (сайдинг)

Фасадные панели (сайдинг) используются в качестве облицовочного слоя в навесных вентилируемых фасадных системах.

Впервые такие панели стали применять в Северной Америке в XIX в. Строганные и крашеные деревянные доски прибивали к стене под углом таким образом, чтобы следующий горизонтальный слой немного нависал над предыдущим — при таком расположении досок вода скатывалась по облицовке. Такую обшивку стали называть сайдингом. В 50-х гг. XX в. в США и Канаде начали производить виниловые фасадные панели, намного более долговечные, чем деревянные, не требующие ухода, простые в монтаже. В то же время появились металлические панели — *металлосайдинг*, а также цементные — *цементный сайдинг*.

Фасадные панели, образуя ровную и гладкую поверхность здания, делают ее привлекательной. В отличие от фасадной краски и штукатурки сайдинг не требует тщательной подготовки поверхности стены: при ее неровности и бугристости сайдинг легко скрывает все изъяны. В настоящее время выпускают панели различных профилей: плоские, с ребрами, рифленые и с текстурой, повторяющей деревянное волокно.

Рассмотрим основные виды фасадных панелей, получивших наибольшее применение: металлические и полимерные (виниловые).

Металлические фасадные панели с полимерным покрытием

Металлические фасадные панели — изделия из листового металла, которым при помощи листогибочного, профилигибочного и другого оборудования придается определенная форма.

На панели наносятся полимерные покрытия, обеспечивающие защиту от воздействия ультрафиолетового света, влаги и атмосферных осадков и выполняющие декоративную функцию. Полимерные покрытия изготавливают из полиэфира, пластифицированного поливинилхлорида (пластизоля), пурала (полиуретана, модифицированного полиамидом) и др.

Металлические панели производятся в основном из алюминия и оцинкованной стали. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества.

Алюминиевые панели имеют небольшой вес (около 7 кг/м^2); они почти на 25 % легче, чем аналогичные, изготовленные из стали (вес которых составляет около 9 кг/м^2). За счет этого при их использовании на фасад здания и на крепежные элементы приходится меньше нагрузки. Кроме того, алюминий не подвержен коррозии и не требует специальной антикоррозийной защиты. К преимуществам стальных панелей следует отнести высокую прочность, высокий коэффициент сопротивления различным видам деформаций, а также возможность использования в широком температурном диапазоне (от -50 до $+80$ °С).

К общим достоинствам металлических фасадных панелей следует отнести:

- высокую долговечность (30 и более лет);
- высокую морозостойкость (до 50 циклов замораживания — оттаивания);
- водонепроницаемость;
- защиту от наружных электромагнитных излучений;
- простоту монтажа и эксплуатации;
- возможность применения на зданиях различной этажности;
- широкую цветовую гамму.

Кроме того, металлические панели не содержат материалов, представляющих опасность для здоровья человека, и не выделяют вредные вещества в окружающую среду при эксплуатации.

Металлические панели можно устанавливать вертикально и горизонтально на специальные направляющие конструкции навесного фа-

сада. В монтаже стальных фасадных панелей используют гвозди из нержавеющей стали или шурупы-саморезы.

Согласно ТУ 5285-007-50531895—2013 [67] размеры фасадно-облицовочных панелей должны находиться в следующих пределах: ширина от 200 до 280 мм; длина от 0,5 до 6 м (по согласованию с потребителем допускается изготавливать панели длиной до 12 м); толщина 0,5—0,7 мм.

В качестве примера стальных фасадных панелей рассмотрим метал-лосайдинг *TM Grand Line* — *GL* и *GL M2* (производство завода «Метал-лист» г. Обнинска).

- *GL* (*корабельная доска*) представляет собой классический профиль фасадной (сайдинговой) панели, который получил наибольшее распространение на территории России. Благодаря своей форме этот профиль удобен в использовании и легко устанавливается (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Металлические сайдинговые панели *GL* (*корабельная доска*)

- *GL M2* — серия металлических сайдинговых панелей различных профилей (рис. 2.11).

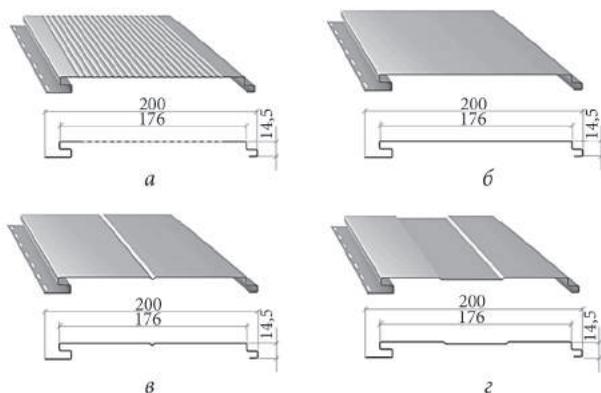


Рис. 2.11. Металлические сайдинговые панели *GL M2* серий:
а — *Golf*; *б* — *Classic*; *в* — *Line*; *г* — *Prof*

Размеры металлических сайдинговых панелей *TM Grand Line* представлены в табл. 2.22.

Таблица 2.22

Размеры сайдинговых панелей *GL* и *GL M2*

Размеры	<i>GL</i> (корабельная доска)	<i>GL M2</i>
Ширина листа габаритная, мм	260	200
Ширина листа рабочая, мм	240	176
Высота профиля, мм	12	14,5
Толщина металла, мм	0,5	0,5
Длина листа, мм	500—6000	

Металлический сайдинг используют в отделке фасадов как частных жилых домов, так и административных зданий (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Фасады с металлическим сайдингом

Фасадные панели из полимерных материалов (виниловые фасады)

Виниловые фасадные панели (виниловый сайдинг) — изделия, изготовленные методом экструзии из поливинилхлорида (ПВХ) с добавлением модификаторов, стабилизаторов, пигментов и других составляющих, которые регулируют свойства материала. Панели изготавливают в

виде полос длиной 2500—4000 мм, шириной 200—300 мм, толщиной 0,9—1,2 мм с замком-защелкой и перфорированной кромкой для гвоздей (саморезов), которые собираются в секции любых размеров по длине. Сайдинг сравнительно просто монтируется, комплектуется доборными элементами: деталями оформления углов, соединительными планками и т.п. На российском рынке виниловый сайдинг представлен различными фирмами-производителями: *Holzplast*, *Docke*, *Sayga* и др. На рис. 2.13 изображены основные элементы винилового сайдинга компании *Holzplast* [83].

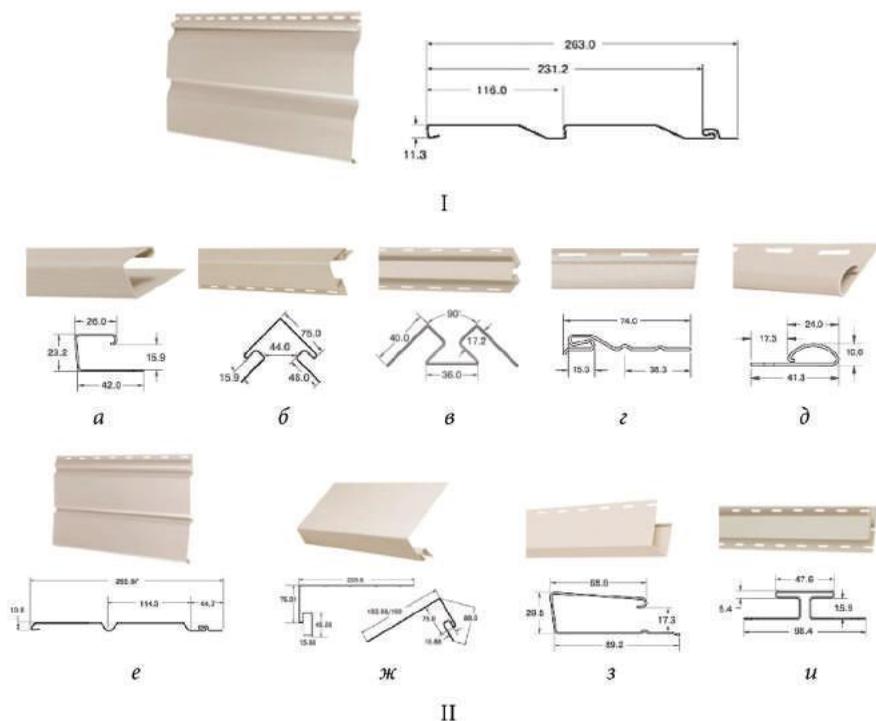


Рис. 2.13. Виниловая сайдинговая панель *Holzplast* (I) и доборные элементы (II): а — J-профиль; б — угол внешний; в — угол внутренний; г — стартовая планка; д — финишная планка; е — софит; ж — околооконный профиль; з — наличник; и — Н-профиль

Виниловые панели могут иметь гладкую и рельефную поверхность и самые разнообразные расцветки (рис. 2.14, 2.15).



Рис. 2.14. Цветовая гамма виниловых сайдинговых панелей *Holzplast*



Рис. 2.15. Фасады с виниловым сайдингом

Виниловые фасадные панели имеют следующие характеристики:

- прочность при растяжении — 35—55 МПа;
- вес — 5—6 кг/м²;
- диапазон рабочих температур — от -50 до +50 °С;
- морозостойкость — более 50 циклов замораживания — оттаивания;
- водонепроницаемость;
- долговечность — более 30 лет;
- пожаробезопасность — группа Г1.

Кроме того, виниловые панели не подвержены гниению и коррозии, просты в монтаже и эксплуатации, имеют широкую цветовую гамму.

Фасадные сэндвич-панели

Сэндвич-панели представляют собой трехслойную конструкцию, состоящую из двух оцинкованных пластин (обшивки) из профильного металла (толщиной 0,5 мм), между которыми расположен утеплитель (толщиной 40—200 мм). Металлические пластины с обеих сторон защищены устойчивым к коррозии полимерным покрытием, которое может быть выполнено из составов на основе полиэфира (PE), полиуретана (PUR), поливинилхлорида (PVC) и др. Соединение пластин с утеплителем осуществляется с помощью полиуретанового клея. В качестве утеплителя может быть использована минеральная вата, экструзионный пенополистирол, пенополиуретан (рис. 2.16).



Рис. 2.16. Сэндвич-панели

Наибольшее распространение в качестве теплоизоляционного слоя в трехслойных стеновых сэндвич-панелях с металлическими обшивками получили минераловатные плиты. В качестве примера приведем плиты *ТЕХНОСЭНДВИЧ С ТехноНиколь*.

- *ТЕХНОСЭНДВИЧ С ТехноНиколь* — гидрофобизированные негорючие тепловоздухоизоляционные плиты из минеральной ваты на основе горных пород базальтовой группы на низкофенольном связующем. Основные характеристики минераловатных плит *ТЕХНОСЭНДВИЧ С ТехноНиколь* приведены в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Основные характеристики минераловатных плит *ТЕХНОСЭНДВИЧ С ТехноНиколь*

Показатель	Значение показателя
Плотность, кг/м ³	110—130
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), при 25 °С, не более	0,041
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	—
Предел прочности на отрыв слоев, кПа, не менее	100
Предел прочности при сжатии, кПа	60

Таблица 2.23 (окончание)

Показатель	Значение показателя
Прочность на сдвиг (срез), кПа, не менее	50
Влажность по массе, %, не более	0,5
Водопоглощение по объему, %, не более	1,5
Горючесть	НГ
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее	0,3
Содержание органических веществ, %, не более	4,5
Длина, мм	1000, 1200
Ширина, мм	500,600
Толщина, мм	40—180

Крепление сэндвич-панелей к каркасу осуществляется при помощи саморезов (по дереву или по металлу). Для бетонного основания стен используются дюбели. Стыковка панелей осуществляется пазогребневым соединением, которое обеспечивает прочность соединения и создает защиту стен от влаги. Стыки и швы дополнительно обрабатываются герметизирующей мастикой, прокладками из полиуретана, неопрено-полиуретановой лентой или полиуретановой пеной. Торцевые швы заполняются минеральной ватой или монтажной пеной и закрываются специальными планками.

2.2. Классификация систем изоляции фасадов и общие принципы проектирования

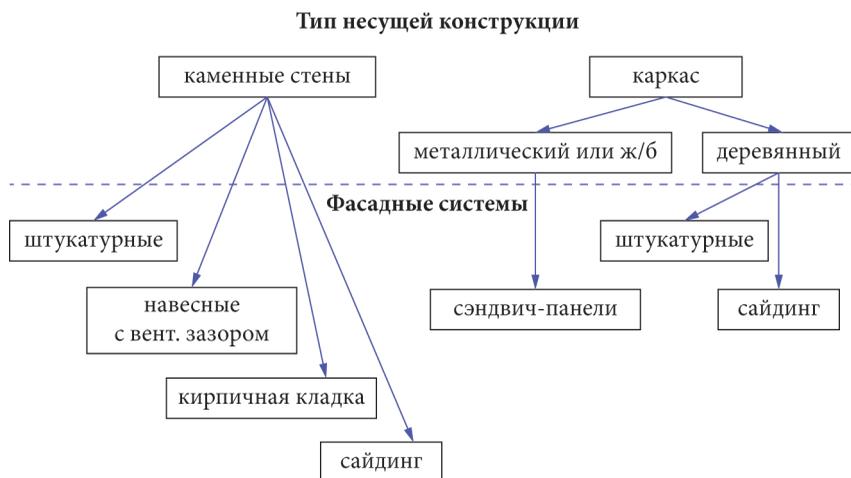
Фасадная система — система, состоящая из материалов, изделий, элементов и деталей (включая архитектурно-декоративные элементы), а также совокупности технических и технологических решений, определяющих правила и порядок установки этой системы в проектное положение, предназначенная для отделки, облицовки (в случае использования штучных материалов) и теплоизоляции наружных стен зданий и сооружений различного назначения в процессе их строительства, ремонта и реконструкции [50].

Системы наружного утепления зданий позволяют эффективно решать вопросы энергосбережения. Кроме того, их применение в совре-

менном строительстве дает широкие возможности архитекторам и проектировщикам для создания неповторяемого облика зданий, придавая им разнообразные архитектурные формы.

Классификация систем изоляции фасадов

В зависимости от типа несущей конструкции и системы изоляции различают следующие виды фасадных систем:



Общие принципы проектирования тепловой защиты зданий

Необходимый уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций определяется требованиями СП 50.13330.2003 [61]. Минимальное допустимое сопротивление теплопередаче стен и покрытий зависит от типа здания (жилые, общественные или производственные) и климатических условий их эксплуатации.

При проектировании тепловой защиты зданий различного назначения необходимо соблюдать ряд условий, изложенных в СП 23-101—2004 [52].

Одним из таких условий является применение эффективных теплоизоляционных материалов с минимумом теплопроводных включений и стыковых соединений в сочетании с надежной гидроизоляцией, не до-

пускающей проникновения влаги в жидкой фазе и максимально сокращающей проникновение водяных паров в толщу теплоизоляции. Взаимное расположение отдельных слоев ограждающих конструкций должно способствовать высыханию конструкций и исключать возможность накопления влаги в ограждении в процессе эксплуатации.

Для обеспечения лучших эксплуатационных характеристик в многослойных конструкциях зданий с теплой стороны следует располагать слои большей теплопроводности и с большим сопротивлением паропроницанию, чем наружные слои.

При проектировании зданий для повышения пределов огнестойкости и снижения пожарной опасности внутренней и наружной поверхностей стен следует предусматривать устройство облицовки из негорючих материалов или штукатурки, а для защиты от воздействия влаги и атмосферных осадков — дополнительно окраску водостойчивыми составами, выбираемыми в зависимости от материала стен и условий эксплуатации.

Долговечность теплоизоляционных конструкций и материалов должна быть более 25 лет, долговечность сменяемых уплотнителей — более 15 лет.

С теплотехнической точки зрения различают 3 вида наружных стен по числу основных слоев: одно-, двух- и трехслойные.

В настоящем пособии рассматриваются двухслойные конструкции.

В двухслойных стенах утеплитель предпочтительно располагать снаружи. Используются 2 варианта наружного утеплителя: системы с наружным покровным слоем без зазора и системы с воздушным (вентиляционным) зазором между наружным облицовочным слоем и утеплителем. Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое. Однако в случае необходимости такого применения поверхность со стороны помещения должна иметь сплошной и долговечный пароизоляционный слой.

Тепловую изоляцию наружных стен следует проектировать непрерывной в плоскости фасада здания. При применении в ограждающих конструкциях горючих утеплителей оконные и другие проемы по периметру следует обрамлять полосами шириной не менее 200 мм из минераловатного негорючего утеплителя плотностью не менее 80—90 кг/м³.

Общие принципы проектирования фасадных систем зданий с каменными стенами

При проектировании стен из кирпича и других мелкоштучных материалов следует применять облегченные фасадные конструкции в сочетании с плитами из эффективных теплоизоляционных материалов.

Стены зданий из кирпича и керамических камней, за исключением стен с воздушными прослойками, а также стены, облицованные кирпичом, рекомендуется проектировать, как правило, с расшивкой швов кладки по фасаду. При применении камней из пористой керамики рекомендуется предусматривать облицовочный слой из кирпича с анкерами из нержавеющей стали или из стеклопластика для связки с основной кладкой.

В строительной практике используются 3 основных типа конструктивных решений: фасадные системы со штукатурным слоем, фасады с вентилируемым зазором и слоистые системы.

Системы применяют для одно- и многоэтажных зданий, I—IV степени огнестойкости с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом для строительства на всей территории страны; для несущих или самонесущих стен из штучных материалов (кирпич, камни, бетонные блоки) или монолитного железобетона.

Штукатурные фасады — системы с теплоизоляцией и отделочным слоем из тонко- или толстослойной штукатурки, предназначенные для наружного утепления стен зданий различного назначения. Толщина отделочного слоя тонкослойной штукатурной системы составляет 4,5—5 мм, толстослойной — 20—30 мм.

В конструкции с тонким штукатурным слоем утеплитель приклеивают к несущему слою стены и дополнительно укрепляют распорными дюбелями. Крепление толстослойной штукатурки осуществляется при помощи специальных крепежных элементов и нержавеющей стальной сетки.

Навесные фасадные системы утепления с вентиляционным зазором представляют собой конструкцию, в которой утеплитель защищен от атмосферных воздействий навесной облицовкой, установленной на кронштейнах подконструкции с образованием воздушного канала между облицовкой и утеплителем. В качестве облицовочных материалов системы могут применяться различные плитки из природных каменных

материалов, керамики, керамогранита, фиброцемента, стекла, а также металлические и полимерные фасадные панели (сайдинг).

При проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой (стены с вентилируемым фасадом) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- воздушная прослойка должна иметь толщину не менее 60 и не более 150 мм, и ее следует размещать между наружным слоем и теплоизоляцией; необходимо предусматривать расчески воздушного потока по высоте каждые 3 этажа из перфорированных перегородок;
- при расчете приведенного сопротивления теплопередаче следует учитывать все теплопроводные включения, в том числе крепежные элементы облицовки и теплоизоляции;
- наружный слой стены должен иметь вентиляционные отверстия, суммарная площадь которых определяется из расчета 75 см^2 на 20 м^2 площади стен, включая площадь окон;
- нижние (верхние) вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколями (карнизами), причем для нижних отверстий предпочтительно совмещение функций вентиляции и отвода влаги;
- необходимо применять жесткие негорючие теплоизоляционные материалы плотностью не менее $80\text{—}90 \text{ кг/м}^3$, имеющие на стороне, обращенной к прослойке, ветро-, воздухозащитные паропроницаемые мембраны (типа *Tyvek*);
- при использовании в качестве наружного слоя облицовки из плит искусственных или натуральных камней горизонтальные швы должны быть раскрыты (не должны заполняться уплотняющим материалом).

Слоистая (колодезная) кладка представляет собой трехслойную конструкцию. Несущая стена может быть выполнена из кирпича, камней и блоков из ячеистых бетонов, бетонных блоков с пустотами. Далее расположены слой теплоизоляции и внешний слой из лицевого кирпича, который несет защитно-декоративную функцию. Внутренняя и наружная части трехслойной кладки связываются между собой специальными закладными деталями — гибкими связями из коррозионно-стойких сталей или композиционных полимерных материалов (на основе базальтовых, углеродных и других волокон).

Устройство слоистых кладок можно разделить на 2 типовых решения: с воздушным зазором и без него. Каждое решение имеет свои осо-

бенности. С одной стороны, устройство воздушного зазора увеличивает общую толщину стены, а следовательно, и фундамента; увеличится также и длина гибких связей. С другой стороны, наличие воздушного зазора позволяет удалять влагу из несущей стены и утеплителя (минеральной ваты), в то время как в конструкции без воздушного зазора пар будет проходить и через облицовочный кирпич.

При проектировании стен с невентилируемыми воздушными прослойками следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- размер прослойки по высоте должен быть не более высоты этажа и не более 6 м, размер по толщине — не менее 40 мм (10 мм при устройстве отражательной теплоизоляции);
- воздушные прослойки следует разделять глухими диафрагмами из негорючих материалов на участки размером не более 3 м;
- воздушные прослойки рекомендуется располагать ближе к холодной стороне ограждения.

Общие принципы проектирования систем изоляции каркасных зданий

Каркасная конструкция состоит из трех основных элементов: каркаса (металлического, деревянного или железобетонного), теплоизоляции, внешней и внутренней облицовки (обшивки).

Целью проектирования каркасного здания является достижение теплового и акустического комфорта при сохранении установленных уровней пожарной, гигиенической и экологической безопасности.

В теплотехнических расчетах каркасного здания следует учитывать, что опорные элементы каркаса являются «мостиками холода». Они изготовлены из материалов (металл, бетон, дерево), теплопроводность которых существенно превышает теплопроводность теплоизоляционного материала. Именно в этих теплопроводных включениях могут возникать условия для образования «точки росы», и, как следствие, возможны промерзание конструкции, протечки и разрушения. Теплотехническая неоднородность должна учитываться в расчете эффективного сопротивления теплопередаче, которое всегда ниже, чем номинальное.

Основную функцию теплозащиты в каркасном здании выполняет теплоизоляция. Внутренняя и внешняя обшивки имеют значительно

меньшую толщину, чем теплоизоляция. Поэтому их теплопроводность не оказывает существенного влияния на суммарное сопротивление теплопередаче, а основной задачей при проектировании теплозащиты каркасного здания является выбор теплоизоляционного материала и его необходимой толщины.

Для повышения энергоэффективности конструкции каркасных зданий используют следующие технические решения:

- выбор теплоизоляции с минимальной теплопроводностью в условиях эксплуатации;
- использование стоек каркаса с редуцированным сердечником: двутавровых балок из деревянных брусков и центральной перемычкой из ОСП или легких стальных профилей с термopросечками (так называемый «термопрофиль»);
- максимально большие расстояния между стойками каркаса при сохранении несущей способности конструкции);
- дополнительные уплотнительные терморазделяющие ленты из пенополиуретана или жесткой минеральной ваты в узлах сопряжения обвязочных балок с перекрытиями или кровлей;
- смещение дверных и оконных коробок в каркасных зданиях к внутренней поверхности стены и расположение их с подветренной стороны здания;
- расположение помещений с повышенной влажностью (кухни, душевые), а также вентиляционных коробов в центре здания.

Для повышения акустического комфорта в каркасных зданиях следует уделять особое внимание исключению всех неплотностей в конструкции: щелей, трещин, сквозных отверстий. Их устраняют конструктивными мерами, заделкой герметиками и другими материалами по всей глубине щели. Каркасные панели должны крепиться друг к другу через демпфирующие прокладки в виде полос из пористой резины или другого мягкого полимерного долговечного материала.

Одной из мер по обеспечению пожарной безопасности является ограничение пожарной опасности строительных материалов, используемых в облицовке фасадов. Устанавливаемый предел огнестойкости конструкции зависит от материалов, из которых она изготовлена, а также от шага стоек каркаса и качества монтажа [46]. Помимо общих требований к огнестойкости конструкции существуют требования к кон-

струкциям отдельных категорий жилых и общественных зданий [47; 63; 64].

Для повышения энергоэффективности здания следует максимально снизить его воздухопроницаемость, т.е. устранить все возможные неплотности конструкции. Воздухопроницаемость конструкции нормируется СП 50.13330.2012 [61], а также ведомственными методическими документами в строительстве.

Воздухопроницаемость наружных стен, перекрытий и покрытий жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений должна быть не более $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, а воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен не должна превышать $1,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Герметичность каркасного здания обеспечивается паро- и гидроизоляционными материалами, а также с помощью заделки стыков в обшивке. В каркасных конструкциях особенно тщательно следует выполнять заделку щелей и зазоров между конструктивными элементами. В них должны отсутствовать повреждения: трещины, раковины, сколы. В районах с сильным ветровым давлением следует дополнительно ограничивать движение воздуха через конструкцию. Для этого существуют специальные инженерные решения (ориентация здания, заградительные посадки и пр.).

2.3. Фасадные системы зданий с каменными стенами

2.3.1. Фасадные системы наружного утепления зданий с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки

Описание системы

Системы с тонкослойной штукатуркой представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из теплоизоляции, армированного штукатурного слоя и защитно-декоративного штукатурного слоя [66]. Такие системы наиболее эффективны из-за отсутствия внутри них жестких связей, которые могут являться мостиками холода. Рассмотрим данную систему на примерах *ТН-ФАСАД Декор* и *ТН-ФАСАД Комби* (рис. 2.17, 2.18).

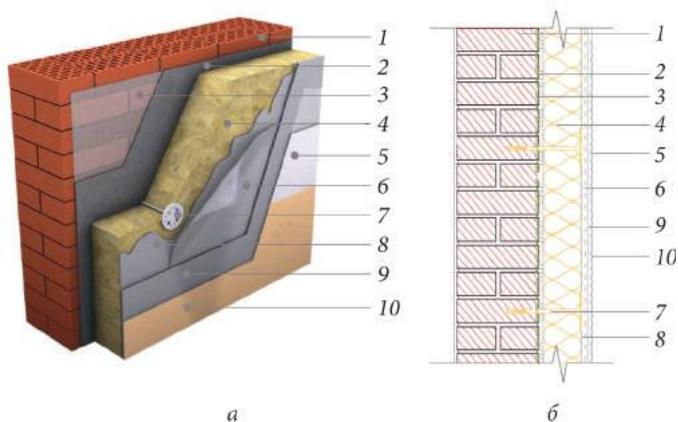


Рис. 2.17. Система *ТН-ФАСАД Декор*: *а* — общий вид; *б* — схема; 1 — несущая стена; 2 — клей для теплоизоляционных плит; 3 — упрочняющая грунтовка; 4 — минераловатный утеплитель *ТЕХНОФАС*, *ТЕХНОФАС Л*; 5 — декоративная штукатурка; 6 — стеклотканевая сетка; 7 — тарельчатый фасадный анкер; 8 — базовый армирующий слой; 9 — кварцевая грунтовка; 10 — фасадная краска (по необходимости)

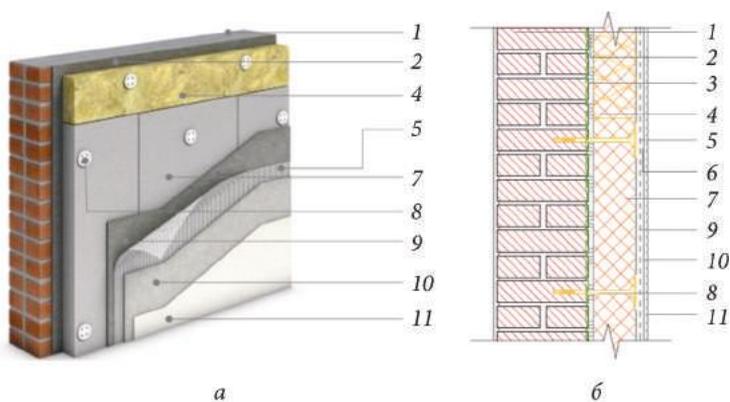


Рис. 2.18. Система *ТН-ФАСАД Комби*: *а* — общий вид; *б* — схема; 1 — несущая стена; 2 — клей для теплоизоляционных плит; 3 — упрочняющая грунтовка; 4 — противопожарные рассечки из минеральной ваты *ТЕХНОФАС*, *ТЕХНОФАС Л*; 5 — стеклотканевая сетка; 6 — декоративная штукатурка; 7 — утеплитель — плиты из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS*; 8 — тарельчатый фасадный анкер; 9 — базовый армирующий слой; 10 — кварцевая грунтовка; 11 — фасадная краска (по необходимости)

Основанием системы могут быть несущие, самонесущие стены из штучных материалов (кирпич, камни, ячеисто-бетонные и бетонные блоки плотностью не менее 800 кг/м^3 и классом по прочности не менее В2,5) и монолитного железобетона (с минимальной прочностью В15). В системе *ТН-ФАСАД Декор* в качестве теплоизоляции используются плиты или ламели из каменной ваты, например *ТЕХНОФАС*, *ТЕХНОФАС Л* (см. рис. 2.17). С помощью ламелей легко выполнить утепление криволинейных поверхностей, учитывая их высокую гибкость, расположение волокон, перпендикулярное изолируемой поверхности, и небольшую (до 200 мм) ширину.

Возможно также использовать плиты из пенополистирола *ППС16Ф* или экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* с противопожарными рассечками (система *ТН-ФАСАД Комби*). В качестве противопожарных рассечек фасада используются жесткие гидрофобизированные теплоизоляционные плиты *ТЕХНОФАС* в виде нарезки по ширине рассечки либо ламели *ТЕХНОФАС Л* (см. рис. 2.18). Для теплоизоляции цокольной части применяются плиты из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* со специальной фрезерованной поверхностью, которая обеспечивает высокое сцепление со штукатурным клеем.

По предварительно прогрунтованной поверхности ограждающей конструкции плиты приклеивают клеевой смесью к фасаду с площадью контакта не менее 40 % площади плиты, затем закрепляют тарельчатыми дюбелями. Схема крепления зависит от толщины армированного штукатурного слоя и изменяется поярусно в зависимости от высоты здания.

Армированный базовый штукатурный слой получают путем нанесения на поверхность теплоизоляции штукатурного раствора с укладкой в нее армирующей сетки и последующим выравниванием поверхности.

Защитно-декоративный штукатурный слой предохраняет конструкцию от климатических воздействий и определяет цветовое решение и фактуру фасада здания. Для устройства защитно-декоративного слоя используют минеральные штукатурные смеси (цементные, известковые или цементно-известковые), обладающие высокой паропроницаемостью. Могут применяться также полимерные штукатурные смеси, позволяющие применять их в сочетании с плитами из каменной ваты.

Для обеспечения защитных и декоративных функций применяют доборные элементы: профиль примыкания к оконным и дверным рамам, цокольный профиль, профиль деформационного шва, угловой профиль и др.

Система утепления с тонким штукатурным слоем может устраиваться в следующих типах зданий:

- в одно- и многоэтажных зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1-Ф5 [46], расположенных в районах с неагрессивной и слабоагрессивной окружающей средой [54];
- в зданиях, расположенных в районах с обычными геологическими и геофизическими условиями, а также на просадочных грунтах 1-го типа [45] и относящихся к различным ветровым районам [51] с учетом высоты, расположения и конструктивных особенностей зданий, а также типа местности;
- в зданиях, расположенных в районах с сухим, нормальным и влажным температурно-влажностными режимами [61] при температурах на поверхности декоративно-защитного слоя системы не менее -40°C и не более $+80^{\circ}\text{C}$, а также относительной влажности воздуха основных и вспомогательных помещений зданий повышенного и нормального уровней ответственности 75 % и температуре внутреннего воздуха не более 30°C .

Фасады с отделочным штукатурным слоем на минераловатном базальтовом утеплителе являются негорючими, поэтому никаких ограничений по пожарной опасности такие системы не имеют и могут применяться в зданиях всех степеней огнестойкости [46].

Фасады с отделочным штукатурным слоем на утеплителе из пенополистирола разрешены к применению на зданиях высотой до 75 м всех степеней огнестойкости и всех классов конструктивной и функциональной пожарной опасности, кроме классов функциональной пожарной опасности Ф1.1 (детские дошкольные учреждения, специализированные дома престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса школ-интернатов и детских учреждений) и Ф4.1 (школы, внешкольные учебные заведения, средние специальные учебные заведения, профессионально-технические училища) [46].

Кроме того, для фасадных систем с утеплителем из пенополистирола имеются дополнительные противопожарные требования: использова-

ние только пенополистирола с антипиренами (марки ППС15Ф, ППС16Ф, ППС20Ф); выполнение при монтаже специальных *противопожарных расщечек* из негорючей базальтовой минеральной ваты, которые препятствуют распространению огня внутри утеплителя. Такие расщечки устанавливаются в виде обрамления вокруг оконных, дверных блоков, а также в виде межэтажных, стартовых и финишных прокладок.

Особенности проектирования фасадных систем с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки

Конструкцию системы утепления с тонким штукатурным слоем необходимо проектировать с учетом совместного действия статической нагрузки от собственного веса системы и ветровых нагрузок, а также изменения температуры в годовом и суточном циклах при обеспечении свободы температурных деформаций и сохранении прочностных и теплотехнических свойств системы.

Проектирование системы должно выполняться в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 [61]:

- по сопротивлению теплопередаче ограждающей конструкции;
- по теплоустойчивости ограждающей конструкции;
- по паропроницаемости ограждающей конструкции.

Требуемое сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции принимают исходя из следующих условий:

- недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;
- ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Правила монтажа фасадных систем наружного утепления зданий с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки

- *Подготовка поверхности стен*

Перед началом работ следует металлическими щетками провести механическую очистку поверхности стен от пыли и грязи. В случае с бетонными стенами нужно удалить подтеки бетона и цементного молочка. Затем необходимо выровнять поверхность, заделать трещины, раковины, впадины и выемки полимерцементным раствором М100,

М150. При выполнении ремонтно-восстановительных работ следует удалить старую штукатурку или плитку и оштукатурить поверхность цементно-песчаным раствором М100. На подготовленную поверхность нанести грунтовочный состав.

- *Монтаж первого ряда утеплителя*
А. *С применением цокольных планок*

Строго по линии разметки устанавливается опорный цокольный профиль. Крепление планок осуществляется анкерами или дюбелями (рис. 2.19). В местах крепления цокольных планок неровности стены компенсируются пластмассовыми подкладками (с шагом крепления не более 300 мм). Соединение планок производят без нахлестов с помощью специальных прокладок. На углах здания используют угловые цокольные планки (рис. 2.20).

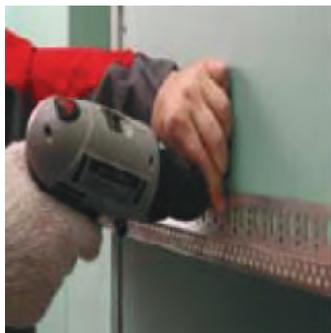


Рис. 2.19. Крепление цокольных планок

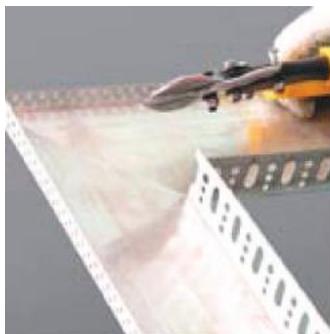


Рис. 2.20. Угловая цокольная планка

Б. Без применения цокольных планок (на брусках)

Вместо цокольного профиля по нижней границе утепления можно использовать временную опору — брусок, вдоль которого на стену сплошной полосой наносится клеевая масса на высоту 150 мм. Затем в клеевую массу вдавливают полосы армирующей стеклосетки (шириной 500 мм) с нахлестом 100 мм, оставляя свободную часть сетки (шириной 300—500 мм) свисающей под бруском (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Вдавливание полосы армирующей стеклосетки в клеевую массу

После установки цокольных планок минераловатные плиты нарезаются полосами по 300 мм. На каждую полосу сплошным слоем наносится специальный клеевой состав для минераловатных плит с помощью зубчатого шпателя, и утеплитель приклеивается к стене (рис. 2.22). В случае использования опорных брусков свободная часть сетки заворачивается и крепится на утеплитель при формировании базового штукатурного слоя. (После окончания монтажа плит временная опора удаляется.)



Рис. 2.22. Нанесение клеевого состава на минераловатную плиту зубчатым шпателем

Затем через полосу утеплителя просверливается отверстие в стене и устанавливается дюбель (количество дюбелей составляет 3 шт. на одну полосу, расстояние от края полосы до дюбеля 100 мм и между дюбеля-

ми — не более 400 мм). Через сутки дюбели добивают металлическими гвоздями (рис. 2.23). Швы между полосами минераловатной плиты заделывают обрезками утеплителя.



Рис. 2.23. Установка дюбелей: а — подготовка отверстия под дюбель; б — установка дюбеля в отверстие и добивание молотком

- *Установка типового ряда утеплителя из минеральной ваты*

В целях увеличения адгезии проводится обязательная подготовка поверхности утеплителя. Перед нанесением основного слоя на минераловатную плиту наносится слой клеевого состава, который вдавливаются и растирается ровным краем стальной терки по всей поверхности. Нанесение клеевого состава осуществляется сплошным или точечным методом.

Сплошной метод нанесения клеевых смесей применяется для приклеивания плит и ламелей, если основание имеет неровности до 3 мм. Основной слой клеевого состава наносится на всю поверхность предварительно подготовленной плиты (с отступом от края на 20—30 мм) стальной зубчатой теркой с размером зубцов 10—12 мм.

Точечный метод нанесения клеевых смесей применяется для приклеивания плит, если основание имеет неровности свыше 3 мм. Полоса клея, наносимого по контуру плиты, должна иметь разрывы, чтобы исключить образование воздушных пробок, при этом при приклеивании клей должен сойтись для предотвращения циркуляции воздуха под утеплителем. Площадь адгезионного контакта должна составлять $\geq 40\%$ площади монтажной поверхности.

Далее минераловатные плиты приклеивают к стене с перевязкой относительно нижнего ряда утеплителя. Приклеивание минераловатных плит должно начинаться от угла здания и от проемов и сходиться на сплошной стене (между проемами или углами). Затем через плиту утеплителя в стене просверливаются отверстия и устанавливаются дюбели (количество дюбелей составляет 4 шт. на 1 м² или в соответствии с проектом в зависимости от этажности здания и вида основания). Через сутки в дюбели забивают металлические гвозди или болты. Швы между плитами утеплителя заделываются обрезками утеплителя. Схемы расположения дюбелей для крепления плит из каменной ваты и ламелей приведены на рис. 2.24.

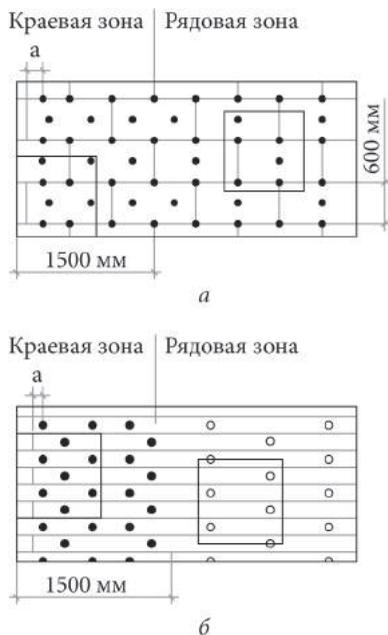


Рис. 2.24. Схема расположения дюбелей: а — для плит из каменной ваты; б — для ламелей

- *Установка утеплителя из минеральной ваты вокруг оконных и дверных проемов*

Утепление оконных и дверных проемов осуществляется в следующей последовательности. Сначала нарезается угловая армирующая сетка по-

лосами шириной 500 мм. Клеевой состав наносится на стену по периметру проема сплошной полосой шириной 150 мм. Затем в клеевой состав вдавливаются полосы угловой армирующей сетки (шириной 500 мм) с нахлестом 100 мм. На полосы минеральной ваты (шириной 200 мм) зубчатым шпателем наносится клеевой состав сплошным слоем. По периметру окна устанавливают полосы из минераловатной плиты. Далее утеплитель закрепляется дюбелями по той же технологии, что и утеплители типового ряда. Расстояние от края полосы до дюбеля не менее 100 мм (рис. 2.25).

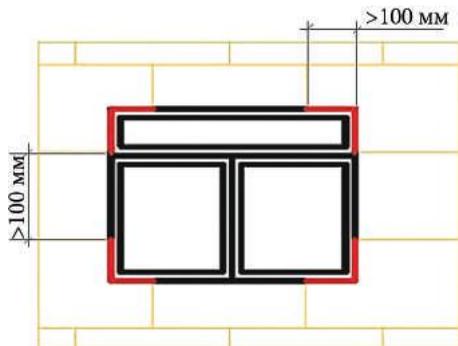


Рис. 2.25. Расположение минераловатного утеплителя в углах проемов

- *Установка типового ряда утеплителя из пенополистирола*

На плиту из пенополистирола наносят клеевой состав сплошным или точечным способом. Затем приклеивают к стене с перевязкой на $1/2$ плиты относительно нижнего ряда утеплителя. Дюбелирование и заделку швов производят таким же образом, как и в случае монтажа минераловатных плит.

- *Устройство противопожарных рассечек из минеральной ваты между этажами*

На полосы минераловатной плиты (шириной 200 мм) наносят клеевой состав зубчатым шпателем. Затем утеплитель приклеивают к стене на уровне верхнего откоса окна каждого этажа сплошной полосой. Дюбелирование и заделку швов производят таким же образом, как и в случае монтажа минераловатных плит.

- *Установка противопожарных рассечек из минеральной ваты вокруг оконных и дверных проемов* проводится в соответствии со схемами, приведенными на рис. 2.26, 2.27.

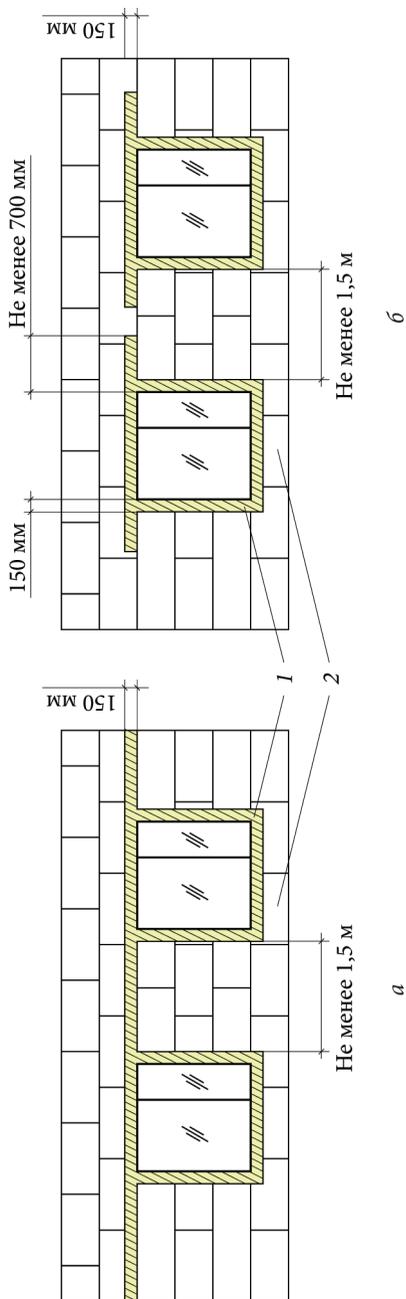


Рис. 2.26. Устройство противопожарных расщек вокруг оконных проемов: *a* — расстояние между окнами менее 1,5 м; *б* — расстояние между окнами более 1,5 м; 1 — противопожарные расчески из минеральной ваты ТЕХНОФАС, ТЕХНОФАС Л; 2 — плиты из пенополистирола ППС16Ф или из экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS

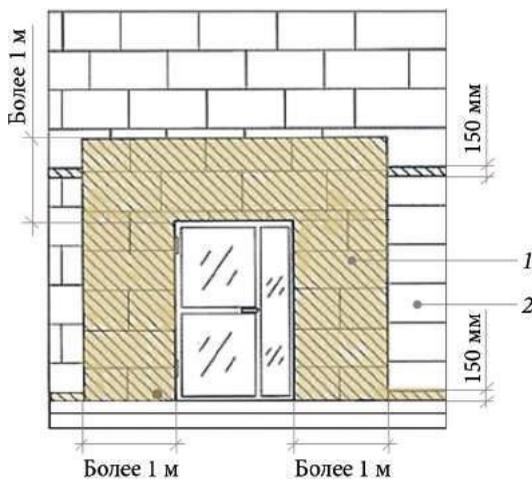


Рис. 2.27. Устройство противопожарных рассечек вокруг дверного проема:
 1 — противопожарные рассечки из минеральной ваты *ТЕХНОФАС*, *ТЕХНОФАС Л*;
 2 — плиты из пенополистирола *ППС16Ф* или из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS*

- *Устройство температурно-деформационных швов*

В местах примыкания системы утепления к бетонным, кирпичным и прочим конструкциям здания необходимо выполнять температурно-деформационный шов между ними и торцом утеплителя. Для этого на стену наносят клеевой состав сплошной полосой шириной 150 мм вдоль границы примыкания, отступив на 20 мм от конструкции здания. В состав вдавливаются армирующая угловая сетка с нахлестом полос 100 мм.

Далее укладывают утеплитель по описанной выше схеме.

- *Завершение работ по монтажу теплоизоляции*

После монтажа теплоизоляционных плит надо тщательно проверить плоскость на наличие щелей. В случае обнаружения их необходимо заполнить полосами из теплоизоляционного материала, вырезанными в соответствии с размерами щелей (рис. 2.28). Необходимо также проверить плоскость утеплителя на наличие выпуклостей при по-



Рис. 2.28. Заполнение щелей полосами из утеплителя

мощи длинного уровня или рейки. Все неровности следует шлифовать специальной абразивной теркой.

- *Усиление элементов фасада*

Внутренние напряжения, которые могут образоваться в результате расширения и усадки фасадных слоев, могут привести к появлению косых трещин на плоскости стены по направлению от краев проемов к наружной стороне. Поэтому необходимо усилить внешние вертикальные и горизонтальные углы здания, углы оконных и дверных проемов. Для предотвращения появления таких трещин применяют алюминиевый уголок, который приклеивается на утеплитель по углам здания, оконным и дверным проемам, деформационным швам, и угловую армирующую сетку (рис. 2.29).



Рис. 2.29. Армирование углов

- *Устройство базового штукатурного слоя*

На плоскость плит утеплителя наносится клеевой состав, в который затем вдавливаются армирующая щелочестойкая стеклосетка с нахлестом полотен 100 мм на вертикальных и горизонтальных стыках (рис. 2.30). Излишки клеевой массы снимают. На высохшую поверхность армирующего слоя шпателем или щеткой наносят клеевую массу для выравнивания, полностью укрывая армирующую сетку и создавая гладкую поверхность. После высыхания выравнивающего слоя неровности зачищают наждачной бумагой.



Рис. 2.30. Нанесение армирующей сетки на утеплитель

- *Устройство декоративного слоя*

Оштукатуренную поверхность очищают от пыли, а затем с помощью валика, краскопульты или окрасочного пистолета на всю поверхность наносят сначала грунтовочный состав в один слой, а затем окрасочный состав за два раза с укрытием всей загрунтованной поверхности. В системе с утеплителем из минеральной ваты недопустимо применять акриловые декоративные штукатурки, так как они имеют низкую паро-

проницаемость. Их сфера применения ограничена системой с утеплителем из пенополистирола.

- *Герметизация швов между системой утепления и конструкциями здания*

Зазоры между системой утепления и конструкциями здания заполняются уплотнительным шнуром «Вилатерм» по всей длине шва и заделываются герметиком.

2.3.2. Фасадные системы наружного утепления зданий с отделочным слоем из толстослойной штукатурки

Описание системы

В систему утепления с толстым штукатурным слоем входят слой теплоизоляции и армированный базовый штукатурный слой. Особенностью данной системы является раздельная работа стены основания, теплоизоляционного слоя и базового слоя, армированного стальной сеткой. Передача нагрузки через шарнирные плавающие анкеры позволяет компенсировать температурные и механические деформации штукатурных слоев системы и снизить их воздействие на основание. Рассмотрим аналогичную систему *ТН-ФАСАД Классик* (рис. 2.31).

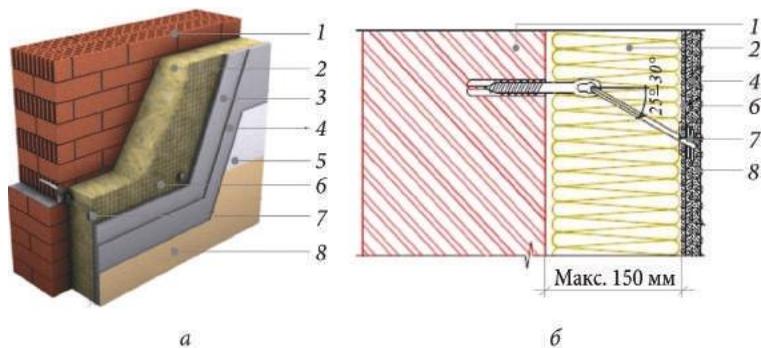


Рис. 2.31. Система *ТН-ФАСАД Классик*: а — общий вид; б — схема; 1 — несущая стена; 2 — утеплитель: минераловатные плиты *ТЕХНОФАС ЭКСТРА* или плиты из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS*; 3 — грунтующий слой; 4 — выравнивающий слой; 5 — декоративная штукатурка; 6 — стальная сетка; 7 — стальной анкерный крепеж; 8 — фасадная краска (по необходимости)

Утеплитель из минераловатных плит *ТЕХНОФАС ЭКСТРА* или плит из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO FAS* монтируют путем накалывания на подвижную часть стержней-крюков. Армированный базовый штукатурный слой толщиной от 20 до 40 мм после полного затвердевания в соответствии с проектом прорезают на всю толщину горизонтальными и вертикальными швами шириной 6 мм с шагом не более 15 м. Крайний вертикальный шов должен располагаться не ближе 150 мм от угла фасада здания. Горизонтальные швы заделывают отверждающейся мастикой (силиконовой или тиоколовой).

Защитно-декоративный штукатурный слой предохраняет конструкцию от климатических воздействий и определяет цветовой решение и фактуру фасада здания. Для устройства защитно-декоративного слоя используют минеральные штукатурные смеси (цементные, известковые или цементно-известковые), обладающие высокой паропроницаемостью, а также полимерные штукатурные составы, позволяющие применять их в сочетании с плитами из каменной ваты.

Класс пожарной опасности системы — К0 по СНиП 21-01—97* [46], предел распространения огня равен нулю.

Система является механически безопасной, что обеспечивается применением теплоизоляционных, штукатурных и отделочных материалов с соответствующими физико-механическими характеристиками, а также анкеров в соответствии с требованием расчета на совместное действие статических и пульсирующих (знакопеременных) нагрузок [51].

Требования по тепловой защите, которые предъявляются к системе, обеспечиваются за счет применения утеплителей, имеющих соответствующие теплотехнические показатели. Толщина теплоизоляционного слоя определяется расчетом.

Систему утепления с толстым штукатурным слоем можно устраивать на тех же типах зданий, что и с тонким штукатурным слоем (см. предыдущий раздел).

Требования к проектированию фасадных систем с отделочным слоем из толстослойной штукатурки аналогичны требованиям, предъявляемым при проектировании фасадных систем с тонким штукатурным слоем (см. предыдущий раздел).

Правила монтажа фасадных систем наружного утепления зданий с отделочным слоем из толстослойной штукатурки

• Подготовка поверхности стен осуществляется так же, как и при монтаже системы с тонкослойной штукатуркой.

• Начало монтажа системы — установка крепежных элементов



Рис. 2.32. Разметка стены

Стену при помощи цветного шнура делят на квадраты со стороной 500 мм, начиная от угла и учитывая, что первая линия проводится на расстоянии 100—150 мм от угла. В местах пересечения линий, где будут сверлиться отверстия крепежа, делают отчетливые отметки (рис. 2.32).

Вокруг оконных и дверных проемов места сверления отверстий под крепеж отмечают отдельно специальным мелком. Отметки делают на расстоянии 100—150 мм от краев проема. При сверлении отверстий в отмеченных местах учитывают глубину сверления для крепежных дюбелей (рис. 2.33).

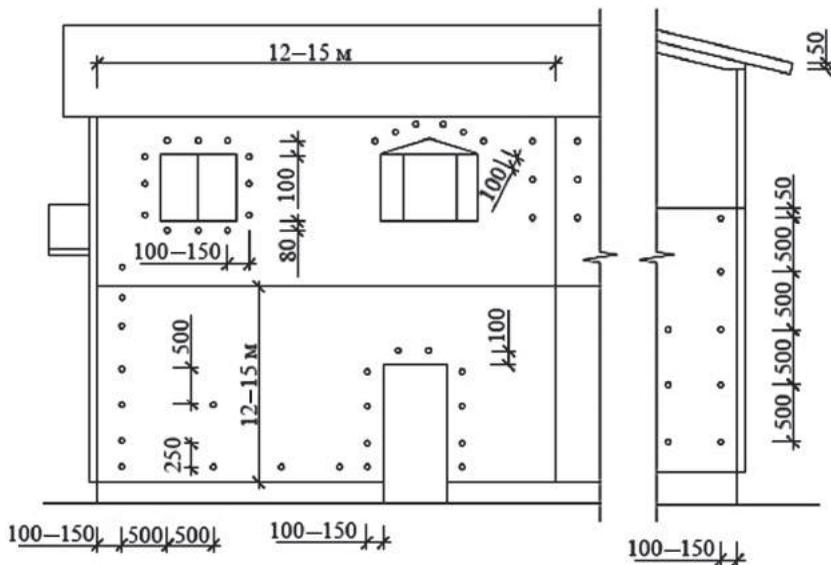


Рис. 2.33. Схема установки крепежных изделий в плоскости стены

По отметкам устанавливаются скобы, которые крепятся к стене при помощи крепежных дюбелей (рис. 2.34). В скобу вставляется маятниковый рычаг, который фиксируется в верхнем положении под углом 90° для легкого монтажа теплоизоляционных плит *ТЕХНОФАС ЭКСТРА*.

- *Установка теплоизоляционных плит*

На установленные в верхнем положении маятниковые рычаги накладываются теплоизоляционные плиты снизу вверх, вплотную друг к другу с перевязкой швов (рис. 2.35). На стене можно монтировать только целые плиты, а на углах здания — целые и половинные плиты соединением встык. Не допускается установка влажных или поврежденных плит.

Установленную теплоизоляционную плиту *ТЕХНОФАС ЭКСТРА* закрепляют с помощью круглого блокировочного элемента, удерживающего теплоизоляцию на месте, и делают в ней разрез под углом $25\text{—}45^\circ$ (в зависимости от крепежа). Маятниковый рычаг перемещается в нижнее положение, что позволяет равномерно распределить нагрузку на крепеж.

- *Установка штукатурной сетки*

Перед установкой стальной оцинкованной сетки необходимо убедиться в том, что все маятниковые рычаги, являющиеся составной частью крепежного изделия, выведены из блокировочного положения и установлены под заданным углом $25\text{—}45^\circ$ (в зависимости от типа крепежа).

Сетку натягивают полосами, равными ширине рулона, раскручивая рулон сверху вниз, с нахлестом не менее 50 мм и фиксируют блокировочными шпильками (рис. 2.36).

Откосы дверных, оконных и других проемов обтягиваются кусками сетки согласно строительному проекту. Углы проемов усиливаются полосками сетки размером 300×500 мм, которые закрепляются блокировочными шпильками к первому слою сетки (рис. 2.37).



Рис. 2.34. Крепежный элемент



Рис. 2.35. Монтаж теплоизоляционных плит



Рис. 2.36. Монтаж сетки

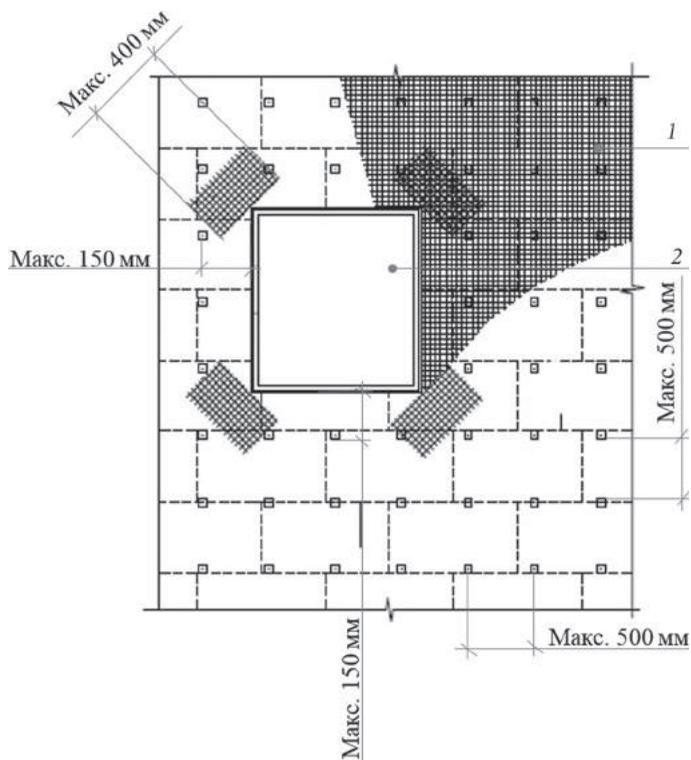


Рис. 2.37. Схема установки теплоизоляционных плит, крепежных элементов и армирующей сетки: 1 — штукатурная сетка по всей поверхности минераловатных плит; 2 — угол здания

- *Устройство первого (грунтующего) штукатурного слоя*

Температура воздуха и основания во время проведения штукатурных работ и в течение 3 сут после их выполнения должна составлять не менее +5 °С.

Первый слой служит каркасом конструкции, которая армируется штукатурной сеткой. Сетку покрывают раствором с обеих сторон. Расход раствора для первого слоя составляет 15—20 кг/м².

Штукатурный раствор наносят механически (растворонасосом) или вручную стальным шпателем, придавливая его к сетке и теплоизоляции. При необходимости сетку оттягивают от минераловатной плиты так, чтобы штукатурный раствор покрывал ее с обеих сторон полностью. После механического нанесения штукатурный раствор разглаживается правилом (рис. 2.38).

Поверхность стены после нанесения первого штукатурного слоя необходимо поддерживать влажной в течение времени схватывания (1—3 сут в зависимости от температуры и влажности воздуха).



Рис. 2.38. Устройство грунтующего слоя

- *Устройство второго (выравнивающего) штукатурного слоя*

Второй штукатурный слой выравнивает конструкцию стены и создает основу для нанесения защитно-декоративного слоя. Расход раствора для второго слоя составляет 15—20 кг/м².

Перед нанесением второго слоя первый слой следует увлажнять за 1—2 ч до начала работ. Второй слой можно наносить вручную или механически, плотно прижимая к основе. Толщина второго слоя составляет 10—12 мм. Нанесенный слой раствора разравнивают правилом в соответствии с отметками на маяках (рис. 2.39). В сухую и теплую погоду оштукатуренные поверхности дополнительно увлажняют.



Рис. 2.39. Устройство выравнивающего слоя

- *Устройство декоративно-защитного слоя*

Перед нанесением защитно-декоративной штукатурки поверхность должна полностью просохнуть (не менее 3—5 дней, в зависимости от погодных условий). За 12—24 ч до нанесения штукатурки поверхность покрывается грунтовкой. Декоративно-защитную штукатурку наносят слоем в размер зерна и сразу растирают круговыми движениями (рис. 2.40).



Рис. 2.40. Устройство декоративно-защитного слоя

- *Устройство деформационных швов*

В процессе монтажа всей многослойной теплоизолирующей системы необходимо сохранять деформационные швы корпуса здания. Через каждые 12—15 м выполняются деформационные швы системы. Нарезку деформационных швов производят диском, пригодным для резки каменных материалов, или алмазным диском. Диск должен прорезать насквозь все штукатурные слои и сетку (рис. 2.41).



Рис. 2.41. Устройство деформационных швов

2.3.3. Навесные фасадные системы наружного утепления зданий с воздушным зазором

Описание системы

Навесные фасадные системы (НФС) представляют собой многослойные конструкции, общими конструктивными элементами которых являются: кронштейны (несущие и опорные), направляющие, теплоизоляционный слой, воздушный зазор, наружная облицовка, крепежные элементы, элементы примыкания системы к конструкциям здания [66].

Отличительная особенность НФС заключается в том, что конструкция имеет защитный экран от атмосферных осадков, отделенный от системы вентилируемым зазором. За счет этого теплоизоляционный слой всегда поддерживается в сухом состоянии, и фасад в целом не подвергается разрушительному воздействию замораживания — оттаивания. Воздушный зазор между слоем теплоизоляции и облицовкой выполняется размером 40—60 мм.

На рис. 2.42 представлена навесная фасадная система *ТН-ФАСАД Вент.*

Конструкции НФС различаются:

- материалом несущих элементов;

- конструктивной схемой (вертикальное, горизонтальное или вертикально-горизонтальное положение);
- способом крепления направляющих и кронштейнов между собой;
- материалом и видом облицовки (плиты из натурального камня, керамогранита, керамики, фиброцемента; металлические и полимерные (виниловые) панели и др.);
- способом крепления элементов облицовки к направляющим.

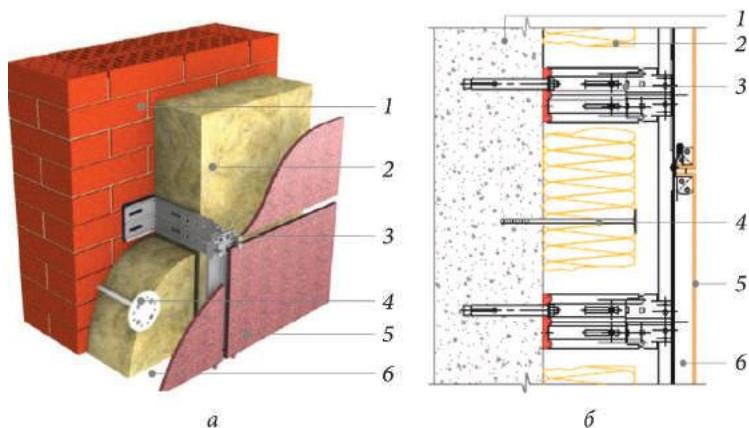


Рис. 2.42. Навесная фасадная система ТН-ФАСАД Вент: а — общий вид; б — схема; 1 — несущая стена; 2 — утеплитель: минераловатные плиты ТЕХНОВЕНТ; 3 — несущая подсистема; 4 — тарельчатый фасадный анкер; 5 — облицовочные панели; 6 — вентилируемый зазор

Материалами для элементов подконструкции могут служить коррозионно-стойкие и низколегированные стали, а также алюминиевые сплавы.

Соблюдение требований по тепловой защите и необходимому температурно-влажностному режиму стены обеспечивается применением теплоизоляции различной толщины с соответствующими физико-техническими характеристиками, конструктивными мерами по защите теплоизоляционного материала от внешних воздействий и устройством вентилируемого воздушного зазора.

Теплоизоляционный слой должен обладать низкой теплопроводностью, высокой проницаемостью, долговечностью, неагрессивностью к металлическим элементам системы; относиться к группе негорючих ма-

териалов. Теплоизоляция может устанавливаться в один или два слоя. При однослойном утеплении и во внешнем слое при двухслойном утеплении используются плиты из каменной ваты *ТЕХНОВЕНТ*. Плиты из каменной ваты *ТЕХНОВЕНТ Н* и *ТЕХНОБЛОК* (см. раздел 2.1.3) предназначены для использования в качестве внутреннего теплоизоляционного слоя при выполнении двухслойной теплоизоляции, что сокращает материалоемкость и снижает стоимость. В случае двухслойного утепления следует обеспечивать перекрытие швов внешнего и внутреннего слоев.

Механическое крепление облицовочного слоя позволяет легко менять плиты или панели на новые при их повреждении. Благодаря отсутствию «мокрых» процессов монтажные работы не ограничены сезонностью.

Навесные системы с воздушным зазором применяются на строящихся и реконструируемых зданиях разных конструктивных систем высотой до 75 м различных уровней ответственности в следующих районах и местах строительства:

- относящихся к различным ветровым районам по СП 20.13330.2011 [51] с учетом расположения, высоты и конструктивных особенностей возводимых зданий и сооружений, а также типа местности;
- с обычными геологическими и геофизическими условиями;
- с различными температурно-климатическими условиями по СП 131.13330.2012 [48] в сухой, нормальной и влажной зонах по СП 50.13330.2012 [61];
- с неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной окружающей средой по СП 28.13330.2012 [54].

Особенности проектирования навесных фасадных систем

При проектировании НФС необходимо учитывать:

- совместное действие статической нагрузки от собственного веса систем с учетом возможного обледенения и ветровых нагрузок;
- изменение температуры в годовом и суточном циклах при обеспечении свободы температурных деформаций и сохранении прочностных и теплотехнических свойств системы.

В процессе проектирования НФС в общем случае должны быть произведены:

- расчет механической прочности конструкций на все виды нагрузок и воздействий с учетом их работы в системе здания [51];
- теплотехнический расчет (при выполнении теплотехнического расчета НФС термическое сопротивление наружной облицовки и воздушного зазора не учитывается) [61];
- оценка коррозионной стойкости элементов металлического каркаса [54];
- оценка соответствия конструкций требованиям пожарной безопасности [46].

Расчеты следует выполнять для всех участков НФС с учетом их конструктивных различий.

Расчеты механической прочности конструкций должны включать проверку прочности и деформаций следующих элементов НФС: вертикальных и/или горизонтальных направляющих; соединений элементов каркаса НФС между собой; креплений к несущим конструкциям здания; креплений элементов облицовки к каркасу НФС.

Правила монтажа навесных фасадных систем наружного утепления зданий с воздушным зазором

- *Подготовка поверхности*

Перед началом монтажа фасадных материалов необходимо произвести демонтаж водостоков, антенн, вывесок и т.п. и очистить стену от отслоившейся штукатурки.

- *Установка кронштейнов*

Кронштейны являются опорной конструкцией всего вентилируемого фасада в целом — от надежности и качества их установки в полной мере зависит срок службы фасада здания. Их устанавливают по заранее выполненной разметке согласно шагу кронштейнов в соответствии с проектной документацией. Конструкция несущего каркаса позволяет исправить неровности стены при помощи подбора кронштейнов по длине и перемещением вертикальных профилей вне зависимости от положения кронштейнов по горизонтали.

Кронштейн имеет подвижную вставку, позволяющую регулировать установку направляющих в заданной плоскости. Размер кронштейна определяется в зависимости от толщины утеплителя и неровности стены (длина подвижной вставки составляет от 50 до 270 мм). Шаг крон-

штейнов по горизонтали рекомендуется принимать равным не менее 600 мм, а по вертикали — не менее 1200 мм; расстояние от края стены — не менее 100 мм. Кронштейны крепятся к несущей части стены с помощью анкерных дюбелей, число которых определяется расчетом, исходя из размеров и веса конструкции. Нижний кронштейн крепится на расстоянии 500—600 мм от уровня земли. Чтобы исключить возможность возникновения «мостиков холода» между металлом и стеной устанавливают специальные прокладки (чаще всего из паронита или пластика) (рис. 2.43).

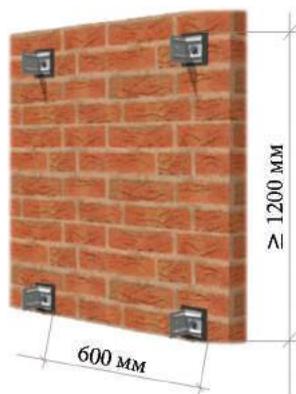


Рис. 2.43. Установка кронштейнов

- *Монтаж теплоизоляции и ветрозащиты вентилируемого фасада*

Плиты утеплителя устанавливаются плотно друг к другу без пустот в швах. Каждый слой утеплителя закрепляется тарельчатыми дюбелями. Схема дюбелирования НФС зависит от толщины утеплителя, вида и размера облицовки. Пример схемы дюбелирования приведен на рис. 2.44.

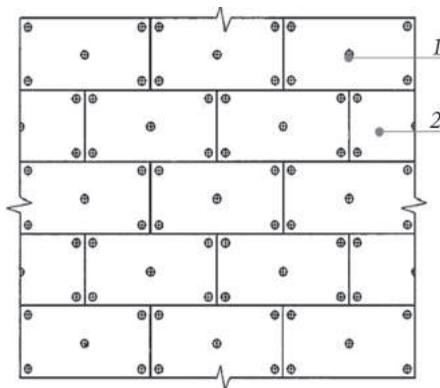


Рис. 2.44. Схема дюбелирования: 1 — тарельчатый дюбель; 2 — плита утеплителя

В зонах повышенной ветровой нагрузки (углы здания, парапеты) теплоизоляционный слой дополнительно защищают паропроницаемой ветрозащитной пленкой с перехлестом 100 мм (например супердиффу-

зионной мембраной ТехноНИКОЛЬ). При использовании минераловатных плит ТЕХНОВЕНТ система не требует применения ветрозащитных пленок в рядовых зонах фасада.

Крепление осуществляется тарельчатыми дюбелями (5—7 шт. на 1 м^2) (рис. 2.45). В случае установки двух слоев утеплителя сначала производится крепление первого слоя, а затем второго.



Рис. 2.45. Монтаж теплоизоляционных плит

- *Установка направляющих*

На установленные кронштейны после закрепления теплоизоляционных плит монтируются несущие профили (направляющие).

Металлические направляющие служат для крепления облицовочных материалов и совместно с кронштейнами дают возможность монтажа плит в соответствии с горизонтальным и вертикальным уровнями. При соблюдении воздушного зазора направляющие устанавливаются в двух направлениях — сначала монтируются горизонтальные профили и уже к ним крепятся вертикальные, непосредственно к которым фиксируют облицовочные плиты.

Стандартная длина направляющей составляет 3000 мм. Направляющие имеют Т- и Г-образный профили и закрепляются к кронштейнам двумя вытяжными заклепками диаметром 8 мм. При этом свободный конец направляющей от места закрепления к кронштейну не должен превышать 300 мм. Стык направляющих по вертикали осуществляется с помощью вставок. При этом между направляющими предусматривается зазор в 8—10 мм.

- *Монтаж облицовки вентилируемого фасада*

На установленные элементы подконструкции крепятся плиты наружной облицовки. Для крепления облицовочных материалов используются кляммеры, заклепки, винты, скобы, самораспорные винты, шины.

При креплении облицовочных плит из керамогранита кляммеры, располагаемые с шагом, соответствующим размеру облицовочных плит, крепят к направляющим на заклепках. При этом конструкция кляммера определяет величину горизонтального зазора между плитами облицовки, равную 4 мм. Вертикальный зазор между плитами также принимается равным 4 мм.

При скрытом креплении на плитах облицовки предусматриваются опорные элементы для их навески на горизонтальные направляющие. Опорный элемент крепится посредством самозапирающейся втулки, которая вставляется в предварительно рассверленное в плите отверстие. Фиксация плит в проектном положении обеспечивается по вертикали регулировочным винтом опорного элемента, а по горизонтали — посредством свободного перемещения опорного элемента вдоль горизонтальной направляющей (рис. 2.46).

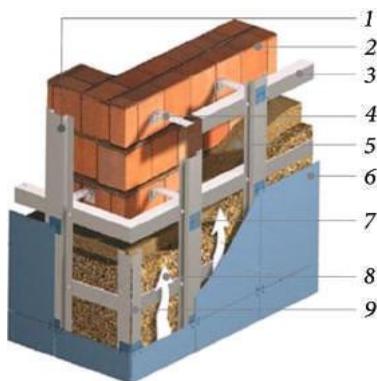


Рис. 2.46. Монтаж фасадных панелей: 1 — профиль вертикальный; 2 — несущая стена; 3 — профиль горизонтальный; 4 — кронштейн; 5 — утеплитель; 6 — облицовочные плиты из керамогранита; 7 — кляммер; 8 — поток воздуха; 9 — профиль вертикальный промежуточный

2.3.4. Фасадные системы наружного утепления зданий с облицовкой из кирпича

Описание системы

Система утепления с облицовкой из кирпича представляет собой многослойную конструкцию для отделки наружных стен, в состав которой входят следующие элементы: внутренний слой, выполненный из штучных материалов или монолитного железобетона, теплоизоляция, воздушный зазор и наружный лицевой слой из кирпича. Рассмотрим данную систему на примере системы слоистой кладки *ТН-ФАСАД Стандарт* (рис. 2.47).

Система обладает высоким уровнем стабильности климата внутренних помещений и является вентилируемой, что позволяет не перегреваться в теплый период года и не накапливать конденсат в утеплителе в холодный период года.

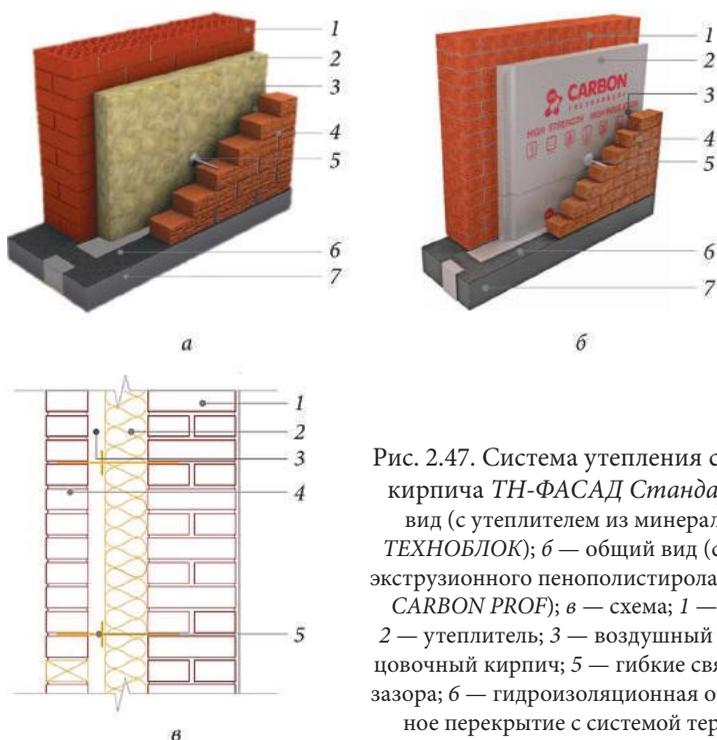


Рис. 2.47. Система утепления с облицовкой из кирпича *ТН-ФАСАД Стандарт*: а — общий вид (с утеплителем из минераловатных плит *ТЕХНОБЛОК*); б — общий вид (с утеплителем из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*); в — схема; 1 — несущая стена; 2 — утеплитель; 3 — воздушный зазор; 4 — облицовочный кирпич; 5 — гибкие связи с фиксатором зазора; б — гидроизоляционная отсечка; 7 — опорное перекрытие с системой термовкладышей

Фасадная система *ТН-ФАСАД Стандарт* применяется в качестве самонесущей ограждающей конструкции монолитно-каркасных зданий. При многоэтажном строительстве система опирается на межэтажное перекрытие. Для предупреждения образования сплошного «мостика холода» в перекрытие при монолитных работах вставляются *термовкладыши* из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300*.

В малоэтажном строительстве (высотой до 9 м) систему можно возводить как несущий элемент здания. В таком случае перекрытия опираются на внутреннюю часть стены, наружная кладка возводится непрерывно на высоту здания, а в системе термовкладышей отпадает необходимость.

В качестве материала внутренней несущей стены могут быть использованы блоки из ячеистого бетона (плотностью не менее 600 кг/м^3), кирпич или монолитный железобетон.

Для устройства облицовочного слоя могут применяться кирпич или камни керамические лицевые пластического формования [28], а также силикатный кирпич [27]. При облицовке силикатным кирпичом цоколь, пояса, парапеты и карниз выполняют из керамического кирпича. Кирпичная облицовка стен перевязана с внутренним слоем из кирпича или ячеисто-бетонных блоков тычковым рядом (в каждом 4—6-м ряду), выполняющим роль жесткой связи.

Теплозащиту в слоистой кладке обеспечивает слой эффективной теплоизоляции — теплоизоляционные плиты *ТЕХНОБЛОК*, обладающие хорошей паропроницаемостью и жесткостью (см. рис. 2.47, а). Возможно также применение утеплителя из экструзионного пенополистирола *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF* (см. рис. 2.47, а) (см. раздел 2.1.3).

В случае устройства системы с воздушным зазором шириной 10—20 мм для его вентиляции устраиваются продухи (отверстия) в нижней и верхней частях стены для поддержания требуемого тепловлажностного режима внутри конструкции. Размер таких отверстий принимается из расчета 75 см на 20 м поверхности стены. Для устройства продуха используют либо пустотелый кирпич, положенный на ребро, либо специальные вентиляционные коробки.

Для предотвращения обрушения наружного облицовочного слоя его соединяют с внутренней кладкой гибкими связями (поперечными стержнями) из низкоуглеродистой холоднотянутой стали в виде прово-

локи [32]. Также возможно применение гибких связей из базальтопластика. Этот элемент дополнительно поддерживает утеплитель в проектном положении (рис. 2.48). Шаг связей по горизонтали составляет 500 мм, по вертикали — через каждые 8 рядов кладки. Антикоррозионная защита гибких связей выполняется методом цинкования толщиной не менее 40 мкм.

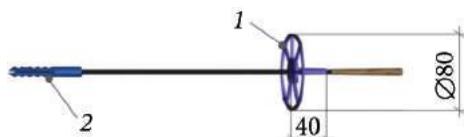


Рис. 2.48. Гибкие связи с фиксатором зазора: 1 — гильза; 2 — фиксатор для утеплителя и создания воздушного зазора

При реконструкции кирпичная облицовка связывается с существующей кладкой с помощью кронштейнов, закрепленных на дюбелях.

Для компенсации температурных колебаний в облицовочном слое следует устраивать горизонтальные и вертикальные температурно-деформационные швы. Горизонтальные температурно-деформационные швы толщиной не менее 30 мм следует располагать по всей толщине стены в уровне перекрытия. Расстояние между вертикальными температурно-деформационными швами в наружном облицовочном слое следует принимать в зависимости от расположения наружных стен относительно сторон света: для северной — 12—14, западной — 7—8, южной — 8—9, восточной — 10—12 м.

Парапеты, пояса, подоконники и т.п. должны иметь надежные сливы из оцинкованной стали, которые обеспечивают отвод атмосферной влаги и исключают возможность ее сбегания непосредственно по стене. Все открытые поверхности стальных элементов, выходящих на фасад, и анкера, устанавливаемые в кладке, должны быть защищены от коррозии металлизацией слоем толщиной 120 мкм или лакокрасочными покрытиями.

Отделку цоколя рекомендуется выполнять из материалов повышенной прочности, допускающих их очистку и мойку, например из лицевого кирпича, плит из натурального или искусственного камня, керамической и стеклянной плитки и др. Верхняя кромка защитно-декоративной отделки должна располагаться не ниже 2,5 м от уровня планировки.

Аналогичную отделку могут иметь углы стен, порталы дверей, арок, ворот, оконные наличники или отдельные участки глухих стен. Соединение конструкции трехслойных стен и конструкций кровли осуществляют с использованием термовставки из газосиликатных блоков, предполагаемой на уровне теплоизоляционного слоя плит перекрытия.

Системы наружного утепления с облицовкой из кирпича могут применяться на строящихся и реконструируемых зданиях разных конструктивных систем высотой до 75 м различных уровней ответственности в следующих районах и местах строительства:

- относящихся к различным ветровым районам по СП 20.13330.2011 [51] с учетом расположения, высоты и конструктивных особенностей возводимых зданий и сооружений, а также типа местности;
- с обычными геологическими и геофизическими условиями;
- с различными температурно-климатическими условиями по СП 131.13330.2012 [48] в сухой, нормальной и влажной зонах по СП 50.13330.2012 [61];
- с неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной окружающей средой по СП 28.13330.2011 [54].

Особенности проектирования системы

При проектировании системы утепления с облицовкой из кирпича следует:

- выполнить расчет лицевого слоя из кирпичной кладки на ветровые нагрузки и температурно-влажностные воздействия;
- в соответствии с результатами расчетов назначить расстояние между вертикальными температурно-деформационными швами, произвести армирование кирпичного облицовочного слоя, определить шаг и количество связей, необходимых для крепления наружных стен к несущим конструкциям здания;
- выполнить теплотехнический расчет системы утепления с облицовкой из кирпича (при выполнении теплотехнического расчета термическое сопротивление наружного облицовочного слоя и воздушного зазора не учитывается) [61];
- выполнить расчет на сопротивление паропроницанию [61].

Последовательность кладки стены с отделочным слоем из кирпича схематично изображена на рис. 2.49.

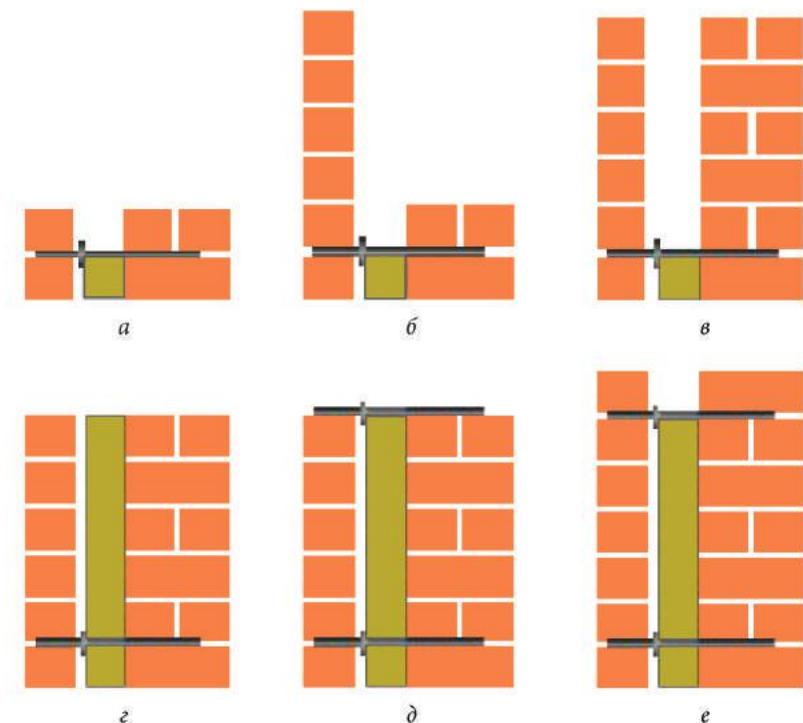


Рис. 2.49. Схема кладки стены с отделочным слоем из кирпича: *а* — исходное положение; *б* — укладка наружного слоя; *в* — укладка внутреннего слоя; *г* — укладка утеплителя; *д* — установка гибких связей; *е* — укладка одного ряда кирпичей поверх связей в обоих слоях

2.3.5. Фасадные системы наружного утепления зданий с облицовкой виниловым сайдингом

Описание системы

Система утепления с облицовкой виниловыми фасадными панелями (виниловым сайдингом) представляет собой многослойную конструкцию, в состав которой входят следующие элементы: внутренний слой, выполненный из каменной кладки или монолитного железобетона, деревянный каркас для фиксации теплоизоляционных плит, утеплитель и наружная облицовка из виниловых фасадных панелей.

Рассмотрим данную систему на примере системы *ТН-ФАСАД Сайдинг* (рис. 2.50).

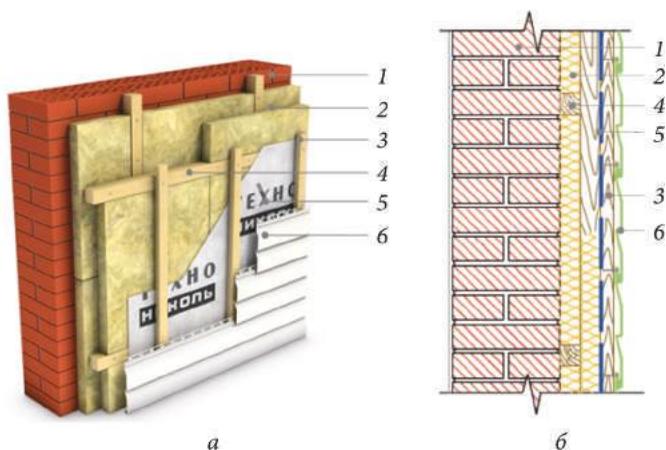


Рис. 2.50. Система утепления с облицовкой виниловым сайдингом *ТН-ФАСАД Сайдинг*: а — общий вид; б — схема; 1 — несущая стена; 2 — утеплитель: минераловатные плиты *ТЕХНОБЛОК*; 3 — контррейка с шагом 400 мм, толщиной 30—50 мм; 4 — каркас под теплоизоляцию с шагом 600 мм, брус размером 50×50 мм; 5 — мембрана диффузионная *Тувек* или мембрана супердиффузионная *ТехноНИКОЛЬ*; 6 — виниловый сайдинг

Основные правила монтажа фасадных систем с облицовкой виниловым сайдингом [83]

- *Установка обрешетки под фасадные панели*

В качестве несущих элементов обрешетки для крепления сайдинговых панелей могут быть использованы деревянные рейки или металлические профили, предназначенные для фасадных работ. Деревянную обрешетку выполняют из деревянных реек сечением (25, 30, 40, 50)×60 мм, обработанных антисептиками и антипиренами.

Обрешетка устанавливается по периметру облицовываемых стен, включая фронтоны крыш, и по периметру окон, дверей, других проемов и отверстий. Она может располагаться горизонтально и вертикально. Горизонтальная обрешетка устанавливается под вертикальный монтаж сайдинговых панелей и для поддержания теплоизоляции в проектом положении. Вертикальная обрешетка устанавливается под углы и гори-

зонтальный монтаж панелей. Шаг обрешетки определяется, исходя из размеров устанавливаемых панелей, и составляет около 400 мм. Установленная обрешетка должна обеспечивать ровную поверхность (рис. 2.51).



Рис. 2.51. Установка обрешетки под фасадные панели: 1 — горизонтальные рейки под вертикальный монтаж сайдинга; 2 — вертикальные рейки под горизонтальный монтаж сайдинга; 3 — обрешетка вокруг окон; 4 — разметочный шнур

- *Укладка утеплителя*

В качестве теплоизоляции данной системы применяют легкие минераловатные плиты с низкой сжимаемостью, такие как, например, **ТЕХНОБЛОК** (рис. 2.52).



Рис. 2.52. Укладка утеплителя

Для защиты утеплителя от выветривания и от увлажнения атмосферными осадками теплоизоляционные плиты покрываются диффузионной мембраной (рис. 2.53). Пленка фиксируется между каркасом и контррейками, по которым впоследствии монтируется виниловый сайдинг. Для организации вентиляционного канала толщина контррейки должна находиться в пределах 30—60 мм.



Рис. 2.53. Защита утеплителя диффузионной мембраной

- *Установка стартовых планок*

Перед монтажом стеновых панелей устанавливают стартовые планки, углы, окантовку окон и дверей, элементы крепежа софита и карнизного профиля (см. рис. 2.13).

Крепление сайдинговых панелей (см. рис. 2.13, I) производится оцинкованными саморезами толщиной около 3 мм и диаметром шляпки не менее 8 мм с шагом 400 мм. Расположенные в верхней части панелей отверстия для крепежа имеют удлиненную форму для компенсации перемещения панели вследствие теплового расширения. С той же целью крепежные элементы должны оставлять панелям свободный ход.

Для установки стартовых планок (см. рис. 2.13, II, г) используют разметочную линию или тонкий шнур. При этом оставляют место для установки углов и других аксессуаров. На обрешетке размечают места, где будут находиться края гвоздевых планок углового профиля. По горизонтально натянутому шнуру, отступив 6 мм от меток, устанавливают стартовые планки. Для компенсации температурного расширения между стартовыми планками необходимо оставить зазор 10–12 мм (рис. 2.54).

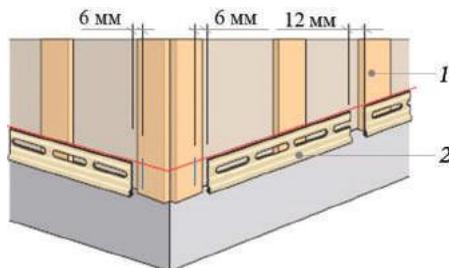


Рис. 2.54. Установка стартовых планок:

1 — обрешетка; 2 — стартовая планка

• Установка угловых профилей

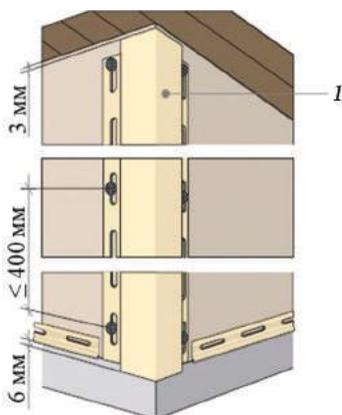


Рис. 2.55. Установка внешнего углового профиля (1)

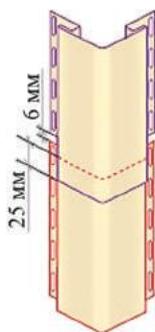


Рис. 2.56. Стыковка угловых профилей

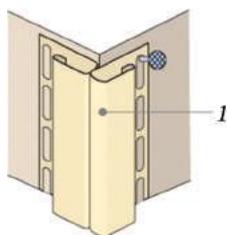


Рис. 2.57. Облицовка угла стены двумя J-профилями (1)

Перед установкой угловых профилей монтируют карнизные софиты (см. рис. 2.13, II, е). При установке внешнего углового профиля (см. рис. 2.13, II, б) между торцом и карнизом необходимо оставить зазор 3 мм, а внизу сделать напуск ниже стартовой полосы на 6 мм. Крепление производят с шагом до 400 мм в центр отверстий, а верхний крепеж — к верхней кромке отверстия. Схема установки внешнего углового профиля представлена на рис. 2.55.

Если высота угла стен больше, чем длина углового профиля, производится стыковка двух профилей. Все угловые профили на всех углах дома стыкуют на одной высоте. Сначала монтируют нижний угловой профиль, поверх него — верхний. При этом получается узел, защищенный от дождя и снега. Зазор между гвоздевыми планками профилей должен быть не менее 9 мм, а нахлест панелей — не менее 25 мм (рис. 2.56).

Вместо углового профиля угол стены можно облицевать двумя J-профилями (см. рис. 2.13, II, а). Для герметизации угол, облицовываемый J-профилями, должен быть предварительно защищен полосой рулонной гидроизоляции (рис. 2.57).

Установка внутренних угловых профилей производится аналогично установке внешних. Варианты решения внутренних углов представлены на рис. 2.58.

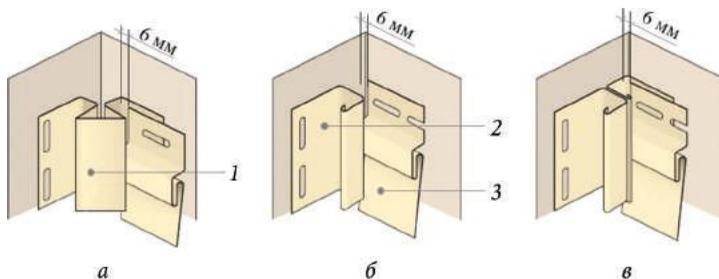


Рис. 2.58. Варианты решения внутренних углов: *а* — с угловым профилем; *б* — с одним J-профилем; *в* — с двумя J-профилями; 1 — внутренний угловой профиль; 2 — J-профиль; 3 — сайдинг

- *Установка наличников вокруг окон и дверей*

Перед выполнением обрамления окон и дверей проемы защищают гидроизоляцией: фартуками из кровельной жести, алюминиевой фольги или из рулонных битумных гидроизоляций.

Оконные и дверные блоки, установленные в одной плоскости со стеной либо выступающие из стены, облицовывают J-профилями или наличниками (см. рис. 2.13, II, з). Оконные и дверные блоки, установленные в нише стены, облицовывают околооконными профилями (см. рис. 2.13, II, ж). Для окантовки окон и дверей применяются финишные планки (см. рис. 2.13, II, д).

- *Установка стеновых панелей*

Первый ряд панелей устанавливается на стартовый профиль, последующие ряды — на предыдущий ряд. Стыкование сайдинга по длине производится двумя способами: внахлест и с помощью Н-профиля (см. рис. 2.13, II, и).

Для стыкования внахлест у сайдинговых панелей подрезаются гвоздевая и замковые части таким образом, чтобы перехлест панелей получился равным примерно 25 мм (рис. 2.59). При стыковании сайдинга внахлест необходимо делать «разбежку» стыков.

При монтаже Н-профиля его верхнюю часть опускают ниже софита или карниза на 3 мм для обеспечения температурного зазора, чтобы при расширении панель имела

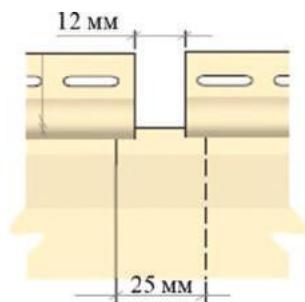


Рис. 2.59. Стыкование сайдинговых панелей внахлест

свободу передвижения вверх и не упиралась в элементы крыши. Внизу Н-профиль опускают ниже нижней границы стартовых профилей на 6 мм.

На углах стыки панелей закрываются внутренними или внешними угловыми профилями.

- *Установка панелей в местах оконных проемов*

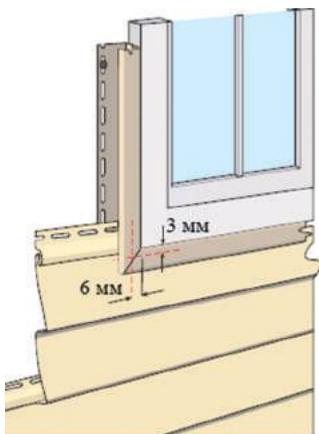


Рис. 2.60. Установка панелей в местах оконных проемов

Сайдинговые панели, устанавливаемые под окном и над ним, подрезают таким образом, чтобы при заходе в желоба боковых наличников или околооконных профилей между обрезанными торцами и дном желобов боковых профилей получался зазор 6 мм. Между сайдингом и вертикальными поверхностями оставляют зазор 3 мм (рис. 2.60). Так как при разметке сайдинга гвоздевая планка на нижней панели и замок на панели над окном будут отрезаны, на сайдинге нужно пробить и отогнуть зацепы. В нижний и верхний околооконные профили устанавливают финишные планки. При монтаже панель сайдинга вводится в финишную планку и зацепляется к ней.

Если в качестве облицовки окна используются наличники, нужно зацепить панель сайдинга непосредственно к ним. Финишные планки в этом случае не нужны.

- *Установка сайдинга под карнизом крыши*

Заключительную панель сайдинга под карнизом крыши изготавливают из рядовой сайдинговой панели. Для этого под карнизом крыши монтируются финишная планка или J-профиль. В нескольких местах по длине сайдинга замеряется расстояние от замка предпоследней рядовой панели до дна желоба завершающего профиля. Из полученных размеров вычитается вертикальный температурный припуск 1—2 мм. Результаты измерений и расчетов переносятся на целую панель, от которой отрезается верхняя замковая часть. На верхней части резаного сайдинга пробиваются зацепы с примерным интервалом 200 мм и отгибаются на лицевую сторону. Разрезанный по высоте сайдинг с зацепами вставляется

в замок предпоследней панели и вводится верхней частью в завершающие профили. Движением вверх сайдинг защелкивается в замки (рис. 2.61).

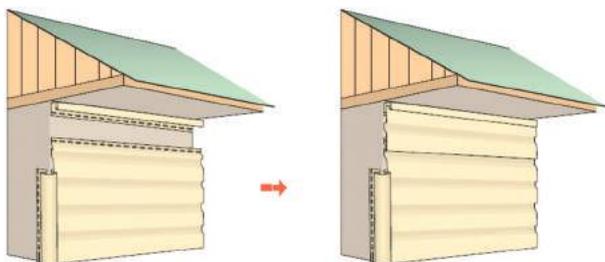


Рис. 2.61. Установка сайдинга под карнизом крыши

- *Установка сайдинга на фронтон*

Фронтоны крыш обшиваются по периметру J-профилем или профилем внутреннего угла. Их крепление производится по правилам монтажа вертикальных элементов, т.е. верхний крепеж устанавливается к верхней кромке гвоздевого отверстия, остальные — посередине отверстий (рис. 2.62).

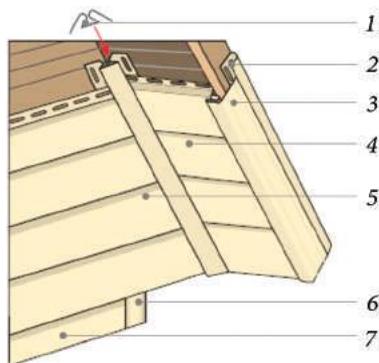


Рис. 2.62. Установка сайдинга на фронтон: 1 — профиль внутреннего угла; 2 — финишная планка; 3 — J-профиль; 4 — обшивка свеса крыши рядовым сайдингом или панелями софитов; 5 — обшивка свеса крыши рядовым сайдингом; 6 — профиль внешнего угла; 7 — обшивка стены рядовым сайдингом

2.4. Системы каркасных зданий

Каркасное здание представляет собой конструкцию, состоящую из металлического, железобетонного или деревянного каркаса, утеплителя, наружной и внутренней облицовки. Несущий каркас обеспечивает пространственную жесткость конструкций, выдерживает нагрузку перекрытий и кровли, а также служит основой для крепления всех обшивок и изолирующих материалов.

В качестве утеплителя в каркасных зданиях чаще всего применяются плиты из минеральной ваты, которые имеют ряд преимуществ перед утеплителями из целлюлозной ваты или пенополистирола, главным из которых является пожарная безопасность. С наружной стороны утеплителя укладывается гидро-, ветрозащитная пленка, а с внутренней — слой пароизоляции.

В качестве гидро-, ветрозащитных материалов применяют супердиффузионные мембраны. Они эффективно задерживают капельную влагу, которая может проникать через неплотности декоративной обшивки, а также конденсат, иногда образующийся на внутренних покрытиях и облицовке. Такие мембраны проницаемы для водяного пара, находящегося в конструкции, и способствуют выводу его наружу. Кроме того, они выполняют функцию ветробарьера, предохраняя конструкцию от продувания. Гидро-, ветрозащитные мембраны обычно прикрепляют на месте строительства, тщательно следя за герметичностью перехлестов полотнищ.

В качестве паробарьера используют плотные пленки из полиэтилена или полипропилена, а также материалы нового поколения, имеющие переменную (в зависимости от времени года) паропроницаемость — пароизоляционные мембраны. Эффективно задерживая влагу, проникающую из обогреваемого помещения, мембрана летом способствует быстрому высыханию деревянных элементов конструкции. Это свойство особенно важно для новых конструкций, легко набирающих влагу в процессе отделочных работ.

Для наружной облицовки используют сайдинговые панели, плитки из природных и искусственных материалов. Для внутренней обшивки применяют плиты на основе гипса (гипсокартонные или гипсоволокнистые) или на основе древесного или целлюлозного сырья: ориентированно-стружечные плиты (ОСП), фибролит, древесно- или цементостружечные плиты.

2.4.1. Фасадные системы зданий на металлическом каркасе

Существует 2 основных типа конструкций металлического каркаса:

- 1) металлический каркас из прокатных профилей толщиной более 4 мм;
- 2) легкий стальной тонкостенный каркас из холодногнутых профилей толщиной до 4 мм (далее — ЛСТК).

По способу установки различают рамные конструкции, которые монтируют поэлементно, и структурные, монтаж которых проводят крупными блоками.

В зданиях на металлическом каркасе из прокатных профилей каркасные элементы выполнены из углеродистой или низколегированной стали с защитным покрытием. Это могут быть стойки из фасонного проката (балки, швеллеры, уголки и профили специального назначения), замкнутые гнutosваренные профили прямоугольного сечения или фермы из труб. Прочностные характеристики металлического каркаса позволяют строить большепролетные здания. Такие системы чаще используются при возведении сооружений производственного, складского и административного назначения. Однако существуют примеры строительства жилых металлокаркасных зданий.

Здания на легком стальном тонкостенном каркасе. Легкий тонкостенный каркас из холодногнутых профилей стал применяться в отечественном строительстве сравнительно недавно — около 20 лет назад. Несущей основой каркаса являются профили различной конфигурации редуцированного сечения. Толщина стали у профилей без учета толщины защитно-декоративного покрытия варьируется в зависимости от назначения — от 0,4 до 4 мм. Крепление элементов осуществляется с помощью самонарезающих винтов.

Профили ЛСТК изготавливаются из рулонной стали методом холодной прокатки на автоматических профилегибочных станах или из листовых заготовок на листогибочных прессах. Благодаря тому, что высокая устойчивость здания обеспечивается тонкостенными конструкциями, заполненными теплоизоляцией низких марок, удельный вес таких зданий меньше удельного веса аналогичных зданий на металлическом каркасе из прокатных профилей.

Так, вес 1 м^2 несущего стального каркаса составляет 20—25 кг, а вес 1 м^2 готового здания — около 150 кг. Малый вес конструкции позволяет:

- снизить затраты на фундамент, транспортировку в удаленные и труднодоступные районы;
- расширить возможности строительства на нестабильных грунтах и в сейсмоопасных зонах;
- осуществить строительство в условиях сложившейся тесной городской застройки без применения тяжелой грузоподъемной техники;
- применить ЛСТК при реконструкции зданий (в том числе сильно изношенных).

Стальные профили защищают от коррозии различными видами покрытий: цинковым, алюмоцинковым или защитно-декоративным лакокрасочным покрытием.

Для того чтобы в месте контакта стального профиля, обладающего высокой теплопроводящей способностью, не образовывался «мостик холода», между слоем обшивки и полкой профиля устанавливают прокладки из полиуретана.

Другим способом уменьшения влияния «мостиков холода» является использование *термопрофиля* — балки редуцированного сечения со сквозными продольными канавками, прорезанными в шахматном порядке. Благодаря такой перфорации, за счет увеличения эффективного пути теплового потока значительно улучшаются теплоизолирующие свойства всей конструкции. Кроме того, термопрофили обладают хорошими виброакустическими свойствами.

Здания на металлическом каркасе, как правило, монтируют поэлементно. Изнутри каркас обшивается гипсокартоном или гипсоволокнистым листом. Применение древесно-стружечных плит в металлическом каркасе не получило широкого распространения, так как пропитка этих материалов для защиты от гниения содержит силикат натрия, вызывающий коррозию металла.

В качестве примера фасадной системы заданий на металлическом каркасе рассмотрим систему из сборных сэндвич-панелей с виниловым сайдингом.

Фасадные системы из сборных сэндвич-панелей

Система *ТН-ФАСАД Сэндвич* предназначена для изоляции сооружений металлокаркасного типа, имеющих различные назначения: склад-

ские ангары, производственные павильоны, спортивные, торговые и развлекательные комплексы, автомойки, бассейны, птицефабрики и др.

Основным элементом системы *ТН-ФАСАД Сэндвич* (рис. 2.63) является специальный сэндвич-профиль — объемная тонкослойная конструкция, изготовленная холодным формованием из покрытого полимером оцинкованного стального листа. Профили устанавливаются друг на друга и крепятся к каркасу здания и между собой саморезами. Возможность использования в системе *ТН-ФАСАД Сэндвич* легких теплоизоляционных плит *ТЕХНОЛАЙТ* (см. раздел 2.1.3) обусловлена ненагружаемой схемой применения теплоизоляции. Для защиты утеплителя от увлажнения теплоизоляционные плиты покрываются гидро-, ветрозащитной пленкой.

Для повышения герметичности системы все стыки сэндвич-профилей между собой и примыкания профилей к металлокаркасу проклеиваются специальными пароизоляционными уплотнителями. В качестве внешней облицовки может быть применен виниловый сайдинг.

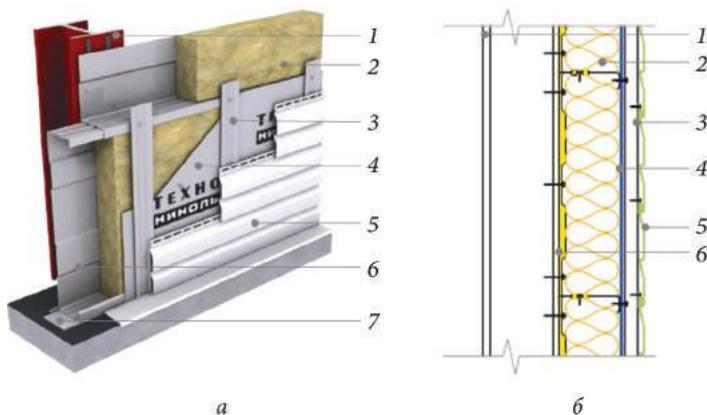


Рис. 2.63. Фасадная система из сборных сэндвич-панелей *ТН-ФАСАД Сэндвич*: а — общий вид; б — схема; 1 — несущая рама здания; 2 — минераловатный утеплитель *ТЕХНОЛАЙТ*; 3 — контррейка (металлический профиль); 4 — гидро-, ветрозащитная пленка; 5 — виниловый сайдинг; 6 — сэндвич-профиль; 7 — пароизоляционная уплотнительная лента

К преимуществам системы *ТН-ФАСАД Сэндвич* следует отнести простоту сборки, отсутствие потребности в подъемных механизмах при монтаже, низкую себестоимость.

2.4.2. Фасадные системы деревянных каркасных зданий

Деревянный каркас стен состоит из несущих стоек, обвязок и раскосов, изготовленных из деревянных брусьев, слоистых клееных изделий или деревянных двутавровых балок. Не допускается использование древесины с влажностью более 19 %.

Существуют различные решения облицовки фасадов деревянных каркасных домов. В данном разделе рассмотрим системы деревянных каркасных домов с облицовкой виниловым сайдингом.

Системы деревянных каркасных зданий с облицовкой виниловым сайдингом

Система *ТН-ФАСАД Эконом* выполнена на основе деревянного каркаса и предназначена для строительства многоквартирных домов, коттеджей, таунхаусов и малоэтажных зданий различного назначения. Пространство между стойками каркаса заполняется легкими негорючими теплоизоляционными плитами *ТЕХНОБЛОК* (см. раздел 2.1.3). Благодаря легкому весу система исключает подверженность усадке, не требует возведения массивных оснований и значительно сокращает расходы на строительство. Ориентированно-стружечные плиты (ОСП-3) выполняют функцию связи в каркасной схеме здания и образуют сплошное основание для монтажа сайдинга. В качестве внешней отделки применяется виниловый сайдинг (рис. 2.64).

Для увеличения срока службы как плит ОСП-3, так и фасадной системы в целом, между сайдингом и сплошным основанием прокладывают супердиффузионную мембрану, которая способна пропускать влажный воздух через себя, но не пускать влагу внутрь конструкции. Супердиффузионная мембрана выводит влажный воздух из фасада, не допуская образования конденсата, и при этом предохраняет плиты ОСП-3 от уличной влаги, попавшей из-под облицовки (дождь, роса, туман). Изнутри система защищена от переувлажнения пароизоляционной мембраной, нахлесты которой проклеиваются соединительной бутил-каучуковой лентой. Аналогичным способом проклеиваются примыкания пленки к соседним конструкциям. Чтобы пароизоляционный контур не был нарушен при монтаже коммуникаций (электрических,

отопительных, водоснабжения), внутреннюю обшивку необходимо располагать на расстоянии 40—60 мм от пароизоляции.

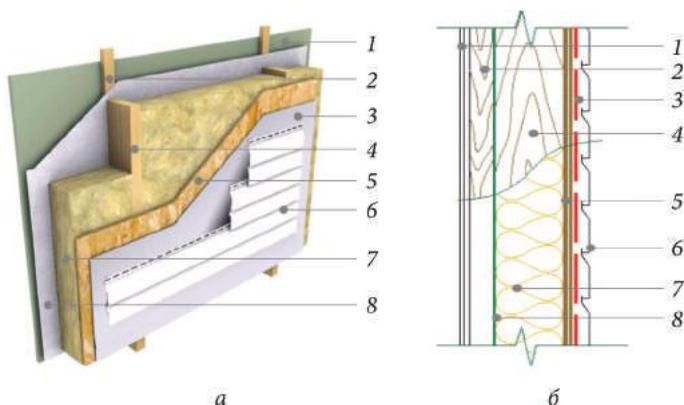


Рис. 2.64. Система ТН-ФАСАД Эконом: 1 — внутренняя обшивка; 2 — контррейка толщиной 40—60 мм; 3 — супердиффузионная мембрана; 4 — каркас здания; 5 — плиты ОСП-3; 6 — виниловый сайдинг; 7 — теплоизоляционные плиты ТЕХНОБЛОК; 8 — пароизоляционная пленка

К преимуществам системы ТН-ФАСАД Эконом следует отнести значительное сокращение затрат на строительство благодаря малому весу системы, не требующему возведения массивных оснований и фундаментов, высокую скорость и простоту монтажа, отсутствие усадки.

2.4.3. Технологии возведения каркасных зданий

В зависимости от того, где происходит сборка каркаса и устанавливается теплоизоляция, здания могут быть построены по *каркасно-рамочной* или *каркасно-панельной* технологиям.

Каркасно-рамочная технология предполагает установку теплоизоляции непосредственно на месте строительства дома. Монтаж несущих элементов, теплоизоляционного материала и материалов для внутренней и наружной обшивки проводят поэлементно. Главным отличием каркасно-рамочного здания от каркасно-панельного является возможность отдельно заготавливать и транспортировать строительные элементы. Непосредственно на месте строительства рамочный каркас собирается в укрупненные модули и затем устанавливается поэтажно, как правило, без применения тяжелого подъемного оборудования.

После сборки каркаса монтируют теплоизоляцию (рис. 2.65). Ширина минераловатных плит адаптирована под стандартные проемы между несущими элементами. Необходимо, чтобы ширина между стропилами (каркасом) была на 5—10 мм меньше ширины теплоизоляционного слоя. Далее к каркасу крепят паро- и гидроизоляционные материалы, к которым монтируют листы внешней и внутренней обшивки.



Рис. 2.65. Каркасное здание: *a* — заполнение каркаса утеплителем; *б* — готовый коттедж

Каркасно-рамочная технология чаще всего используется при возведении жилых зданий по индивидуальным проектам, а также там, где проезд большегрузного транспорта и механизированное строительство затруднены, поэтому она востребована в зонах сложившейся застройки, в труднодоступных горных или лесных районах, на островных территориях, в зонах с неразвитой дорожной инфраструктурой.

Каркас может быть изготовлен из деревянных балок, а также из толсто- или тонкостенных металлических конструкций.

Каркасно-панельная технология предусматривает конвейерную сборку стеновых модулей заводского изготовления, которые затем транспортируют на место строительства в готовом виде. Стабильность геометрических характеристик и высокая скорость сборки дома по сравнению с монтажом каркасного рамочного здания обеспечиваются благодаря заводской сборке.

Несущие элементы каркасно-панельного здания изготавливаются из клееных или неклееных деревянных элементов или деревянных двутавровых балок.

Теплоизоляционный слой укладывается в полость каркасной панели в середине технологического цикла (рис. 2.66). Наиболее технологичны-

ми материалами для производства панелей заводской сборки являются теплоизоляционные маты. Нарезку материала осуществляют вручную с помощью длинных ножей или с применением электропил с режущим полотном. Применение электропил сокращает выделение пыли и увеличивает производительность в 4—5 раз по сравнению с ручным трудом.

При раскрое нужно предусматривать припуск по длинным сторонам материала, необходимый для фиксации враспор. Теплоизоляция должна полностью заполнять полость каркаса. При неплотном прилегании теплоизоляции возможно промерзание конструкции и, как следствие, порча внутренней отделки и ухудшение качества воздуха в помещении.

Монтаж обшивок также происходит на конвейере в заводских условиях.



Рис. 2.66. Укладка утеплителя в панель

В связи с тем, что массивная древесина обладает анизотропией, для снижения риска усадки, изменения геометрии и деформации балок несущие элементы панелей изготавливают преимущественно из клееных деревянных изделий. Теплопроводность клееной древесины на 15—20 % ниже, чем теплопроводность природной древесины, что положительно сказывается на уровне теплозащиты конструкции.

При использовании традиционных пиломатериалов (обрезной доски или бруска) в прочностные расчеты закладывают большой коэффициент запаса. Это гарантирует неизменность механических характеристик конструкции, но неэффективно с точки зрения расхода сырья, теплотехнических параметров конструкции и долговечности здания.

В строительстве каркасных зданий используются также панели, собранные на двутавровых балках. Их изготавливают из двух брусков с прорезями вдоль одной стороны, в которые вставлена перемычка из ориентированно-стружечной плиты. Ширина перемычки определяется толщиной полученного по теплотехническому расчету слоя теплоизоляции. Подобное решение значительно улучшает теплотехническую однородность конструкции, снижает вероятность усадки деревянного каркаса и, как правило, более экономично, чем аналогичные решения из массивной или клееной древесины.

Часть 3. СИСТЕМЫ ОТДЕЛКИ И ИЗОЛЯЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

Общие сведения

Комфортное существование человека в местах его пребывания складывается из факторов, влияющих на основные чувства человека. Так, сильными раздражителями могут стать несбалансированный микроклимат помещения, недостаточная изоляция от внешних шумов, внутренняя отделка помещения. Отсюда различают тепловой, акустический и визуальный комфорт. Именно для достижения этих показателей разработаны отделочные и изоляционные системы внутренних ограждающих конструкций: стен, перегородок, перекрытий и полов.

Системы разделяют по назначению и области применения. Так, по назначению системы делятся на звукоизоляционные, теплоизоляционные и отделочные (или облицовочные). А по области применения — системы для устройства облицовок или перегородок, подвесных потолков, перекрытий и полов.

С помощью современных изоляционных систем для внутренних конструкций появилась возможность решать проблемы комфорта более эффективно по сравнению с классическими решениями, снижая материало- и трудоемкость, при этом увеличивая качественные показатели. Немаловажно при этом обеспечить комплексный подход. Так, например, решая проблемы звукоизоляции, зачастую приходится не только изолировать стены и перегородки, а также обращать внимание на перекрытия, так как звук распространяется не только прямым, но и косвенным путем. Некоторые материалы, например плиты из каменной ваты *ТЕХНОАКУСТИК*, предназначенные для применения в звукоизоляционных системах, также являются теплоизоляционными, а материал *ТЕХНОЭЛАСТ АКУСТИК СУПЕР* не только снижает уровень шума, проходящего через перекрытие, но и гидроизолирует его, исключая возможные протечки на нижерасположенные помещения.

Строительная акустика — наука, занимающаяся вопросами защиты зданий и помещений от шума. Звук — это упругие волны, продольно распространяющиеся в какой-либо упругой среде (воздухе или материале) и создающие в ней механические колебания.

Каждая звуковая волна имеет длину и частоту. *Длина волны* (m) — расстояние, на которое распространилось возмущение в среде за один период колебаний отдельной точки. *Частота волны* ($Гц$) — количество колебаний в секунду. Человек воспринимает частоты от 16 до 20000 $Гц$. В зависимости от частоты звука различают тона: низкие — до 200 $Гц$, средние — 200—1500 $Гц$, высокие — свыше 1500 $Гц$. В гражданском строительстве основное значение имеют звуки в диапазоне от 100 до 3200 $Гц$.

Мощность звука ($Вт$) — энергия, передаваемая звуковой волной через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Среднее значение мощности звука, отнесенное к единице площади, называется *интенсивностью звука* ($Вт/м^2$).

Громкость звука определяется амплитудой колебания звуковой волны, зависит от мощности звука, его спектрального состава, условий восприятия звука, а также от длительности его воздействия. Для количественной оценки уровня громкости применяется метод сравнения измеряемого звука с эталонным. За эталонный звук принимают тон с частотой 1000 $Гц$ в форме плоской звуковой волны. Единицей уровня громкости звука служит *фон* (Φ).

Шум — беспорядочные колебания звуковых волн различной физической природы, т.е. нежелательные и раздражающие звуки. Шум приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ, замедляет реакцию человека, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонической болезни. При воздействии шума высоких уровней возможен разрыв барабанных перепонок. Разделяют 3 вида шума по способу распространения: воздушный, ударный и структурный.

Воздушный шум распространяется по воздуху. Источниками этого шума являются радио, телевизор, шум дорог и т.д. Источник создает звуковую волну. При встрече с преградой (стена, перегородка, потолок и т.д.) звуковая волна вызывает изгибные колебания стены, которые приводят в колебательное движение частицы воздуха в соседнем помещении, создавая звуковую волну. Именно эту переизлученную преградой звуковую волну мы слышим в соседнем помещении. Под изоляцией воздушного шума принято понимать свойство ограждающей

конструкции передавать в соседнее помещение только часть падающей на конструкцию звуковой энергии.

Структурный шум распространяется по тому же механизму. Различие состоит в источнике шума. Источниками являются вибрации конструкции, создаваемые работой перфоратора, хлопанием дверей и т.д. Частный случай структурного шума — *ударный шум*. Его источниками являются топот, удары молотка и другие ударные воздействия. Изоляция ударного шума определяется по результатам приведенных уровней звукового давления при ударном воздействии на перекрытие с полом.

Ударный шум распространяется за счет изгибных колебаний, вызванных ударом по конструкции. Эти колебания приводят в колебательное движение частицы воздуха. Шумы такого рода распространяются по конструкциям намного дальше воздушных.

В акустике и других областях физики, где требуется измерение величин, меняющихся в широком диапазоне, используют единицы измерения — *децибел* и *децибел акустический*.

Децибел (дБ) — относительная величина, предназначенная для измерения отношения («соотношения уровней») двух величин. Для акустических оценок применяется отношение текущего значения интенсивности звука к пороговой величине (10^{12} Вт/м²), принятой во всем мире одинаковой.

Децибел акустический (дБА) — единица измерения уровня шума с наложенным на измеритель фильтром, учитывающим особенность восприятия шума слуховым аппаратом человека (нелинейность частотной характеристики уха).

Мощность звука и уровень шума зависят от источника звука (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Мощность звука и уровень шума

Источник звука	Мощность звука, Вт	Уровень шума, дБА
Шепот	10^{-9}	30
Разговор	10^{-5}	60
Гул машин	10^{-2}	80
Перфоратор	10^0	90—95
Самолет	10^4	110

Звукоизоляция — снижение уровня шума, проникающего через ограждающую конструкцию. Количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций выражается в децибелах. Степень необходимости звукоизоляции перекрытий определяется гигиеническими требованиями соблюдения тишины при различных источниках шума в смежных помещениях. Величина звукоизоляции определяется характеристиками используемых материалов при соблюдении технологических норм.

Звукопоглощение — явление преобразования энергии звуковой волны во внутреннюю энергию среды, в которой распространяется волна.

Обязательные требования, которые должны выполняться при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения с целью защиты от шума и обеспечения нормативных параметров акустической среды, устанавливают СП 51.13330. 2011 [62], согласно которым нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий производственных предприятий являются *индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями* R_w (дБ) и *индексы приведенного уровня ударного шума (изоляция ударного шума)* L_{nw} (дБ) (для перекрытий). Данные параметры определяются путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного (или ударного) шума со специальным нормативным спектром.

Различают расчетные и фактические индексы изоляции. Расчетные индексы определяются в лабораторных условиях и не учитывают влияние полов, смежных стен и т.д. Фактические индексы учитывают влияние этих эффектов.

Нормативные значения индексов R_w и L_{nw} для жилых зданий при передаче звука сверху вниз приведены в табл. 3.2. Причем фактическая или расчетная величина индекса R_w должна быть больше требуемой $R_w \text{ треб}$ ($R_w \geq R_w \text{ треб}$), а L_{nw} — меньше требуемой величины $L_{nw} \text{ треб}$ ($L_{nw} \leq L_{nw} \text{ треб}$).

Нормативные значения индекса L_{nw} для жилых зданий при передаче шума из расположенных снизу помещений приведены в табл. 3.3. Фактическая или расчетная величина индекса L_{nw} должна быть меньше требуемой величины L_{nw} ($L_{nw} \leq L_{nw} \text{ треб}$).

К основным мероприятиям по защите от шума в помещениях жилых зданий относятся:

- рациональное объемно-планировочное решение жилого здания;
- применение при строительстве и реконструкции зданий ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию.

Таблица 3.2

Требуемые нормативные значения индекса изоляции воздушного шума ограждающих конструкций и приведенные уровни ударного шума перекрытий при передаче звука сверху вниз, дБ

Наименование и расположение ограждающей конструкции	$R_{w \text{ треб}}$	$L_{пш \text{ треб}}$
Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений	52	60
Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами	55	60
Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях	45	63
Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	50	60
Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами	57	63
Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами	52	63
Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и офисами; между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	52	—
Стены между помещениями квартир и магазинами	55	—
Стены и перегородки, отделяющие помещения квартир от ресторанов, кафе, спортивных залов	57	—
Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	43	
Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	
Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	—
Входные двери квартир, выходящие на лестничные клетки, в вестибюли и коридоры	32	—

Таблица 3.3

Требуемые нормативные значения индекса приведенного уровня ударного шума при передаче звука снизу вверх, дБ

Наименование и расположение ограждающей конструкции	$L_{инв\ треб}$
Перекрытия между магазинами и расположенными над ними квартирами	43
Перекрытия между продовольственными магазинами, магазинами, работающими круглосуточно, и расположенными над ними квартирами	38
Перекрытия между ресторанами, кафе, спортивными залами и расположенными над ними помещениями квартиры	38
Перекрытия между административными помещениями, офисами и расположенными над ними помещениями квартиры	45

При проектировании защиты от шума необходимо сначала определить требуемую величину звукоизоляции конструкции согласно СП 51.13330.2011 [62], а затем подобрать систему звукоизоляции, удовлетворяющую этому требованию, или произвести расчет звукоизоляции согласно СП 23-103—2003 [53].

Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций проводится в следующей последовательности:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор точек в помещениях, для которых необходимо провести расчет;
- определение путей распространения шума от его источника до расчетных точек и потерь звуковой энергии по каждому из путей;
- определение ожидаемых уровней шума в расчетных точках;
- определение требуемого снижения уровней шума;
- разработка мероприятий по обеспечению требуемого снижения уровней шума;
- проверочный расчет достаточности выбранных шумозащитных мероприятий для обеспечения защиты объекта или территории от шума.

Индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции R_w , дБ, можно принимать по результатам испытаний или определять согласно СП 23-103—2003 [53] по формуле

$$R_w = 37 \lg m + 55 \lg K - 43, \quad (3.1)$$

где m — поверхностная плотность конструкции, $\text{кг}/\text{м}^2$, $m = p \cdot h$; здесь p — плотность материала конструкции, $\text{кг}/\text{м}^3$; h — толщина конструкции, м;

K — коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов и т.п. по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью.

Для сплошных ограждающих конструкций плотностью $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ и более коэффициент K равен 1. Для сплошных ограждающих конструкций из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов, а также кладки из кирпича и пустотелых керамических блоков коэффициент K определяется по табл. 3.4.

Таблица 3.4

Коэффициент K для сплошных ограждающих конструкций из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов, кладки из кирпича и пустотелых керамических блоков

Материал	Класс	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	K
Керамзитобетон	В7,5	1500—1550	1,1
		1300—1450	1,2
		1200	1,3
		1100	1,4
	В12,5—В 15	1700—1750	1,1
		1500—1650	1,2
		1350—1450	1,3
		1250	1,4
Перлитобетон	В7,5	1400—1450	1,2
		1300—1350	1,3
		1100—1200	1,4
		950—1000	1,5
Аглопоритобетон	В7,5	1300	1,1
		1100—1200	1,2
		950—1000	1,3
	В12,5	1500—1800	1,2

Таблица 3.4 (окончание)

Материал	Класс	Плотность, кг/м ³	К
Шлакопемзобетон	B7,5	1600—1700	1,2
	B12,5	1700—1800	1,2
Газобетон, пенобетон, газосиликат	B5,0	1000	1,5
		800	1,6
		600	1,7
Кладка из кирпича, пустотелых керамических блоков		1500—1600	1,1
		1200—1400	1,2
Гипсобетон, гипс (в том числе поризованный или с легкими заполнителями)	B7,5	1300	1,3
		1200	1,4
		1000	1,5
		800	1,6

При предварительном выборе звукоизоляционного слоя *индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием* (L_{nw}), дБ, ориентировочно можно определять по формуле [53]

$$L_{nw} = L_{nw0} - \Delta L_{nw}, \quad (3.2)$$

где L_{nw0} — индекс приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия, дБ, принимаемый по табл. 3.5;

ΔL_{nw} — индекс снижения приведенного уровня ударного шума, дБ, за счет пола на звукоизоляционном слое, принимаемый по рис. 3.1, в зависимости от веса пола m_2 и отношения динамического модуля упругости материала прокладки E_d , Па, к ее толщине d в обжатом состоянии, м.

Таблица 3.5

Индекс приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м ²	Значения L_{nw0} , дБ
150	86
200	84

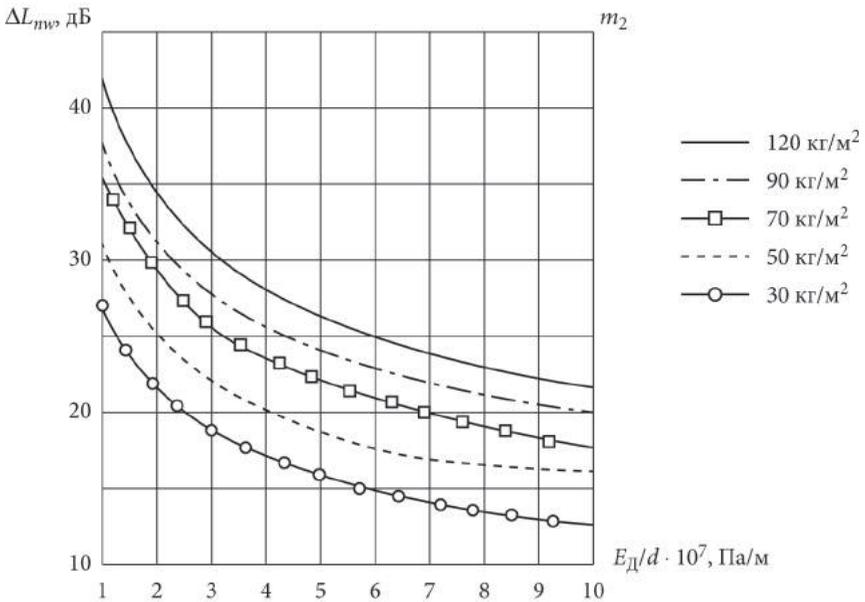
Таблица 3.5 (окончание)

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м ²	Значения L_{nw0} , дБ
250	82
300	80
350	78
400	77
450	76
500	75
550	74
600	73

Примечания.

1. При подвесном потолке из листовых материалов (ГКЛ, ГВЛ и т.п.) из значений L_{nw0} вычитается 1 дБ.

2. При заполнении пространства над подвесным потолком звукопоглощающим материалом из значений L_{nw0} вычитается 2 дБ.

Рис. 3.1. Индекс снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_{nw}

3.1. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы

Классификация

В соответствии с ГОСТ 23499—79 [9] звукопоглощающие и звукоизоляционные строительные материалы и изделия классифицируются по следующим основным признакам:

- назначению: *звукопоглощающие* — применяются в звукопоглощающих конструкциях с целью снижения уровня звукового давления в помещениях производственных и общественных зданий; *звукоизоляционные* — применяются в качестве прослоек (прокладок) в многослойных конструкциях с целью улучшения изоляции звука;
- форме: штучные (блоки, плиты), рулонные (маты, полосовые прокладки, холсты), рыхлые и сыпучие (вата минеральная, стеклянная, керамзит и другие пористые заполнители);
- жесткости (величине относительного сжатия): мягкие, полужесткие, жесткие и твердые;
- возгораемости (горючести): негорючие, трудногорючие, сгораемые;
- структуре: пористо-волокнистые (из минеральной и стеклянной ваты), пористо-ячеистые (из ячеистого бетона и перлита), пористо-губчатые (пенопласты, резины).

Общие технические требования

Звукопоглощающие и звукоизоляционные строительные материалы и изделия должны:

- обладать стабильными физико-механическими и акустическими показателями в течение всего периода эксплуатации;
- быть био- и влагостойкими;
- не выделять в окружающую среду вредные вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации для атмосферного воздуха.

Звукопоглощающие материалы

Звукопоглощающие материалы — материалы, имеющие сквозную пористость и относительно высокий коэффициент звукопоглощения ($\alpha > 0,2$).

Звукопоглощающие материалы и изделия обычно выпускаются в виде декоративных плит различных размеров с разнообразной фактурой: щелевидной, круглой, трещиноватой, бороздчатой и др.

Звукопоглощающие свойства материалов и изделий характеризуются *среднеарифметическим реверберационным коэффициентом звукопоглощения α* .

Реверберационный коэффициент звукопоглощения — коэффициент звукопоглощения, измеренный в реверберационной камере при хаотическом падении звука на поверхность материала.

Среднеарифметический реверберационный коэффициент звукопоглощения — реверберационный коэффициент звукопоглощения, усредняемый по двум или более октавным полосам частот.

Октавная полоса частот — полоса частот, в которой верхняя граничная частота в 2 раза больше нижней. *Среднегеометрическая частота октавной полосы (f)* — частота, определяемая по формуле

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \quad (3.3)$$

где f_1 — нижняя граничная частота, Гц;

f_2 — верхняя граничная частота, Гц.

Среднеарифметический реверберационный коэффициент звукопоглощения α устанавливается для каждого из трех диапазонов частот, указанных в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Диапазоны частот

Диапазон	Обозначение диапазона	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц
Низкочастотный	Н	63; 125; 250
Среднечастотный	С	500; 1000
Высокочастотный	В	2000; 4000; 8000

В зависимости от величины среднеарифметического реверберационного коэффициента звукопоглощения α в каждом из диапазонов звукопоглощающие материалы и изделия должны быть отнесены к одному из трех классов, указанных в табл. 3.7.

Таблица 3.7

**Классы звукопоглощающих материалов в зависимости от величины
среднеарифметического реверберационного коэффициента
звукопоглощения α**

Класс материала	1	2	3
α	Свыше 0,8	От 0,8 до 0,4	От 0,4 до 0,2 включительно

Принадлежность звукопоглощающего материала или изделия к какому-либо классу в каждом из указанных в табл. 3.7 диапазонов частот обозначается буквенными или цифровыми символами.

Пример условного обозначения звукопоглощающего материала или изделия, имеющего коэффициент звукопоглощения в диапазонах низких частот (Н) — не выше 0,4 (3-й класс); средних частот (С) — от 0,4 до 0,8 (2-й класс); высоких частот (В) — свыше 0,8 (1-й класс):

НСВ-321.

Механизм звукопоглощения звуковой энергии заключается в следующем: звуковые волны, ударяясь о поверхность пористого материала, приводят воздух внутри пор в колебательное движение. Поры оказывают сопротивление потоку воздуха и его движение в них тормозится. В результате вязкого трения часть звуковой энергии превращается в теплоту. Потери звуковой энергии происходят также благодаря деформациям скелета материала и его активного сопротивления вынужденным колебаниям, возникающим под действием звуковых волн [74].

Пористые звукопоглощающие материалы делятся на материалы с жестким скелетом (ячеистый бетон, пеностекло, фибролит и др.) и с гибким скелетом (минераловатные, стекловолокнистые, древесноволокнистые материалы). Механизмы звукопоглощения каждого из материалов этих типов несколько отличаются друг от друга. Пористые материалы с жестким скелетом поглощают звуковую энергию благодаря вязкому трению при движении воздуха в порах, с гибким — благодаря вязкому трению в порах и деформациям гибкого скелета (рис. 3.2).

Коэффициент звукопоглощения зависит от структуры материала: чем выше пористость и больше открытых, сообщающихся пор, тем больше его звукопоглощение. Размеры пор должны находиться в преде-

лах от 0,001 до 0,1 см. Звукопоглощение на низких частотах происходит в более крупных порах. Увеличение влажности материала резко снижает коэффициент звукопоглощения по всему диапазону частот.

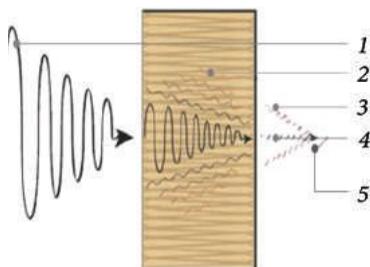


Рис. 3.2. Механизм поглощения звуковой энергии материалами из минеральной ваты: 1 — падающая звуковая энергия; 2 — звуковая энергия, трансформирующаяся в тепловую; 3 — звуковая энергия, переизлученная колеблющимся скелетом материала; 4 — звуковая энергия, прошедшая через поры и неплотности материала; 5 — звуковая энергия, прошедшая через толщу материала

Звукопоглощение материалов зависит от их толщины, расположения по отношению к источнику звука и других факторов. Для усиления поглощения звуковой энергии материалы дополнительно перфорируют (10—30 % отверстий диаметром 0,7—6 мм). Размер и форма отверстий в изделиях, их наклон, глубина, а также процент перфорации (отношение площади, занимаемой отверстиями, к общей площади изделия) влияют на коэффициент звукопоглощения [76].

Звукопоглощающие пористо-волоконистые (мягкие и полужесткие) материалы, предназначенные для применения в звукопоглощающих конструкциях, должны выпускаться только в сочетании с защитными (продуваемыми и непродуваемыми) оболочками, препятствующими высыпанию мелких волокон и пыли. Для защиты звукопоглощающих пористо-волоконистых материалов от механических повреждений применяют защитные перфорированные покрытия [9].

Звукоизоляционные материалы и изделия

Звукоизоляционные материалы — материалы, характеризующиеся вязкоупругими свойствами и обладающие динамической жесткостью не более 250 МПа/м.

В качестве звукоизоляционных материалов и изделий используются утеплители на основе минеральной (каменной и стеклянной) ваты, а также доменный шлак, керамзит, песок.

Звукоизоляционные изделия (материалы) выпускаются в виде ленточных, полосовых и штучных прокладок, матов и плит, защищенных от пыления и увлажнения специальными оболочками (водостойкой бумагой, пленкой, фольгой и др.). Ленточные и полосовые прокладки имеют длину от 1000 до 3000 мм с интервалом 200 мм и шириной 100, 150 и 200 мм, штучные — имеют длину и ширину 100, 150 и 200 мм.

Пористо-волокнистые звукоизоляционные прокладочные изделия (материалы) изготавливаются из минеральной (каменной или стеклянной) ваты мягких, полужестких и жестких видов с динамическим модулем упругости E_d не более 5 кгс/см^2 при нагрузке на звукоизоляционный слой $0,02 \text{ кгс/см}^2$. Средняя плотность пористо-волокнистых звукоизоляционных изделий составляет от 75 до 175 кг/м^3 .

Пористо-губчатые звукоизоляционные прокладочные изделия (материалы) изготавливают из пенопластов и пористой резины с динамическим модулем упругости E_d от 10 до 50 кгс/см^2 .

Доменный шлак, керамзит или другие пористые заполнители, применяемые в конструкциях междуэтажных перекрытий для улучшения изоляции ударного шума, должны иметь предельную крупность не более 20 мм. Динамический модуль упругости E_d керамзита, доменного шлака, песка и других пористых заполнителей должен быть не более 150 кгс/см^2 .

Основные показатели качества и методы испытаний звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов

Оценку качества звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов проводят в соответствии с ГОСТ 16297—80 [7] по следующим основным показателям: динамическому модулю упругости, коэффициенту потерь, коэффициенту звукопоглощения при нормальном падении звука (нормальному коэффициенту звукопоглощения) и др.

Методы испытаний для определения показателей прочности, сжимаемости, водопоглощения и других показателей минераловатных изделий устанавливаются ГОСТ 17177—94 [8] (см. главу 1, раздел 1.1.6).

• *Динамический модуль упругости* звукоизоляционных материалов и изделий E_d определяется при продольных колебаниях нагруженного образца по величине частоты колебаний, при которой амплитуда ускорения (или скорости, или смещения) становится наибольшей (резонанс).

Установка для испытания представляет собой вибратор с дюралюминиевым столиком, толщина которого составляет не менее 30 мм, а диаметр рабочей поверхности — 160 мм. Столик закреплен к подвижной системе вибратора 4 (или более) винтами (болтами). Испытываемые образцы из древесноволокнистых плит, войлока, пенопластов, пластмасс и резины с грузом размещаются на столике вибратора на равных расстояниях друг от друга и на расстоянии 10 мм от края столика. Груз — стальной цилиндр диаметром 160 мм. Нагрузки на образец принимают равными 2000, 5000 и 10000 Н/м.

Блок-схема установки для определения динамического модуля упругости приведена на рис. 3.3.

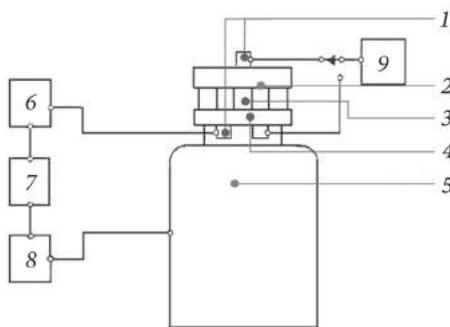


Рис. 3.3. Блок-схема установки для определения динамического модуля упругости: 1 — акселерометры; 2 — груз; 3 — испытываемый образец; 4 — столик вибратора; 5 — электродинамический вибратор; 6 — измерительный усилитель; 7 — измерительный генератор; 8 — усилитель мощности; 9 — виброизмеритель

От каждой партии материалов для испытаний отбирают не менее 6 образцов. Размеры и количество одновременно испытываемых образцов принимаются в соответствии с табл. 3.8.

Параметры вибраций, при которых производят испытания, указаны в табл. 3.9.

Таблица 3.8

Размеры и количество испытываемых образцов

Материал изделия	Диаметр образца, мм	Высота образца в нагруженном состоянии, мм	Количество одновременно испытываемых образцов, шт.	Общая площадь одновременно испытываемых образцов, м ²	Время выдерживания образцов под грузом, с
Стекловолоконные и минераловатные плиты и маты	160	До 50	1	$2 \cdot 10^{-2}$	600
Древесноволокнистые плиты, войлок	30	До 25	3	$2,12 \cdot 10^{-3}$	60
Пенопласты	30	До 25	3	$2,12 \cdot 10^{-3}$	
Пластмассы и резины	10	До 12	3	$2,36 \cdot 10^{-4}$	30

Таблица 3.9

Параметры вибраций

Амплитуда	Пределы изменения амплитуд, не более	Погрешность измерения амплитуд, %, не более
Ускорение, м/с ²	3	5
Скорость, м/с	$3 \cdot 10^{-2}$	5
Смещение, м	$3 \cdot 10^{-5}$	5

Вибратор приводят в движение, установив на измерительном усилителе режим автоматического поддержания постоянной амплитуды, и с помощью звукового генератора устанавливают колебания частотой 5 Гц и амплитудой α_1 столика вибратора. Частота резонанса f , Гц, при которой амплитуда α_2 груза, установленного на испытываемом образце, становится максимальной, определяется в процессе плавного изменения частоты колебаний вибратора.

Динамический модуль упругости (E_D), Н/м², для всех материалов и изделий вычисляется по формуле

$$E_{\text{д}} = \frac{4\pi^2 f^2 Mh}{F}, \quad (3.4)$$

где f — частота резонанса, Гц;

M — масса груза, кг;

h — высота образца под нагрузкой, м;

F — общая площадь одновременно испытываемых образцов, м².

Для стекловолоконистых и минераловатных плит и матов вычисляют приведенный динамический модуль упругости ($E_{\text{п}}$), Н/м², учитывающий упругость воздуха в порах материала, по формуле

$$E_{\text{п}} = 1,2 \cdot 10^5 + E_{\text{д}}. \quad (3.5)$$

При каждом испытании определяют коэффициент потерь (η) — безразмерную величину, характеризующую рассеяние энергии при продольных колебаниях:

$$\eta = \frac{1}{\left[\left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right)^2 - 1 \right]^{0,5}}, \quad (3.6)$$

где α_1 — амплитуда ускорения, м/с² (или скорости, м/с, или смещения, м), столика вибратора при частоте колебания 5 Гц;

α_2 — амплитуда ускорения, м/с² (или скорости, м/с, или смещения, м) груза при частоте резонанса f .

Для каждой партии материалов находят среднее арифметическое значение величин $E_{\text{д}}$ ($E_{\text{п}}$) и η .

• Коэффициент звукопоглощения при нормальном падении звука

Коэффициент звукопоглощения — величина, равная отношению поглощенной средой звуковой энергии к энергии, падающей на нее.

Для определения коэффициента звукопоглощения применяется интерферометр, блок-схема которого представлена на рис. 3.4.

Керн магнита громкоговорителя имеет отверстие для микрофонного щупа, изготовленного из трубки, наружный диаметр которой составляет 3 мм, а внутренний — 2 мм. Щуп соединен с резиновой диафрагмой толщиной 2 мм, укрепленной в центре днища микрофонной тележки,

которую передвигают по направляющей рейке. На тележке установлен микрофон, включенный на вход усилителя, соединенного с ламповым вольтметром через акустические (полосовые) фильтры.

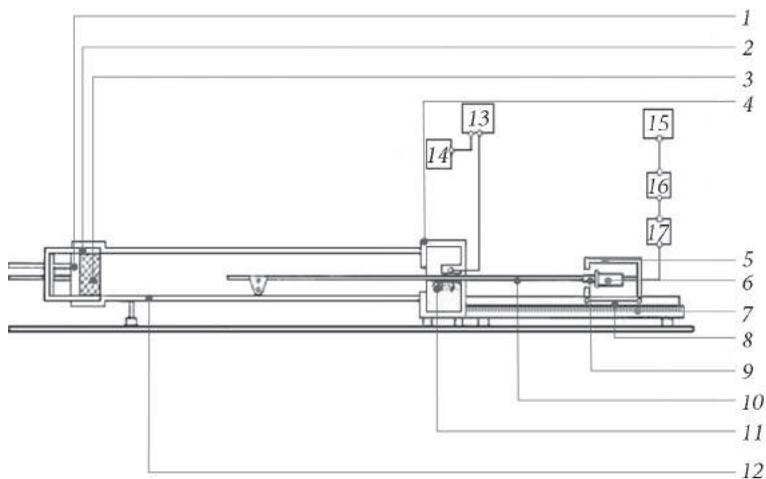


Рис. 3.4. Блок-схема интерферометра: 1 — поршень; 2 — обойма; 3 — лицевая поверхность образца; 4 — коробка; 5 — микрофонная тележка; 6 — микрофон; 7 — направляющая рейка; 8 — указатель отсчета; 9 — резиновая диафрагма; 10 — микрофонный щуп; 11 — громкоговоритель; 12 — металлическая труба; 13 — низкочастотный генератор; 14 — электронно-счетный частотомер; 15 — электронный вольтметр; 16 — акустический фильтр; 17 — микрофонный усилитель

Для контроля частоты звука, создаваемого генератором, параллельно его выходу включают электронно-счетный частотомер. Размеры труб интерферометра в зависимости от требуемого частотного диапазона измерений представлены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Размеры труб интерферометра в зависимости от требуемого частотного диапазона измерений

Частотный диапазон измерений, Гц	Внутренний диаметр или сторона квадрата трубы, м	Длина трубы L , м
50—500	0,25	7
125—2000	0,10	1
1600—8000	0,025	0,025

В трубе интерферометра длиной 7 м вместо щупа следует помещать микрофон. При этом на поверхности трубы должно быть установлено устройство с отсчетным приспособлением, позволяющим определять положение микрофона относительно лицевой поверхности образца.

Для проведения испытания из отобранных материалов вырезают пуансоном 3 образца в виде цилиндра. Размеры образца должны на 1 мм превышать внутренние размеры трубы интерферометра (см. табл. 3.10).

Образец испытываемого материала устанавливают в обойму интерферометра таким образом, чтобы нелицевая его поверхность находилась на жестком поршне, а лицевая — на уровне обреза обоймы. Края лицевой стороны образца промазывают пластилином, обойму закрепляют в трубе.

При испытаниях на интерферометре определяют величины напряжений на выходе микрофонного усилителя, регистрируемые электронным вольтметром, соответствующие первым максимуму и минимуму уровня звукового давления в трубе интерферометра, а также величину расстояния первого минимума d_1 , см, от лицевой поверхности образца.

Испытания производят последовательно на частотах 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400...5000 и 6300 Гц.

По результатам испытаний определяют *нормальный коэффициент звукопоглощения*.

Нормальный коэффициент звукопоглощения (α_0) материала или изделия вычисляется по формуле

$$\alpha_0 = \frac{4}{n + \frac{1}{n} + 2}, \quad (3.7)$$

где n — отношение максимального (U_{\max} , мВ) и минимального (U_{\min} , мВ) напряжений на выходе микрофонного усилителя и зарегистрированных электронным вольтметром:

$$n = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}. \quad (3.8)$$

Результаты испытаний принимаются как среднее арифметическое значение трех испытаний.

3.1.1. Плитные и рулонные материалы, применяемые в системах изоляции внутри помещений

Плиты из минеральной (каменной) ваты

Каменная вата — тепло- и звукоизоляционный материал, изготовленный из расплава горных пород габбро-базальтовой группы (см. главу 1, раздел 1.1.6). Являясь негорючей, минеральная вата может применяться в широком диапазоне температур (до 1000 °С) и выполнять дополнительную функцию огнезащиты. Материалы из каменной ваты изготавливают преимущественно в виде плит и матов.

Плиты из каменной ваты обладают хорошим звукопоглощением воздушного и ударного шумов в широком диапазоне частот. Звукопоглощение обеспечивается за счет волокнистой структуры, которая эффективно гасит звуковую волну (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Структура каменной ваты под микроскопом (а) и схема расположения волокон каменной ваты (б)

- **ТЕХНОАКУСТИК** — негорючие, гидрофобизированные звукопоглощающие плиты из каменной ваты. Применяются в конструкциях каркасно-обшивных перегородок и облицовок, в конструкциях подвесных потолков, а также в перекрытиях при ненагружаемой схеме укладки изоляционного материала.

- **ТЕХНОФЛОР** — негорючие, гидрофобизированные тепло-, звукоизоляционные плиты из каменной ваты. Плиты **ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ** применяются для тепловой и звуковой изоляции «плавающих» полов при укладке бетона или цементной стяжки непосредственно на теплоизоляцию. Плиты **ТЕХНОФЛОР ПРОФ** предназначены для тепловой и звуковой изоляции полов с повышенными нормативными нагрузками, в том числе «плавающих» полов, полов с подогревом, полов под стяжку производственных, спортивных помещений и складов.

Основные физико-механические характеристики материалов *ТЕХНОАКУСТИК* и *ТЕХНОФЛОР* представлены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

**Физико-механические характеристики минераловатных плит
ТЕХНОАКУСТИК и *ТЕХНОФЛОР***

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	<i>ТЕХНО-АКУСТИК</i>	<i>ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ</i>	<i>ТЕХНОФЛОР ПРОФ</i>
Плотность, кг/м ³	38—45	99—121	155—185
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	—	25	50
Сжимаемость, %, не более	10	—	—
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,037	0,037	0,040
Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па), не менее	0,3	0,3	0,3
Влажность по массе, %, не более	0,5	0,5	0,5
Водопоглощение по объему, %, не более	1,5	1,5	1,5
Содержание органических веществ, %, не более	2,5	4,5	4,5
Горючесть	НГ	НГ	НГ
Класс звукопоглощения при общей толщине слоя изоляции, мм, НСВ:	50	212	
	100	211	
	150	211	
	200	111	
Размеры: длина×ширина×толщина (с шагом 10 мм), мм	(1000, 1200)× ×(500, 600)× ×(40—200)	(1000, 1200)× ×(500, 600)× ×(40—150)	(1000, 1200)× ×(500, 600)× ×(40—150)

Маты из каменной ваты

- *Мат прошивной ТЕХНО* — негорючий тепло-, звукоизоляционный прошивной мат из минеральной ваты. С одной стороны мат покрывается гальванизированной, стальной или оцинкованной сеткой и проши-

вается металлической проволокой, которые придают жесткость изоляции и облегчают монтаж. Может также выпускаться с односторонней обкладкой неармированной или армированной алюминиевой фольгой. Предназначен для использования в гражданском и промышленном строительстве в качестве тепло-, звукоизоляции, огнезащиты воздуховодов, а также изоляции высокотемпературного оборудования и оборудования сложной геометрической формы, трубопроводов, паропроводов, газоходов, электрофильтров. Минераловатный прошивной мат применяется при температуре изолируемых поверхностей до +750 °С.

Основные физико-механические характеристики *мата прошивного ТЕХНО* представлены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Физико-механические характеристики *мата прошивного ТЕХНО*

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	Мат прошивной ТЕХНО 50	Мат прошивной ТЕХНО 80	Мат прошивной ТЕХНО 100	
Коэффициент уплотнения, Кс	1,2	1,2	1,2	
Теплопроводность, Вт/м·°С	λ_{10}	0,034	0,033	0,034
	λ_{25}	0,036	0,035	0,036
	λ_{125}	0,055	0,046	0,045
	λ_{300}	0,114	0,086	0,079
Показатели огнестойкости системы огнезащиты воздуховода при толщине, мм, мин	30	—	EI60	—
	40	—	EI90	—
	50	—	EI120	—
	60	—	EI150	—
	70	—	EI180	—
	80	—	EI240	—
Сжимаемость, %, не более	35	20	15	
Упругость, %, не менее	90	90	90	
Влажность по массе, %, не более	0,5	0,5	0,5	
Плотность, кг/м ³	45—55	72—88	90—110	
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	(2400, 4800)×1200×(30—100)			

Плиты из экструзионного пенополистирола

Экструзионный пенополистирол (XPS-плиты) — жесткий тепло- и звукоизоляционный материал, обладающий равномерной, закрытой пористой структурой, с диаметром ячеек 0,1—0,2 мм (см. главу 1, раздел 1.1.6). Применение звукоизоляционных материалов из XPS-плит из-за достаточно высоких значений динамического модуля упругости обеспечивает высокий индекс изоляции ударного шума в конструкции «плавающих» полов и позволяет снизить уровень ударного шума на 28 дБ.

- *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF* — плиты из экструзионного пенополистирола с применением нанографита. Применяются в общегражданском строительстве при устройстве теплоизоляции фундамента, крыш, полов, в том числе нагружаемых, утеплении фасадов и цоколей.

Основные физико-механические характеристики плит из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF* представлены в табл. 1.25.

- *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO* — плиты из экструзионного пенополистирола, специально разработанные для звуко- и теплоизоляции в частном домостроении, в том числе «теплых» полов (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Физико-механические характеристики плит из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO*

Показатель	Значение показателя
Плотность, кг/м ³	26—32
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кПа, не менее	250
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,25
Модуль упругости, МПа	17
Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С), не более	0,029
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	1,45
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не менее	0,011
Водопоглощение по объему, %, не более	0,2
Горючесть	Г4
Температура эксплуатации, °С	-70 ... +75
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	(1200, 2360)×(580, 600)× ×(20, 30, 40, 50, 100)

Рулонные битумно-полимерные материалы

Общие сведения, состав, строение, свойства, а также методы испытаний рулонных битумно-полимерных материалов представлены в главе 1, разделе 1.1.1.

Далее приведены битумно-полимерные материалы, специально разработанные для систем внутренней изоляции зданий.

- *Техноэласт АКУСТИК* получают путем двустороннего нанесения на стекловолоконистую основу битумно-полимерного вяжущего с последующим нанесением на одну сторону полотна слоя звукоизоляционного геотекстиля либо путем одностороннего нанесения на звукоизоляционный стеклохолст битумно-полимерного вяжущего; для защиты от слипания на битумно-полимерное вяжущее наносится полимерная пленка. Для модифицирования битума применяют бутадиен-стирольный термоэластопласт. *Техноэласт АКУСТИК* применяется для устройства звукоизолирующих прокладок в конструкциях «плавающих» полов или в конструкциях для изоляции помещения от ударных шумов. С помощью *Техноэласт АКУСТИК* решается комплексная задача звуко- и гидроизоляции помещения. Материал укладывают свободно звукоизоляционным слоем к основанию и заводят на стены на высоту финишного покрытия. Полотна укладывают встык и проклеивают скотчем.

Таблица 3.14

Основные физико-механические характеристики материалов
Техноэласт АКУСТИК и *Техноэласт АКУСТИК СУПЕР*

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	<i>Техноэласт АКУСТИК</i>	<i>Техноэласт АКУСТИК СУПЕР</i>
Масса, кг/м ² , не менее	0,7	2,2
Толщина, мм	2,5	4,5
Динамический модуль упругости при нагрузке 2 кПа, МПа, не более	0,35	0,15
Температура гибкости на брусе $R = 25$ мм, °С, не выше	-15	-15
Индекс снижения приведенного уровня ударного шума $\Delta L_{ин}$, дБ, не менее	23	27

Таблица 3.14 (окончание)

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	Техноэласт АКУСТИК	Техноэласт АКУСТИК СУПЕР
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	300	300
Водонепроницаемость при давлении 0,2 МПа в течение 2 ч, не менее	—	Абсолютная
Теплостойкость, °С, не менее	+85	+85
Размеры: длина×ширина, м	15×1	10×1

• *Техноэласт АКУСТИК СУПЕР* представляет собой полотно, состоящее из стекловолоконистой основы, покрытой битумно-полимерным вяжущим. С одной стороны на полотно нанесен звукоизоляционный геотекстиль с высокой степенью защиты от ударного шума, с другой — полимерная защитная пленка. *Техноэласт АКУСТИК СУПЕР* выполняет функции гидро- и звукоизоляции. Наиболее часто применяется в конструкциях «плавающих» полов.

Основные физико-механические характеристики *Техноэласт АКУСТИК* и *Техноэласт АКУСТИК СУПЕР* представлены в табл. 3.14.

Профилированные полимерные мембраны

Профилированные полимерные мембраны заменяют бетонную подготовку при устройстве изоляции пола по грунту.

• *Профилированная мембрана PLANTER standard* представляет собой однослойное полотно из полиэтилена высокой плотности с отформованными округлыми выступами высотой 8 мм (рис. 3.6).

Рис. 3.6. Профилированная мембрана *PLANTER standard*

Основные физико-механические характеристики мембраны *PLANTER standard* представлены в табл. 3.15.

Таблица 3.15

Основные физико-механические характеристики полимерной мембраны *PLANTER standard*

Показатель	Значение
Масса, кг/м ² , не менее	0,5
Высота шипа, мм	8
Предел прочности при сжатии, кН/м ²	400
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	450
Объем воздуха между шипами, л/м ²	5,5
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	26
Водопоглощение, %	0
Температура применения, °С	-50 / +80
Класс пожарной опасности	Г4, В3, РП2
Размер рулона, м	2,0×20,0

3.1.2. Облицовочные материалы на основе гипсовых вяжущих

Гипсокартонные листы

Общие сведения, классификация, размеры

Гипсокартонные листы предназначены для отделки стен, устройства перегородок, подвесных потолков, огнезащиты конструкций, изготовления декоративных и звукопоглощающих изделий.

Гипсокартонные листы состоят из гипсового сердечника, все плоскости которого, кроме торцевых кромок, облицованы картоном. Сердечник изготавливается из строительного гипса марки не ниже Г4 с минеральными или органическими добавками. Сцепление картона с сердечником обеспечивается с помощью клеящих добавок. Гладкая поверхность картонной оклейки позволяет без предварительной подготовки окрашивать ее, наносить декоративные штукатурки, оклеивать обоями и т.д.

Согласно ГОСТ 6266—97 [30] в зависимости от свойств и области применения листы подразделяют на следующие виды:

- обычные (ГКЛ) — гипсокартонные листы, применяемые преимущественно для внутренней отделки зданий и помещений с сухим и нормальным влажностными режимами;
- влагостойкие (ГКЛВ) — гипсокартонные листы, имеющие пониженное водопоглощение (менее 10 %) и обладающие повышенным сопротивлением проникновению влаги; применяются в помещениях с повышенной влажностью (до 80—85 %);
- с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени (ГКЛО) — предназначены для конструкций, к которым предъявляются повышенные требования огнестойкости;
- влагостойкие с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени (ГКЛВО) — гипсокартонные листы, обладающие одновременно свойствами листов ГКЛВ и ГКЛО.

По внешнему виду и точности изготовления листы подразделяют на группы А и Б. Отклонение от прямоугольности не должно превышать 3 мм — для листов группы А и 8 мм — для листов группы Б.

По форме продольной кромки гипсокартонные листы подразделяют на следующие типы (рис. 3.7).

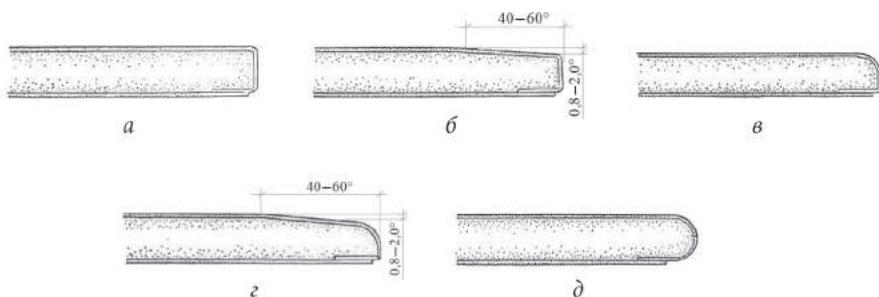


Рис. 3.7. Типы гипсокартонных листов по форме продольной кромки:
а — прямая кромка (ПК); б — утоненная с лицевой стороны кромка (УК);
в — полукруглая с лицевой стороны кромка (ПЛК); г — полукруглая и утоненная с лицевой стороны кромка (ПЛУК); д — закругленная кромка (ЗК)

Гипсокартонные листы с прямыми кромками типа ПК применяются для внутренних слоев в двухслойной гипсокартонной конструкции, с утоненными кромками типа УК, ПЛУК — для внешней обшивки гипсо-

картонных конструкций. Форма кромок позволяет получить путем шпатлевания прочный незаметный стык. Заделка стыков с кромкой УК выполняется с использованием стыковочной ленты, а с кромкой ПЛУК возможна без нее.

Торцовые кромки во всех случаях имеют прямоугольную форму. Размеры гипсокартонных листов приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Размеры гипсокартонных листов

Показатель	Значение
Длина L , мм	2000—4000 с шагом 50
Ширина B , мм	600; 1200
Толщина s , мм	6,5; 8,0; 9,5; 12,5; 14,0; 16,0; 18,0; 20,0; 24,0

Условное обозначение гипсокартонного листа состоит из: буквенного обозначения вида листа; группы листа; обозначения типа продольных кромок; цифр, обозначающих длину, ширину и толщину листа, мм; обозначения стандарта.

Пример условного обозначения обычного гипсокартонного листа группы А с утоненными с лицевой стороны кромками длиной 3000 мм, шириной 1200 мм и толщиной 12,5 мм:

ГКЛ-А-УК-3000×1200×12,5 ГОСТ 6266—97.

Производство гипсокартона

Сырьевыми материалами для производства гипсокартона являются облицовочный картон, строительный гипс марки не ниже Г4, а также добавки, улучшающие технические характеристики гипсокартона: синтетический пенообразователь, модифицированный крахмал, поливинилацетатная эмульсия. Кроме того, в формовочную смесь могут вводиться наполнители (целлюлоза, стекловолокно) и добавки, придающие гипсокартону влагостойкость, огнеупорность и т.п.

Производство гипсокартона включает следующие операции. В смесительном барабане происходит подготовка формовочной гипсовой

массы (смеси гипса, воды и добавок), которая затем поступает на движущийся по ленточному конвейеру картон, разравнивается и покрывается вторым слоем картона. Боковые кромки закрываются краями картона лицевого слоя. Конвейерные условия производства гипсокартона дают возможность формировать материал строго определенной толщины. После схватывания формовочной массы гипсокартонная полоса нарезается на отдельные листы посредством гильотины. На роликовом конвейере листы попадают в сушильную камеру, где при температуре от 450 °С со снижением до 150 °С происходит их сушка. Затем осуществляется заключительная обрезка листа гипсокартона и его передача для упаковки, маркировки и штабелирования. Схема производства гипсокартонных листов представлена на рис. 3.8.

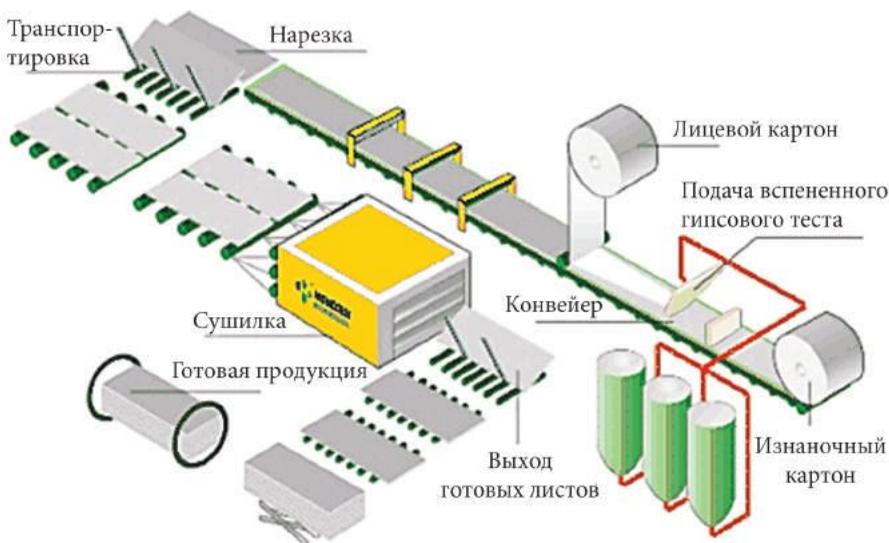


Рис. 3.8. Схема производства гипсокартонных листов

Маркировку листов производят на тыльной стороне каждого изделия несмываемой краской при помощи трафаретов, штампов или другим способом, обеспечивающим необходимое качество маркировки. Надписи должны выполняться на листах:

- ГКЛ и ГКЛВ — синим цветом;
- ГКЛО и ГКЛВО — красным цветом.

Основные показатели качества и методы испытания гипсокартона

Оценку качества гипсокартона проводят в соответствии с ГОСТ 6266—97 [30] по следующим основным показателям: внешнему виду, форме и размерам, массе 1 м^2 , разрушающей нагрузке при испытании листов на прочность при изгибе, сцеплению гипсового сердечника с картоном, водопоглощению (для листов ГКЛВ и ГКЛВО), сопротивляемости воздействию открытого пламени (для листов ГКЛО и ГКЛВО), содержанию естественных радионуклидов $A_{\text{эфф}}$, горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности, токсичности.

• *Масса 1 м^2 листа (поверхностная плотность)* определяется на образцах длиной (450 ± 5) мм и шириной (150 ± 5) мм, вырезанных на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа у противоположных концов любой из его диагоналей. Образцы высушивают при температуре $41 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 24 ч, взвешивают, затем продолжают сушить до постоянной массы. Масса считается постоянной, если расхождения между результатами двух последовательных взвешиваний не будут превышать 0,1 %. Время сушки между двумя последовательными взвешиваниями должно быть не менее 2 ч. Далее образцы охлаждают в условиях, исключающих воздействие на них влаги, и взвешивают. После взвешивания измеряют длину и ширину образца.

Массу 1 м^2 листа (m), $\text{кг}/\text{м}^2$, вычисляют по формуле

$$m = \frac{m_1}{l \cdot b}, \quad (3.9)$$

где m_1 — масса образца, высушенного до постоянной массы, кг;

l — длина образца, м;

b — ширина образца, м.

Таблица 3.17

Масса 1 м^2 гипсокартонных листов (поверхностная плотность)

Масса 1 м^2 листов вида, $\text{кг}/\text{м}^2$			
ГКЛ	ГКЛВ	ГКЛО	ГКЛВО
Не более 1,00 s		Не менее 0,80 и не более 1,06 s	

Примечание: s — значение номинальной толщины листа по табл. 3.16.

За массу 1 м² партии листов принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов.

Масса 1 м² листов (поверхностная плотность) должна соответствовать массе, указанной в табл. 3.17.

- Определение *разрушающей нагрузки и прогиба листов* заключается в разрушении образца сосредоточенной нагрузкой, прикладываемой в середине по однопролетной схеме.

Для проведения испытания из каждого листа, отобранного для контроля, вырезают по одному продольному и одному поперечному образцу длиной (450±5)мм и шириной (150±5)мм на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа у противоположных концов любой из его диагоналей. Образцы маркируют (продольный или поперечный) и высушивают. Продольные образцы помещают на опоры лицевой стороной вниз, а поперечные — тыльной. Нагрузку повышают со скоростью 15—20 Н/с (1,5—2,0 кгс/с) до разрушения образца (рис. 3.9).

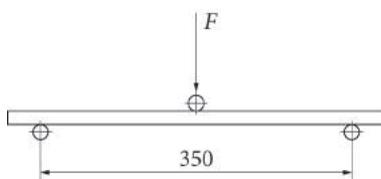


Рис. 3.9. Схема испытания образцов на прочность при изгибе при постоянном пролете

За разрушающую нагрузку партии листов принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний отдельно трех продольных и трех поперечных образцов, при этом результат испытания каждого отдельного образца должен соответствовать требованиям.

Разрушающая нагрузка при испытании листов на прочность при изгибе при постоянном пролете ($l = 350$ мм) должна быть не менее нагрузки, указанной в табл. 3.18.

Таблица 3.18

Разрушающая нагрузка при испытании гипсокартонных листов на прочность при изгибе

Толщина листов, мм	Разрушающая нагрузка для образцов Н, кгс	
	продольных	поперечных
6,5	125 (12,5)	54 (5,4)
8,0	174 (17,4)	68 (6,8)
9,5	222 (22,2)	81 (8,1)

Таблица 3.18 (окончание)

Толщина листов, мм	Разрушающая нагрузка для образцов Н, кгс	
	продольных	поперечных
12,5	322 (32,2)	105 (10,5)
14,0	360 (36,0)	116 (11,6)
16,0	404 (40,4)	126 (12,6)
18,0	440 (44,0)	133 (13,3)
20,0	469 (46,9)	134 (13,4)
24,0	490 (49,0)	136 (13,6)

- Для определения *прочности сцепления гипсового сердечника с картоном* в любом месте по длине каждого листа, отобранного для контроля, делают по 2 пересекающихся между собой под углом приблизительно в 30° надреза картона длиной до пересечения не менее 100 мм. Надрезы картона выполняют с лицевой и тыльной сторон листа до гипсового сердечника. В месте пересечения надрезов остроугольную часть картона приподнимают с помощью ножа и вручную отрывают от листа в вертикальном направлении. По характеру отрыва картона оценивают прочность его сцепления с гипсовым сердечником.

Сцепление гипсового сердечника с картоном должно быть прочнее, чем сцепление слоев картона.

- *Водопоглощение гипсокартонных листов* определяют на образцах-квадратах с длиной стороны (300±5)мм, вырезанных на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа.

Образцы высушивают до постоянной массы при температуре 41 °С и после охлаждения взвешивают. Затем образцы помещают на 2 ч в воду (температурой 20 °С) в горизонтальном положении на подкладки, при этом уровень воды должен быть выше образцов не менее чем на 50 мм. По истечении указанного времени образцы извлекают из воды и взвешивают. Перед взвешиванием насыщенных водой образцов с каждого образца удаляют имеющиеся на его поверхности капли воды. Взвешивание каждого образца должно быть закончено не позднее 5 мин после извлечения его из воды.

Водопоглощение (W), %, вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, \quad (3.10)$$

где m_1 — масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

m_2 — масса образца, насыщенного водой, г.

За водопоглощение партии листов принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов.

Водопоглощение листов ГКЛВ и ГКЛВО не должно превышать 10 %.

• *Сопrotивляемость листов воздействию открытого пламени* определяется на установке, состоящей из двух газовых горелок диаметром 30 мм, рамы со штифтом для подвески образца, двух термопар и устройства для подвешивания груза к образцу (рис. 3.10).

Горелки располагаются соосно по центру образца, перпендикулярно к его поверхности на расстоянии 5 мм от поверхности образца и на уровне верхнего среза выходного отверстия горелки.

От каждого листа, отобранного для контроля, вырезают мелкозубой пилой 2 продольных образца длиной 300 мм и шириной 50 мм. По осевой линии образцов на расстоянии 25 мм от поперечных кромок просверливают 2 сквозных отверстия диаметром 4 мм для подвешивания образца на раме испытательной установки и груза.

Для проведения испытания образец подвешивают на штифте рамы. К нижней части образца подвижно подвешивают груз, масса которого в граммах соответствует величине, равной $80s$, где s — значение толщины испытываемого образца. После установки горелок и термопар в нужном положении одновременно зажигают обе горелки, при этом температура, при которой проводят испытание, должна достигнуть значения $(800 \pm 30)^\circ\text{C}$ не позднее 3 мин от начала испытания. Огневое воздействие

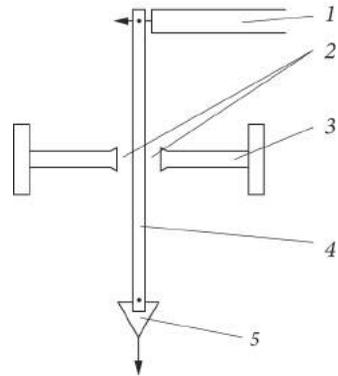


Рис. 3.10. Схема установки для испытания образцов на сопротивляемость воздействию открытого пламени с двух сторон: 1 — рама; 2 — термопара; 3 — горелка; 4 — образец; 5 — устройство для подвешивания груза

продолжается до разрушения образца. Сопrotивляемость образца воздействию открытого пламени с двух сторон измеряется в минутах.

Сопrotивляемость листов ГКЛО и ГКЛВО воздействию открытого пламени должна быть не менее 20 мин.

- *Удельную эффективную активность естественных радионуклидов* определяют по ГОСТ 30108—94 [15]. В гипсокартонных листах она не должна превышать 370 Бк/кг.

- *Пожарно-технические характеристики.* Гипсокартонные листы ГКЛ, ГКЛВ, ГКЛО и ГКЛВО относятся к группе горючести Г1 по ГОСТ 30244—94 [16], к группе воспламеняемости В3 по ГОСТ 30402—96 [18], к группе дымообразующей способности Д1 и к группе токсичности Т1 по ГОСТ 12.1.044—89 [4] (см. главу 4).

По своим физическим и гигиеническим свойствам гипсокартон удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к материалам для жилых помещений: гипс не содержит токсических компонентов и не оказывает вредного воздействия на окружающую среду.

Гипсоволокнистые листы

Общие сведения, классификация, размеры

Гипсоволокнистые листы — листовые изделия, получаемые из гипсового вяжущего и целлюлозного волокна (в том числе распушенной макулатуры). Предназначены для устройства межкомнатных перегородок, подвесных потолков и внутренней облицовки стен, оснований под покрытие пола, а также для облицовки конструкций с целью повышения их предела огнестойкости.

Согласно ГОСТ Р 51829—2001 [37] в зависимости от свойств листы подразделяют на следующие виды:

- обычные (ГВЛ) — гипсоволокнистые листы, применяемые преимущественно для внутренней отделки зданий и помещений с сухим и нормальным влажностными режимами;
- влагостойкие (ГВЛВ) — гипсоволокнистые листы, лицевая и тыльная поверхности которых обладают повышенным сопротивлением проникновению влаги.

Продольные кромки листов по форме подразделяют на 2 типа: прямая кромка (ПК) и фальцевая кромка (ФК) (рис. 3.11).

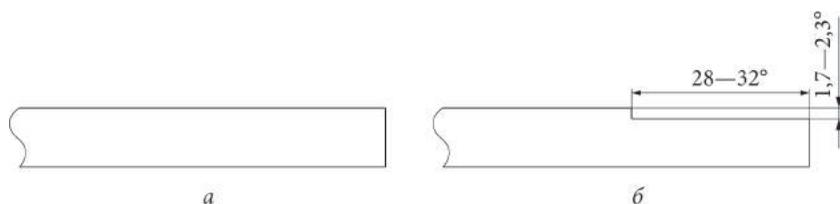


Рис. 3.11. Продольные кромки гипсоволокнистых листов:
a — прямая; *б* — фальцевая

Размеры гипсоволокнистых листов приведены в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Размеры гипсоволокнистых листов

Показатель	Значение
Длина <i>L</i> , мм	1500, 2000, 2500, 2700, 3000
Ширина <i>B</i> , мм	500, 1000, 1200
Толщина <i>s</i> , мм	10,0; 12,5; 15,0; 18,0; 20,0

В плане листы имеют прямоугольную форму.

Условное обозначение гипсоволокнистых листов включает: обозначение вида листов; обозначения типа продольных кромок; цифры, обозначающие номинальную длину, ширину и толщину листа в миллиметрах; обозначения стандарта.

Примеры условных обозначений:

- гипсоволокнистый влагостойкий лист с прямыми кромками, длиной 2500 мм, шириной 1200 мм и толщиной 10 мм:

ГВЛ В-ПК-2500×1200×10 ГОСТ Р 51829—2001;

- гипсоволокнистый обычный лист с фальцевой кромкой, длиной 2000 мм, шириной 1000 мм и толщиной 15 мм:

ГВЛ-ФК-2000×1000×15 ГОСТ Р 51829—2001

Производство гипсоволокнистых листов

Сырьевыми материалами для производства гипсоволокнистых листов являются гипсовое вяжущее марки не ниже ГЗ, вода и бумажная

макулатура [3], которая служит армирующим компонентом. Листы изготавливают на поточных конвейерных линиях методом прессования.

Перед смешиванием с гипсовой массой макулатура дробится на куски размером 3×5 см. Пневмотранспортом она подается в расходный бункер, дозируется и поступает в мельницу тонкого помола, в которой измельчается до размеров 1—3 мм. Полученные бумажные волокна поступают в быстроходный смеситель, где перемешиваются с гипсовой массой. Далее гипсоволокнистая смесь в виде непрерывного полотна поступает на ленточный конвейер, снабженный выравнивающим устройством. Отформованный ковер подается на водопроницаемую сетчатую ленту и уплотняется. Чтобы получить более плотную структуру материала, уплотненный ковер еще раз увлажняют через форсунки. Затем он проходит через вакуумную камеру, где происходит удаление воды. Далее материал прессуется с помощью гидравлического прессы под давлением 5 МПа. После прессования ковер из гипсоволокнистой массы подается на ленточный конвейер, проходя по которому твердеет. Затем листы (влажностью 27—30 %) поступают в многоярусную сушилку, где происходит сушка до $W = 1,5$ %. После сушки осуществляется окончательный раскрой гипсоволокнистых листов пилами — одной пилой поперечного среза и двумя кромкообразными. Затем листы шлифуют в верхней плоскости, отшлифованную поверхность обрабатывают водным раствором латекса для придания листам противопоыльных и водоотталкивающих свойств. После этого листы опять высушиваются в сушилке. На последнем этапе производства на листах обрезают и фрезеруют кромки, складывают листы в штабели и отправляют на склад готовой продукции.

Основные показатели качества и методы испытания гипсоволокнистых листов

Оценку качества гипсоволокнистых листов проводят в соответствии с ГОСТ Р 51829—2001 [37] по следующим основным показателям: внешнему виду, форме и размерам, массе 1 м², пределу прочности при изгибе, поверхностному водопоглощению (для листов ГВЛВ), твердости лицевой поверхности, содержанию естественных радионуклидов $A_{\text{эфф}}$, горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности, токсичности.

- *Масса 1 м² листа* определяется на образцах длиной (400±5)мм и шириной (300±5)мм, вырезанных на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа.

Методика определения массы 1 м² гипсоволокнистых листов аналогична методике испытания гипсокартонных листов (см. предыдущий раздел).

Масса 1 м² листов, кг, должна быть не менее 1,05s и не более 1,25s, где s — номинальная толщина листа, мм.

- Определение *предела прочности при изгибе* заключается в разрушении образца сосредоточенной нагрузкой, прикладываемой в середине пролета по однопролетной схеме.

Для проведения испытания из каждого листа, отобранного для контроля, на расстоянии не менее 100 мм от его кромок вырезают образцы длиной (400±5)мм и шириной (300±5)мм. Образцы маркируют, высушивают, перед испытанием измеряют их толщину. Образцы помещают на опоры лицевой стороной вверх. Нагрузку повышают со скоростью 15—20 Н/с до разрушения образцов. Схема испытания представлена на рис. 3.9.

Предел прочности при изгибе ($R_{изг}$), МПа, вычисляют по формуле

$$R_{изг} = \frac{3F \cdot l}{2b \cdot s^2}, \quad (3.11)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н;

l — расстояние между осями опор, мм, $l = 350$ мм;

b — ширина образца, мм;

s — толщина образца, мм;

Таблица 3.20

Предел прочности при изгибе гипсоволокнистых листов

Толщина листа, мм	Предел прочности при изгибе, МПа
До 10,0 включительно	6,0
Свыше 10,0 до 12,5 »	5,5
» 12,5 » 15,0 »	5,0
» 15,0 » 18,0 »	4,8
» 18,0 » 20,0 »	4,5
» 20,0	4,3

За предел прочности при изгибе листов данной партии принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

Предел прочности листов при изгибе должен быть не менее указанного в табл. 3.20.

• *Поверхностное водопоглощение листов ГВЛВ* определяют с помощью специального приспособления, схема которого приведена на рис. 3.12. Устройство состоит из основания размером 190×190 мм с двумя стойками высотой не менее 100 мм, цилиндра высотой 60 мм с площадью основания по внутреннему диаметру 0,01 м², прижимной пластины, фиксирующей цилиндр на образце с помощью двух гаек, резинового кольца для обеспечения герметичности при проведении испытания. Все металлические элементы приспособления выполнены из коррозионно-стойких металлов.

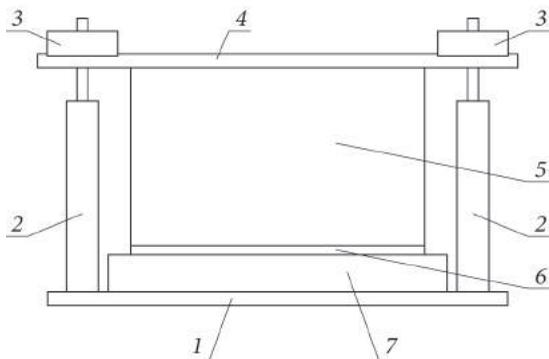


Рис. 3.12. Схема приспособления для определения поверхностного водопоглощения листов ГВЛВ: 1 — основание; 2 — стойка; 3 — гайка; 4 — прижимная пластина; 5 — цилиндр; 6 — резиновое кольцо; 7 — образец

Для проведения испытания из каждого листа, отобранного для контроля, на расстоянии не менее 100 мм от его кромок вырезают по 2 квадратных образца с размерами сторон 140 мм. Испытываемой поверхностью одного образца является лицевая, другого — тыльная поверхность.

Образец взвешивают и закрепляют на приспособлении испытываемой поверхностью вверх. В цилиндр вливают 250 мл водопроводной воды, которую через 1 ч сливают. Остатки воды с поверхности образца удаляют мягкой тканью или бумажной салфеткой, затем образец вновь взвешивают.

Поверхностное водопоглощение ($W_{\text{п}}$), кг/м², вычисляют по формуле

$$W_{\text{п}} = \frac{m_2 - m_1}{0,01}, \quad (3.12)$$

где m_1 — масса образца до испытания, кг;

m_2 — масса образца после испытания, кг;

0,01 — площадь испытываемой поверхности образца, соответствующая площади основания цилиндра по внутреннему диаметру, м².

За поверхностное водопоглощение листов данной партии принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов.

Поверхностное водопоглощение листов ГВЛВ не должно превышать 1,0 кг/м².

- *Твердость лицевой поверхности* определяется согласно методу, основанному на вдавливании шарика определенного диаметра под действием заданной нагрузки на лицевую поверхность образца. Глубину вдавливания измеряют под нагрузкой. Площадь поверхности отпечатка рассчитывают по его глубине.

Испытательное устройство состоит из корпуса, несущего подъемную платформу с рабочим столом, стального закаленного и отполированного шарика диаметром 10 мм с соответствующими крепежными деталями и устройствами для плавного приложения нагрузки.

Для проведения испытания из каждого листа, отобранного для контроля, вырезают по одному квадратному образцу с размерами сторон не менее 100 мм. Образцы вырезают на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа. Перед проведением испытания образцы высушивают до постоянной массы. Образец помещают на рабочий стол прибора таким образом, чтобы лицевая поверхность образца была перпендикулярна к направлению приложения нагрузки. В течение 5 с прикладывают предварительную нагрузку, равную 9,8 Н. После этого устанавливают устройство, измеряющее глубину вдавливания, на нулевую отметку. Затем в течение 2—10 с плавно прикладывают нагрузку, равную 500 Н. Образец выдерживают под этой нагрузкой в течение 30 с, после чего нагрузку снижают до 9,8 Н, а затем измеряют глубину вдавливания.

На каждом образце проводят по 3 определения в точках, расположенных на расстоянии не менее 10 мм друг от друга и от кромок образца.

Твердость лицевой поверхности листа (H), МПа, вычисляют по формуле

$$H = \frac{F}{\pi Dh}, \quad (3.13)$$

где F — испытательная нагрузка, Н;

D — диаметр шарика, мм;

h — глубина вдавливания шарика, мм.

За твердость лицевой поверхности образца принимают среднеарифметическое значение результатов трех определений.

Твердость лицевой поверхности гипсоволокнистых листов должна быть не менее 20 МПа.

- *Содержание естественных радионуклидов* определяют по ГОСТ 30108—94 [15]. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в гипсокартонных листах не должна превышать 370 Бк/кг.

- *Пожарно-технические характеристики.* Листы ГВЛ и ГВЛВ относятся к группе горючести Г1 по ГОСТ 30244—94 [16]; к группе воспламеняемости В1 по ГОСТ 30402—96 [18]; к группе дымообразующей способности Д1 и к группе токсичности продуктов горения Т1 по ГОСТ 12.1.044—89 [4] (см. главу 4).

Пазогребневые гипсовые плиты для перегородок

Общие сведения, размеры, виды

Пазогребневые гипсовые плиты изготавливают из гипсового вяжущего с минеральными или органическими добавками или без добавок. Плиты относятся к группе трудносгораемых материалов. Имеют форму прямоугольного параллелепипеда с пазами и выступами (рис. 3.13). Размеры пазогребневых плит приведены в табл. 3.21 [31].

Условное обозначение плит состоит из сокращенного наименования продукции, типа, цифр, обозначающих размеры плит в мм и обозначения стандарта.

Пример условного обозначения пазогребневых плит длиной 667 мм, шириной 500 мм, толщиной 80 мм:

ПлГ-667×500×80 ГОСТ 6428—83.

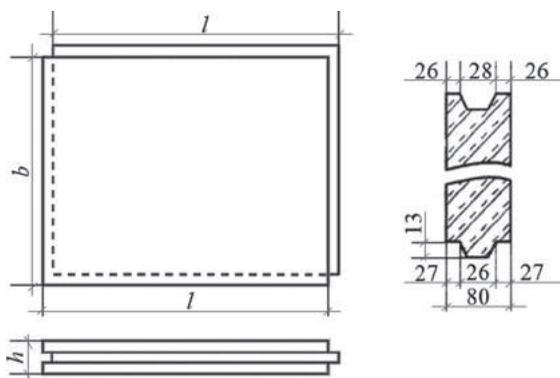


Рис. 3.13. Форма пазогребневых плит

Таблица 3.21

Размеры пазогребневых плит

Длина l , мм	Ширина b , мм	Толщина h , мм
667	500	100; 80
900	300	
800	400	
600	300	

По составу пазогребневые плиты делятся на стандартные, влагостойкие и шунгитовые.

Стандартные плиты используются для возведения несущих стен, межкомнатных перегородок и облицовки в жилых и нежилых помещениях, имеющих низкий или нормальный влажностный режим по СП 50.13330.2012 [61].

Влагостойкие плиты предназначены для использования в помещениях с повышенным уровнем влажности (более 60 %). В производстве этих плит используются специальные гидрофобизирующие добавки, которые обеспечивают устойчивость во влажной среде.

Шунгитовые плиты — плиты, при производстве которых добавляется каменный уголь шунгит, обладающий уникальными качествами поглощения различных видов излучения. Такие плиты применяют для снижения электромагнитного и прочего излучения в помещениях, в

которых расположены компьютеры, микроволновые печи, мобильные телефоны и т.д.

По плотности пазогребневые плиты подразделяются на полнотелые и пустотелые (рис. 3.14). Пустоты не только удешевляют гипсовые плиты, но и увеличивают их способность рассеивать акустические колебания, снижают массу, а также сокращают теплопроводность.



Рис. 3.14. Пазогребневые гипсовые плиты: а — полнотелые; б — пустотелые

Производство пазогребневых гипсовых плит

Сырьем для производства пазогребневых плит является строительный гипс марок Г5, Г6 и Г7. Пазогребневые плиты производятся литьевым методом. Технология включает следующие операции. Посредством шнекового транспортера подготовленный гипсовый порошок (гипс) поступает на станцию взвешивания. В смеситель подается необходимое количество воды, где оба компонента смешиваются до однородного состояния. Затем гипсовое тесто заливается в формы и выдерживается в течение времени, необходимого для схватывания гипсового вяжущего. Далее плиты извлекают из форм, укладывают на тележки и по рельсовой колее перемещают в сушильную камеру. После завершения процесса сушки плиты доставляют на упаковочный стол, где производятся осмотр и отбраковка некачественных изделий. Затем плиты упаковывают в пакеты и транспортируют на склад готовой продукции.

Основные показатели качества и методы испытания пазогребневых плит

Оценку качества пазогребневых плит проводят в соответствии с ГОСТ 6428—83 [31] по следующим основным показателям: внешнему

виду, форме и размерам, пределу прочности при сжатии и изгибе, отпускной влажности и плотности.

- Для контроля *прочности* изготавливают образцы-призмы размером 40×40×160 мм из той же формовочной массы, что и плиты.

Для приемочного контроля образцы выдерживают 2 ч в условиях цеха. Для периодического контроля образцы высушивают до постоянной массы. Высушивание проводят при температуре (35±5)°С до тех пор, пока разница между результатами двух последующих взвешиваний будет не более 1 г. Время между двумя последующими взвешиваниями должно быть не менее 24 ч.

Предел прочности при сжатии и изгибе определяют в соответствии с ГОСТ 23789—79 [10]. Значения пределов прочности при сжатии и изгибе должны быть не менее приведенных в табл. 3.22.

Таблица 3.22

Предел прочности при сжатии и изгибе образцов пазогребневых плит

Предел прочности образцов-призм, МПа, при			
сжатии		изгибе	
в возрасте 2 ч	высушенных до постоянной массы	в возрасте 2 ч	высушенных до постоянной массы
3,5	5,0	1,7	2,4

- Для определения *отпускной влажности* от каждой из трех плит, отобранных для испытания, высверливанием отбирают пробы массой около 60 г каждая. Пробы отбирают в трех местах: по диагонали, в середине и на расстоянии не более 10 см от углов на глубине до 2 см от поверхности. Затем пробы помещают в предварительно взвешенные стеклянные бюксы, взвешивают и высушивают до постоянной массы при температуре (45±5)°С. Высверленные в плитах углубления заделывают смесью, из которой изготовлены плиты.

Влажность (W), %, вычисляют по формуле

$$W = \frac{m - m_1}{m} 100 \%, \quad (3.14)$$

где m — масса пробы до высушивания, г;

m_1 — масса пробы, высушенной до постоянной массы, г.

Влажность плит вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания девяти проб.

Отпускную влажность также допускается определять при помощи влагомера.

Отпускная влажность пазогребневых плит по массе не должна превышать 12 %.

- Для *определения плотности* используют образцы-призмы, подготовленные так же, как и для испытания на прочность.

Перед определением плотности образцы взвешивают.

Плотность ρ , кг/м³, рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.15)$$

где m — масса высушенного образца, кг;

V — объем образца, м³.

Плотность плит вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

Плотность пазогребневых плит должна находиться в пределах 1100—1350 кг/м³.

3.2. Звукоизолирующие конструкции

Звукоизолирующие конструкции делятся на однородные и неоднородные. Однородные конструкции состоят из одного или нескольких жестко связанных между собой слоев, которые колеблются как одно целое. Неоднородные конструкции состоят из нескольких слоев с различными (резко отличающимися) характеристиками, не жестко связанных между собой, каждый из которых способен колебаться с разными амплитудами (рис. 3.15).

Звукоизолирующая способность облицовок стен и межкомнатных перегородок характеризуется индексом звукоизоляции воздушного шума R_w (дБ). Чем выше значение R_w , тем лучше звукоизоляция помещения. Применение в системе различных комбинаций толщины утеплителя и количества слоев обшивки позволяет снизить уровень воздушного шума до необходимого.

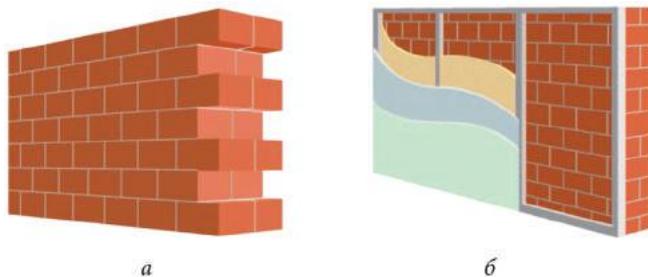


Рис. 3.15. Звукоизолирующие конструкции:
a — однородная; *б* — неоднородная

Конструкция многослойной перегородки со звукоизоляционным слоем полностью отвечает требованиям СП 51.13330.2011 [62] для жилых зданий в качестве защиты от шума, создаваемого распространенными в быту источниками (например негромкий разговор, игра на пианино). Конструкция сборных перегородок оказывает более чем в 6 раз меньшее давление на конструкцию пола по сравнению с кирпичной стеной, при этом позволяет легко конструировать перегородки различной формы (рис. 3.16).

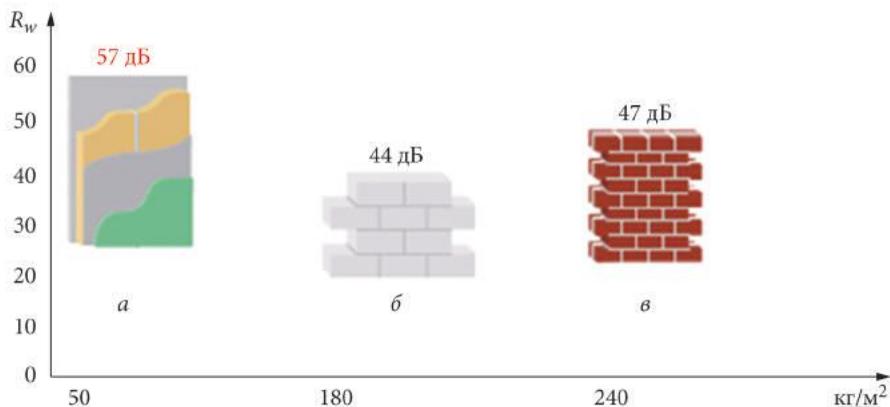


Рис. 3.16. Зависимость индекса изоляции воздушного шума R_w и давления на конструкцию пола от типа конструкции перегородок:
a — каркасно-обшивная перегородка толщиной 150 мм; *б* — перегородка из пеноблоков толщиной 240 мм; *в* — перегородка из полнотелого керамического кирпича толщиной 250 мм

3.2.1. Звукоизолирующие стены и перегородки _____

Системы звукоизолирующих облицовок стен из гипсокартонных и гипсоволокнистых листов

Облицовка служит основой для последующей отделки стены и может использоваться для повышения звуко- и теплоизоляции ограждающих конструкций. Если требуется утепление наружных стен изнутри помещения, то в конструкции облицовок делают теплоизоляционную прослойку. При этом в каждом конкретном случае должен быть выполнен теплотехнический расчет по предотвращению накопления влаги в стене за годовой период эксплуатации и ограничению влаги за период с отрицательными среднемесячными температурами. Если нормируется предел огнестойкости и класс пожарной опасности стен, то обшивка с соответствующими пожарно-техническими характеристиками может выполнять огнезащитные функции.

В настоящем разделе рассмотрены *системы внутренней облицовки стен с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов*.

Облицовки предназначены для применения в жилых, общественных и производственных зданиях, в которых определяющими являются нормативные требования по пределам огнестойкости при классе пожарной опасности конструкций К0. Такие облицовки монтируют на путях эвакуации (в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах) и для огнезащиты несущих конструкций, т.е. в помещениях повышенной ответственности по пожарной безопасности. Облицовки используют в конструкциях, где не допускается применение материалов с более высокой пожарной опасностью, чем Г1, В1, Д1, Т1, и требуется повышение звуко- и теплоизолирующих свойств стен.

Облицовки можно использовать также в качестве конструктивных элементов противопожарных преград при соблюдении требований СНиП 21-01—97* [46].

Существуют 2 способа монтажа облицовки стен из гипсокартонных и гипсоволокнистых листов (ГКЛ и ГВЛ): *бескаркасный* и *каркасный*.

При *бескаркасном* способе крепление гипсокартонного листа или комбинированной панели (гипсокартонный лист с изоляционным материалом) к базовой стене осуществляется с помощью клея. Варианты крепления листов (панелей) определяются неровностью основания. Вы-

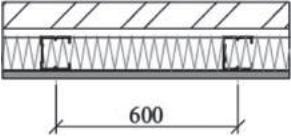
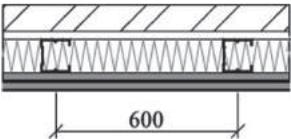
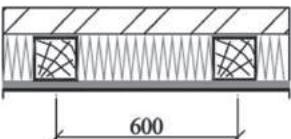
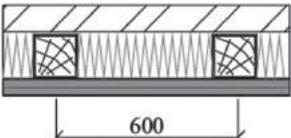
сота облицовки определяется высотой гипсокартонного листа или комбинированной панели (ГКП).

Каркасные облицовки монтируют на заранее установленный каркас. Как правило, такой способ крепления облицовки применяется при значительных неровностях стен, а также в помещениях высотой более 3 м. Основу конструкций каркасных облицовок составляют металлические профили из оцинкованной стали или деревянные бруски и односторонние обшивки одним или несколькими слоями ГКЛ или ГВЛ.

Схемы конструкций наиболее распространенных каркасных облицовок представлены в табл. 3.23.

Таблица 3.23

Схемы конструкций каркасных облицовок

Тип конструкции	Эскиз облицовки	Описание конструкции
С2 однослойная		Стальной каркас из П-образных профилей с теплоизоляцией, обшитый одним слоем ГКЛ (ГВЛ). Масса 1 м ² — 13 кг
С2 двухслойная		Стальной каркас из П-образных профилей с теплоизоляцией, обшитый двумя слоями ГКЛ (ГВЛ). Масса 1 м ² — 22 кг
Д однослойная		Деревянный каркас из брусков с теплоизоляцией, обшитый одним слоем ГКЛ (ГВЛ). Масса 1 м ² — 17 кг
Д двухслойная		Деревянный каркас из брусков с теплоизоляцией, обшитый двумя слоями листов ГКЛ (ГВЛ). Масса 1 м ² — 26 кг

В качестве примера рассмотрим систему внутренней облицовки на одинарном стальном каркасе со звукоизоляционным слоем из минераловатных плит ТН-СТЕНА Стандарт.

Данная система включает стену из кирпича, одинарную или двойную обшивку из гипсокартонных (ГКЛ) или гипсоволокнистых листов (ГВЛ), минераловатные плиты *ТЕХНОАКУСТИК*, стоечный и направляющие П-образные оцинкованные профили, уплотняющие элементы и чистовую отделку (рис. 3.17).

При одинарной обшивке и толщине звукоизоляционного слоя 50 мм индекс изоляции воздушного шума составляет 58 дБ, а при толщине 100 мм — 60 дБ.

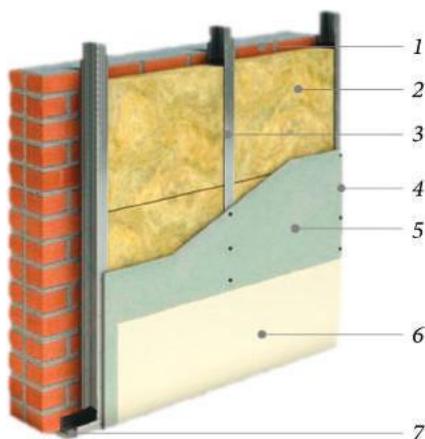


Рис. 3.17. Система внутренней облицовки *ТН-СТЕНА Стандарт*: 1 — стена из кирпича; 2 — звукоизоляционный материал *ТЕХНОАКУСТИК*; 3 — стоечный профиль стального каркаса; 4 — шуруп; 5 — обшивка ГКЛ или ГВЛ; 6 — чистовая отделка; 7 — направляющий профиль

*Пример расчета индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции из керамического кирпича плотностью 1400 кг/м^3 , толщиной 120 мм, облицованной системой *ТН-СТЕНА Стандарт*.*

Индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции (R_w , дБ) определим по формуле (3.1).

- Найдем поверхностную плотность несущей конструкции:
 $m = 1400 \times 0,12 = 168 \text{ кг/м}^2$.
- Значение K принимаем по табл. 3.4: $K = 1,2$.
- Индекс изоляции воздушного шума

$$R_w = 37 \lg 168 + 55 \lg 1,2 - 43 = 43 \text{ дБ.}$$

- Индекс снижения изоляции воздушного шума системой облицовки стены на одинарном каркасе с одним слоем облицовки из ГКЛ и заполнением пустот материалом *ТЕХНОАКУСТИК* толщиной 50 мм принят по результатам испытаний: $\Delta R_w = 15$ дБ.

- Общий индекс изоляции воздушного шума:

$$R_{w \text{ общ}} = R_w + \Delta R_w = 43 + 15 = 58 \text{ дБ.}$$

Данный индекс изоляции воздушного шума превышает требуемый нормативный индекс изоляции воздушного шума ограждающих конструкций: $R_w = 58 \text{ дБ} > R_{w \text{ треб}} = 52 \text{ дБ}$ (см. табл. 3.2).

Системы звукоизолирующих перегородок из гипсокартонных и гипсоволокнистых листов

Каркасные перегородки с заполнением звукоизоляционным материалом являются оптимальной конструкцией для обеспечения акустического комфорта внутри помещения.

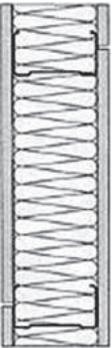
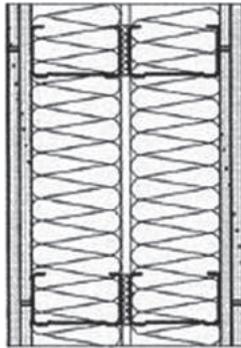
Перегородки жилых, офисных или административных зданий выполняют по деревянному или стальному (одинарному, двойному) каркасу с обшивкой из ГКЛ, ГВЛ и их специализированных модификаций: водо- или огнестойких. Внутреннее пространство заполняется негорючей звуко-, теплоизоляцией (маты или плиты на основе минеральной ваты). В этих же полостях размещаются электрическая проводка и инженерные коммуникации.

Конструкцию перегородки (табл. 3.24) и марки комплектующих элементов выбирают в соответствии с проектом. Шаг стоек составляет 400, 600 мм.

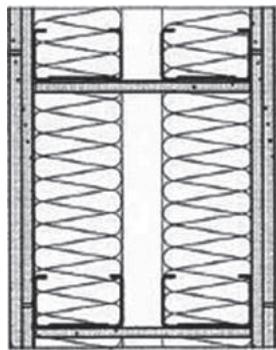
Более подробно рассмотрим *систему перегородок на одинарном стальном каркасе со звукоизоляционным слоем из минераловатных плит ТН-СТЕНА Акустик*.

Данная система (рис. 3.18) включает: облицовку, выполненную из гипсокартонных (ГКЛ) или гипсоволокнистых листов (ГВЛ); минераловатные плиты *ТЕХНОАКУСТИК*; стоечный и направляющие П-образные оцинкованные профили; уплотняющие элементы и чистовую отделку. При одинарной обшивке (см. рис. 3.18, а) и толщине звукоизоляционного слоя 50 мм индекс изоляции воздушного шума (R_w) составляет 46 дБ,

Схемы перегородок на основе ГКЛ (ГВЛ)

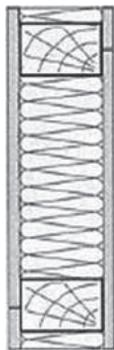
Тип перегородки	Эскиз перегородки	Описание конструкции
ОС 101		<p>Одинарный стальной каркас со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов, обшитый одним слоем гипсокартонных листов с обеих сторон.</p> <p>Высота перегородки до 6,5 м. Масса 1 м² около 25 кг.</p> <p>Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 42—48$ дБ.</p> <p>Предел огнестойкости EI 30, 45</p>
ОС 202		<p>Одинарный стальной каркас со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов, обшитый двумя слоями гипсокартонных листов с обеих сторон.</p> <p>Высота перегородки до 7,5 м. Масса 1 м² около 41 кг.</p> <p>Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 47—53$ дБ.</p> <p>Предел огнестойкости EI 60, 75</p>
ДС 202		<p>Двойной стальной каркас со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов, обшитый двумя слоями гипсокартонных листов с обеих сторон.</p> <p>Высота перегородки до 6,5 м. Масса 1 м² около 43 кг.</p> <p>Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 59—61$ дБ.</p> <p>Предел огнестойкости EI 60, 75</p>

ДСР 202



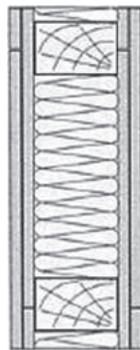
Двойной стальной каркас с просветом 20—120 мм со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов в каждом каркасе, обшитый двумя слоями гипсокартонных листов с обеих сторон. Высота перегородки до 6,0 м. Масса 1 м² около 44 кг. Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 55—58$ дБ. Предел огнестойкости EI 60, 75

ОД 101



Одинарный деревянный каркас со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов, обшитый одним слоем гипсокартонных листов с обеих сторон.
Высота перегородки до 4,1 м. Масса 1 м² около 25 кг. Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 43—49$ дБ. Предел огнестойкости EI 60

ОД 202



Одинарный стальной каркас со звукоизоляцией из минераловатных плит или матов, обшитый двумя слоями гипсокартонных листов с обеих сторон.
Высота перегородки до 4,1 м. Масса 1 м² около 43 кг. Индекс изоляции воздушного шума $R_{wv} = 46—51$ дБ. Предел огнестойкости EI 75

а при толщине 100 мм — 54 дБ. При двойной обшивке (см. рис. 3.18, б) и толщине звукоизоляционного слоя 50 мм индекс изоляции воздушного шума составляет 49 дБ, а при толщине 100 мм — 57 дБ. Система относится к классу пожарной опасности К0, т.е. является пожаробезопасной и сохраняет данные свойства при пожаре в течение 40 мин и более, что полностью отвечает пожарным нормам.

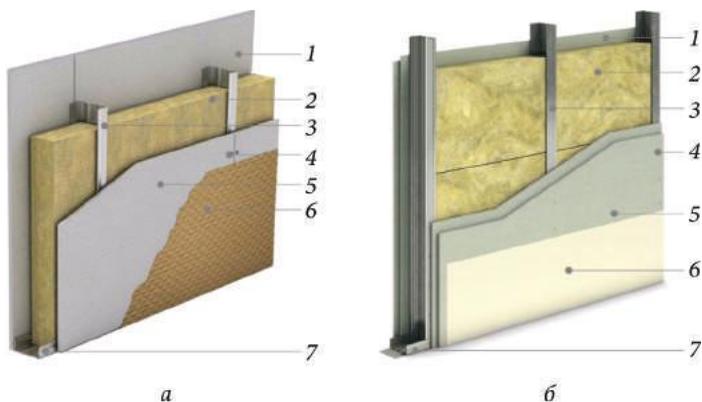


Рис. 3.18. Система внутренних звукоизолирующих перегородок на одинарном стальном каркасе *ТН-СТЕНА Акустик*: а — с одинарной обшивкой; б — с двойной обшивкой; 1 — обшивка ГКЛ или ГВЛ; 2 — звукоизоляционный материал *ТЕХНОАКУСТИК*; 3 — стоечный профиль стального каркаса; 4 — шуруп; 5 — обшивка ГКЛ или ГВЛ; 6 — чистовая отделка; 7 — направляющий профиль

Особенности монтажа каркасных перегородок с применением гипсокартонных листов

- *Разметка.* С помощью отвеса и отбивочного шнура производят разметку стен и потолка (рис. 3.19). Затем нарезают направляющие профили нужной длины.

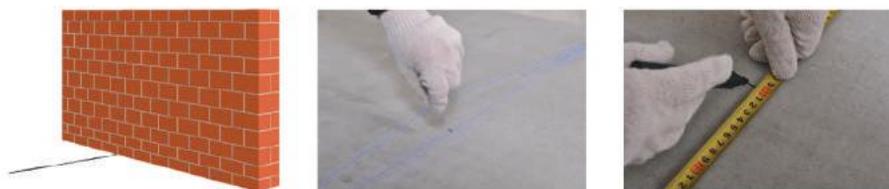


Рис. 3.19. Разметка стен и потолка

- *Установка направляющих профилей.* На внешнюю сторону направляющего профиля наклеивается уплотнительная лента (рис. 3.20). Профиль крепится согласно размеченным осям. Для крепления используют пластмассовые дюбели с шурупами 6×40, 6×60 или 8×60 мм. Шаг крепления не более 1000 мм, но не менее трех штук на отрезок профиля.



Рис. 3.20. Подготовка направляющего профиля

- *Установка стоечного профиля.* Стоечный профиль устанавливается в строго вертикальном положении с шагом 600 мм открытой стороной в сторону монтажа. Сначала стоечный профиль вставляется в нижний направляющий профиль, затем — в верхний (на глубину не менее 20 мм) (рис. 3.21).



Рис. 3.21 . Установка стоечного профиля

- *Обшивка первой стороны.* Монтаж начинают цельным гипсокартонным листом шириной 1200 мм (рис. 3.22). Крепление осуществляется саморезами по металлу длиной 25 мм и шагом 250 мм, при этом шляпка утапливается на 0,5—1,0 мм. При двухслойной обшивке необходимо осуществить разбежку швов ГКЛ на один профиль. Для этого монтаж второго слоя начинают листом шириной 600 мм и крепление производят

саморезами длиной 35 мм и шагом 250 мм. Шаг саморезов на первом слое составляет 750 мм.

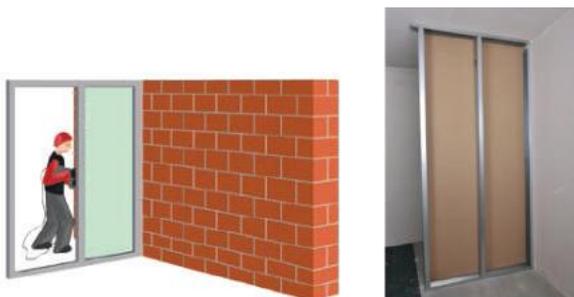


Рис. 3.22. Обшивка первой стороны листом ГКЛ

- *Укладка звукоизоляционных минераловатных плит ТЕХНОАКУСТИК.* Перед укладкой плит в перегородку необходимо заложить все необходимые коммуникации. Установка плит *ТЕХНОАКУСТИК* происходит без дополнительного крепления, в распор. Благодаря своей ширине (600 мм) они плотно становятся между стоечными профилями (рис. 3.23).



Рис. 3.23. Укладка звукоизоляционных минераловатных плит *ТЕХНОАКУСТИК*

- *Обшивка второй стороны.* Обшивка второй стороны гипсокартонным листом производится аналогично первой стороне с той лишь разницей, что вертикальные швы необходимо сместить между обшивными листами на 600 мм. Соответственно монтаж начинается с плиты шириной 600 мм. При двухслойной обшивке второй слой начинается с плиты шириной 1200 мм (рис. 3.24).

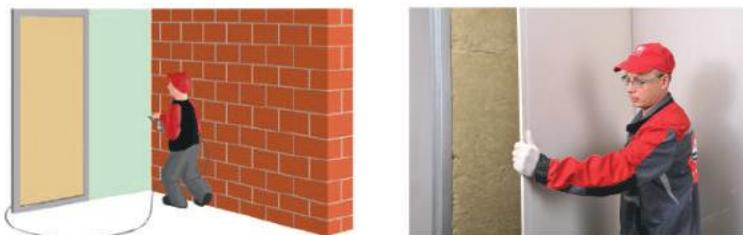


Рис. 3.24. Обшивка второй стороны листом ГКЛ

- *Заделка швов.* Для предотвращения появления трещин при отделочных работах в местах стыка ГКЛ применяется специальная армирующая лента, которая зашпаклевывается в шов между листами.
- *Чистовая отделка.* После окончания монтажных работ можно приступать к чистовой отделке помещения. Возможно использовать различные варианты отделочных материалов.

Системы облицовок и перегородок из пазогребневых плит

Пазогребневые плиты (ПГП) применяют для возведения ненесущих межкомнатных перегородок и облицовок, предназначенных для эксплуатации в помещениях с сухим, нормальным и влажным режимами по СП 50.13330.2012 [61].

В зависимости от требований по шумозащите применяют «одинарную» или «двойную» конструкцию перегородок (табл. 3.25).

Таблица 3.25

Конструктивные схемы перегородок из пазогребневых плит

Схема перегородки	Толщина по слоям, мм	Толщина перегородки, мм	Предел огнестойкости, ч	Расчетный индекс звукоизоляции, дБ
<i>Одинарные перегородки</i>				
	ПГП — 80	80	Не менее 2,5	Не менее 43

Таблица 3.25 (продолжение)

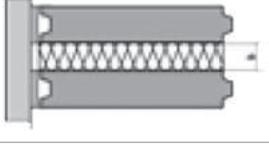
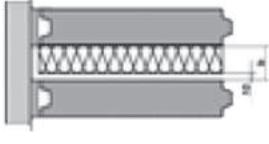
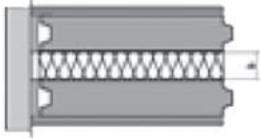
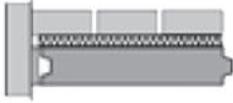
Схема перегородки	Толщина по слоям, мм	Толщина перегородки, мм	Предел огнестойкости, ч	Расчетный индекс звукоизоляции, дБ
	ПГП — 80	Не более 90	Не менее 2,5	45
	Прокладка + ГКЛ — 9,5			
	ПГП — 80	Не более 144	Не менее 2,5	Около 60
	Тепло-, звукоизоляция + ГКЛ — 63			
	ПГП — 80	Не более 140	Не менее 2,5	Около 60
	Тепло-, звукоизоляция — 50 ГКЛ — 9,5			
	ПГП — 80	Не более 143	Не менее 2,5	Не менее 60
	Тепло-, звукоизоляция — 50 ГКЛ — 12,5			
<i>Двойные перегородки</i>				
	ПГП — 80	Не более 200	—	50
	Воздушный зазор — 40			
	Плита — 80			
	Плита — 80	Не более 210	Не менее 2,5	55
	Тепло-, звукоизоляция — 50			
	ПГП — 80			
	ПГП — 80	Не более 220	—	Не менее 55
	Тепло-, звукоизоляция — 50			
	ГКЛ — 10			
	ПГП — 80			

Таблица 3.25 (окончание)

Схема перегородки	Толщина по слоям, мм	Толщина перегородки, мм	Предел огнестойкости, ч	Расчетный индекс звукоизоляции, дБ
	ГКЛ — 9,5	Не более 260	Не менее 2,5	60
	ПГП — 80			
	Тепло-, звукоизоляция — 50			
	ПГП — 80			
	ГКЛ — 9,5			
<i>Внутренняя облицовка наружных стен</i>				
	Наружная стена	Зависит от конструкции стены	Не менее 2,5	Зависит от конструкции стены
	Тепло-, звукоизоляция — 50			
	ПГП — 80			

Максимальные размеры перегородок, выполненных из пазогребневых плит, в зависимости от назначения помещения представлены в табл. 3.26.

Таблица 3.26

Размеры перегородок из гипсовых пазогребневых плит

Крепление перегородки	Назначение помещения	Максимально допустимые размеры перегородок, м	
		длина	высота
Перегородка закреплена с четырех сторон; возможно наличие больших дверных проемов	Помещения с небольшим скоплением людей (жилые помещения, гостиницы, офисы, больничные палаты)	Не ограничивается	4,5
	Помещения с большим скоплением людей (школы, аудитории, выставки, торговые помещения)	Не ограничивается	3,5

Таблица 3.26 (окончание)

Крепление перегородки	Назначение помещения	Максимально допустимые размеры перегородок, м	
		длина	высота
Перегородка закреплена с четырех сторон и не имеет больших дверных проемов	Помещения с небольшим скоплением людей (жилые помещения, гостиницы, офисы, больничные палаты)	3,0—4,0	Не ограничивается
		5,0	12,5
		5,5	13,75
		6,0—7,0	По проекту
	Помещения с большим скоплением людей (школы, аудитории, выставки, торговые помещения)	3,0—3,5	Не ограничивается
		4,0	10,0
		4,5—5,5	По проекту
Перегородка закреплена с трех сторон, не имеет больших дверных проемов	Помещения с небольшим скоплением людей (жилые помещения, гостиницы, офисы, больничные палаты)	2,5	4,0
		3,0	4,25
		3,5	4,5
		4,0	4,75
		4,5	5,0
		5,0	5,25
		5,5	5,5
		6,0	По проекту
	Помещения с большим скоплением людей (школы, аудитории, выставки, торговые помещения)	2,5	3,0
		3,0	3,25
		3,5	3,5
		4,0	По проекту

Требования, предъявляемые к перегородкам, выполненным из пазогребневых плит

Перегородки многоквартирных жилых домов (за исключением межкомнатных перегородок с проемами) и перегородки между рабочими помещениями зданий непромышленной сферы должны удовлетворять *требованиям по звукоизоляции.*

Перегородки, разделяющие отапливаемые и неотапливаемые помещения зданий различного назначения, должны удовлетворять требованиям по *сопротивлению теплопередаче и пароизоляции*. Перегородки в зданиях с нормируемыми пожарно-техническими характеристиками строительных конструкций должны удовлетворять требованиям к *классу пожарной опасности и пределу огнестойкости*.

При выборе схем перегородок должны также учитываться силовые и другие воздействия, класс функциональной и конструктивной опасности, а также объемно-планировочные параметры (в том числе высота) и условия эксплуатации.

Особенности монтажа перегородок с применением пазогребневых плит

Устройство перегородок производят после завершения работ по монтажу несущих и ограждающих конструкций зданий и до устройства чистого пола. После удаления пыли и грязи с базового пола, потолка и стен размечают проектное положение перегородок. Если основание базового пола имеет неровности, то их необходимо ликвидировать.

Присоединение перегородок к базовым стенам, потолку и полу можно делать как жестким, так и эластичным. При жестком соединении плиты стыкуются непосредственно с базовым полом, потолком и стенами. Эластичное примыкание применяется в тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к звукоизоляции помещений. Для этого при помощи клеевой смеси укладывается эластичная прокладка, на которую устанавливается нижний ряд плит.

Монтаж перегородки производится пазом вверх в целях обеспечения равномерности распределения монтажного клея в пазогребневом стыке, при этом у плит первого ряда срезается гребень. При необходимости допускается установка плит пазом вниз.

Монтаж пазогребневых плит производят с перевязкой швов, т.е. каждый последующий ряд монтируется со смещением относительно предыдущего. Смещение должно равняться половине длины плиты. Для этого используются плиты, распиленные пополам. При укладке последующих рядов клеевую смесь наносят в паз предыдущего ряда и в торцевой паз плит следующего ряда.

Каждую плиту осаждают с помощью резинового молотка, контролируя толщину вертикальных и горизонтальных швов, которая не должна превышать 2 мм; с помощью правила и уровня проводят проверку плоскостности стены. Для увеличения прочности конструкции в паз плиты закрепляется крепежная скоба. Она крепится также к ограждающей конструкции.

Внутренние углы укрепляют армирующей лентой, которую утапливают в слой монтажной или клеевой смеси, а затем наносят выравнивающий слой с помощью шпателя для внутренних углов.

После завершения установки плит перегородку грунтуют и наносят декоративное покрытие.

3.2.2. Звукоизолирующие конструкции полов _____

Звукоизолирующие полы на упругом основании, так называемые «плавающие» полы, применяются при строительстве и реконструкции зданий любого типа и назначения для изоляции перекрытий от ударного шума и обеспечения дополнительной изоляции от воздушного шума.

Конструкция «плавающего» пола не связана со стенами или другими ограждающими конструкциями здания, т.е. фактически является самостоятельным элементом. За счет этого отсутствует передача звуковых колебаний и вибраций, возникающих при ходьбе, стенам дома, что снижает уровень шума. При монтаже пола исключается любая фиксация материалов с применением гвоздей, саморезов, клея и других крепежных приспособлений к стенам и основанию.

Для изготовления «плавающего» пола применяются различные строительные материалы, отличающиеся свойствами и назначением. В связи с этим структура пола во многом зависит от комбинации определенного вида материалов, образуя многообразие подвидов.

В целом система «плавающего» пола представляет собой многослойную конструкцию, в состав которой входят следующие основные элементы:

- основание (многопустотная или сплошная железобетонная плита);
- утеплитель, одновременно выполняющий функции звукоизоляции (жесткие минераловатные плиты, плиты из экструзионного пенополистирола);
- верхний слой пола, который способствует окончательному выравниванию поверхности для укладки на него напольного покрытия, обе-

спечивая при этом дополнительную изоляцию (цементно-песчаная стяжка, сборная стяжка из цементно-стружечных плит, фанеры, ДСП, ГВЛ и других материалов);

- напольное покрытие (паркет или паркетная доска, ламинат, линолеум или ковролин, керамическая плитка).

Кроме перечисленных элементов система «плавающего» пола может содержать также и другие слои, например лаги, пароизоляцию, гидроизоляцию.

Системы звукоизоляции пола с минераловатным звукоизоляционным материалом

На рис. 3.25 представлены варианты системы звукоизоляции пола с использованием звукоизоляционного минераловатного материала *ТН-ПОЛ Проф*. Система выполняется по цементно-песчаной стяжке (рис. 3.25, а) или по сборной стяжке из цементно-стружечных плит (ЦСП) (рис. 3.25, б). В качестве *минераловатного звукоизоляционного материала* применяют *ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ* (см. раздел 3.1.1). При толщинах звукоизоляционных плит 30, 40 и 50 мм индекс снижения уровня ударного шума ($\Delta L_{нш}$) составляет соответственно 36, 38 и 39 дБ в полах по цементно-песчаной стяжке и 34, 36 и 37 дБ в полах по сборной стяжке из ЦСП.

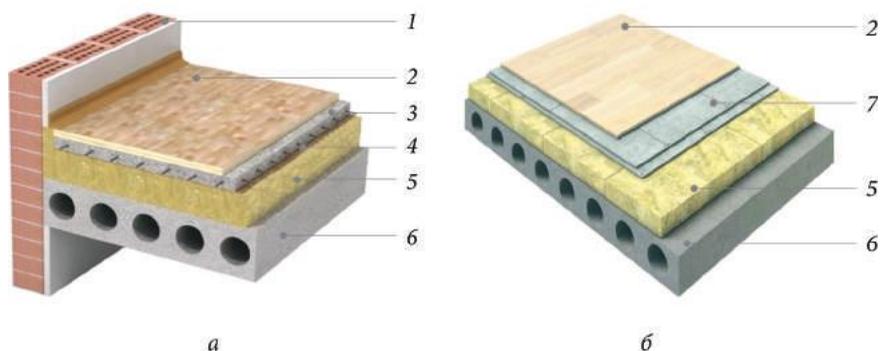


Рис. 3.25. Система звукоизоляции пола с минераловатным звукоизоляционным материалом: а — с цементно-песчаной стяжкой; б — со сборной стяжкой из ЦСП; 1 — стена из кирпича; 2 — чистовое покрытие пола; 3 — армированная цементно-песчаная стяжка (толщиной 50 мм); 4 — гидроизоляция; 5 — звукоизоляционный материал *ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ*; 6 — плита перекрытия; 7 — сборная стяжка из ЦСП

Пример расчета индекса приведенного уровня ударного шума под межэтажным перекрытием

Перекрытие состоит из железобетонной плиты плотностью 2000 кг/м^3 , толщиной 150 мм, звукоизоляционного слоя (минераловатной плиты *ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ*), цементно-песчаной стяжки плотностью 1800 кг/м^3 , толщиной 50 мм и паркета на битумной мастике по твердой древесно-волокнутой плите (ДВП) толщиной 4 мм, плотностью 1100 кг/м^3 .

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, определяем по формуле (3.1).

- Находим поверхностные плотности элементов перекрытия:

$$m_1 = 2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ кг/м}^2;$$

$$m_2 = 1800 \cdot 0,05 + 1100 \cdot 0,004 + 14,6 = 109 \text{ кг/м}^2;$$

m_1 — поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м^2 ;

m_2 — поверхностная плотность цементно-песчаной стяжки, ДВП и паркета, кг/м^2 .

- По табл. 3.5 находим значение $L_{nw0} = 80$ дБ.

• Индекс снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_{nw} для материала *ТЕХНОФЛОР* толщиной 30 мм принимаем по результатам испытаний, равным 36 дБ.

- $L_{nw} = 80 - 36 = 44$ дБ.

Данный индекс приведенного уровня ударного шума меньше требуемого нормативного индекса приведенного уровня ударного шума для межэтажного перекрытия жилых домов: $L_{nw} = 44 \text{ дБ} < L_{nw \text{ треб}} = 60 \text{ дБ}$ (см. табл. 3.2).

Особенности монтажа «плавающего» пола с минераловатным звукоизоляционным материалом

- *Подготовка основания.* Стыки железобетонной плиты основания заделывают цементно-песчаным раствором. Выступающие из основания элементы удаляют с помощью болгарки или других инструментов. Затем поверхность очищают от скопившегося мусора и пыли. Если поверхность неровная, выполняется выравнивающая стяжка, толщиной, достаточной для закрытия неровностей на несущем основании.

- *Укладка звукоизоляционных минераловатных плит.* Минераловатные плиты укладываются вплотную друг к другу с разбежкой швов и отступом от стен на 1 см. Толщина плит подбирается исходя из необходимой величины индекса снижения уровня ударного шума.

- *Устройство гидроизоляционного слоя.* Гидроизоляционный слой необходим при устройстве цементно-песчаной стяжки для того, чтобы влага из жидкого раствора стяжки не попала в минераловатные плиты. Как правило, гидроизоляция выполняется из полиэтиленовой пленки. Пленка свободно раскатывается с нахлестами между полотнами 200 мм и заводится на стену на высоту чистовой отделки пола; швы проклеиваются двухсторонним скотчем.

- *Монтаж стяжки.* При устройстве «плавающего» пола стяжка не должна вплотную примыкать к стенам. Плотное примыкание может привести к образованию «звуковых мостиков» и ухудшить звукоизоляционные свойства пола. Для предотвращения прохождения вибраций по периметру пола устанавливаются полосы, нарезанные из минераловатных плит, высотой до чистового покрытия пола. Плиты сборной стяжки раскладывают с разбежкой швов и крепят между собой при помощи саморезов.

Для повышения прочностных характеристик всей конструкции над утеплителем размещают армированную сетку, после чего производится заливка пола цементно-песчаной стяжкой. Для предотвращения преждевременного испарения воды и обеспечения равномерного твердения слоя стяжки его накрывают водонепроницаемой полиэтиленовой пленкой до набора прочности.

Толщина армированной цементно-песчаной стяжки задается в соответствии с СП 29.13330 [56] по действующим нагрузкам на покрытие пола. Если в качестве чистового покрытия используются паркетные доски или щиты, то вместо армированной цементно-песчаной стяжки можно использовать сборную стяжку из листов ГВЛ, фанеры.

- *Чистовое покрытие.* Укладка чистового покрытия производится через 14—20 дней, необходимых для полного отверждения стяжки.

Еще одним вариантом устройства звукоизолирующего пола является *система звукоизоляции пола по деревянным лагам* (рис. 3.26). Данная система может выполняться с минераловатным утеплителем (например

ТЕХНОАКУСТИК) и рулонным звукоизоляционным материалом (например Техноэласт АКУСТИК). Возможно также применение только минераловатного звукоизоляционного материала. При использовании плит ТЕХНОАКУСТИК толщиной 50 мм индекс снижения уровня ударного шума ΔL_{nw} составляет 24 дБ.

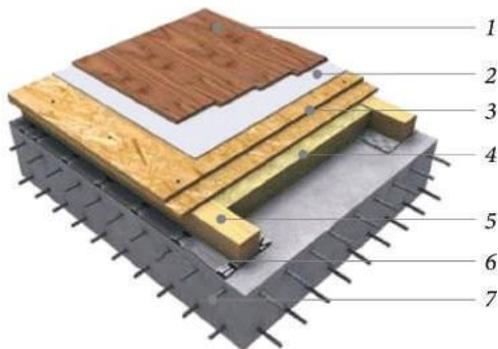


Рис. 3.26. Система звукоизоляции пола по деревянным лагам: 1 — покрытие пола; 2 — подложка; 3 — черновой пол; 4 — звукоизоляционная минераловатная плита ТЕХНОАКУСТИК; 5 — лаги; 6 — рулонный звукоизоляционный материал Техноэласт АКУСТИК; 7 — железобетонная плита перекрытия

Системы звукоизоляции пола с использованием экструзионного пенополистирола

На рис. 3.27 представлена система звукоизоляции пола с использованием звукоизоляционного экструзионного пенополистирола и сборной стяжки из ЦСП ТН-ПОЛ Стандарт. В качестве звукоизоляционного материала применяют XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF (см. раздел 3.1.1). При толщине звукоизоляционной плиты 20 мм по геотекстильной подоснове толщиной 5 мм индекс снижения уровня ударного шума ΔL_{nw} составляет 28 дБ.

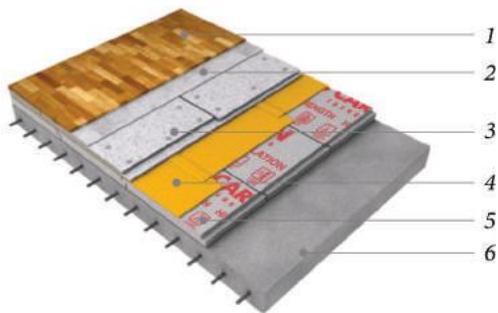
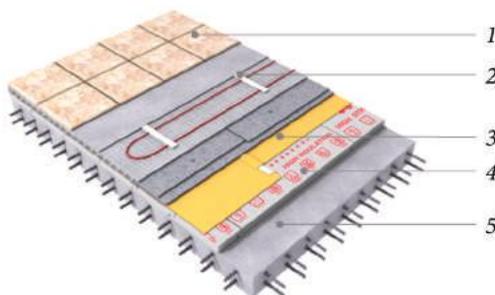


Рис. 3.27. Система звукоизоляции пола ТН-ПОЛ Стандарт: 1 — чистовое покрытие пола; 2 — материал подложки; 3 — сборная стяжка (толщиной 50 мм); 4 — пароизоляционная пленка; 5 — звукоизоляция из XPS-плит по геотекстильной подоснове; 6 — плита перекрытия

Для создания системы обогрева пола при помощи электронагревательных кабелей применяется система для полов ТН-ПОЛ Термо (рис. 3.28). Индекс снижения уровня ударного шума $\Delta L_{нв}$ такого пола составляет 28 дБ.

Рис. 3.28. Система для полов ТН-ПОЛ Термо: 1 — чистовое покрытие пола; 2 — цементно-песчаная стяжка с системой электрообогрева (толщиной не менее 50 мм); 3 — пароизоляционная пленка; 4 — звукоизоляция из экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300; 5 — плита перекрытия



Особенности монтажа «плавающего» пола со звукоизоляционным материалом из экструзионного пенополистирола

- *Подготовка основания* осуществляется аналогично подготовке к монтажу «плавающего» пола с минераловатным звукоизоляционным материалом.

- *Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON.* Звукоизоляционные плиты укладываются вплотную друг к другу с разбежкой швов. Для увеличения звукоизоляционных характеристик в качестве подложки под теплоизоляционными плитами укладывается геотекстильное полотно толщиной 3—5 мм.

- *Устройство пароизоляционного слоя.* Пароизоляция выполняется из полиэтиленовой пленки, которая раскатывается свободно с нахлестами между полотнами 200 мм и заводится на стену на высоту чистового покрытия пола. Швы проклеиваются двухсторонним скотчем. Пароизоляционный слой требуется в том случае, если перекрытие расположено над холодными подвалами, подпольями и т.п.

- *Монтаж стяжки.* При устройстве «плавающего» пола стяжка не должна вплотную примыкать к стенам. Звукоизоляция, выполненная из экструзионных плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON, обладает достаточной прочностью для того, чтобы устроить легковесный пол с использо-

ванием в качестве распределяющего слоя сборную стяжку, выполненную в 2 слоя, например из листов ГВЛ, ОСП, ЦСП. Листы сборной стяжки укладываются с разбежкой швов и скрепляются между собой клеевым и механическим способами.

- *Чистовое покрытие.* После устройства стяжки производится укладка напольного покрытия.

Система звукоизоляции пола с использованием битумно-полимерного звукоизоляционного материала

На рис. 3.29 представлена система звукоизоляции пола с использованием битумно-полимерного звукоизоляционного материала и армированной цементно-песчаной стяжки ТН-ПОЛ Акустик. В качестве звукоизоляционного материала применяют Техноэласт АКУСТИК или Техноэласт АКУСТИК СУПЕР (см. раздел 3.1.1). Индекс снижения уровня ударного шума $\Delta L_{нш}$ при использовании Техноэласт АКУСТИК составляет 23 дБ, а при использовании Техноэласт АКУСТИК СУПЕР — 27 дБ.

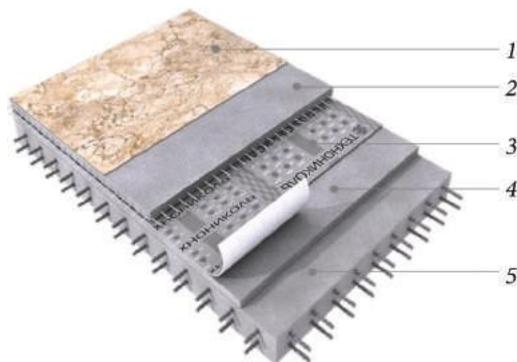


Рис. 3.29. Система звукоизоляции пола ТН-ПОЛ Акустик: 1 — чистовое покрытие пола; 2 — армированная цементно-песчаная стяжка; 3 — звукоизоляционный материал Техноэласт АКУСТИК или Техноэласт АКУСТИК СУПЕР; 4 — выравнивающая стяжка; 5 — железобетонная плита перекрытия

Особенности монтажа «плавающего» пола со звукоизоляционными битумно-полимерными материалами

- *Подготовка основания* осуществляется аналогично подготовке к монтажу «плавающего» пола с минераловатным звукоизоляционным материалом.

- *Укладка битумно-полимерного материала.* Рулон раскатывают по основанию звукоизоляционным слоем вниз. Укладка производится с

заведением на стены до высоты чистового покрытия. При необходимости материал обрезают по размеру с помощью острого ножа.

- *Проклейка швов.* Материал *Техноэласт АКУСТИК* укладывается встык, стыки проклеиваются скотчем. Материал *Техноэласт АКУСТИК СУПЕР* укладывается с нахлестом 80 мм — продольный и 150 мм — поперечный. Нахлесты сваривают при помощи горячего воздуха. Также для герметизации швов можно использовать самоклеящиеся ленты.

- *Устройство стяжки.* Цементно-песчаная стяжка выполняется согласно СП 29.13330 [55] по действующим нагрузкам на покрытие пола.

Системы изоляции пола по грунту

К конструкции пола, укладываемого по грунту, наряду со звукоизоляционными и прочностными, предъявляются жесткие требования по сопротивлению теплопередаче. В ряде случаев следует учитывать воздействие сточных вод и других жидкостей, а также проникновение грунтовых вод в конструкцию пола. Устройство надежных систем изоляции полов позволяет создать оптимальные условия нахождения в помещении людей и оборудования, а также увеличить долговечность всей конструкции.

- *Система изоляции пола по грунту ТН-ПОЛ Классик* применяется при новом строительстве полов по грунту промышленных зданий и сооружений, а также малозаглубленных фундаментов. Данная система включает бетонное основание, выполненное по профилированной мембране *PLANTER standard* (см. раздел 3.1.1) (рис. 3.30).

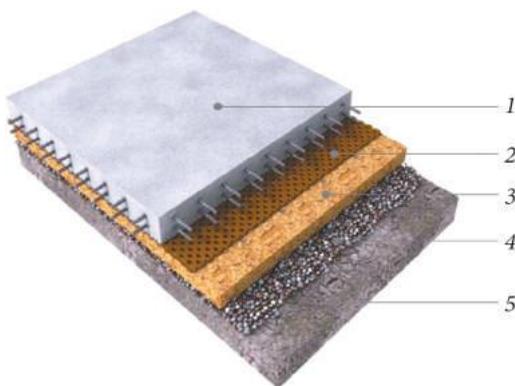


Рис. 3.30. Система *ТН-ПОЛ Классик*: 1 — железобетонная плита; 2 — профилированная мембрана *PLANTER standard*; 3 — песчаная подготовка; 4 — щебеночная подготовка; 5 — грунт основания

Часто при строительстве и проектировании зданий проектировщики сталкиваются с таким понятием, как бетонная подготовка, которая служит для обеспечения удобства выполнения бетонных работ и не учитывается при расчетах бетонного основания. Она выполняется из низкомарочного бетона (В7,5) с целью получения ровной поверхности, по которой будут проводиться последующие бетонные и гидроизоляционные работы. При возведении зданий с низким уровнем грунтовых вод применяется только противокапиллярная горизонтальная гидроизоляция плиты. В таком случае можно избежать применения бетонной подготовки, используя профилированную полимерную мембрану *PLANTER standard*, которая создает оптимальные условия для твердения бетона, потому что необходимое бетону «цементное молоко» не уходит в грунт. Шипованная поверхность мембраны придает ей необходимую жесткость, что позволяет укладывать непосредственно на нее арматурный каркас и бетонировать, а также предотвращает смещения в процессе производства работ.

Рулоны мембраны *PLANTER standard* скрепляются между собой специальной самоклеящейся лентой.

• Система *ТН-ПОЛ Гидро* (рис. 3.31) применяется при строительстве торговых центров, промышленных объектов с устройством полов по грунту, расположенных в зоне с высоким уровнем грунтовых вод.

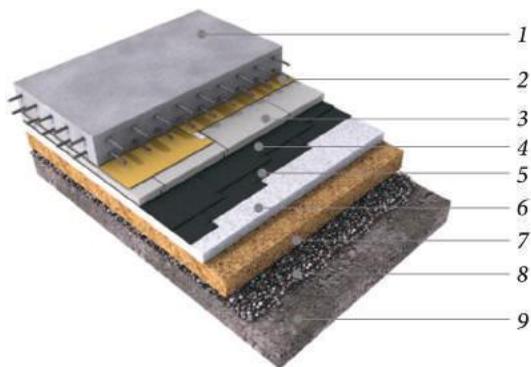


Рис. 3.31. Система *ТН-ПОЛ Гидро*: 1 — железобетонная плита; 2 — пароизоляционная пленка; 3 — плиты из экструзионного пенополистирола XPS *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*; 4 — рулонный гидроизоляционный материал *Техноэласт ЭПП*; 5 — праймер битумный; 6 — бетонная подготовка; 7 — песчаная подготовка; 8 — щебеночная подготовка; 9 — грунт основания

В качестве гидроизоляции используется уложенный в 2 слоя рулонный битумно-полимерный материал *Техноэласт ЭПП* (см. главу 1, раздел 1.1.1), который отличается высокими физико-механическими характеристиками и надежностью. Гидроизоляционные слои наплавливаются по предварительно огрунтованному основанию путем нанесения праймера. Наплавление слоев *Техноэласт ЭПП* осуществляется с нахлестом.

Применение плит из экструзионного пенополистирола *XPS ТЕХНО-НИКОЛЬ CARBON PROF* в конструкции полов по грунту предусматривается для обеспечения нормируемой температуры поверхности пола, а также в зонах примыкания пола к наружным стенам для предотвращения промерзания конструкции. Применение экструзионного пенополистирола также позволяет избежать устройства защитной стяжки над гидроизоляционным слоем, что приводит к дополнительной экономии.

Необходимость устройства пароизоляции в каждом конкретном случае определяется расчетом сопротивления паропрооницанию в соответствии с указаниями СП 50.13330.2012 [61].

3.2.3. Системы звукоизоляции потолков

Подвесные потолки представляют собой конструкцию, включающую стальной каркас, подвешиваемый к перекрытию или покрытию, обшитый со стороны помещения одним или двумя слоями ГКЛ или специальных листов: акустических, огнестойких, влагостойких. В надпотолочном пространстве размещают электропроводку и другие инженерные системы.

Помимо отделки помещения обшивка может выполнять теплозвукоизоляционные и огнезащитные функции. В этом случае пространство между обшивкой и базовым потолком частично или полностью заполняется теплоизоляционными плитами или матами. Звукоизоляция потолков позволяет значительно улучшить акустический комфорт помещения. При устройстве звукоизоляции потолков распространение звука уменьшается не только в вертикальном направлении, но и в горизонтальном.

По конструкционным признакам подвесные потолки подразделяют на 2 вида: сплошные (потолки с закрытым каркасом) и модульные (потолки с открытым каркасом) [82].

Подвесные системы сплошных потолков

Каркас сплошного гипсокартонного потолка выполняется из специальных металлических оцинкованных профилей или из деревянных брусков хвойных пород. С помощью монтажных подвесов основные профили каркаса подвешиваются к базовому потолку, к ним крепятся несущие профили, на которые монтируются гипсокартонные листы (рис. 3.32).

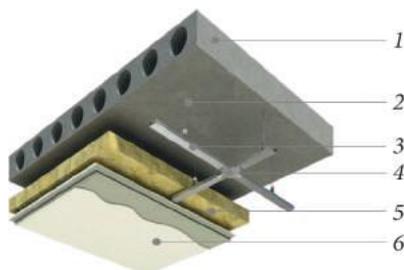


Рис. 3.32. Подвесная система сплошного потолка: 1 — основание потолка; 2 — прямой подвес; 3 — потолочный профиль; 4 — соединитель профилей одноуровневый; 5 — звукоизоляционный материал ТЕХНОАКУСТИК; 6 — обшивка ГКЛ

В зависимости от способа расположения несущих профилей существуют 2 типа подвесных систем, собираемых непосредственно при монтаже:

- одноуровневые — при размещении профилей на одном уровне (одной плоскости);

- двухуровневые — при размещении профилей на двух уровнях.

Каркасы могут быть выполнены одноосными и двухосными:

- одноосные — направляющие профили расположены только в одном направлении;

- двухосные — направляющие профили расположены во взаимно перпендикулярных направлениях.

В табл. 3.27 представлены 3 варианта конструкции каркаса:

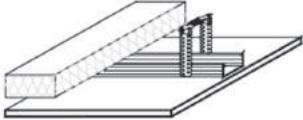
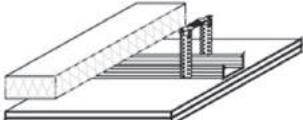
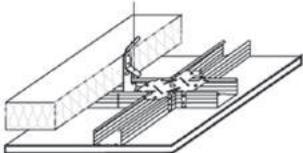
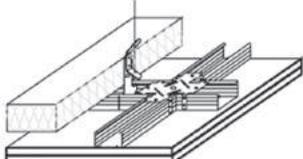
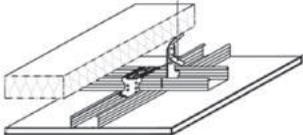
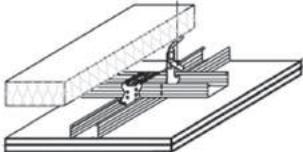
- одноосный одноуровневый каркас;

- двухосный одноуровневый, в котором основные и перпендикулярные к ним несущие профили расположены на одном уровне (встык);

- двухосный двухуровневый, в котором основные и перпендикулярные к ним несущие профили расположены на разных уровнях (внахлест).

Таблица 3.27

Типы подвесных потолков

Эскиз и тип потолка	Описание конструкции
<p style="text-align: center;">ПП11</p> 	<p>Стальной одноосный каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый одним слоем ГКЛ</p>
<p style="text-align: center;">ПП12</p> 	<p>Стальной одноосный каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый двумя слоями ГКЛ</p>
<p style="text-align: center;">ПП211</p> 	<p>Стальной двухосный одноуровневый каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый одним слоем ГКЛ</p>
<p style="text-align: center;">ПП212</p> 	<p>Стальной двухосный одноуровневый каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый двумя слоями ГКЛ</p>
<p style="text-align: center;">ПП221</p> 	<p>Стальной двухосный двухуровневый каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый одним слоем ГКЛ</p>
<p style="text-align: center;">ПП222</p> 	<p>Стальной двухосный двухуровневый каркас с тепло-, звукоизоляцией из плит или матов из минерального волокна, обшитый двумя слоями ГКЛ</p>

Одноосный каркас рекомендуется для потолков небольшой площади и узких помещений. Двухосный одноуровневый каркас применяется при однослойной обшивке потолка, так как при этом обеспечивается подложка под всеми швами между листами. Двухосный двухуровневый каркас предпочтителен при двухслойной обшивке потолка, так как при этом используются полноразмерные несущие профили, работающие по неразрезной схеме.

В конструкции двухуровневого потолка основные и несущие профили не имеют жесткого крепления к стене. При небольших прогибах несущих конструкций перекрытия, вибрации или деформации стен полотно такого потолка всегда находится в горизонтальном положении, что значительно задерживает процесс трещинообразования в стыковочных швах.

В одноуровневом потолке все профили крепят к стене. Такую конструкцию потолка, как правило, применяют в тех зданиях, где закончились все усадочные явления и отсутствует вибрация.

Двухуровневые потолки по сравнению с одноуровневыми уменьшают высоту помещения на толщину основного профиля.

Основные элементы подвесных потолков

- *Оцинкованные металлические профили.* Каркас состоит из потолочных профилей ПП 60×27 (рис. 3.33, а) и профилей направляющих (периметральных) ПН 27×28, 50×40, 75×40, 100×40, располагаемых по контуру помещения (рис. 3.33, б). Кроме того, в комплект каркаса входит *удлинитель профилей* (рис. 3.33, в). Для фиксации потолочных профилей на несущих конструкциях применяются *прямые* или *анкерные подвесы* (рис. 3.33, г, д), которые служат для создания надпотолочного пространства. Прямые подвесы изготавливаются в виде развернутой перфорированной полосы размером 300×30×0,9 мм; перед креплением подвесов боковые полосы необходимо отогнуть до получения П-образной формы. В комплект анкерного подвеса входит *стержень* (тяга) с кольцом диаметром 4 мм и длиной, определяемой конкретным проектом (рис. 3.33, е). Стержень крепится к подвесу через отверстия в зажимной пластине. Несущая способность прямого подвеса составляет 40 кг, анкерного — 25 кг. Для соединения и крепежа потолочных про-

филей в одной плоскости и во взаимно перпендикулярных направлениях применяется *одноуровневый соединитель* («краб») (рис. 3.33, ж). Для соединения и крепежа потолочных профилей в разных уровнях и во взаимно перпендикулярных направлениях применяется *двухуровневый соединитель* (рис. 3.33, з). Для защиты наружных углов обшивки используют *перфорированные угловые профили* 25×25 мм (рис. 3.33, и).

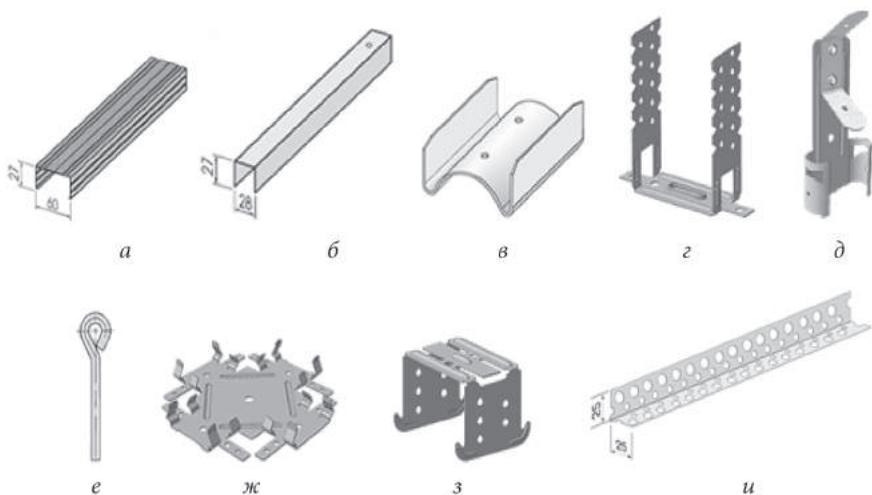


Рис. 3.33. Элементы каркаса подвесных потолков: *а* — потолочный профиль ПП 60×27; *б* — профиль направляющий ПН 27×28; *в* — удлинитель профилей; *г* — подвес прямой; *д* — подвес анкерный; *е* — стержень (тяга); *ж* — одноуровневый соединитель; *з* — двухуровневый соединитель; *и* — перфорированный угловой профиль

- *Листы гипсокартонные ГКЛ, гипсоволокнистые ГВЛ*

В системах подвесных потолков применяются гипсокартонные и гипсоволокнистые листы (см. раздел 3.1.2). Для помещений с сухим и нормальным влажностными режимами применяют обычные ГКЛ и ГВЛ. Для помещений с повышенной влажностью (до 80—85 %) применяют влагостойкие ГКЛВ и ГВЛВ. Для огнестойких конструкций, к которым предъявляются повышенные требования огнестойкости, предназначены гипсокартонные плиты с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени (ГКЛО), а также влагостойкие с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени (ГКЛВО).

- *Минераловатные плиты и маты* применяют в качестве тепло-, звукоизоляционного слоя в подвесных потолках при строительстве и ремонте зданий и сооружений различного назначения (см. раздел 3.1.1). Воздушный промежуток между несущим основанием и обшивкой подвесного потолка выполняют толщиной 40—50 мм и полностью заполняют звукоизолирующим материалом. Индекс изоляции воздушного шума перекрытия с подвесным потолком R_w определяют путем прибавления к индексу изоляции воздушного шума основного базового основания (железобетонного, бетонного) 3 дБ — при заполнении полости тепло-, звукоизолирующим материалом и 2 дБ — при его отсутствии и облицовке одним слоем ГКЛ.

Последовательность монтажа сплошных подвесных потолков

- *Разметка.* Монтаж подвесного потолка начинается с разметки мест расположения профилей и крепления подвесов. Стены размечаются с помощью гидроуровня, лазерного или строительного уровня на взаимно перпендикулярные оси. Затем производится подводка всех коммуникаций и крепление всех встраиваемых предметов к основному потолку. Высота подвесного потолка составляет около 5 см, а при использовании встроенных светильников — не менее 10 см.

- *Установка направляющего профиля.* Направляющий профиль монтируется по периметру помещения согласно размеченным осям. Для крепления используют пластмассовые дюбели с шурупами 8×80 мм или саморезами по дереву 4×60 мм. Шаг дюбелей составляет 500 мм (рис. 3.34, а).

- *Установка подвесов.* Для крепления подвесов делают разметку с шагом 400 мм. Прямой подвес крепится дюбель-шурупами или саморезами по дереву.

- *Установка потолочного профиля.* Потолочный профиль крепится с помощью подвесов к направляющему профилю с шагом 600 мм (рис. 3.34, б).

- *Упрочнение системы.* Для придания конструкции необходимой жесткости с помощью соединителей монтируются поперечные перемычки из потолочного профиля с шагом в 600 мм (рис. 3.34, в). Если помещение узкое (коридор), то использование поперечных направляющих необязательно.

- *Укладка звукоизоляционных плит.* Установка минераловатных плит **ТЕХНОАКУСТИК** происходит без дополнительного крепления, враспор. Благодаря их ширине (600 мм) они плотно укладываются между стоечными профилями (рис. 3.34, з). Для правильной работы тепло-, звукоизоляции не допускается образования щелей.

- *Обшивка.* Листы ГКЛ или ГВЛ нарезаются нужного размера строительным ножом, торцы зачищаются наждачной бумагой. При необходимости делаются отверстия под встраиваемые светильники. Листы монтируют по направляющим. Укладка плит осуществляется с разбежкой — чередованием целых листов и их половинок (рис. 3.34, д). Монтаж осуществляется саморезами 3,5×25 мм с мелкой резьбой, шляпки утапливаются в лист на 0,5—1,0 мм. Шаг крепления составляет 100 мм. При двухслойной обшивке шаг саморезов на первом слое составляет 300 мм.

- *Чистовая отделка.* Стыки между обшивными плитами заделываются специальной армирующей лентой и шпаклюются, затем осуществляется чистовая отделка.

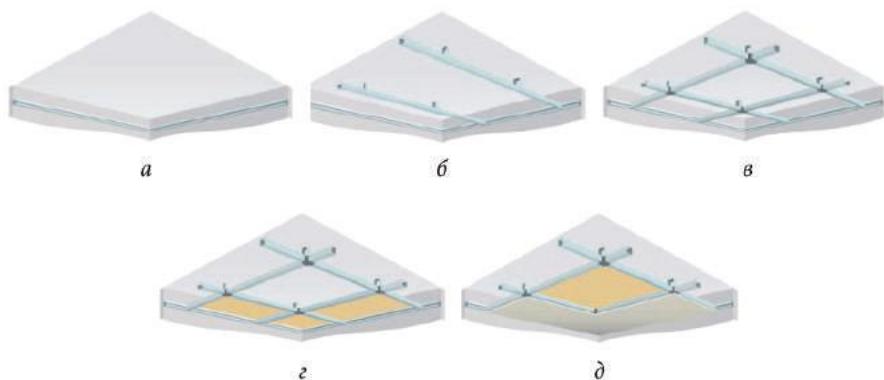


Рис. 3.34. Последовательность монтажа сплошных подвесных потолков

Система подвесного потолка со стальным каркасом с минераловатной звукоизоляцией имеет индекс изоляции воздушного шума $R_w = 50$ дБ при толщине перекрытия 140 мм. Звукоизоляционный слой толщиной 50 мм увеличивает общую звукоизоляцию перекрытия на 11 дБ, а толщиной 100 мм — на 15 дБ. Частотная характеристика звукопоглощающего потолка может регулироваться путем изменения расстояния от перекрытия.

Модульные подвесные потолки

Модульные подвесные потолки состоят из несущего каркаса, к которому крепятся отдельные потолочные модули. Несущий каркас состоит из основных несущих реек, промежуточных реек и пристенных уголков. Каркас крепится к базовой поверхности при помощи специальных подвес. Так как подвесы имеют разную длину, можно подобрать необходимое расстояние между базовой поверхностью и потолком, определить высоту потолка. Нижняя полка металлического каркаса может быть выделена или скрыта.

Существует несколько типов модульных подвесных потолков.

- *Кассетные потолки* монтируются из отдельных плит, которые укладываются на специальные несущие профили (рис. 3.35). Плиты могут быть изготовлены из различных материалов: гипсокартона, минеральной и стеклянной ваты, металла, гипса, пластмассы, дерева. Наиболее распространенные размеры плит — 600×600 или 600×1200 мм толщиной 12,5—30 мм. Кассетные потолки подходят для офисов, магазинов, административных зданий; они легко устанавливаются и ремонтируются.

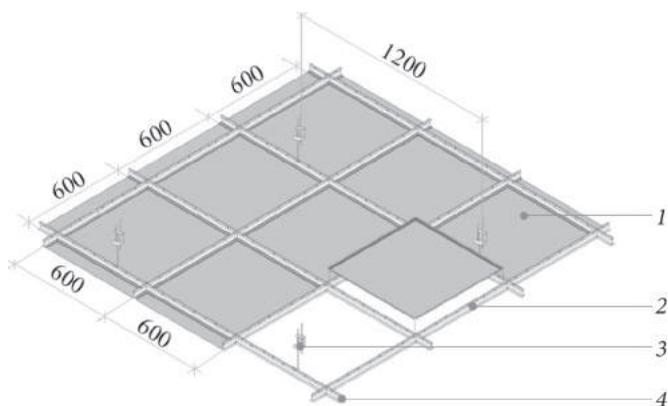


Рис. 3.35. Кассетный подвесной потолок: 1 — кассета; 2 — поперечный профиль; 3 — подвес; 4 — несущий профиль

- *Реечные потолки* собираются из готовых потолочных реек. Профили реечных потолков представляют собой длинные и узкие алюми-

ниевые или пластиковые рейки, которые стыкуются между собой загнутыми краями (рис. 3.36). Часто используются панели длиной 3—4 м, ширина рейки обычно составляет 10 см. Реечные потолки легко монтировать на криволинейных поверхностях, однако следует учитывать, что они сокращают высоту потолков на 4—20 см.

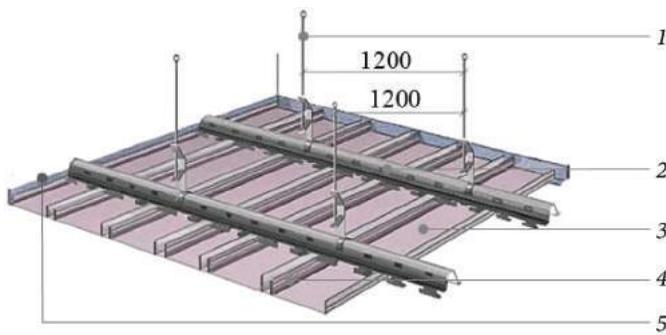


Рис. 3.36. Реечный подвесной потолок: 1 — подвес с зажимом и стержнем; 2 — универсальная несущая шина; 3 — панель открытого типа; 4 — поперечный профиль; 5 — пристенный уголок

• *Ячеистые потолки* представляют собой металлические решетки, через которые просматривается внутреннее пространство. Форма ячеек может быть самой разнообразной: квадратной, овальной, круглой и т.д. Данный вид потолка распространен в кинотеатрах, ресторанах, больших торговых помещениях (рис. 3.37).

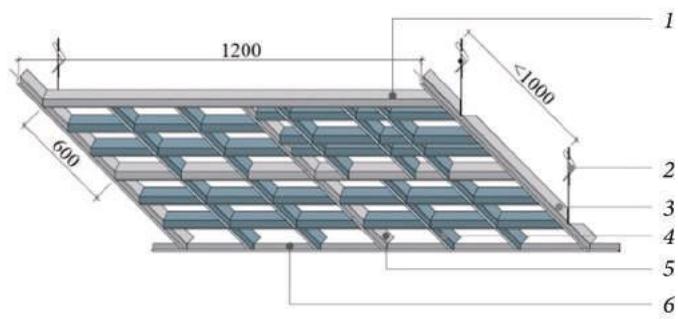


Рис. 3.37. Подвесной ячеистый потолок Грильято «Пирамидальный»: 1, 3, 5 — несущая направляющая; 2 — подвес; 4 — решетка; 6 — уголок

Особенности монтажа модульных подвесных потолков

Перед началом монтажа определяют высоту потолка и отмечают его горизонтальную линию на стенах. Затем к стенам прикрепляют L-образный несущий профиль при помощи дюбель-гвоздей с прижимом. Далее монтируют Т-образные профили с таким расчетом, чтобы получилась решетка, и крепят их на подвесные элементы, которые состоят из двух прутков и пластины. После этого устанавливают короткие поперечные направляющие профили, монтируют светильники, вентиляционные системы. В образовавшиеся гнезда решетки укладывают панели. После полной раскладки плит выравнивают общую площадь потолка.

Часть 4. СИСТЕМЫ ОГНЕЗАЩИТЫ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Общие сведения

Основной опасностью для любой строительной конструкции при пожаре является *прямое воздействие огня и высоких температур*. При соответствующих температурах горят (или разрушаются) любые строительные материалы: дерево, пластмассы, бетон, строительный раствор, металл. Однако процесс горения у различных материалов происходит по-разному.

Так, древесина начинает разрушаться при нагревании до 110 °С, при этом выделяются влага и летучие вещества, появляется характерный запах. При температуре 120—150 °С происходит выделение негорючих продуктов горения (вода, углекислый газ), поверхность древесины желтеет. При дальнейшем повышении температуры (150—200 °С) древесина обугливается, становится коричневой, выделяются горючие газы. При температуре 250—300 °С происходит воспламенение продуктов разложения древесины, при 350—450 °С — самовоспламенение.

Как и древесина, строительные пластмассы относятся к горючим материалам, но процесс горения пластмасс имеет некоторые отличия от горения древесины. Например, пластмассы нагреваются с разной скоростью, меняют свое агрегатное состояние при нагревании (плавятся, вспучиваются, деформируются), выделяют токсичные и пламягасящие газы, образуют негорючий скелет из наполнителей, углеродного остатка и т.п. Основным горючим компонентом пластмасс являются полимеры. Горение обусловлено выделением летучих компонентов, реакциями термического разложения (термоокислительной деструкции), реакциями пиролиза (разложение без доступа воздуха), физической деструкцией (отделение полимера от наполнителей) и др. Кроме полимера источником горения пластмасс могут быть органические наполнители (древесная мука, шпон, бумага, ткани).

Воздействие высоких температур на цементный камень предопределяет дегидратацию гидрата окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до CaO . При тушении пожара водой или просто при контакте с влажным воздухом происходит обратная реакция, причем продукт гидратации увеличивается

в объеме до двух раз с разрушением поверхностного слоя. Это обуславливает проникновение пламени внутрь конструкции.

Металлические конструкции под действием огня могут терять прочность до 80 %, а также претерпевать значительные температурные деформации.

Таким образом, все строительные конструкции нуждаются в огнезащите.

Согласно СНиП 21-01—97* [46] строительные материалы и конструкции характеризуются пожарной опасностью и огнестойкостью.

Классификация материалов

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.

Классификация материалов по горючести

Горючесть — способность материала выдерживать без разрушения действие высоких температур и открытого пламени. В строительстве применяются материалы неорганического и органического происхождения. Как правило, материалы неорганического происхождения — негорючие и не способствуют повышению температуры и распространению огня при пожаре. Композиционные материалы, образованные из смеси органических и неорганических материалов, например полимербетоны, бетоны, пропитанные полимерами, и др., могут быть негорючими, и их классификация обязательно должна быть подтверждена испытаниями. Органические материалы относятся к группе горючих материалов.

В зависимости от значений параметров горючести строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г). Образец материала считается негорючим, если при испытании в специальной камере прирост температуры в установке не превышает 50 °С от первоначально установленной температуры источника, сам образец не воспламеняется в течение 10 с, а потеря массы образца составляет не более 5 % от первоначальной. Если эти условия не выполняются, мате-

риал считается горючим и подвергается испытанию для определения группы горючести. Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

Горючие строительные материалы подразделяются на 4 группы: Г1 (слабогорючие), Г2 (умеренногорючие), Г3 (нормальногорючие), Г4 (сильногорючие).

Горючесть строительных материалов определяется по ГОСТ 30244—94 [16], который предусматривает 2 метода стандартных испытаний.

Группа горючести (табл. 4.1) материала определяется по следующим параметрам: температуре дымовых газов, продолжительности самостоятельного горения, степени повреждения образца по длине, степени повреждения по массе.

Таблица 4.1

Группы горючести строительных материалов

Группа горючести	Параметры горючести			
	Температура дымовых газов T , °C	Степень повреждения по длине S_L , %	Степень повреждения по массе S_m , %	Продолжительность самостоятельного горения $t_{c,r}$, с
Г1	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Г2	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Г3	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Г4	> 450	> 85	> 50	> 300

Примечание. Для материалов групп горючести Г1—Г3 не допускается образование горящих капель расплава при испытании

Классификация материалов по воспламеняемости

Воспламеняемость — способность материалов к воспламенению. **Воспламенение** — начало пламенного горения под действием источника зажигания, характеризуется устойчивым пламенным горением.

Время воспламенения — время от начала воздействия пламени источника зажигания на образец до возникновения устойчивого пламенного горения.

Испытания материалов на воспламеняемость производятся по ГОСТ 30402—96 [18]. В процессе испытания определяется минимальное значение поверхностной плотности теплового потока, при котором возникает устойчивое пламенное горение, и это значение принимается за критическую поверхностную плотность теплового потока (КППТП). По этому параметру горючие строительные материалы подразделяются на 3 группы (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Классификация строительных материалов по группам воспламеняемости

Группа воспламеняемости	Характеристика материала	КППТП, кВт/м ²
V1	Трудновоспламеняемый	35 и более
V2	Умеренновоспламеняемый	От 20 до 35
V3	Легковоспламеняемый	Менее 20

Классификация материалов по распространению пламени

Распространение пламени — распространение пламенного горения по поверхности образца в результате воздействия пламени.

Длина распространения пламени (L) — максимальная величина повреждения поверхности образца в результате распространения пламенного горения.

Горючие материалы в значительной мере способствуют развитию пожара, распространяя пламя по всей поверхности конструкций. Распространение пламени по материалам поверхностных слоев конструкций кровли и пола определяется по ГОСТ 30444—97 [20].

Таблица 4.3

Классификация строительных материалов по группам распространения пламени

Группа распространения пламени	Характеристика материала	КППТП, кВт/м ²
РП1	Нераспространяющий пламя	11,0 и более
РП2	Слабораспространяющий пламя	от 8,0 до 11,0
РП3	Умереннораспространяющий пламя	от 5,0 до 8,0
РП4	Сильнораспространяющий пламя	Менее 5,0

Сущность метода состоит в определении КППТП, величину которой устанавливают по длине распространения пламени по образцу в результате воздействия теплового потока на его поверхность. Горючие строительные материалы подразделяются в зависимости от КППТП на 4 группы (табл. 4.3).

Классификация материалов по дымообразующей способности

Данная классификация производится по коэффициенту дымообразования, который определяется стандартными испытаниями по ГОСТ 12.1.044—89 [4]. Различают 3 группы материалов (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Классификация строительных материалов по группам дымообразующей способности

Группа по дымообразующей способности	Характеристика материала	Коэффициент дымообразования, м²/кг
Д1	С малой дымообразующей способностью	Не более 50 включительно
Д2	С умеренной дымообразующей способностью	От 50 до 500 включительно
Д3	С высокой дымообразующей способностью	Свыше 500

Классификация материалов по токсичности продуктов горения

Показатель токсичности продуктов горения (полимерных материалов) (H_{CL50}) — отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты горения вызывают гибель 50 % подопытных животных [4]. По показателю токсичности горючие строительные материалы подразделяют на 4 группы: малоопасные (Т1), умеренноопасные (Т2), высокоопасные (Т3), чрезвычайно опасные (Т4) (табл. 4.5). Для определения классификационной принадлежности материалы испытывают в камере сгорания при заданной плотности теплового потока и

выявляют зависимость летального эффекта газообразных продуктов горения от массы материала, отнесенной к единице объема экспозиционной камеры. Критерием выбора режима испытаний служит наибольшее число летальных исходов в сравниваемых группах подопытных животных. Результаты испытаний используют в целях запрещения или разрешения применения материалов для напольных покрытий и (или) отделки стен, потолков, в том числе подвесных, на путях эвакуации.

Таблица 4.5

**Классификация строительных материалов
по токсичности продуктов горения**

Группа по токсичности продуктов горения	Характеристика материала	H_{CL50} , г/м ³ , при времени экспозиции, мин			
		5	15	30	60
T4	Чрезвычайно опасные	До 25	До 17	До 13	До 10
T3	Высокоопасные	25—70	17—50	13—40	10—30
T2	Умеренноопасные	70—210	50—150	40—120	30—90
T1	Малоопасные	Свыше 210	Свыше 150	Свыше 120	Свыше 90

Классификация строительных конструкций

Строительные конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью [46].

Огнестойкость строительных конструкций

Под *огнестойкостью* понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию огня и воды при пожаре. Показателем огнестойкости конструкции является *предел огнестойкости*, который устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний. Различают следующие основные виды предельных состояний конструкций по огнестойкости:

- потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (R);

- потеря целостности в результате образования в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя (E);
- потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140 °С, в любой точке этой поверхности более чем на 180 °С по сравнению с температурой конструкции до испытания или прогрев конструкции более чем на 220 °С независимо от температуры конструкции до испытания (I).

Предел огнестойкости конструкций состоит из условных обозначений R, E, I, нормируемых для данной конструкции предельных состояний, и цифры, соответствующей времени достижения одного из этих предельных состояний в минутах. Например: R120 — предел огнестойкости 120 мин по потере несущей способности; REI45 — предел огнестойкости 45 мин по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности независимо от того, какое из трех предельных состояний наступит ранее; R120/I60 — предел огнестойкости 120 мин по потере несущей способности, предел огнестойкости 60 мин по потере теплоизолирующей способности.

Пределы огнестойкости строительных конструкций могут определяться экспериментальными или расчетными методами. Общие требования к методам испытаний строительных конструкций и элементов инженерных систем на огнестойкость регламентируются ГОСТ 30247.0—94 [17].

Сущность методов испытаний заключается в определении времени от начала теплового воздействия на конструкцию в соответствии с режимом «стандартного пожара» до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний по огнестойкости с учетом функционального назначения конструкции. Стандартный температурный режим, соответствующий зависимости, а также допускаемые отклонения от него средних значений измеренных температур приведены в табл. 4.6.

Стендовое оборудование включает в себя специальные огневые камеры, которые имеют нагружающие и опорные устройства, обеспечивающие нагружение образца в соответствии с его расчетной схемой. Огневое воздействие по соответствующему температурному режиму создается сжиганием жидкого или газообразного топлива.

Таблица 4.6

Стандартный температурный режим пожара

Время огневого воздействия τ , мин	Изменение температуры в камере печи $t - t_0$, °С	Допускаемые значения отклонения температуры, %
5	556	±15
10	659	
15	718	±10
30	821	
45	875	±5
60	925	
90	986	
120	1029	
150	1060	
180	1090	
240	1133	
360	1193	

Образцы несущих и самонесущих конструктивных элементов должны иметь проектные размеры. Материалы образцов, схема опирания и загрузки должны соответствовать технической документации на их изготовление и применение. Образцы испытываются в нагруженном состоянии, при этом статическую нагрузку прикладывают не менее чем за 30 мин до начала огневого воздействия. Величина нагрузки принимается в наиболее неблагоприятном сочетании нормативных значений постоянных и временных длительных статических нагрузок, существенно влияющих на напряженное состояние при пожаре, согласно СП 42.13330.2012 [59].

В процессе испытания регистрируют следующее: время наступления предельных состояний и их вид; температуру в печи, на поверхности конструкции и по ее сечению в предварительно установленных местах; деформации элементов несущих конструкций; время появления пламени на необогреваемой поверхности образца и другие параметры.

Предел огнестойкости конструкции (мин) определяется как среднее арифметическое результатов испытаний двух образцов.

Для несущих конструкций предельное состояние по огнестойкости наступает вследствие обрушения конструкции или достижения предельных деформаций. Для изгибаемых конструкций предельное состояние по деформациям наступает, когда прогиб достигает величины $L/20$ или скорость нарастания деформаций достигает $L^2/9000h$ (см/мин). Здесь L — пролет, см; h — расчетная высота сечения конструкции, см.

Для вертикальных конструкций предельное состояние характеризуется вертикальной деформацией $1/100$ или скоростью нарастания вертикальных деформаций 10 мм/мин и более для образцов высотой $(3\pm 0,5)$ м.

Пределы огнестойкости для несущих и ограждающих конструкций нормируются по следующим предельным состояниям: для колонн, балок, ферм, арок и рам — только по потере несущей способности R конструкций и их узлов; для наружных стен и покрытий — по потере несущей способности R и целостности E ; для ненесущих внутренних стен и перегородок — по потере теплоизолирующей способности (I) и целостности E ; для несущих внутренних стен и противопожарных преград — по потере несущей способности R , целостности E и теплоизолирующей способности I .

Расчет предела огнестойкости стальных конструкций производится по потере несущей способности R вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций [17]. Требуемый для данной металлической конструкции предел огнестойкости достигается посредством подбора соответствующей толщины плит для огнезащиты в зависимости от приведенной толщины металла (при нормативном значении критической температуры 500 °С). Приведенная толщина металла t , мм, необходима для предоставления сложной геометрии двухмерной конструкции в одном измерении. Она вычисляется по формуле

$$t = \frac{S}{P}, \quad (4.1)$$

где S — площадь поперечного сечения металлической конструкции, мм² (определяется по сортаменту металла или расчетным путем);

P — обогреваемая часть периметра конструкции, мм.

Степень огнестойкости здания или сооружения служит для классификации строительных объектов по способности сопротивляться воз-

действию пожара. Кроме того, степень огнестойкости является исходной пожарно-технической характеристикой здания для регламентации требований минимальных пределов огнестойкости строительных конструкций, противопожарных преград и противопожарных разрывов между зданиями, систем противодымной защиты, а также требований при проектировании систем инженерного оборудования здания, лестниц и т.д. В соответствии со СНиП 21-01—97* [46] здания и сооружения по огнестойкости подразделяются на 5 степеней, каждая из которых определяет минимальные требования к строительным конструкциям по пределу огнестойкости (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Требуемые минимальные значения пределов 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 подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R120	E30	REI60	RE30	R30	REI120	R60
II	R45	E15	REI45	RE15	R15	REI90	R60
III	R45	E15	REI45	RE15	R15	REI60	R45
IV	R15	E15	REI15	RE15	R15	REI45	R15
V	Не нормируется						

Пожарная опасность конструкции

Класс пожарной опасности конструкции

Пожарную опасность строительной конструкции характеризует *класс ее пожарной опасности*, который устанавливают по ГОСТ 30403—2012 [19].

Сущность метода заключается в определении показателей пожарной опасности конструкции при ее испытании в условиях теплового воздействия, установленных стандартом, в течение времени, определяемого требованиями к этой конструкции по огнестойкости.

При установлении класса пожарной опасности конструкции учитывают:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов;
- наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;
- размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции, вследствие горения или термического разложения;
- характеристики пожарной опасности.

С учетом этих показателей конструкции подразделяются на следующие классы пожарной опасности (табл. 4.8):

K0 (непожароопасные);

K1 (малопожароопасные);

K2 (умереннопожароопасные);

K3 (пожароопасные).

Класс пожарной опасности конструкции обозначается символом класса K0—K3 и цифрами, заключенными в скобки и указывающими продолжительность теплового воздействия при испытании образца в минутах. В зависимости от времени теплового воздействия одна и та же конструкция может принадлежать к различным классам пожарной опасности. Например: K0(15) — конструкция класса пожарной опасности K0 при времени теплового воздействия 15 мин; K0(15)/K2(45) — конструкция класса K0 при времени теплового воздействия 15 мин и класса K2 при времени теплового воздействия 45 мин. Для конструкций, выполненных из негорючих материалов (группа горючести НГ), класс пожарной опасности K0 устанавливается без испытаний.

Класс конструктивной пожарной опасности здания (отсека) определяется степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании его опасных факторов. Этой классификацией вводится ограничение пожарной опасности строительных материалов, использу-

Таблица 4.8

Классы пожарной опасности конструкций

Класс	Значение параметра пожарной опасности, установленное при испытаниях образцов конструкций		Наличие		Допускаемые характеристики пожарной опасности поврежденного материала *			
	Допускаемый размер повреждения образца конструкций в контрольной зоне, мм	горизонтальных	горизонтальных	теплого эффекта	горения	горючести	воспламеняемости	дымообразующей способности
K0	0	0	0	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
K1	400	250	250	Не регламентируется	Отсутствует	Не выше Г2*	Не выше В2*	Не выше Д2*
K2	400800	250500	250500	Не регламентируется	Отсутствует	Не выше Г3*	Не выше В3*	Не выше Д2*
K3	Не регламентируется							

Примечание. * — при отсутствии теплового эффекта характеристика не регламентируется.

емых в поверхностных слоях конструкций зданий, что снижает вероятность распространения пожара. Здания и пожарные отсеки подразделяются по конструктивной пожарной опасности на 4 класса (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Классы конструктивной пожарной опасности зданий

Класс конструктивной пожарной опасности здания	Класс пожарной опасности строительных конструкций, не ниже				
	Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы и др.)	Стены наружные с внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	Марши и площадки лестниц в лестничных клетках
C0	K0	K0	K0	K0	K0
C1	K1	K2	K1	K0	K0
C2	K3	K3	K2	K1	K1
C3	Не нормируется			K1	K3

Класс функциональной пожарной опасности здания и его частей определяется их назначением, особенностями размещаемых технологических процессов и тем, в какой мере находится под угрозой безопасность людей с учетом возраста, физического состояния, возможности пребывания в состоянии сна, вида основного функционального контингента и его количества.

Установлены следующие классы функциональной пожарной опасности:

Ф1 — здания для постоянного проживания и временного пребывания людей;

Ф2 — зрелищные и культурно-просветительские учреждения;

Ф3 — предприятия по обслуживанию населения;

Ф4 — учебные заведения, научные и проектные организации;

Ф5 — производственные и складские здания, сооружения и помещения.

В зависимости от класса функциональной пожарной опасности здания (пожарного отсека) к нему предъявляются требования по обеспечению своевременной и беспрепятственной эвакуации людей и защите их от воздействия опасных факторов пожара, а также определяются минимальное количество путей эвакуации и выходов, объемно-планировочные параметры и требования к материалам их отделки.

Предотвращение распространения пожара

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся:

- конструктивные и объемно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению, между помещениями, между группами помещений различной функциональной пожарной опасности, между этажами и секциями, между пожарными отсеками, а также между зданиями;
- ограничение пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкций здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;
- снижение технологической взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий;
- наличие первичных, в том числе автоматических и привозных, средств пожаротушения;
- сигнализация и оповещение о пожаре.

Системы огнезащиты металлоконструкций

При воздействии огня и высоких температур металлические несущие конструкции очень быстро нагреваются, и уже через 15—45 мин пожара несущая способность конструкции снижается в 2 раза. Фактические пределы огнестойкости металлических конструкций зависят от приведенной толщины металла и действующих напряжений и составляют до 50 мин. В то же время в нормативных документах к таким конструкциям предъявляются требования по огнестойкости до 240 мин.

Задача системы огнезащиты — создать на поверхности металла теплоизолирующий экран, который будет защищать от высоких температур и непосредственного воздействия огня в течение длительного времени, а металлоконструкция будет сохранять несущую способность.

Выбор огнезащитных материалов для металлоконструкций

Задачей огнезащиты является формирование на поверхностях конструкции теплоизолирующих слоев, стойких к высоким температурам и непосредственному воздействию открытого огня, препятствующих нагреванию металла и позволяющих сохранять свойства металлоконструкции при пожаре в течение определенного времени.

Современные методы огнезащиты металлоконструкций строятся на использовании следующих материалов:

- *Огнезащитные краски* представляют собой композиционные составы органических и неорганических элементов, которые при действии высокой температуры имеют свойство вспениваться и увеличиваться в объеме в 10—40 раз, образуя толстый слой, защищающий конструкцию от высокой температуры и дальнейших разрушений. Вспененная оболочка имеет очень низкую теплопроводность и увеличивает время нагрева металла до критических температур. Огнезащитные краски позволяют получить пределы огнестойкости от R15 до R90, в редких случаях R120 для конструкций с приведенной толщиной металла более 7,8 мм.

- *Огнезащитные штукатурные составы* изготавливают из минерального вяжущего, наполнителей (например армирующих волокон) и химических добавок. Данные составы обладают низким коэффициентом теплопроводности, наносятся непосредственно на металлоконструкции, толщина слоя варьируется от 3 до 48 мм. При толщине слоя 40—60 мм штукатурку армируют двойной сеткой, что предохраняет ее от преждевременного обрушения при пожаре. Огнезащитные штукатурные составы позволяют получить пределы огнестойкости от R15 до R240.

Огнезащитные системы с использованием минераловатных плит

Огнезащитная система состоит из минераловатной огнезащитной плиты и клея на цементной основе (рис. 4.1).

Варианты огнезащиты металлоконструкций с применением минераловатных плит приведены на рис. 4.2.

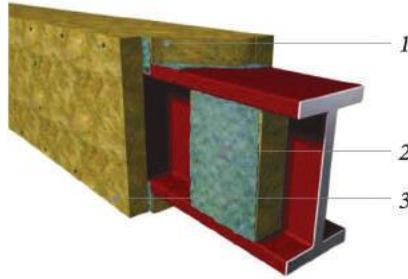


Рис. 4.1. Огнезащита металлоконструкций: 1 — огнезащитная плита для изоляции конструкции из металла; 2 — клей; 3 — стальные гвозди для дополнительной фиксации

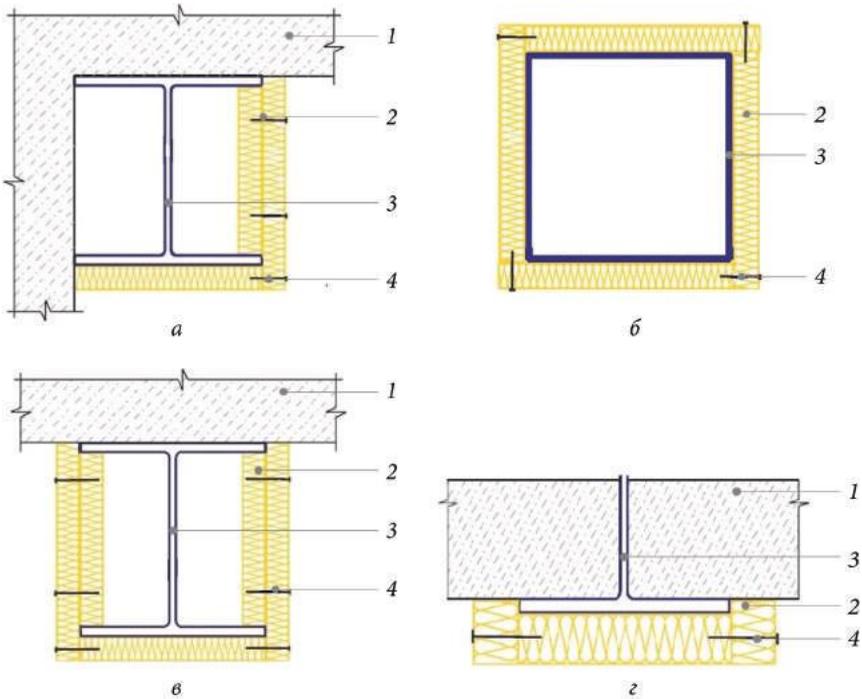


Рис. 4.2. Варианты огнезащиты металлических конструкций: а — устройство огнезащиты с примыканием металлоконструкции к стене с двух сторон; б — устройство огнезащиты квадратной колонны; в — устройство огнезащиты с примыканием балки к потолку; г — устройство огнезащиты с зафиксированным двутавром; 1 — железобетонная плита перекрытия; 2 — плита огнезащитная для изоляции конструкции из металла; 3 — металлоконструкция; 4 — стальной гвоздь для временной фиксации

Монтаж системы огнезащиты металлоконструкций с применением минераловатных плит

• Подготовительные работы

Поверхность защищаемой стальной конструкции должна быть сухой, без следов масла и прочих компонентов (рис. 4.3, *а*). Дополнительные монтажные элементы должны иметь следующие геометрические размеры: ширину от 80 до 100 мм, толщину от 30 до 50 мм (в зависимости от размеров двутавра). Длина элемента определяется расстоянием между полками двутавра. Раскрой плит осуществляется ножом либо другим инструментом, подходящим для резки минераловатных плит.



Рис. 4.3. Последовательность монтажа огнезащиты металлоконструкций с применением минераловатных плит: *а* — подготовка поверхности защищаемой стальной конструкции; *б* — подготовка дополнительных монтажных элементов; *в* — подготовка металлоконструкции для монтажа основной облицовки; *г* — монтаж основной облицовки

• Выполнение работ

На предварительно заготовленные вставки наносится слой специального клея толщиной не менее 2 мм. Вставки устанавливаются в распор между полками двутавра (рис. 4.3, *б*). При этом вставки должны выступать за концы фланцев на 2—3 мм. Расстояние между вставками не должно превышать 1000 мм. Если высота двутавра (h) превышает 500 мм, то вставки устанавливаются на расстоянии 500—700 мм друг от друга.

На смонтированные и схватившиеся вставки наносится клей для монтажа основной облицовки. Со стороны полок двутавра основная облицовка приклеивается на клей и фиксируется дополнительно гвоздями. Стыки промазываются клеем. После высыхания гвозди удаляют (рис. 4.3, *в, г*).

Системы огнезащиты железобетонных конструкций

Основной причиной разрушения железобетонных конструкций под действием огня является быстрый прогрев бетона и армирующих элементов плиты, вследствие чего возникает потеря целостности конструкции.

Система огнезащиты железобетонных плит перекрытия предназначена для повышения предела огнестойкости железобетонных плит перекрытий до 4 ч (REI240). В состав системы входит огнезащитная плита (плотностью 100 кг/м^3), металлический анкер и *рондель* — полуфабрикат из цветных металлов или сплавов, изготавливаемый штамповкой из листов, полос и лент или разрезкой прутков и предназначенный для изготовления деталей способом выдавливания [12].

Огнезащитные плиты крепятся к железобетонной плите перекрытия при помощи металлического анкера и ронделя.

Плиты из минеральной ваты толщиной 40 мм с использованием металлического анкера и ронделя обеспечивают для многупустотной плиты перекрытия ППС 60-12-8 (высотой 0,22 м) предел огнестойкости 240 мин.

Монтаж системы огнезащиты железобетонных конструкций

- *Подготовительные работы*

Железобетонную плиту очищают от неровностей, мешающих плотному прилеганию минераловатной плиты (рис. 4.4, *а*). Раскрой минераловатных плит производится ножом или ножовкой. Подбор нужной длины металлического анкерного элемента осуществляется в зависимо-

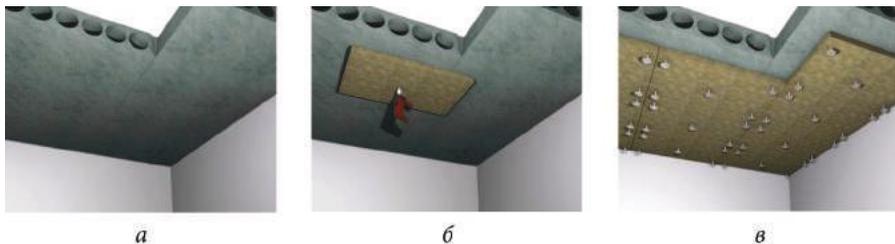


Рис. 4.4. Последовательность монтажа огнезащиты железобетонных конструкций: *а* — подготовка поверхности железобетонной плиты перекрытия; *б* — подготовка отверстий для крепежа; *в* — установка крепежа

сти от толщины теплоизоляционного слоя. Отверстия для крепежа глубиной 40—50 мм подготавливают с помощью перфоратора. В отверстия устанавливают анкерные элементы с надетыми на них шайбами, которые забиваются молотком до полного прижатия минераловатной плиты к основанию (рис. 4.4, б).

- *Выполнение крепежа огнезащитных плит*

При использовании минераловатной плиты размером 1200×1200 мм количество крепежных элементов составляет 9 шт. на плиту (рис. 4.5, а), а при использовании плиты размером 1200×600 мм — 5 шт. Плиты должны монтироваться с обязательной разбежкой швов. Зазоры между плитами недопустимы.

Во время устройства огнезащиты на выступе необходимо дополнительно увеличить количество крепежных элементов (рис. 4.5, б). Когда одновременно происходит устройство огнезащиты железобетонных плит перекрытий и металлических конструкций, в первую очередь выполняется огнезащита металлических конструкций, а затем железобетонной плиты перекрытия (рис. 4.5, в).

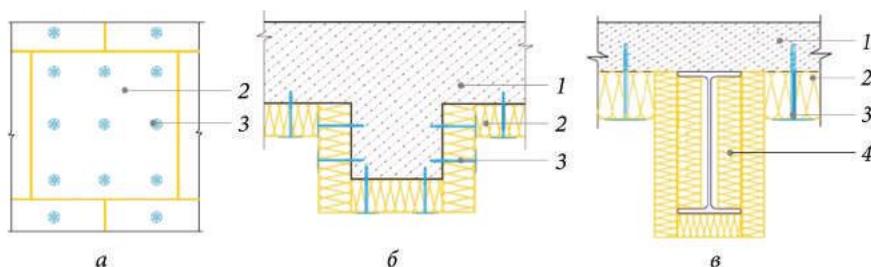


Рис. 4.5. Системные решения огнезащиты бетонных плит: а — схема расположения крепежных элементов на плите размером 1200×1200 мм; б — устройство огнезащиты железобетона на выступе; в — узел состыковки огнезащитных плит для изоляции конструкции из металла и из бетона; 1 — железобетонная плита перекрытия; 2 — плита огнезащитная для изоляции конструкции из бетона; 3 — металлический анкер и рондель; 4 — плита огнезащитная для изоляции конструкций из металла

Системы огнезащиты воздуховодов

Система воздуховодов является хорошим распространителем огня при пожаре. Воздушный поток и разрежение внутри воздуховода способствуют переносу огня внутри здания с большой скоростью. Ввиду

того, что исключить со 100%-ной вероятностью появление и распространение огня невозможно, целесообразно рассмотреть вопрос о повышении предела огнестойкости системы воздухопроводов с целью создания запаса времени, необходимого для эвакуации из здания людей и материальных ценностей. Система огнезащиты воздухопроводов обеспечивает пределы огнестойкости от 60 до 240 мин. Основу системы составляет *мат прошивной ТЕХНО* (гибкий минераловатный мат, прошитый проволокой), или кашированный мат (покрытый с одной стороны фольгой) (см. раздел 3.1.1). Кроме функций огнезащиты система выполняет функции тепло- и звукоизоляции (рис. 4.6).

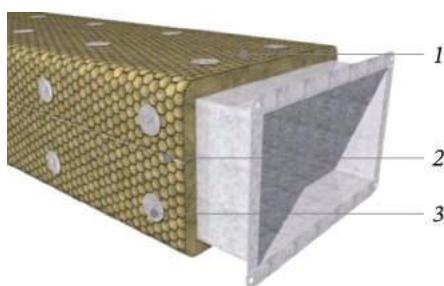


Рис. 4.6. Огнезащита воздухопроводов: 1 — мат прошивной ТЕХНО; 2 — проволока; 3 — приварные штифты и фиксирующие шайбы

Монтаж системы огнезащиты воздухопроводов

- *Подготовка корпуса воздуховода*

Корпус воздуховода должен иметь правильные геометрические размеры. Во фланцевые соединения воздуховода наносится жаростойкий герметик. Наружные поверхности воздуховода должны быть подготовлены для импульсной конденсаторной сварки, т.е. очищены от грязи и при необходимости обезжирены. Если поверхность огрунтована или покрашена, то в местах приварки ее необходимо зачистить для обеспечения хорошего контакта с металлом (рис. 4.7, а).

- *Раскрой огнезащитного материала*

Выкройка огнезащитных матов осуществляется таким образом, чтобы мат перекрывал весь воздуховод по периметру целиком. Возможен небольшой нахлест с последующим уплотнением стыка матов. С целью повышения надежности огнезащитного покрытия нижний мат не подрезается, а используется в целом виде, чтобы перекрыть максимальную

часть периметра воздуховода. Остальные маты могут подрезаться по размеру воздуховода (рис. 4.7, б). Схема расположения матов по периметру воздуховода круглого сечения принципиальных отличий не имеет.

- *Настройка сварочного оборудования*

При настройке сварочного оборудования производится выбор сварочной головки в зависимости от типа сварочных штифтов и настройка напряжения на аппарате в зависимости от толщины воздуховода (рис. 4.7, в). Точки приварки штифтов намечаются, исходя из конструктивных особенностей воздуховода (в основном размера и конфигурации сечения). При размещении приварных штифтов на стенках воздуховода придерживаются намеченной схемы.



Рис. 4.7. Крепление огнезащитного мата: а — подготовка корпуса воздуховода; б — раскрой огнезащитного материала; в — настройка сварочного оборудования; г — подготовка штифтов и шайб; д — приваривание штифтов; е — навешивание матов; ж — фиксация шайб; з — сшивание матов; и — обрезка шпилек

- Крепление огнезащитного мата может осуществляться двумя способами.

Первый способ заключается в том, что штифты привариваются к воздуховоду при помощи аппарата контактной или импульсной конденсаторной сварки, после чего на них накалывается мат и фиксируется блокирующими шайбами. Штифты должны быть прямыми, чтобы они беспрепятственно вставлялись в рабочий орган сварочного аппарата (рис. 4.7, г). Количество блокирующих шайб должно соответствовать количеству привариваемых штифтов. Все шайбы должны иметь крестообразный надрез для их закрепления на штифтах. На приваренные штифты навешиваются заранее раскроенные маты таким образом, чтобы траверса воздуховода находилась под ним, а фланцевые соединения воздухопроводов были укрыты матом (рис. 4.7, д, е). Проходы воздуховода через несущие строительные конструкции замоноличиваются цементно-песчаным раствором.

После того как маты навешены, они фиксируются шайбами (рис. 4.7, ж). По стыку маты сшивают, шов связывается гальванизированной проволокой (рис. 4.7, з). Острые концы шпилек обрезают кусачками, оставляя запас в 2—3 мм для фиксации шайбы (рис. 4.7, и). При использовании в качестве огнезащиты прошивного мата, кашированного фольгой, стыки двух матов изолируют при помощи алюминиевого скотча.

Второй способ отличается от первого тем, что воздухопровод обертывается матами, а крепление осуществляется непосредственно через покрытие. В качестве элементов крепления используют комбинированные штифты, в которых игла уже соединена с шайбой.

Схемы некоторых элементов огнезащиты воздуховода представлены на рис. 4.8.

Огнезащита подвесов воздухопроводов осуществляется тем же материалом, что и поверхность воздухопроводов. Подвесы не требуют каких-либо приспособлений для крепления огнезащитного покрытия. Предварительно нарезанные куски мата должны обматываться вокруг подвеса и закрепляться с помощью гальванизированной проволоки. Так же для защиты подвесов можно использовать минераловатные цилиндры подходящего диаметра. После монтажа огнезащитного покрытия место сопряжения воздуховода с несущими элементами здания замоноличивается цементно-песчаным раствором.

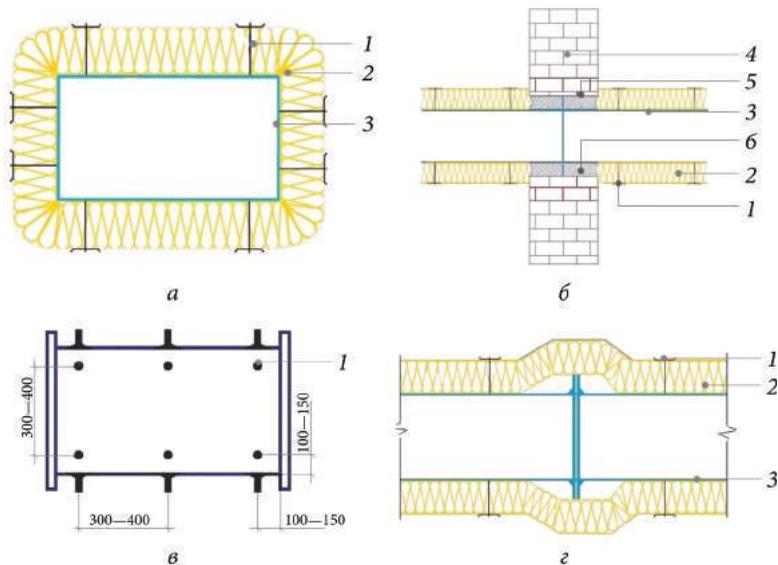


Рис. 4.8. Элементы выполнения системы огнезащиты: *а* — изоляция воздуховода; *б* — сопряжение воздуховода со строительными конструкциями; *в* — схема расположения приварных штифтов к воздуховоду; *г* — монтаж теплоизоляции на стыках воздуховода; 1 — приварной штифт с прижимной шайбой; 2 — мат прошивной; 3 — воздуховод; 4 — кирпичная стена; 5 — цементно-песчаный раствор; 6 — ребро жесткости

Огнезащита конструкций с применением гипсокартонных листов

Огнезащита несущих конструкций (стальных колонн, балок, прогонов) гипсокартонными листами (ГКЛ) может применяться в зданиях различного назначения всех степеней огнестойкости, классов конструктивной и функциональной пожарной опасности, возводимых в любых районах, включая сейсмические. При этом температура воздуха в помещении должна быть не ниже 10 °С, влажностный режим — сухим или нормальным при отсутствии агрессивных сред. Для огнезащитной обшивки рекомендуется применять огнестойкие гипсокартонные листы ГКЛО.

При проектировании огнезащиты наружных конструкций гипсокартонными листами необходимо учитывать требования ГОСТ 12.1.004—89 [4], ГОСТ 30247.0—94 [17], ГОСТ 30403—2012 [19].

Облицовки из ГКЛО на металлическом каркасе с заполнением негорючей теплоизоляцией по пожарной опасности относятся к классу *K0* (непожароопасные) [19]. Стальные конструкции предварительно должны быть защищены от коррозии в соответствии с требованиями СП 28.13330.2012 [54].

Пространство между стальной балкой или колонной и обшивкой можно использовать для прокладки различных коммуникаций с учетом требований СП 30.13330.2012 [56], СП 31.13330.2012 [57] и СП 32.13330.2012 [58], СП 55-101—2000 [65]. Свободное пространство дополнительно заполняют негорючими плитами или матами.

Облицовка гипсокартонными листами характеризуется малым весом, пригодна для нанесения различной отделки, допускает демонтаж и замену. Облицовки монтируют в период отделочных работ до устройства чистого пола. Для огнестойких облицовок особенно важны точность и качество выполнения узлов и сопряжений.

Таблица 4.10

Требуемые толщины огнезащитной обшивки стальных балок и колонн

Предел огнестойкости, мин	Толщина обшивки из огнестойких ГКЛО, мм, при значениях модуля облицовки, см ⁻¹			
	15	30	45	60
<i>Для балок</i>				
30	< 300	—	—	—
60	< 170	—	—	—
90	< 48	< 300	—	—
120	—	< 180	—	—
180	—	< 45	< 190	—
<i>Для колонн</i>				
30	< 230	—	—	—
60	< 46	< 300	—	—
90	—	< 170	—	—
120	—	< 68	< 260	—
180	—	—	< 76	< 210

Для достижения требуемого предела огнестойкости металлических колонн и балок толщину обшивки можно принимать по табл. 4.10 в зависимости от модуля облицовки, который определяется отношением P/S , или $1000/d$, см^{-1} , где P — периметр огнезащитной облицовки, см; S — площадь сечения колонны или балки, см^2 ; d — толщина стенок замкнутого сечения колонны, см.

Требуемую толщину огнезащитной обшивки из гипсокартонных листов можно также определять по графику (рис. 4.9) в зависимости от приведенной толщины стали t (формула (4.1)).

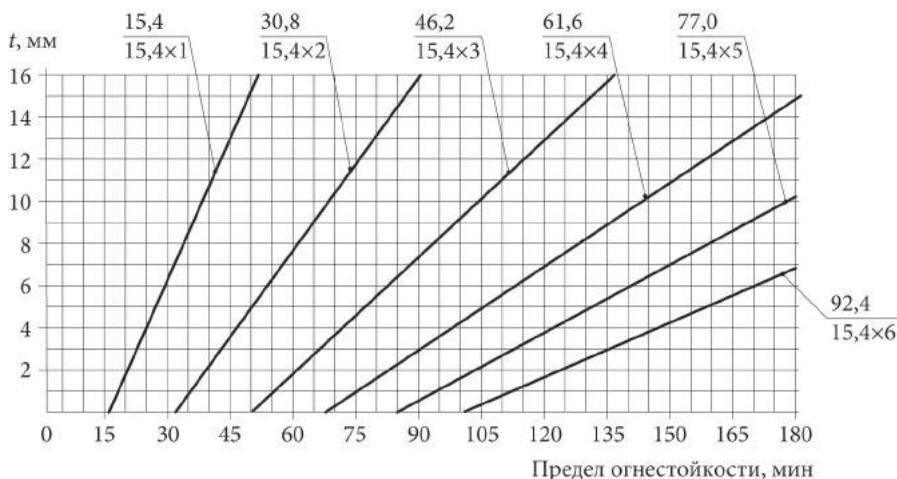


Рис. 4.9. Зависимость предела огнестойкости стальных конструкций от количества слоев ГКЛ и приведенной толщины t стали

По табл. 4.10 и графику на рис. 4.9 определяют ориентировочные значения предела огнестойкости. Для получения фактического значения предела огнестойкости конструкций в каждом конкретном случае необходимо проведение испытаний по ГОСТ 30247.1—94 [17].

Выполнение защитных облицовок из гипсокартонных листов

Облицовку колонн и балок выполняют на вспомогательном каркасе из потолочных или перегородочных профилей (рис. 4.10—4.13). Каркасы облицовки балок крепят к перекрытию быстрофиксирующими гвоздями с шагом 600 мм.

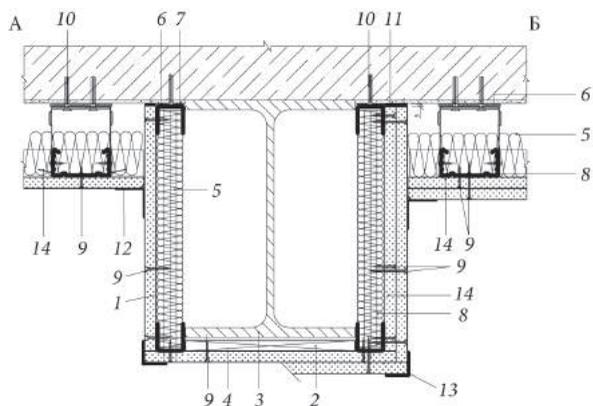


Рис. 4.10. Облицовка балки: А — однослойная обшивка; Б — двухслойная обшивка; 1 — ГКЛО; 2 — полоса ГКЛО (шириной 150 мм) с шагом 600 мм (промежуток заполнен плитами или матами); 3 — балка; 4 — клей; 5 — теплоизоляция (минераловатные плиты или маты); 6 — уплотнительная лента; 7 — потолочный профиль; 8 — потолочный направляющий профиль; 9 — шуруп; 10 — быстрофиксирующий гвоздь; 11 — герметик; 12 — армирующая лента с последующим шпаклеванием; 13 — угловой защитный профиль с последующим шпаклеванием; 14 — подвес прямой

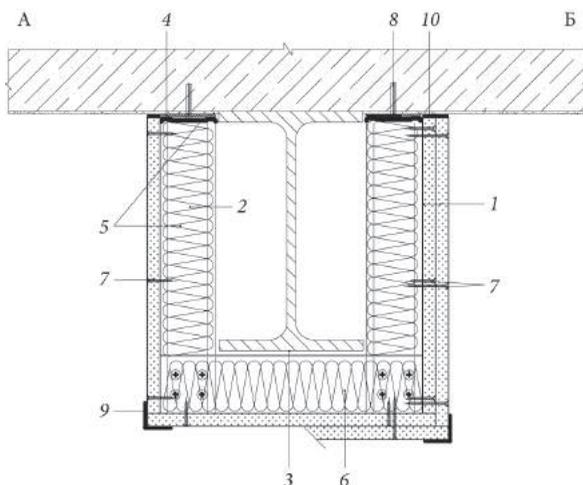


Рис. 4.11. Облицовка фахверковой колонны: А — однослойная обшивка; Б — двухслойная обшивка; 1 — ГКЛО; 2 — теплоизоляция (минераловатные плиты или маты); 3 — колонна; 4 — уплотнительная лента; 5 — ПС-профиль; 6 — ПН-профиль, соединенный с ПС-профилем стенка к стенке; 7 — шуруп; 8 — быстрофиксирующий гвоздь; 9 — угловой защитный профиль с последующим шпаклеванием; 10 — герметик

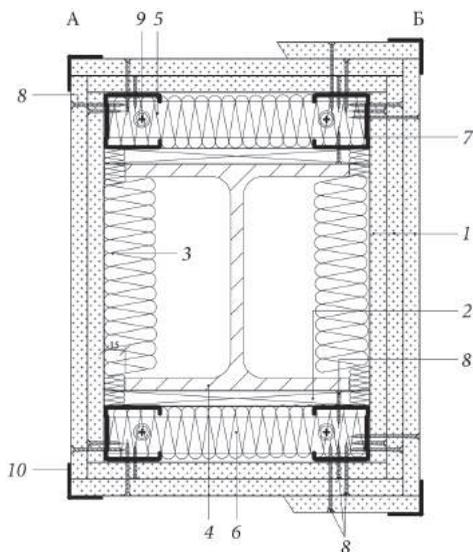


Рис. 4.12. Облицовка колонны с применением ПС- и ПН-профилей: А — двухслойная обшивка; Б — трехслойная обшивка; 1 — ГКЛО; 2 — прокладка из ГКЛО (шаг 1200 мм); 3 — теплоизоляция (минераловатные плиты или маты); 4 — колонна; 5 — ПН-профиль; 6 — дополнительный ПН-профиль; 7 — ПС-профиль; 8 — шуруп; 9 — быстрофиксирующий гвоздь; 10 — угловой защитный профиль с последующим шпаклеванием

Не допускается применение пластмассовых дюбелей. Каркас облицовки колонн крепят сверху и внизу к перекрытиям быстрофиксирующими гвоздями по 4 шт. в каждом торце. Собранный каркас заполняют негорючими минераловолокнистыми плитами или матами и обшивают листами ГКЛ в 1—4 слоя в зависимости от требуемой степени огнестойкости конструкций с креплением первого слоя шурупами 3,5×25 мм, второго — 3,5×45 мм, третьего — 4,2×65 мм с шагом 150—200 мм в зависимости от конструкции. Вертикальные углы обшивок колонн закрывают защитным профилем с последующим шпаклеванием.

Сборка четырехслойной облицовки (рис. 4.13) предполагает следующий порядок. Первыми с помощью профилей ПН-2 (50) собирают 2 пакета «внутреннего заполнения», которые через упругие прокладки гвоздями крепят в проектное положение к полу и потолку. Затем на шурупах закрепляют 3 слоя облицовки по двум другим сторонам, которые дополнительно скрепляют уголками из профиля ПН-6 (100). Уголки, в

свою очередь, крепят к каркасу пакета «внутреннего заполнения» шурупами 4,2×13. После этого монтируют 4-й слой обшивки на шурупах 3,3×25 и закрывают углы стальным перфорированным профилем с последующим шпаклеванием.

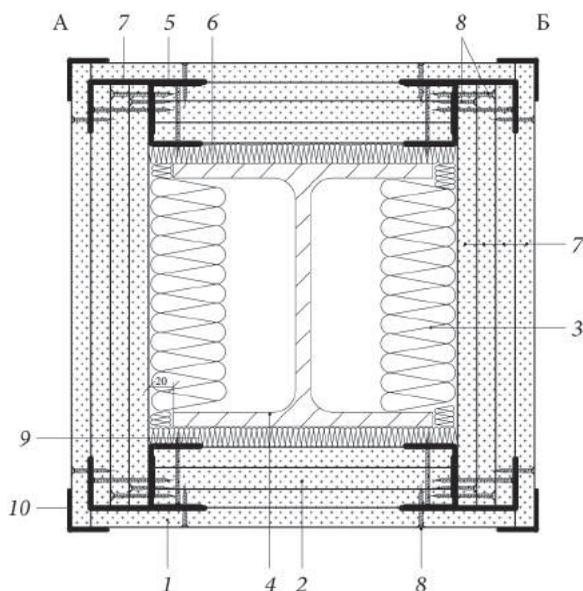


Рис. 4.13. Обшивка колонны четырьмя слоями: 1 — ГКЛЮ; 2 — пакет внутреннего заполнения из ГКЛЮ; 3 — теплоизоляция (минераловатные плиты или маты); 4 — колонна; 5 — ПН-профиль; 6 — перекрытие; 7 — уголок из ПН-профиля; 8 — шуруп; 9 — быстрофиксирующий гвоздь; 10 — угловой защитный профиль с последующим шпаклеванием

Библиографический список к частям 2, 3, 4

1. ГОСТ 10060—2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».
2. ГОСТ 10180—2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
3. ГОСТ 10700—97 «Макулатура бумажная и картонная. Технические условия».
4. ГОСТ 12.1.044—89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

5. ГОСТ 14918—80 «Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия».
6. ГОСТ 15588—2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия».
7. ГОСТ 16297—80 «Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний».
8. ГОСТ 17177—94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний».
9. ГОСТ 23499—2009 «Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные. Общие технические условия».
10. ГОСТ 23789—79 «Вязущие гипсовые. Методы испытаний».
11. ГОСТ 24211—2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия».
12. ГОСТ 25501—82 «Заготовки и полуфабрикаты из цветных металлов и сплавов. Термины и определения».
13. ГОСТ 27180—2001 «Плитки керамические для полов. Технические условия».
14. ГОСТ 28013—98 «Растворы строительные. Общие технические условия».
15. ГОСТ 30108—94* «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».
16. ГОСТ 30244—94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».
17. ГОСТ 30247.0—94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».
18. ГОСТ 30402—96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость».
19. ГОСТ 30403—2012 «Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность».
20. ГОСТ 30444—97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени».
21. ГОСТ 30459—2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности».
22. ГОСТ 30515—97 «Цементы. Общие технические условия».
23. ГОСТ 310.4—81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

24. ГОСТ 31189—2003 «Смеси сухие строительные. Классификация».
25. ГОСТ 31356—2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний».
26. ГОСТ 31357—2008 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия».
27. ГОСТ 379—95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия».
28. ГОСТ 530—2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия».
29. ГОСТ 5802—86 «Растворы строительные. Методы испытаний».
30. ГОСТ 6266—97 «Листы гипсокартонные. Технические условия».
31. ГОСТ 6428—83 «Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия».
32. ГОСТ 6727—80* «Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия».
33. ГОСТ 6787—2001 «Плитки керамические для полов. Технические условия».
34. ГОСТ 9479—2011 «Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические условия».
35. ГОСТ 9480—2012 «Плиты облицовочные из природного камня. Технические условия».
36. ГОСТ Р 51032—97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени».
37. ГОСТ Р 51829—2001 «Листы гипсоволокнистые».
38. ГОСТ Р 53786—2010 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Термины и определения».
39. ГОСТ Р 54358—2011 «Составы декоративные штукатурные на цементном вяжущем для фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями. Технические условия».
40. ГОСТ Р 54359—2011 «Составы клеевые, базовые штукатурные, выравнивающие шпаклевочные на цементном вяжущем для фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями».

41. ГОСТ Р 55225—2012 «Сетки из стекловолокна фасадные армирующие щелочестойкие. Технические условия».
42. ГОСТ Р 56707—2015. «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Общие технические условия».
43. СНиП 2.01.02—85* «Противопожарные нормы».
44. СНиП 2.02.01—83* «Основания зданий и сооружений».
45. СНиП 2.08.01—89* «Жилые здания».
46. СНиП 21-01—97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
47. СНиП 31-05—2003 «Общественные здания административного назначения».
48. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01—99*».
49. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22—81*».
50. СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».
51. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07—85*».
52. СП 23-101—2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
53. СП 23-103—2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».
54. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11—85».
55. СП 29.13330.2011 «Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13—88».
56. СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01—85*».
57. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02—84*».
58. СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03—85».
59. СП 42.13330.2011 «Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01—89*».

60. СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04—87».
61. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02—2003».
62. СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03—2003».
63. СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01—2003».
64. СП 55.13330.2011 «Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02—2001».
65. СП 55-101—2000 «Ограждающие конструкции с применением гипсокартонных листов».
66. СТО 72746455-4.4.1—2013 «Стандарт организации ООО «ТехноНИКОЛЬ — Строительные системы» Фасадные системы наружного утепления зданий. Техническое описание. Требования к проектированию, материалам, изделиям и конструкциям».
67. ТУ 5285-007-50531895—2012 «Фасадные облицовочные панели. Технические условия».
68. ТУ 5752-001-56380351—2007 «Плитки керамические (керамогранит) для полов и вентилируемых фасадов».
69. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
70. EN ISO 10545-13:1995 «Плитка керамическая. Часть 13. Определение химической стойкости».
71. EN ISO 10545-14:1995 «Плитка керамическая. Часть 14. Определение стойкости к загрязнению».
72. *Белухина С.Н., Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А.* Строительная терминология : объяснительный словарь. М. : МГСУ, 2015. 560 с.
73. *Ботка Е.Н.* Рынок сухих строительных смесей России. Итоги и перспективы / Е.Н. Ботка // Стройпрофи. 2014. № 21.
74. *Горлов Ю.П.* Технология теплоизоляционных материалов / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. М. : Высшая школа, 1980. 399 с.
75. *Евстигнеева Ю.А.* История развития сухих строительных смесей / Ю.А. Евстигнеева // Сухие строительные смеси. 2008. № 3 (5). С. 36.
76. *Крашенинников О.Н.* Краткий курс строительного материаловедения и технологии строительных материалов : учебное пособие по дис-

циплине «Строительные материалы» для направления 270800.62 «Строительство» / О.Н. Крашенинников. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. 324 с.

77. *Матросов Ю.А.* Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. М. : НИИСФ, 2008. 496 с.

78. *Мещеряков Ю.Г.* Строительные материалы : учебник для студентов ВПО, обучающихся по направлению 270800 «Строительство» / Ю.Г. Мещеряков, С.В. Федоров / НОУ ДПО «ЦИПК». СПб., 2013. 400 с.

79. *Парикова Е.В.* Сухие строительные смеси : учебное пособие / Е.В. Парикова. Новосибирск : НГАСУ, 2010. 132 с.

80. Руководство по проектированию и устройству звукоизоляции строительных конструкций / Корпорация ТехноНИКОЛЬ. 2-е изд. М., 2013. 82 с.

81. *Румянцев Б.М.* Системы изоляции строительных конструкций : учебное пособие / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков. М. : МГСУ, 2013. 671 с.

82. *Филимонов Б.П.* Отделочные работы. Современные материалы и новые технологии : учебное пособие / Б.П. Филимонов. М. : Изд-во АСВ, 2004. 176 с.

83. Инструкция по монтажу сайдинга Holzplast // http://www.vinylsiding.ru/montaj_vinyl_siding_holzplast.pdf

Часть 5. СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

5.1. Особенности возведения конструкций, контактирующих с грунтом

Влияние гидрогеологических условий на долговечность подземных частей зданий и сооружений

Одним из основных факторов, влияющих на долговечность подземных частей зданий и сооружений, является воздействие различных видов воды: в капельно-жидком и парообразном состояниях (рис. 5.1).

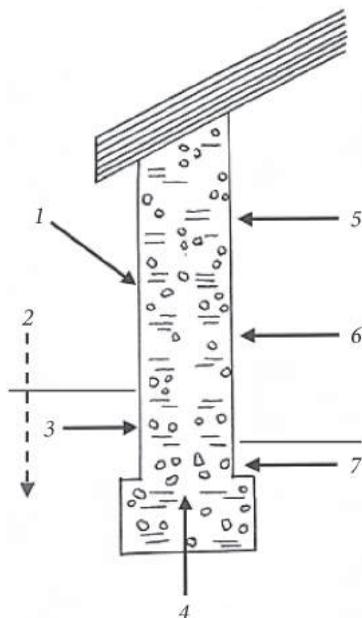


Рис. 5.1. Воздействие воды на сооружение: 1 — атмосферные осадки; 2 — инфильтрационные воды; 3 — грунтовые воды; 4 — грунтовая (поднимающаяся) влага; 5 — гигроскопическое водопоглощение; 6 — конденсация паров внутреннего воздуха; 7 — капиллярная конденсация паров, содержащихся в грунте

Появление капельно-жидкой влаги вызвано действием инфильтрационных, грунтовых (почвенных) и подземных вод.

Инфильтрационные воды образуются в результате просачивания (инфильтрации) в глубину дождевых и талых вод, которые попадают на поверхность земли и проникают в почву. Инфильтрационные воды заполняют поры между отдельными частицами почвы и под действием собственного веса спускаются в более глубокие слои. Таким образом, они совершают движение вниз в пределах воздухосодержащей зоны грунта. Если движение инфильтрационных вод сдерживается малопроницаемым слоем, это приводит к застою воды и в большинстве случаев к образованию бассейна грунтовых вод.

Грунтовые, или почвенные, воды в отличие от инфильтрационных заполняют полностью поры между частицами почвы, насыщая их до полного вытеснения воздуха. Грунтовые воды удерживаются в грунте адгезионными или капиллярными силами, не просачиваясь. В отличие от инфильтрационной воды для грунтовой влаги характерно отсутствие движения вниз. Почвенная влага, находясь при пониженном давлении, может проникать в конструкцию, поднимаясь вверх под влиянием капиллярных сил, противоположных направлению силы тяжести.

Подземная вода обуславливается уровнем грунтовых вод в зависимости от рельефа местности и положением водоупорного слоя.

В отличие от подземных вод просачивающаяся вода и грунтовая влага не оказывают на конструкцию гидростатического давления, если конструктивное решение обеспечивает беспрепятственное стекание воды без образования застойных зон.

Проникновение воды в сооружение, как правило, вызвано отказом гидроизоляционной системы. Особенно интенсивно этот процесс происходит после выпадения дождей, таяния снега, подъема уровня грунтовых вод и т.д. Грунтовая влага поднимается снизу вверх по стенам здания при отсутствии или выходе из строя горизонтальной изоляции в стенах и нарушении гидроизоляционного покрытия по контуру подземной части сооружения.

Конденсационное увлажнение конструкций происходит при перемещении водяных паров из зоны высоких в зону пониженных парциальных давлений и пересыщения воздуха влагой при падении температуры. Перемещение воздушных паров тем интенсивнее, чем больше температурный перепад и больше процент влажности теплого воздуха.

Разница температуры грунта вне сооружения и воздуха в сооружении вызывается эксплуатационным режимом, сезонными колебаниями температуры, глубиной сооружений и неодинаковым отоплением помещений.

Кроме перечисленных факторов на подземные конструкции могут влиять техногенные источники — утечки из бассейнов, резервуаров, очистных сооружений, отстойников, водопроводов и канализации. Действие техногенных источников подтопления как в процессе строительства, так и при эксплуатации зданий и сооружений накладывается на действие естественных источников, интенсифицируя процесс увлажнения и подтопления территории.

Параметры гидрогеологического воздействия на конструкцию зависят также от рельефа местности, типа грунтов, их физико-механических, фильтрационных характеристик и химической активности. Оказывают влияние уровни водоносных горизонтов и их характер, направление движения подземных вод, наличие в непосредственной близости от подземного сооружения водотоков, водоемов, химическая активность подземных и поверхностных вод, планировка участка застройки, наличие твердых покрытий и системы поверхностного водоотведения и т.п.

Вода, попадающая внутрь строительных конструкций, вызывает коррозию арматуры и бетона, что ухудшает статические свойства конструкции и в конечном счете приводит к ее разрушению. Проникающая во внутренние помещения подземной части сооружения вода также снижает их эксплуатационные свойства, нарушает работу технологического оборудования, ухудшает микроклиматические условия в помещении и т.п.



Рис. 5.2. Последствия неудовлетворительной системы гидроизоляционной защиты

По данным различных исследований до 90 % подземных и заглубленных сооружений имеют неудовлетворительную систему гидроизоляционной защиты, связанную с выбором ошибочных конструктивных решений, неверным подбором изоляционных материалов, низким качеством выполнения работ и эксплуатации и т.д. Это приводит к подтоплению подземных сооружений, ускоренному износу несущих конструкций и т.п. (рис. 5.2).

Мероприятия по защите подземных конструкций

С целью защиты строительных конструкций от воздействия воды и влаги и обеспечения нормального тепловлажностного режима эксплуатации зданий, а также увеличения долговечности конструкций необходимо провести целый комплекс защитных мероприятий, включающих первичную и вторичную защиту бетона.

Первичная защита осуществляется на стадии проектирования и изготовления конструкций и обеспечивается правильным подбором состава бетона, технологией укладки бетонной смеси, необходимым уходом за бетоном.

Вторичная защита предусматривает устройство *гидроизоляционных систем*, основными элементами которых являются гидроизоляционные покрытия, тепло-, пароизоляция, дренажи, системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Таким образом, гидроизоляционные системы представляют собой совокупность элементов, предназначенных для следующих целей:

- обеспечения водонепроницаемости сооружений (антифильтрационная гидроизоляция);
- повышения долговечности строительных конструкций при физической или химической агрессивности грунтовых вод (антикоррозионная гидроизоляция);
- предотвращения попадания воды из сооружения в окружающую среду (примерами таких сооружений могут служить водонапорные башни, резервуары, каналы, бассейны, очистные сооружения и т.д. [30]).

По расположению в составе конструктивных элементов гидроизоляционные системы подразделяются на наружные (рис. 5.3, а), внутренние (рис. 5.3, б) и сэндвичного типа (рис. 5.3, в).

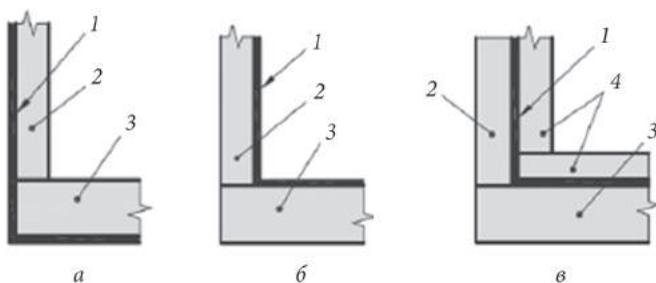


Рис. 5.3. Расположение гидроизоляции в составе конструктивных элементов: *а* — наружная гидроизоляция; *б* — внутренняя гидроизоляция; *в* — гидроизоляция сэндвичного типа; 1 — гидроизоляционный материал; 2 — наружная стена сооружения; 3 — фундаментная плита; 4 — прижимные конструкции

Выбор типа гидроизоляционной системы зависит от следующих факторов:

- величины гидростатического напора воды;
- допустимой влажности внутреннего воздуха помещения, которая определяется по СП 50.13330.2012 [20];
- трещиностойкости изолируемых конструкций, которая определяется по СП 63.13330.2012 [22];
- агрессивности среды, определяемой по СП 28.13330.2012 [16].

При выборе типа гидроизоляции необходимо также учитывать механические воздействия на гидроизоляцию, температурные воздействия, условия производства работ, дефицитность и стоимость материалов, а также сейсмичность района строительства [8].

При подборе системы гидроизоляции следует учитывать, что первоочередное значение в разрушении строительных конструкций и нормальной эксплуатации подземных и заглубленных сооружений в условиях интенсивной застройки имеют следующие факторы: воздействие воды, насыщенной агрессивными веществами, такими как хлориды, сульфаты; присутствие радона в почве; воздействие отрицательных температур (циклы замораживания — оттаивания). Нормальное функционирование конструкций невозможно, если не приняты надлежащие меры по их защите от подземных вод. Различные виды воды (пар, вода, лед, снег) дополнительно подразделяются по виду влияния на конструкцию и должны быть также учтены при создании системы гидроизоляции [30].

Положительное и отрицательное давление воды

Вода и водяные пары могут оказывать на сооружение и гидроизоляционное покрытие положительное или отрицательное давление (рис. 5.4). *Положительное* давление воды (или пара) обеспечивает прижатие гидроизоляционного покрытия к конструкции; *отрицательное* оказывает отрывающее действие на гидроизоляционное покрытие. При этом необходимо учитывать адгезионную прочность покрытия.

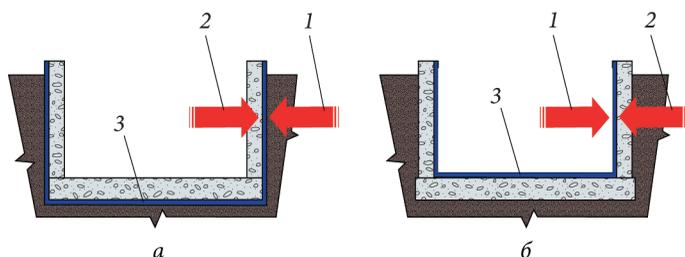


Рис. 5.4. Положительное и отрицательное давление воды: *а* — наружная гидроизоляционная система; *б* — внутренняя гидроизоляционная система; 1 — положительное давление; 2 — отрицательное давление; 3 — гидроизоляционное покрытие

Если конструкция испытывает одновременно и положительное и отрицательное давление воды/пара, то рекомендуется гидроизоляционное покрытие располагать с той стороны конструкции, где давление воды/пара больше. При этом гидроизоляционное покрытие должно прижиматься прижимной стенкой или помещаться внутрь конструкции [30].

5.2. Повышение водонепроницаемости бетона

5.2.1. Первичная защита бетона

К мерам *первичной защиты* бетонных и железобетонных конструкций относятся:

- 1) применение бетонов, стойких к воздействию агрессивной среды, что обеспечивается выбором цемента и заполнителей, подбором состава бетона, снижением проницаемости бетона, применением уплотняющих, воздухововлекающих и других добавок, повышающих стойкость бетона в агрессивной среде и защитное действие бетона по отношению

к стальной арматуре, стальным закладным деталям и соединительным элементам;

2) выбор и применение арматуры, соответствующей по коррозионным характеристикам условиям эксплуатации;

3) защита от коррозии закладных деталей и связей на стадии изготовления и монтажа сборных железобетонных конструкций, защита предварительно напряженной арматуры в каналах конструкций, изготавливаемых с последующим натяжением арматуры на бетон;

4) соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании бетонных и железобетонных конструкций, в том числе обеспечение проектной толщины защитного слоя бетона, ограничение ширины раскрытия трещин и др. [10].

• *Требования к материалам для бетона. Повышение коррозионной стойкости бетона*

Для изготовления бетона подземных конструкций применяются следующие виды цементов: портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент, сульфатостойкие цементы. Выбор вида цемента производится с учетом вида агрессивного воздействия в соответствии с СП 28.13330.2012 [16].

В качестве мелких заполнителей для бетонов применяют природный песок или песок из отсевов дробления горных пород с истинной плотностью от 2000 до 2800 кг/м³. В качестве крупных заполнителей используют щебень и гравий из плотных горных пород, щебень из отсевов дробления плотных горных пород, средняя плотность зерен которых составляет от 2000 до 3000 кг/м³ [2].

Повышение коррозионной стойкости бетона конструкций в агрессивных средах достигается применением химических добавок, которые способствуют упорядочению структуры, гидрофобизации стенок пор, уменьшению структурной пористости, обеспечению однородности при укладке смеси, приданию бетону специальных свойств.

В зависимости от вида коррозионного воздействия среды с целью повышения стойкости конструкций применяются различные химические добавки:

• для повышения морозостойкости:
– пластифицирующе-воздухововлекающие комплексные добавки, состоящие из лигносульфонатов или суперпластификаторов (на основе меламинаформальдегидных смол, поликарбоксилатов и др.); в качестве

воздухововлекающего компонента могут быть использованы смолы, такие как нейтрализованная воздухововлекающая, древесная омыленная и т.п.;

– гидрофобизирующе-воздухововлекающие (метил-, этилсиликонаты натрия и др.;

- для повышения стойкости бетона при воздействии солей, в том числе в условиях капиллярного подсоса и испарения — те же добавки, что для повышения морозостойкости: гидрофобизирующие, суперпластификаторы, пластифицирующие и уплотняющие;

- для повышения непроницаемости бетона:

- уплотняющие добавки микрокремнезема;

- пластифицирующие, пластифицирующе-воздухововлекающие, гидрофобизирующе-воздухововлекающие;

- для повышения защитного действия по отношению к стальной арматуре — ингибиторы коррозии стали:

- для конструкций при эксплуатации в слабоагрессивных средах: нитрит натрия (НН), нитрит-нитрат кальция (ННК);

- для конструкций в средне- и сильноагрессивных средах: НН+ТБН (тетраборат натрия), НН+БХН (бихромат натрия), НН+БХК (бихромат калия).

Не допускается введение хлористых солей в состав бетона и железобетонных конструкций, в состав растворов для инъектирования каналов [26].

Немаловажным фактором является толщина защитного слоя арматуры. В соответствии с СП 52-101—2003 [21] арматура, расположенная внутри сечения конструкции, должна иметь защитный слой бетона (расстояние от поверхности арматуры до соответствующей грани конструкций), чтобы обеспечивать:

- совместную работу арматуры с бетоном;

- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;

- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды (в том числе при наличии агрессивных воздействий);

- огнестойкость и огнесохранность.

Толщину защитного слоя бетона следует принимать с учетом роли арматуры в конструкциях (рабочая или конструктивная), типа кон-

струкций (плиты, балки, элементы фундаментов, стены и т.п.), диаметра и вида арматуры.

Минимальные значения толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры следует принимать по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Минимальные значения толщины защитного слоя бетона

Условия эксплуатации конструкций зданий	Толщина защитного слоя бетона, мм, не менее
В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	20
В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25
На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	30
В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	40

Для сборных элементов минимальные значения толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры, указанные в табл. 5.1, уменьшают на 5 мм, для конструктивной арматуры — принимают на 5 мм меньше по сравнению с требуемыми для рабочей арматуры. Во всех случаях толщину защитного слоя бетона следует также принимать не менее диаметра стержня арматуры [21].

При изготовлении железобетонных элементов высокой водонепроницаемости при близком расположении арматурных стержней затрудняются процессы укладки и уплотнения бетонной смеси. Для обеспечения надежного уплотнения бетона при проектировании арматурного каркаса минимальное расстояние между стержнями арматуры в свету следует принимать в зависимости от диаметра арматуры, размера крупного заполнителя бетона, расположения арматуры в элементе по отношению к направлению бетонирования, способа укладки и уплотнения бетона. Расстояние между стержнями арматуры принимают не менее диаметра арматуры и не менее 25 мм.

При проектировании железобетонных конструкций необходимо учитывать ширину раскрытия трещин. Предельно допустимую ширину раскрытия трещин устанавливают исходя из требований к проницаемости конструкций, а также в зависимости от длительности действия нагрузки, вида арматурной стали и ее склонности к развитию коррозии в трещине. При этом предельно допустимое значение ширины раскрытия трещин из условия ограничения проницаемости конструкций следует принимать не более: 0,2 мм — при продолжительном раскрытии трещин; 0,3 мм — при непродолжительном раскрытии трещин [22].

- *Укладка, уплотнение бетонной смеси*

Для обеспечения высокой плотности и однородности бетона при укладке бетонную смесь уплотняют вибрированием послойно, в непрерывной последовательности; при этом толщина каждого слоя назначается не более глубины проработки вибратора.

Для уплотнения бетонной смеси используют глубинные, поверхностные и наружные вибраторы.

Глубинные вибраторы погружаются в бетонную смесь рабочим органом (вибронаконечником) вертикально и передают колебания во все стороны по радиусу (рис. 5.5, а). Предназначены для уплотнения бетонных смесей в массивных армированных и неармированных конструкциях (например фундаментов, колонн, балок). *Поверхностные вибраторы* устанавливаются на уложенную бетонную смесь и передают колебания через рабочую площадку (рис. 5.5, б). Применяются при бетонировании неармированных или слабоармированных конструкций с большой площадью поверхности (например плитах перекрытий, полов). *Наружные вибраторы* прикрепляются к опалубке и передают через нее колебания бетонной смеси (рис. 5.5, в).



Рис. 5.5. Вибраторы для уплотнения бетонной смеси: а — глубинные; б — поверхностные; в — наружные

- *Уход за бетоном*

Уход за бетоном предусматривает комплекс мер, необходимых для приобретения бетоном требуемой проектом прочности в установленные сроки, а также предотвращающих значительные температурно-усадочные деформации и образование опасных трещин. К таким мерам относятся:

а) создание и поддержание температурно-влажностного режима: относительной влажности не менее 90 % и температуры $(20 \pm 2)^\circ$;

б) предохранение бетона в начальный период его твердения от ударов, сотрясений и повреждений в ходе строительного-монтажных работ [1].



Рис. 5.6. Усадочные трещины в бетоне

В процессе твердения в бетоне протекают реакции гидратации, в ходе которых минералы цемента, взаимодействуя с водой, образуют новые соединения. Обезвоживание бетона в ранние сроки в результате испарения может замедлить или прекратить процесс твердения и привести к недобору прочности, а также вызвать большую усадку и растрескивание (рис. 5.6). В массивных конструкциях образование трещин может быть вызвано также неравномерным разогревом в результате экзотермического тепловыделения.

Для предотвращения испарения воды и появления температурно-усадочных трещин открытые поверхности свежееуложенного бетона укрывают мешковиной, рогожами, влажными опилками или песком и начинают увлажнять не позже чем через 10—12 ч, а в жаркую и ветреную погоду — через 2—3 ч после завершения бетонирования. Бетон увлажняют разбрызгиванием струи через распылитель.

При бетонировании в жаркую и сухую погоду открытая поверхность свежееуложенной бетонной смеси сразу же после ее укладки и уплотнения должна укрываться паронепроницаемой (полиэтиленовой) светлой пленкой толщиной 0,15—0,20 мм и находиться под нею в течение 6—8 ч, после чего может быть начат систематический влажностный уход за бетоном путем полива водой. В жаркую и сухую погоду на период ухода за бетоном необходимо также увлажнять и неснятую деревянную опалубку.

Сроки и способы влажностного ухода за бетоном в летнее время зависят от местных климатических условий, применяемых цементов, составов и назначения бетона, добавок поверхностно-активных веществ, добавок, регулирующих сроки схватывания цементов и бетонных смесей, и устанавливаются проектом.

В отдельных случаях уход за бетоном может осуществляться посредством обработки наружных поверхностей сооружений или конструкций специальными пленкообразующими составами. Пленкообразующие эмульсии наносят через 2—3 ч после укладки бетона с помощью краскопультов или пневматических пистолетов-разбрызгивателей.

В осеннее и весеннее время года, когда среднесуточная температура наружного воздуха составляет около 5 °С и возможны заморозки, влажностный уход заменяют укрытием бетона паро- или гидроизоляционными материалами (полиэтиленовой пленкой, битумными рулонными материалами и т.п.); при необходимости поверх них устраивается теплоизоляционный слой.

При бетонировании в зимнее время укладку бетонной смеси производят либо в открытых блоках — методом «термоса», либо под защитой шатров или в тепляках [1].

Таким образом, при проведении мероприятий по первичной защите железобетонных конструкций в первую очередь определяются конкретные требования к бетону и его составляющим, к коррозионной стойкости и ограничению проницаемости, а также к технологии изготовления и уходу за бетоном (особенно в начальные сроки твердения).

Однако даже при качественном изготовлении железобетонных конструкций неизбежно образование микротрещин усадочного и силового происхождения, полостей неоднородного уплотнения. Поэтому в целях обеспечения водонепроницаемости конструкции, работающей под действием одностороннего гидростатического давления в условиях подземной среды, необходимо проведение дополнительных мероприятий по обеспечению вторичной защиты бетона.

5.2.2. Герметизация технологических и деформационных швов

При проектировании бетонных и железобетонных подземных конструкций особое внимание следует обращать на герметизацию технологических и деформационных швов, по которым чаще всего вода по-

падает внутрь сооружения. Выбор конкретного способа герметизации швов (и соответственно материалов) зависит от конструкции шва, действующих на него нагрузок, расчетных деформаций, квалификации рабочих и т.д.

5.2.2.1. Герметизация технологических швов

Технологические швы представляют собой неподвижные швы в бетонных и железобетонных конструкциях в месте контакта бетона разного возраста, обусловленные технологией производства бетонных работ. Данные швы образуются из-за перерывов в бетонировании, связанных с этапностью работ, большими объемами укладки бетонной смеси и т.д. Продолжительность перерыва в бетонировании больше трех часов считается технологическим швом, так как предыдущий слой бетона уже успевает схватиться. Технологические швы практически всегда появляются при смене бетонирования с горизонтальных на вертикальные конструкции и наоборот. Для герметизации технологических швов обычно применяют гидроизоляционные шпонки, набухающие шнуры, инъекционные системы.

Герметизация технологических швов с применением гидроизоляционных шпонок

Гидроизоляционные шпонки (гидрошпонки) представляют собой профилированные эластичные ленты, изготовленные из пластифицированного ПВХ или резины. Гидрошпонки предназначены для уплотнения технологических и деформационных швов в бетонных конструкциях, постоянно или временно находящихся под воздействием поверхностных грунтовых или сточных вод.

По расположению в бетонном массиве гидрошпонки подразделяются на центральные (двухсторонние, внутренние) и боковые (односторонние, наружные). Центральные гидрошпонки располагаются в центре массива бетона и крепятся к арматуре (рис. 5.7, *а*), боковые — располагаются сбоку массива и крепятся к опалубке (рис. 5.7, *б*).

Центральные шпонки защищены слоем бетона от внешних воздействий и могут выдерживать давление воды с любой стороны. Боковые шпонки должны прижиматься давлением воды к бетонной конструкции.



Рис. 5.7. Гидрошпонки для технологических швов: *а* — центральная гидрошпонка; *б* — боковая гидрошпонка

Центральные и боковые шпонки разделяются по типоразмеру, области применения и максимальному давлению воды, которое она может воспринять. В табл. 5.2 представлена номенклатура шпонок, выпускаемых для технологических швов.

Таблица 5.2

Гидрошпонки ТЕХНОНИКОЛЬ для герметизации технологических швов

Марка	Внешний вид	Область применения
EC-220-3		Наружная гидрошпонка для герметизации технологических швов бетонирования и разбивки на секции ПВХ мембраны LOGICBASE V-SL при создании ремонтпригодной системы гидроизоляции
EC-320-4		Наружная гидрошпонка для секционирования гидроизоляции и герметизации технологических швов бетонирования. Применяется при новом строительстве совместно с гидроизоляционными ПВХ мембранами
IC-240-2		Внутренняя гидрошпонка для герметизации технологических швов бетонирования, для гидроизоляции швов в монолитных бетонных конструкциях при новом строительстве
IC-240-6		Внутренняя гидрошпонка для герметизации технологических швов в монолитных бетонных конструкциях при новом строительстве

Основные физико-механические характеристики гидрошпонок ТЕХНОНИКОЛЬ для герметизации технологических швов представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Физико-механические характеристики гидрошпонок ТЕХНОНИКОЛЬ
для герметизации технологических швов**

Показатель	Значение показателя			
	Марки			
	ЕС-220-3	ЕС-320-4	ИС-240-2	ИС-240-6
Видимые дефекты	Отсутствуют			
Длина, м	20	20	20	20
Ширина, м	220	320	240	240
Толщина, мм	3	3	6	4
Прочность при разрыве, МПа, не менее	8	8	8	8
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200	200	200	200
Твердость по Шору, А, ед.	80			
Изменение линейных размеров при нагревании, %	2,0			

В проектное положение гидрошпонки устанавливают и закрепляют симметрично относительно осей шва. При установке шпонок необходимо обеспечить герметичность в местах примыкания их к опалубке для предотвращения вытекания бетонной смеси при бетонировании.

Центральные шпонки крепятся вязальной проволокой к арматурному каркасу с шагом 200—250 мм либо специальными клипсами (рис. 5.8).

Боковые шпонки крепятся к деревянной опалубке короткими гвоздями с широкой шляпкой с шагом 250—350 мм. Гидрошпонку можно крепить к опалубке с помощью клеевых составов или двухсторонних самоклеящихся лент (рис. 5.9).

Выбранный способ крепления гидрошпонки к опалубке или арматурному каркасу должен указываться в проектной документации и полностью исключать возможность смещения шпонки от проектного положения при бетонировании конструкций.

При производстве работ по установке гидрошпонок необходимо обеспечить их герметичное соединение. Шпонки из ПВХ должны соединяться между собой с применением сварочных аппаратов. Резиновые шпонки свариваются между собой с применением специальных водо-

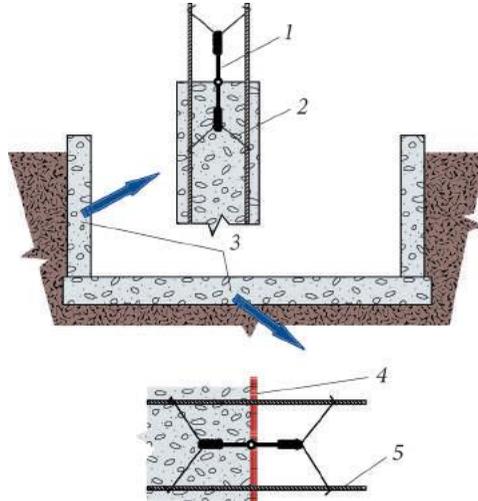


Рис. 5.8. Схема монтажа центральной гидрошпонки для технологических швов: 1 — шпонка; 2 — вязальная проволока; 3 — технологический шов со шпонкой; 4 — опалубка; 5 — арматура

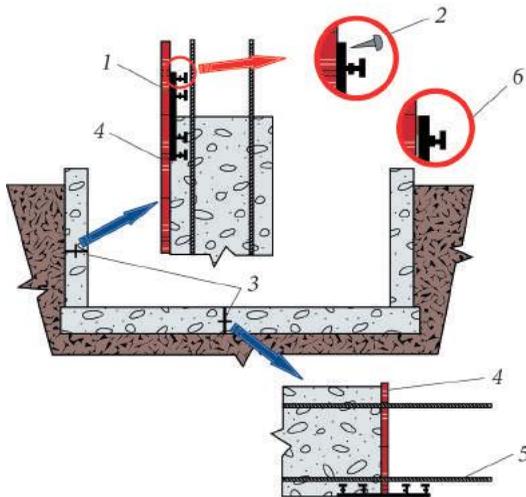


Рис. 5.9. Схема монтажа боковой гидрошпонки для технологических швов: 1 — шпонка; 2 — крепление шпонки к опалубке гвоздем с широкой шляпкой; 3 — технологический шов со шпонкой; 4 — опалубка; 5 — арматура; 6 — крепление шпонки к опалубке двухсторонним скотчем

стойких клеев или методом вулканизации. Не допускается соединение гидрошпонок простым перехлестом без сварки (склейки), а также сваривание или стыкование гидрошпонок из различных материалов.

Между собой шпонки свариваются (стыкуются) непосредственно на строительной площадке при температуре воздуха не ниже +5 °С. При атмосферных осадках работы проводят под защитой тента.

Для монтажа шпонок используют специальное оборудование: машинку для выравнивания и прижатия шпонок и сварочный утюг, который разогревается до температуры 180—200 °С, оплавливая края соединяемых шпонок.

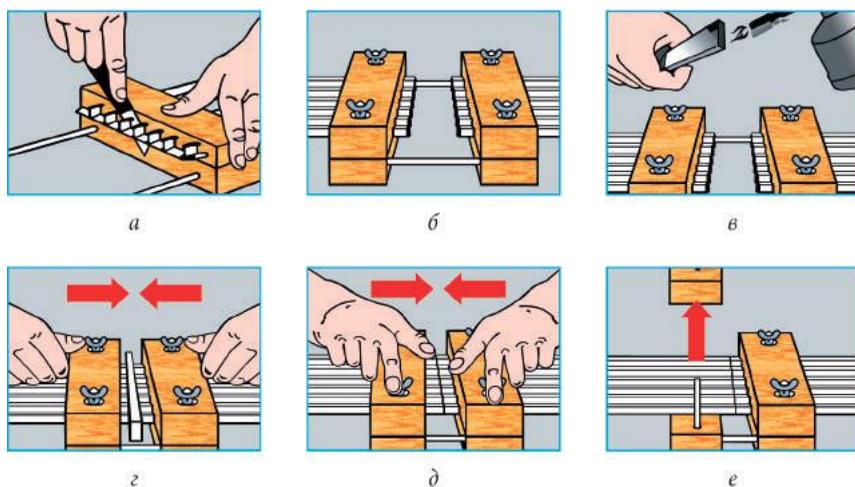


Рис. 5.10. Последовательность сварки гидрошпонок

Технологический процесс сварки гидрошпонок состоит из следующих операций (рис. 5.10):

- концы шпонок ровно обрезают ножом или алмазным диском (рис. 5.10, а);
- проверяют плотность соединения стыкуемых концов шпонки (рис. 5.10, б);
- разогревают сварочный утюг до необходимой температуры (рис. 5.10, в);
- помещают утюг между стыкуемыми концами шпонки и тщательно прижимают их к утюгу (рис. 5.10, г);

- шпонки удерживают прижатыми к сварочному утюгу до полного и равномерного оплавления стыкуемых концов шпонки (рис. 5.10, з);
- удаляют утюг и плотно прижимают расплавленные стыкуемые концы шпонки друг к другу, при необходимости корректируя их положение (рис. 5.10, д); сварной шов остывает в течение 5 мин;
- по окончании работ сварочный утюг очищают от остатков материала шпонки (рис. 5.10, е).

Качество выполнения сварных стыков проверяют визуально и механически (обычно проверку осуществляют лампами на просвет) как после сварки шпонки, так и непосредственно перед бетонированием.

Сложные узлы и соединения гидрошпонок — крестообразные, угловые и Т-образные — изготавливаются на заводе и поставляются на объект готовыми (рис. 5.11).

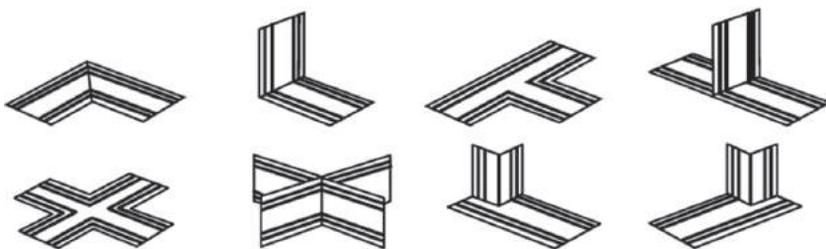


Рис. 5.11. Сложные соединительные узлы гидрошпонок, изготавливаемые на заводе

Герметизация технологических швов с применением набухающих шнуров

Набухающие шнуры изготавливаются из гидрофильной резины или на основе бентонитовых глин (рис. 5.12).

При соприкосновении с водой *гидрофильный резиновый шнур* впитывает ее в себя, увеличиваясь в объеме пропорционально объему впитанной воды, заполняя таким образом свободное пространство в шве и останавливая возможные протечки. *Бентонитовый шнур* при соприкосновении с водой расширяется в объеме, образует плотный влагонепроницаемый гель. При этом шнур должен набухать в ограниченном (зажатом) пространстве. В зависимости от вида шнура увеличение в объеме при свободном разбухании составляет от 150 до 600 %.



Рис. 5.12. Набухающие шнуры: *а* — из гидрофильной резины; *б* — на основе бентонитовых глин

Во время набухания шнура незначительная часть воды может пройти сквозь шов. После окончания процесса набухания шнура шов становится водонепроницаемым. При снятии гидравлической нагрузки с конструкции шва шнур из гидрофильной резины восстанавливает свою первоначальную форму. При применении шнура на основе бентонитовых глин образовавшийся при его замачивании гель не восстанавливается до исходного состояния. Количество циклов гидратация — дегидратация у шнуров на основе гидрофильной резины неограничено, а у шнуров на основе бентонитов — 5—10.

Набухающие шнуры бывают различных размеров и форм (от круглой — до прямоугольной). Это позволяет их использовать при герметизации технологических швов практически в любой конструкции, а также в трубных проходках.

Физико-механические характеристики набухающего шнура из гидрофильной резины *АКВАСТОП тип ПНР* приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Физико-механические характеристики набухающего шнура из гидрофильной резины *АКВАСТОП тип ПНР*

Показатель	Значение показателя
Сечение, мм	20×4
Цвет	Синий
Плотность, г/см ³	1,2
Твердость по Шору, А	55

Таблица 5.4 (окончание)

Показатель	Значение показателя
Прочность при разрыве, МПа	6
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300
Объемное набухание при контакте с водой, %, не менее	600
Стойкость к гидростатическому давлению, атм, не менее	8

Физико-механические характеристики набухающих шнуров АКВА-СТОП тип ПНБ, ГИДРОФЕСТ, ВАТЕРСТОП на основе бентонитовых глин представлены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Физико-механические характеристики набухающих шнуров на основе бентонитовых глин АКВАСТОП тип ПНБ, ГИДРОФЕСТ, ВАТЕРСТОП

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	АКВАСТОП тип ПНБ	ГИДРОФЕСТ	ВАТЕРСТОП
Сечение, мм	20×15, 25×15, 25×19	10×20, 15×25, 20×25	10×20, 15×25, 20×25, 30×25, 40×20
Плотность, г/см ³	1,35		1,4
Стойкость к гидростатическому давлению, атм	3—7	7	
Объемное набухание при контакте с водой, %, не менее	250	350—500	200—400
Коэффициент фильтрации, см/с, не более		$2,2 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-9}$
Гибкость на брус $R = 25$ мм, °С			-40
Диапазон температур при установке	-15...+50 °С	-15...+50 °С	
Прочность при разрыве, МПа, не менее			0,4
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее			200
Вес, кг/м	0,4—0,6		0,8

Набухающие шнуры из гидрофильной резины фиксируются к железобетонному элементу с помощью специальных клеев или мастик (рис. 5.13), а шнуры на основе бентонитовых глин крепятся механически — при помощи металлической сетки и дюбелей по бетону с шагом 350—500 мм (рис. 5.14).

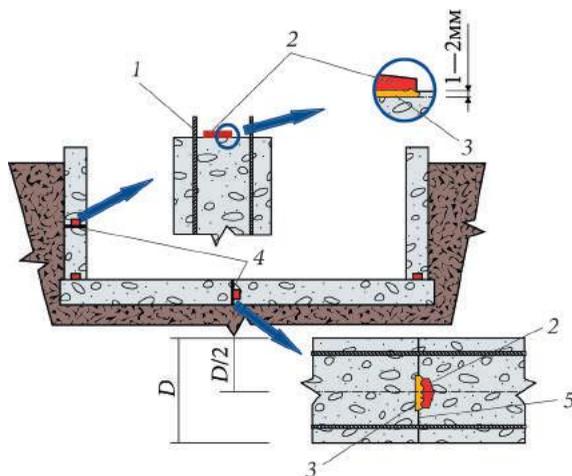


Рис. 5.13. Схема монтажа набухающего шнура с помощью клея:
1 — арматура; 2 — набухающий шнур; 3 — клей; 4 — технологический шов со шнуром; 5 — технологический шов



Рис. 5.14. Монтаж набухающего шнура механическим способом

Технологический процесс установки набухающего шнура и ведения бетонных работ включают следующие операции:

- перфоратором с малой энергией удара делают штрабу глубиной 1—2 мм, попутно очищая место установки шнура от грязи, пыли и цементного молочка; при этом минимальное расстояние от края конструкции составляет 70 мм (рис. 5.15, а);
- очищают поверхность шнура от возможных загрязнений;

- устанавливают шнур в проектное положение и производят его крепление (либо на клей, либо на дюбели); горизонтальный стыковой узел выполняется с нахлестом 20 мм; угловой и Т-образный стыковые узлы выполняются без нахлеста, при этом стыковой край шнура должен быть ровно обрезан (рис. 5.15, б);
- производят укладку бетонной смеси в блок бетонирования (при этом следует избегать прямого попадания бетонной смеси непосредственно на установленный шнур во избежание его смещения от проектного положения или разрыва); минимальная толщина укладки бетона составляет 100 мм (рис. 5.15, а);
- вибрируют уложенную бетонную смесь, не касаясь наконечником вибратора самого шнура (через 30 мин рекомендуется вибрирование в зоне установки шнура повторить);
- выдерживают уложенный бетон, осуществляя влажностный уход за ним.

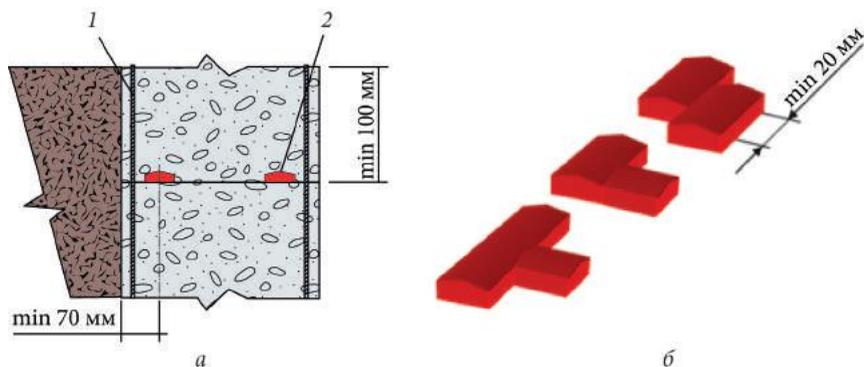


Рис. 5.15. Установка набухающего шнура: а — расположение набухающего шнура в конструкции; б — стыковые узлы набухающих шнуров; 1 — арматура; 2 — набухающий шнур

5.2.2.2. Герметизация деформационных швов

Деформационные швы представляют собой подвижные швы в конструкциях сооружений, позволяющие компенсировать различного рода деформации (тепловые, осадочные и т.д.), и состоят из зазора шва соответствующей величины, гидроизоляционного (противофильтрационного) элемента, заполнителя полости шва (рис. 5.16).

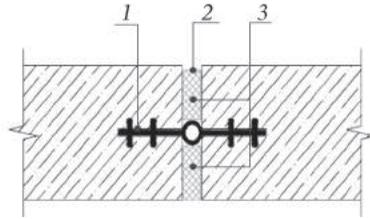


Рис. 5.16. Конструкция деформационного шва:
 1 — гидроизоляционный элемент; 2 — зазор шва;
 3 — наполнитель полости шва

По величине зазора деформационные швы подразделяются на:

- узкие — до 30 мм;
- средние — 60 мм;
- широкие — более 60 мм.

Минимальная величина зазора деформационного шва зависит от расстояния между деформационными швами в конструкции и выражается отношением между ними. В зависимости от типа конструкции это соотношение может быть разным (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Зависимость величины зазора деформационного шва от расстояния между деформационными швами

Тип конструкции	Элементы конструкции	Минимальная величина зазора шва по отношению к расстоянию между швами
Бетонные и железобетонные	Наружные стены, конструкция покрытия с теплоизоляцией	1/1500
	Конструкция покрытия без теплоизоляции	1/1000
	Парапеты и ограждения	1/300
	Подземные сооружения	1/1000
Бетонная подготовка	Бетон лотков, покрытия	1/300

Расстояние между деформационными швами в конструкции принимается конструктивно или по расчету и зависит от разницы осадок между секциями (блоками) конструкций, их кренами, величинами тем-

пературных расширений и усадки монолитных железобетонных конструкций, конструктивных особенностей несущих элементов, конструкций деформационных швов и других факторов.

Максимальное расстояние между деформационными швами приводится в нормативно-технической документации и зависит от вида сопрягаемых конструкций, их размера, условий эксплуатации, применяемых строительных материалов и т.д. Максимальные расстояния между деформационными швами для различных строительных конструкций, воспринимающие воздействия от изменения температуры, приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Максимальное расстояние между деформационными швами для различных строительных конструкций

Вид сооружения или конструкции	Расстояние между деформационными швами в конструкциях, м	
	подвергающихся атмосферному воздействию	не подвергающихся воздействию атмосферному или подземных вод
Сборные конструкции из бетона	30	40
Сборные железобетонные плоские конструкции	30	50
Монолитные конструкции из неармированного бетона	10	20
Монолитные конструкции из железобетона	20	30
Монолитные железобетонные плоские конструкции и предварительно напряженные объемные конструкции из плоских элементов	25	40
Подпорные стенки: неармированные/армированные	9/18	12/24
Парапетные стенки: неармированные/армированные	3/6	
Бетонная подготовка: неармированная/армированная	(от 1,5 до 6)/(от 3 до 9)	

При воздействии других нагрузок на конструкцию необходимо учитывать возможные деформации от них, что может повлиять на расстояния между деформационными швами.

По величине возможных деформаций различают деформационные швы:

- малых перемещений — при возможных деформациях 25 % и менее ширины шва;
- больших перемещений — при возможных деформациях более 25 % ширины шва.

Основными материалами для герметизации деформационных швов являются гидрошпонки, эластичные герметики и гидроизоляционные ленты.

В качестве гидроизоляционного элемента деформационных швов малых перемещений применяют эластичные герметики. В деформационных швах больших перемещений используют гидрошпонки (рис. 5.17). В местах сопряжения элементов конструкций применяют гидроизоляционные ленты.

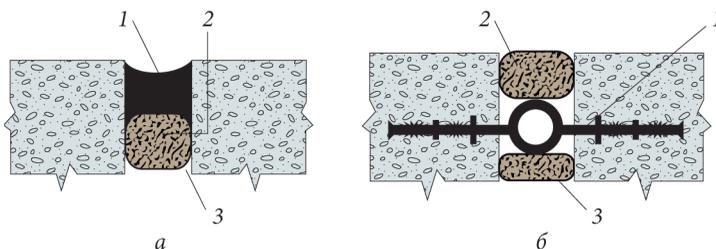


Рис. 5.17. Конструкции деформационного шва: а — с применением герметика; б — с применением гидрошпонки; 1 — гидроизоляционный элемент; 2 — наполнитель полости шва; 3 — зазор деформационного шва

Гидрошпонки могут применяться как отдельно, так и совместно со специализированными герметиками, например при устройстве двухуровневой защиты деформационного шва.

Для заполнения полости шва могут быть использованы различные материалы: древесина с антисептированной пропиткой, пенопласты, просмоленная пакля (канат) и др. В настоящее время наибольшее распространение получил экструзионный пенополистирол, который закладывается в шов при его формировании в качестве опалубки. Этот

материал не впитывает воду и обладает достаточной прочностью для восприятия нагрузок от свежесушеного бетона, что является важным фактором при производстве бетонных работ. Применение экструзионного пенополистирола обеспечивает свободное сжатие и раскрытие шва практически без напряжений в сопрягаемых железобетонных элементах.

Герметизация деформационных швов с применением гидроизоляционных шпонок

Гидрошпонки для деформационных швов отличаются от гидрошпонок для технологических швов наличием деформационного элемента, который может воспринимать различные деформации конструкции: сжатие, растяжение, продольный и поперечный сдвиги.

Деформационные элементы гидрошпонок бывают круглого, овального, прямоугольного и П-образного видов. Подбор формы и размера деформационного элемента зависит от величины и направления возможных деформаций сопрягаемых конструкций.

По расположению в бетонном массиве гидрошпонки для деформационных швов (так же, как и для технологических) подразделяются на центральные (двухсторонние, внутренние) и боковые (односторонние, наружные). Центральные гидрошпонки располагаются в центре массива бетона и крепятся к арматуре (рис. 5.18, *а*), боковые — сбоку и крепятся к опалубке (рис. 5.18, *б*).



Рис. 5.18. Гидрошпонки для деформационных швов:
а — центральная; *б* — боковая

Центральные и боковые шпонки разделяются между собой по типу, размеру, области применения и максимальному давлению воды, которое они могут воспринять.

В табл. 5.8 представлена номенклатура гидрошпонок, выпускаемых для герметизации деформационных швов.

Таблица 5.8

Гидрошпонки **ТЕХНОНИКОЛЬ** для герметизации деформационных швов

Марка	Внешний вид	Область применения
EM-260/20		Наружная гидрошпонка для герметизации деформационных швов
EM-260/50		Наружная шпонка для герметизации деформационных швов при строительстве заглубленных и подземных сооружений. Применяется при новом строительстве совместно с гидроизоляционными ПВХ мембранами
IM-240/20		Внутренняя гидрошпонка для герметизации деформационных швов при строительстве заглубленных и подземных сооружений
IM-260/50		Внутренняя гидрошпонка для герметизации деформационных швов при строительстве заглубленных и подземных сооружений. Применяется при новом строительстве

Физико-механические характеристики гидрошпонок **ТЕХНОНИКОЛЬ** для герметизации деформационных швов представлены в табл. 5.9.

Монтаж и бетонирование гидрошпонок для деформационных швов аналогичен монтажу шпонок для технологических швов.

Таблица 5.9

Физико-механические характеристики гидрошпонок **ТЕХНОНИКОЛЬ** для герметизации деформационных швов

Показатель	Значения показателя			
	Марки			
	EM-260/20	EM-260/50	IM-240/20	IM-260/50
Видимые дефекты	Отсутствуют			
Длина, м	10	10	10	10
Ширина, м	260	260	240	260
Толщина, мм	4	3	4	4
Прочность при разрыве, МПа, не менее	8			

Таблица 5.9 (окончание)

Показатель	Значения показателя			
	Марки			
	ЕМ-260/20	ЕМ-260/50	ИМ-240/20	ИМ-260/50
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200			
Твердость по Шору, А, ед., не более	80			
Изменение линейных размеров при нагревании, %	2,0			

При проведении работ с гидрошпонками необходимо учитывать, что общая схема гидроизоляции объекта с применением шпонок может быть сложной и содержать стыковочные узлы различных типов шпонок (деформационных и технологических) друг с другом (рис. 5.19). При этом нельзя сваривать (стыковать) друг с другом гидрошпонки, выполненные из различных материалов (например ПВХ и резины), так как из-за различия физико-механических характеристик они будут по-разному вести себя в процессе эксплуатации сооружения.

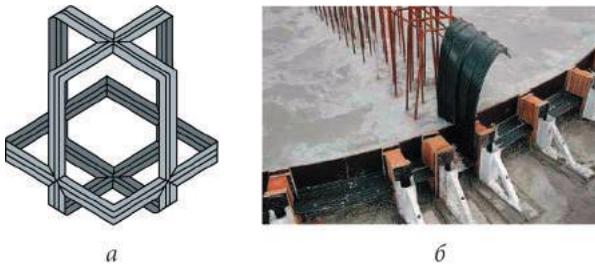


Рис. 5.19. Сложные стыковочные узлы гидрошпонок: а — замкнутый гидроизоляционный контур из гидрошпонок; б — сложный стыковочный узел

Герметизация деформационных швов с применением герметиков

Применение герметиков в качестве гидроизоляционного элемента возможно для узких деформационных швов (с величиной зазора до 30 мм) и малых перемещений (менее 25 % от ширины шва).

Для эффективной работы в деформационном шве герметик должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть водонепроницаемым;
- изменять форму и размеры для восприятия расчетных деформаций, происходящих в шве, без разрушения самого герметика и с возможностью восстановления его первоначальной формы и объема;
- обладать хорошими адгезионными свойствами;
- работать без разрушения при положительных и отрицательных температурах.

Для заполнения деформационных швов применяют герметики на различной основе (битумные, бутилкаучуковые, полиуретановые, силиконовые и т.д.) (табл. 5.10).

При подборе материала герметика исходят из условия, что максимально допустимые деформации герметика при заданном его сечении должны быть больше максимальных перемещений смежных конструкций в деформационном шве.

Таблица 5.10

Виды герметиков для деформационных швов

Вид герметика для заполнения швов	Допустимые значения растяжения/сжатия, % от ширины шва	Примечание
Мастики (полибутиленовые, полиизобутиленовые)	3	Неотверждаемые в своей массе
Термопласты:		
горячего отверждения (битумные)	5	Отверждение при охлаждении
холодного отверждения (резинобитумные, бутилкаучуковые)	7	Отверждение при испарении растворителя или разрушении эмульсий под воздействием воздуха
Терморектопласты (винилацетатные, полисульфидные, полиуретановые)	25	Химическое отверждение
Силиконы	25—50	Вулканизация на воздухе

Работоспособность герметика в шве зависит от отношения глубины заполнения шва D к его ширине W , которое называется *коэффициентом формы*: $K = D/W$ (рис. 5.20).

Если $K \leq 1$, обеспечиваются наилучшие условия реализации эластомерных характеристик герметика. И, наоборот, чем больше K , тем меньшую величину зазора в шве может обеспечить герметик.

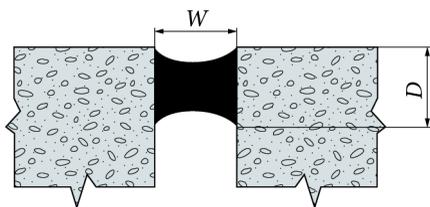


Рис. 5.20. Схема к расчету коэффициента формы K

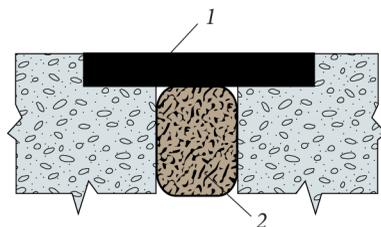


Рис. 5.21. Конструкция T-образного деформационного шва:
1 — герметик; 2 — заполнитель шва

Улучшение условий работы герметиков при уплотнении деформационных швов может быть достигнуто обеспечением наиболее целесообразного значения коэффициента формы шва или выполнением так называемых *T-образных швов* (рис. 5.21). При выполнении T-образного шва должно быть обеспечено условие, при котором длина деформирующегося элемента, выполненного из герметика, должна быть на много больше, чем изолируемый зазор шва.

Для увеличения эффективности работы герметика в конструкции T-образного деформационного шва может быть применен дополнительный элемент — антиадгезионная прокладка. Ее назначение — обеспечить отсутствие адгезионного сцепления герметика с третьей стороной шва (бетонной подложкой) и/или материалом заполнителя шва (рис. 5.22). В качестве антиадгезионной прокладки применяют гладкую одностороннюю клеящуюся ленту или полиэтиленовую пленку.

Кроме того, для предотвращения адгезионного сцепления герметика с третьей стороной может использоваться шнур из вспененного полиэтилена типа *ВИЛАТЕРМ* (рис. 5.23). При применении горячих мастик применяется термостойкий шнур.

Конструкция деформационного шва с применением шнура *ВИЛАТЕРМ* представлена на рис. 5.24.

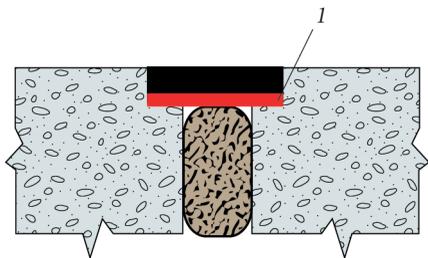


Рис. 5.22. Применение антиадгезионной прокладки (1) для герметизации швов



Рис. 5.23. Шнур из вспененного полиэтилена *ВИЛАТЕРМ*

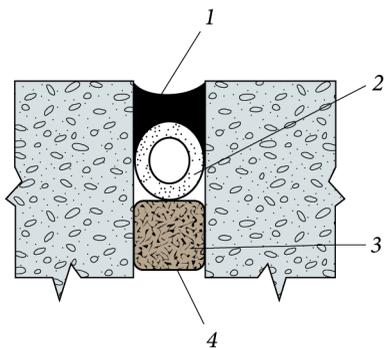


Рис. 5.24. Конструкция деформационного шва с применением шнура *ВИЛАТЕРМ*: 1 — герметик; 2 — пенополиэтиленовый шнур *ВИЛАТЕРМ*; 3 — наполнитель шва (например экструзионный пенополистирол); 4 — зазор деформационного шва

Герметики можно наносить на бетон только после его выдержки в течение необходимого времени, которое устанавливается производителем материала (обычно не менее 28 сут). Пренебрежение данной операцией может привести к созданию дополнительных внутренних напряжений в герметике из-за усадки бетона и к отсутствию требуемой адгезии герметика к бетону, что может впоследствии снизить эффективность его работы в шве.

При производстве работ по герметизации швов необходимо контролировать влажность бетона. Повышенная влажность может негативно сказаться на адгезионных свойствах герметика или привести к его полному отслоению от поверхности бетона.

Технологический процесс устройства деформационного шва с герметиком на основе полиуретана включает следующие операции:

- выдержку уложенного бетона в течение необходимого периода времени;
- очистку бетонной поверхности, на которую будет уложен герметик, от грязи и цементного молочка;
- нанесение малярного скотча на кромки шва для защиты поверхности от нежелательного попадания герметика;
- при необходимости формирование антиадгезионной прокладки;
- заполнение герметиком деформационного шва (рис. 5.25);
- придание герметику необходимой формы в шве и удаление малярного скотча.

В течение периода полимеризации герметика необходимо защитить его от воздействия влаги и других возможных нежелательных факторов.



Рис. 5.25. Заполнение полиуретановым герметиком деформационного шва

Герметизация деформационных швов с применением гидроизоляционных лент

Как уже говорилось, наилучшие условия эксплуатации уплотнительных материалов достигаются при коэффициенте формы $K \leq 1$. Обеспечить такие условия герметизации деформационных швов можно двумя способами: Т-образной конструкцией шва (см. рис. 5.21, 5.22) или уменьшением толщины герметика (D).

В качестве тонкослойных герметиков обычно применяют гидроизоляционные ленты на основе ПВХ, которые крепятся к основанию клеевым составом (эпоксидным, полиуретановым, полимерцементным) (рис. 5.26), либо безосновные битумно-полимерные материалы, которые наплавливаются на подготовленное основание (рис. 5.27).

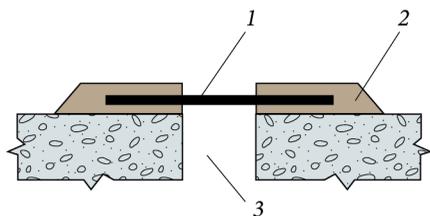
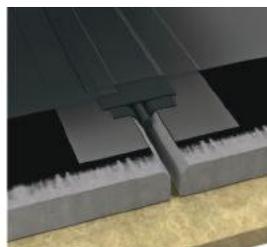


Рис. 5.26. Схема герметизации деформационного шва гидроизоляционной лентой: 1 — гидроизоляционная лента; 2 — клеевой состав; 3 — зазор деформационного шва



а



б

Рис. 5.27. Герметизация деформационного шва битумно-полимерным рулонным материалом *Техноэласт ФЛЕКС*: а — в деформационном шве с компенсаторной петлей; б — в системе деформационного шва совместно с гидроизоляционным покрытием из битумно-полимерного рулонного материала

Безосновные битумно-полимерные материалы получают путем нанесения на полимерную пленку битумно-полимерного вяжущего. Используемая в производстве СБС-модифицированная смесь не содержит

наполнителя, поэтому обладает высокой эластичностью (более 1000 %) и низкой вязкостью расплава. Безосновный битумно-полимерный материал стыкуется с гидроизоляционным покрытием, выполненным также из битумно-полимерных рулонных материалов, что обеспечивает его замкнутость и герметичность по всему периметру защищаемого контура.

Физико-механические характеристики битумно-полимерного рулонного материала *Техноэласт ФЛЕКС* представлены в табл. 5.11.

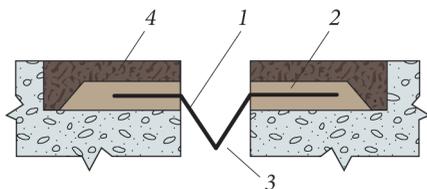
Таблица 5.11

Физико-механические характеристики битумно-полимерного рулонного материала *Техноэласт ФЛЕКС*

Показатель	Значение показателя
Масса 1 м ² , (±0,25), кг	4,5
Толщина, мм	4,5
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее, вдоль/поперек	1000/1000
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1
Температура хрупкости вяжущего, °С, не более	-35
Температура размягчения, °С, не менее	+110
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,2 МПа в течение 2 ч, не менее	Абсолютная
Длина×ширина, м	6×0,5
Тип защитного покрытия: верх/низ	Песок/пленка

При значительных деформациях конструкции гидроизоляционная лента монтируется с компенсатором, что существенно повышает надежность уплотнения деформационного шва. Гидроизоляционная лента может быть уложена в подготовленную штрабу, что позволит сохранить начальный профиль конструкции (рис. 5.28).

Рис. 5.28. Схема герметизации деформационного шва гидроизоляционной лентой с компенсатором в подготовленную штрабу: 1 — гидроизоляционная лента с компенсатором; 2 — клеевой состав; 3 — зазор деформационного шва; 4 — ремонтный состав



В процессе установки гидроизоляционная лента может быть состыкована с наружным гидроизоляционным покрытием либо располагаться под контуром гидроизоляции. Гидроизоляционные ленты удобно применять в местах сопряжения различных элементов (например при переходе с горизонтальной на вертикальную поверхность).

5.3. Устройство гидроизоляционных покрытий _____

5.3.1. Общие требования к поверхности и правила подготовки поверхности основания для устройства гидроизоляционного покрытия _____

Подготовка поверхности перед нанесением гидроизоляционных покрытий — одна из самых ответственных, а зачастую и самая сложная и трудоемкая технологическая операция. Так как бетон является самым распространенным строительным материалом, то чаще всего подготовке подлежат поверхности из бетона и железобетона, реже из кирпича и натурального камня (известняка, песчаника и т.д.). Качество подготовки поверхности зависит от применяемого гидроизоляционного материала и должно удовлетворять определенным требованиям, которые указываются производителем конкретного материала. Можно выделить основные требования к качеству подготовки бетонных и железобетонных поверхностей:

- отсутствие рыхлых легко отслаивающихся элементов;
- отсутствие трещин, сколов и раковин, участков непрочивибрированного бетона (рис. 5.29);
- необходимую ровность поверхности;
- прочность бетона на отрыв не менее 1,5 МПа;
- удаление всех загрязнений и материалов, препятствующих адгезии (грязи, пыли, цементного молочка, опалубочной смазки и т.д.);
- удаление бетона, загрязненного хлоридами;
- допустимую влажность бетона основания.

При невыполнении требований по подготовке поверхности качество гидроизоляционного покрытия и всей гидроизоляционной системы будет низким. Способы подготовки бетонной поверхности назначают в зависимости от степени разрушения конструкции, вида и объема по-

вреждений, а также вида материала, предназначенного для выполнения работ по устранению дефектов, и материала для устройства гидроизоляционного покрытия.



Рис. 5.29. Дефекты поверхности бетона: *а* — трещины в бетоне; *б* — сколы на поверхности бетона; *в* — участки непровибрированного бетона

Различают 4 способа подготовки бетонных поверхностей:

- 1) *механический*: с использованием перфораторов, отбойных молотков, пневмоотбойников, кирок, песко- и дробеструйных установок, шлифовальных машин и фрез и т.п.;
- 2) *гидравлический*: с применением водоструйных установок, развивающих давление от 180 до 1200 атм.;
- 3) *термический*: с использованием пропановых или ацетиленово-кислородных горелок;
- 4) *химический*: с применением соляной или фосфорной кислот.

В некоторых случаях, в зависимости от условий производства подготовительных работ, качества требуемой поверхности и необходимых темпов выполнения, следует использовать комбинированные способы подготовки бетонных поверхностей с последовательной обработкой поверхности двумя из перечисленных выше способов.

Механический способ (рис. 5.30, *а*) обработки бетонных и железобетонных конструкций можно применять во всех случаях независимо от степени разрушения и применяемых для ремонта материалов, за исключением случаев, когда недопустимы запыленность или загрязнение окружающей среды. К отбойным молоткам относятся пневматические или с приводом от двигателей внутреннего сгорания молотки с энергией единичного удара не менее 20 Дж. К пневмозубилам, игольчатым или проволочным пистолетам относятся пневматические инструменты с

энергией единичного удара не более 5 Дж и частотой более 3000 ударов в минуту. При некоторых видах механической обработки (шлифование, пескоструйная обработка) существует вероятность забивки открытых пор бетона пылью, что может сказаться на дальнейшей адгезии ремонтного состава или гидроизоляционной мембраны. Для устранения этого эффекта рекомендуется обработанную поверхность бетона промыть водой либо тщательно обеспылить промышленным пылесосом.

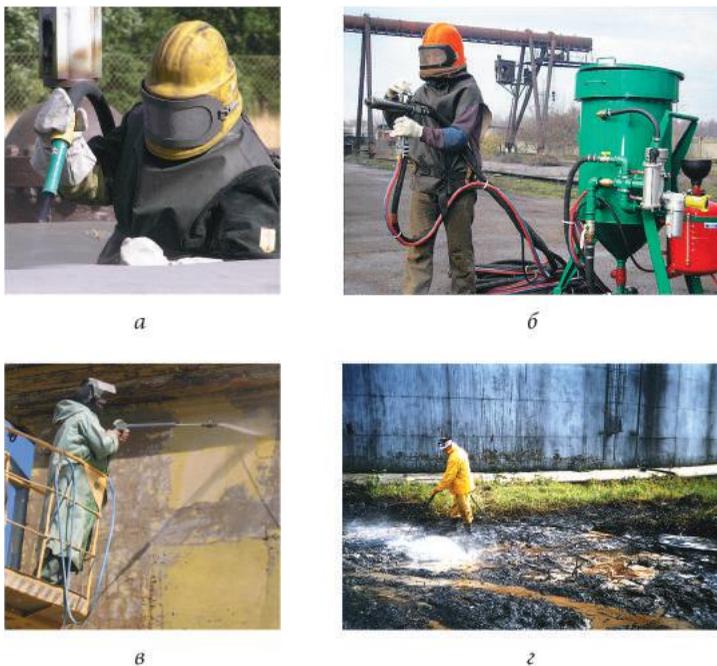


Рис. 5.30. Способы подготовки бетонной поверхности: *а* — механический; *б* — термический; *в* — гидравлический; *г* — химический

Термический способ (рис. 5.30, б) используется при небольшой глубине повреждения бетонной поверхности (3—5 мм), загрязненной смолами, маслами, остатками резины и другими органическими соединениями. За термической обработкой покрытия всегда должна следовать механическая или гидравлическая обработка.

Гидравлический способ (рис. 5.30, в) можно применять во всех случаях и при любой степени разрушения бетона, за исключением случаев,

когда на месте производства работ не допускается изменение влажности окружающей среды. Очистку с использованием водоструйной установки, развивающей давление от 600 атм. и выше, или водопескоструйной установки применяют, если необходимо удаление ослабленного бетона и продуктов коррозии арматуры. Водоструйную установку, развивающую давление 180—600 атм., используют в случае, если нужно очистить поверхность бетона только от краски и грязи.

Химический способ (рис. 5.30, з) используется только в тех местах, где механическая обработка невозможна по санитарно-гигиеническим требованиям или в стесненных условиях. После применения химического способа обработки необходима обильная промывка бетонных поверхностей водой. Сильно загрязненные нефтепродуктами, жирами и другими органическими соединениями бетонные поверхности, обладающие достаточной прочностью, подлежат очистке и обезжириванию растворами поверхностно-активных веществ.

При выборе способа подготовки бетонной поверхности следует учитывать влияние его на изменение прочности бетона на отрыв (табл. 5.12).

При производстве работ с некоторыми материалами (например мастиками) одним из самых важных этапов является контроль влажности основания. Допустимая влажность основания указывается в технических описаниях на конкретный материал. Определение значений влажности бетона чаще всего производят с помощью влагомеров.

Таблица 5.12

**Влияние способа подготовки бетонной поверхности
на прочность бетона**

Способы подготовки бетонной поверхности	Изменение прочности бетона на отрыв, %	
	Снижение (-)	Увеличение (+)
Механические:		
вибрационные фрезы	-20	—
фрезы ударного типа действия (пальчиковые)	-30	—
отбойные молотки	-25	—
перфораторы	—	—
пневмозубила, игольчатый или проволочный пистолет	—	+50

Таблица 5.12 (окончание)

Способы подготовки бетонной поверхности	Изменение прочности бетона на отрыв, %	
	Снижение (-)	Увеличение (+)
шлифовальная машина	—	+30
песко- или дробеструйная обработка	-30	—
Гидравлические:		
водоструйная обработка	—	+10
обработка паром	—	—
Термический	-60	—
Химический	—	—
Комбинированные:		
водопескоструйная обработка	—	+30
термическая обработка с пескоструйной	—	+20
термическая обработка с фрезерованием	-20	—

5.3.2. Материалы, применяемые для устройства гидроизоляционных покрытий подземных частей зданий и сооружений

Классификация

По *технологии работ* гидроизоляционные покрытия можно разделить на оклеечные, обмазочные, штукатурные, механически закрепленные и монтируемые (рис. 5.31).

Оклеечная гидроизоляция представляет собой сплошной водонепроницаемый ковер из рулонных гидроизоляционных материалов, укладка которых осуществляется приклеиванием к огрунтованной изолируемой конструкции.

Обмазочная гидроизоляция создается путем нанесения на изолируемую поверхность нескольких слоев мастичных, лакокрасочных (битумных, битумно-полимерных, полимерных и т.п.) и цементных составов толщиной 2—4 мм.

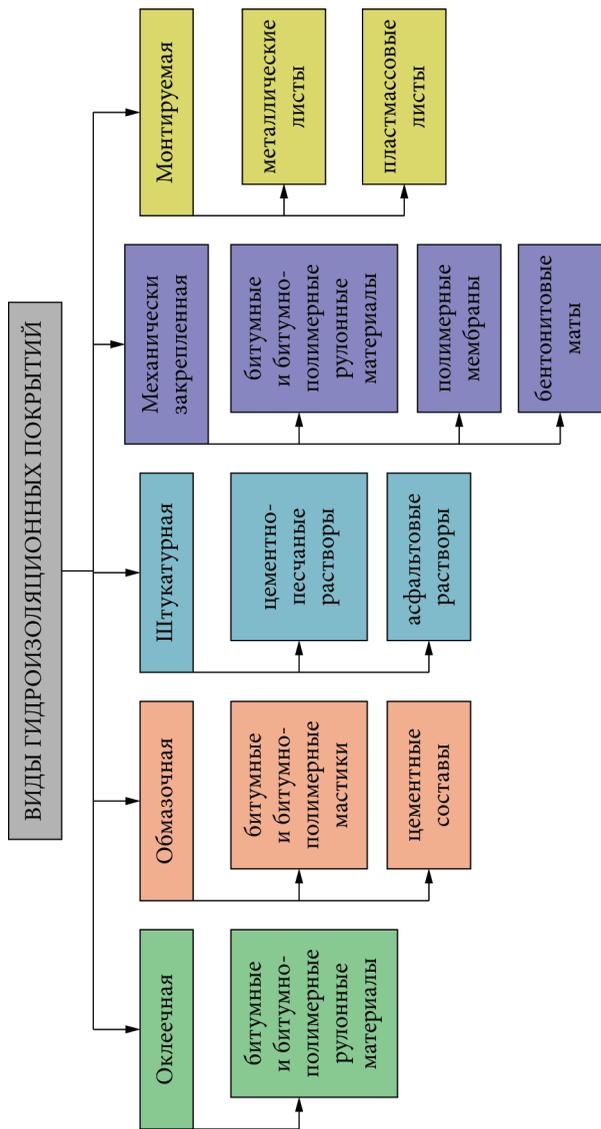


Рис. 5.31. Классификация основных видов гидроизоляционных покрытий

Штукатурные покрытия представляют собой многослойные покрытия из составов, содержащих наполнители и заполнители (например цементно-песчаные, асфальтовые растворы) толщиной 10—20 мм.

Механически закрепленная гидроизоляция предполагает укладку рулонных материалов (битумных или битумно-полимерных полотен, полимерных мембран, бентонитовых матов) с механической фиксацией к основанию с помощью специальных крепежных элементов.

Монтируемая гидроизоляция выполняется из отдельных конструктивных элементов (например металлических и пластмассовых листов), специально подготовленных для данной конструкции. Эти элементы крепят к основной конструкции монтажными креплениями или путем приклеивания.

По виду основного гидроизоляционного материала различают:

- на основе битумов: битумные и битумно-полимерные рулонные и мастичные материалы; асфальтовые штукатурные растворы и мастики;
- на полимерной основе: мембранные, листовые, обмазочные материалы;
- на цементной основе: обмазочные и проникающие (пенетрирующие) составы; штукатурные растворы;
- рулонные материалы на основе бентонитовых глин;
- металлические материалы: стальные листы для монтируемой гидроизоляции.

Применение различных типов гидроизоляции зависит от гидростатического напора и определяется по табл. 5.13. Гидроизоляцию подземных и заглубленных сооружений необходимо предусматривать выше уровня отметки земли на высоту 0,3—0,5 м.

Таблица 5.13

Применение различных типов гидроизоляции в зависимости от гидростатического напора

Гидроизоляция	Обмазочная		Штукатурная		Оклеечная	Монтируемая	
	битумная	полимерная	асфальтовая	цементная		листовая полимерная	металлическая
Гидростатический напор, м	2	5	20	30	50	30	Не ограничен

5.3.2.1. Рулонные материалы на основе битумных вяжущих веществ

Битумно-полимерные рулонные материалы получили наибольшее распространение для создания гидроизоляционных покрытий подземных частей зданий и сооружений. Это связано с относительной простотой монтажа и стабильностью технических параметров, заложенных при их изготовлении на заводе.

Самым распространенным типом оклеечных материалов, применяемых для устройства гидроизоляционного покрытия, являются наплавленные СБС-модифицированные битумно-полимерные материалы на полиэфирной основе (см. главу 1, раздел 1.1.1).

Рулонная гидроизоляция может быть одно- и многослойной. Общая толщина гидроизоляционного покрытия зависит как от типа применяемого материала, так и от глубины заложения фундамента и уровня подземных вод (при отсутствии данных по гидрологии считается, что уровень подземных вод находится на отметке уровня земли).

Согласно СП 32-105—2004 [17] нормативным значением водонепроницаемости битумно-полимерных рулонных материалов считается водопроницаемость при гидростатическом давлении не менее 0,2 МПа (20 м вод. ст.) в течение 2 ч.

При проектировании гидроизоляции из битумно-полимерных рулонных материалов необходимо учитывать, что чем толще покрытие, тем оно надежнее, однако с увеличением слоев покрытие теряет свою эластичность. Технология укладки однослойной гидроизоляции (толщиной 3—5 мм) является более простой по сравнению с нанесением нескольких слоев; скорость укладки такого покрытия существенно выше, чем скорость многослойного. Вместе с тем следует отметить, что качество герметизации швов при многослойной укладке рулонной изоляции выше, так как каждый последующий слой покрытия накрывает предыдущий со сдвигом, тем самым герметизируя швы предыдущего слоя, что повышает надежность гидроизоляции.

Рекомендуемое количество слоев для гидроизоляционного покрытия, выполненного из битумно-полимерных рулонных материалов в зависимости от глубины заложения, приведено в табл. 5.14.

Таблица 5.14

Количество слоев гидроизоляционного покрытия в зависимости от глубины заложения

Глубина заложения, м	Количество слоев			
	Повышенная скорость монтажа		Повышенная надежность	
	Низкий УПВ	Высокий УПВ	Низкий УПВ	Высокий УПВ
0...5	1	1	1	2
5...10	1	1	1	2
10...20	1	1	2	2
20 и более	2	2	2	2

Физико-механические характеристики рулонных битумно-полимерных гидроизоляционных материалов

• *Техноэласт ЭПП* (описание см. часть 1, раздел 1.1.1) рекомендуется применять для создания многослойной гидроизоляции.

• *Техноэласт Мост Б* (рис. 5.32, а) — СБС-модифицированный битумно-полимерный наплавляемый материал, обладающий повышенной прочностью и износостойкостью. Применяется при гидроизоляции железобетонной плиты проезжей части, а также при устройстве однослойного гидроизоляционного покрытия зданий и сооружений.

• *Техноэласт Альфа* (рис. 5.32, б) — рулонный материал, состоящий из полиэфирной основы, совмещенной со специальным газоизоляционным алюминиевым экраном, с обеих сторон которого нанесено битумно-полимерное вяжущее. Благодаря металлическому экрану внутри материала *Техноэласт АЛЬФА* обладает высокой степенью защиты от распространенных опасных инертных газов, таких как радон и метан. Применяется в качестве последнего слоя многослойного гидроизоляционного покрытия при необходимости защиты подземных помещений от агрессивного воздействия газов.

• *Техноэласт Грин* (описание см. часть 1, раздел 1.1.1) применяется в качестве последнего слоя многослойного гидроизоляционного покрытия при необходимости защиты от нежелательного действия корневой системы растений (рис. 5.32, в).

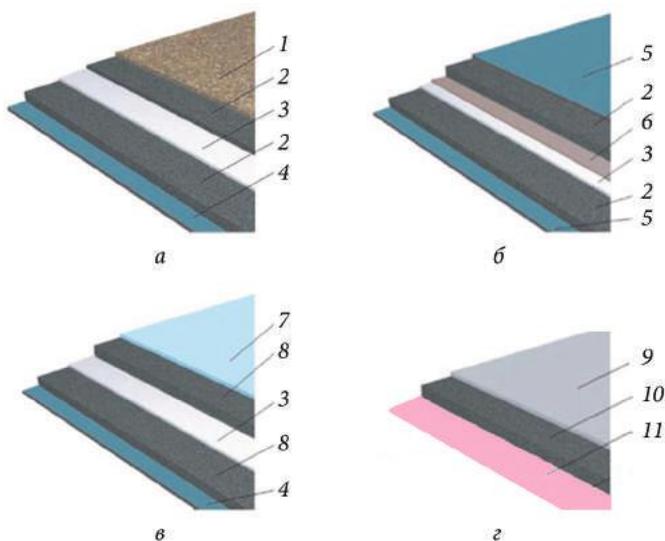


Рис. 5.32. Специальные рулонные битумно-полимерные гидроизоляционные материалы: а — Техноэласт МОСТ Б; б — Техноэласт АЛЬФА; в — Техноэласт ГРИН; г — Техноэласт БАРЬЕР БО; 1 — песок; 2 — битумно-полимерное вяжущее; 3 — полиэфирная основа; 4 — легкоплавкая полимерная пленка; 5 — полимерная пленка; 6 — защитный экран (алюминиевая фольга); 7 — защитная толстая полимерная пленка; 8 — битумно-полимерное вяжущее с антикорневыми добавками; 9 — защитное полимерное покрытие; 10 — битумно-полимерное самоклеящееся вяжущее; 11 — силиконизированная антиадгезионная пленка

- *Техноэласт Барьер БО* (рис. 5.32, г) — самоклеящийся безосновный рулонный материал, получаемый путем нанесения на силиконизированную антиадгезионную пленку битумно-полимерного самоклеящегося вяжущего, состоящего из битума, полимерного модификатора СИС (стирол-изопрен-стирол) и специальных адгезионных добавок; сверху материала наносится защитное покрытие. *Техноэласт Барьер БО* применяется в коттеджном малоэтажном строительстве в качестве однослойной гидроизоляции при неглубоком заложении фундамента (до 3 м) и невысоком уровне грунтовых вод (ниже уровня фундамента).

- *Техноэласт ТЕРРА* — СБС-модифицированный битумно-полимерный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на полиэфирную основу (плотностью 250 г/м²) битумно-полимерного вяжущего. Это позволяет укладывать материал как методом полного наплавления

Физико-механические характеристики материалов Техноэласт ЭПП, Техноэласт Мост Б, Техноэласт Альфа, Техноэласт Грин, Техноэласт Барьер БО, Техноэласт ТЕРРА

Показатель	Значение показателя					
	Марки материалов					
	Техно-эласт ЭПП	Техно-эласт Мост Б	Техно-эласт Альфа	Техно-эласт Грин	Техно-эласт Барьер БО	Техно-эласт ТЕРРА
Толщина, мм	4,0	5,0	4,0	3,8	1,5	4,0
Масса 1 м ² , кг	4,95	6,0	4,95	5,0	1,6	5,0
Разрывная сила в продольном/поперечном направлениях, Н, не менее	600/400	600/600	600/400	600/400	Условная прочность 1,0 МПа	1000/900
Масса вяжущего с наплавляемой стороны, кг/м ² , не менее	2,0	2,0	2,0	2,0	—	2,0
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	1	1	1	1	1
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	-35	-35	-30	-35	-35	-35
Температура гибкости на брус R = 25 мм, °С, не выше	-25	-25	-20	-25	-25	-25
Температура гибкости на брус R = 10 мм, °С, не выше	-25	-25	-20	-25	-25	-25
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,2 МПа в течение, ч	2	2	2	2	2	2
Теплостойкость, °С, не менее	100	100	100	100	85	100
Тип защитного покрытия (верхняя сторона)	Пленка	Песок	Пленка	Толстая пленка	Пленка	Песок
Тип защитного покрытия (наплавляемая сторона)	Пленка	Пленка	Пленка	Пленка	Адгезионная пленка	Пленка
Длина×ширина, м	10×1	8×1	10×1	10×1	20×1	10×1

ния, так и методом механической фиксации. В качестве верхнего защитного слоя используют мелкозернистую посыпку, предохраняющую материал от избыточного нагрева и воздействия УФ-излучения на время производства работ. Снизу материал защищен легкоплавкой полимерной пленкой. *Техноэласт ТЕРРА* предназначен для устройства однослойного гидроизоляционного покрытия в фундаментах; подземных конструкциях зданий и сооружений; тоннелей, строящихся открытым способом; стилобатов; парковок и т.д.

Физико-механические характеристики материалов приведены в табл. 5.15.

Правила монтажа рулонных битумно-полимерных материалов

- *Подготовка поверхности основания*

Поверхность основания для устройства гидроизоляции должна быть очищена от цементного молочка, ржавчины, пыли, грязи и других веществ нежирового происхождения гидравлическим, механическим либо комбинированным способами. Жировые загрязнения незначительной глубины на поверхности основания обрабатывают поверхностно-активными веществами (ПАВ) и промывают. При большей глубине замащенное место удаляют и заменяют новой бетонной смесью или заделывают ремонтным составом на полимерцементной основе.

Бетонная поверхность не должна иметь раковин, наплывов, сколов и т.п. Имеющиеся на основании каверны, раковины должны быть заделаны полимерцементными ремонтными составами. Перед укладкой гидроизоляционного покрытия необходимо устранить все острые выступы, углы, грани, выступающую арматуру и т.д., чтобы избежать излома материала или статического продавливания покрытия (например при засыпке котлована грунтом или в процессе эксплуатации сооружения).

Закладные изделия должны быть жестко закреплены в бетоне; фартуки закладных изделий устанавливают заподлицо с защищаемой поверхностью.

В местах примыкания горизонтальной и вертикальной поверхностей необходимо устраивать переходные галтели, которые изготавливаются из цементно-песчаного раствора марки не ниже М150 или полимерце-

ментного состава с быстрым набором прочности. Размер галтели 100×100 мм. Также можно использовать битумно-полимерные шнуры треугольного сечения размером не менее 40×40 мм. Не допускается изготовление галтелей из минеральной ваты.

Таблица 5.16

Требования к поверхности основания для устройства гидроизоляционных покрытий

Показатель	Рулонные битумно-полимерные материалы, уложенные методом наплавления	Рулонные битумно-полимерные и полимерные материалы, уложенные методом свободной укладки	Мастики
Прочность бетона на отрыв, МПа, не менее	1,5		
Влажность основания, %, не более	4	8	4; 8 (для мастик на водной основе)
Шероховатость: класс шероховатости суммарная площадь отдельных раковин и углублений на 1 м ² , %, при глубине раковин до 3 мм поверхностная пористость, %	3-III До 0,2 До 10	2-III До 0,2 До 20	2-III До 0,2 До 20
Ровность основания	Отклонение поверхности основания вдоль уклона и на горизонтальной поверхности ±5 мм, поперек уклона и на вертикальной поверхности — ±10 мм. Число неровностей (плавного очертания протяженностью не более 150 мм) на площади поверхности 4 м ² не более 2		

Примечания:

1. Требования к влажности и шероховатости основания согласно СНиП 3.04.03 [14].
2. Требования к ровности основания согласно СНиП 3.04.01 [13].
3. Влажность основания измеряется влагомером.

Требования к поверхности основания для устройства гидроизоляционных покрытий, выполненных из рулонных и мастичных материалов, а также контролируемые параметры приведены в табл. 5.16.

Для обеспечения необходимого сцепления наплавляемых (приклеиваемых) рулонных битумно-полимерных материалов и мастик с основанием все поверхности из цементно-песчаного раствора и бетона должны быть обработаны грунтовочными холодными составами (праймерами). Расход праймера составляет примерно 0,25—0,35 л/м² в зависимости от впитывающей способности основания. В качестве грунтовок, наносимой на сухие поверхности, могут применяться:

- *праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01* при влажности основания не более 4 % по массе (описание см. главу 1, раздел 1.1.5);
- *праймер битумный эмульсионный ТЕХНОНИКОЛЬ № 04* при влажности основания до 8 % по массе (использование возможно при температурах не ниже +5 °С).

Физико-механические характеристики праймера *ТЕХНОНИКОЛЬ № 04* приведены в табл. 5.17.

Таблица 5.17

Физико-механические характеристики праймера *ТЕХНОНИКОЛЬ № 04*

Показатель	Значение показателя
Основа	Битумно-эмульсионная
Массовая доля нелетучих веществ, %, в пределах	25—40
Время высыхания при 20 °С, ч, не более	1
Температура размягчения, °С, не ниже	+75
Условная вязкость, с,	5—30
Температура применения, °С	+5—+30

Праймер наносится на подготовленное основание в один слой с помощью кистей, щеток или валиков (рис. 5.33).

Гидроизоляционные материалы наплавляются (приклеиваются) после полного высыхания огрунтованной поверхности. Перед началом работ по укладке материала на горизонтальной поверхности необходимо выполнить устройство слоев усиления в районе деформационных швов, в зоне прохождения различного вида коммуникаций, в местах прямиков и т.д.



Рис. 5.33. Нанесение праймера на бетонное основание

- *Укладка рулонных битумно-полимерных материалов*

Укладка рулонных битумно-полимерных материалов в зависимости от вида материала и типа изоляционной системы может быть произведена следующими способами:

- приклеиванием материала на подготовленное основание;
- свободной укладкой материала (только для горизонтальных поверхностей);
- свободной укладкой материала с механической фиксацией к основанию с помощью специальных крепежных изделий.

Для *приклеивания к основанию* могут использоваться наплавляемые и самоклеящиеся битумно-полимерные материалы.

Слои гидроизоляционного покрытия из битумно-полимерных наплавляемых материалов укладываются огневым способом с использованием открытого пламени. Для укладки требуется ручная газовая горелка, подсоединенная при помощи кислородного шланга к газовому баллону через специальное переходное устройство — газовый редуктор. Работы по укладке наплавляемых материалов должны выполняться с соблюдением норм требований безопасности и охраны труда (рис. 5.34).

В процессе производства гидроизоляционных работ необходимо обеспечить нахлест смежных полотнищ рулонных материалов (боковой нахлест) на величину:

- 100 мм — при двухслойной укладке;
- 120 мм — при однослойной укладке.

Торцевой нахлест рулонов должен составлять 150 мм.

Для увеличения надежности и герметичности торцевого нахлеста осуществляется подрезка угла полотнища материала, уложенного внахлест снизу (рис. 5.35).



Рис. 5.34. Укладка наплавляемых битумно-полимерных рулонных материалов

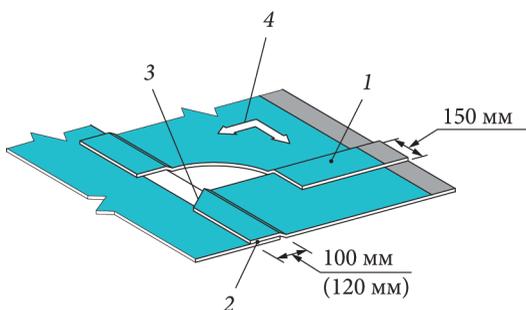


Рис. 5.35. Нахлесты полотнищ рулонных материалов при укладке методом приклеивания: 1 — торцевой нахлест; 2 — боковой нахлест; 3 — подрезка угла полотнища; 4 — направление уклона

После укладки нижнего слоя покрытия на горизонтальной поверхности производится укладка верхнего слоя. Раскатка рулонов верхнего слоя покрытия осуществляется в том же направлении, которое было выбрано для нижнего слоя. При этом не допускается перекрестное наклеивание полотнищ рулонов верхнего и нижнего слоев.

Расстояние между боковыми стыками полотнищ гидроизоляционных материалов в смежных слоях должно составлять не менее 300 мм. Торцевые нахлесты соседних полотнищ должны быть смещены относительно друг друга не менее чем на 500 мм (рис. 5.36).

При устройстве однослойного покрытия разбежку торцевых швов можно не выполнять, если укладывать полотна методом *сборной полосы* (рис. 5.37), что позволяет соблюдать правило формирования Т-образного шва. При этом торцевые швы в сборной полосе не должны совпадать с продольными швами полотен основного направления укладки.

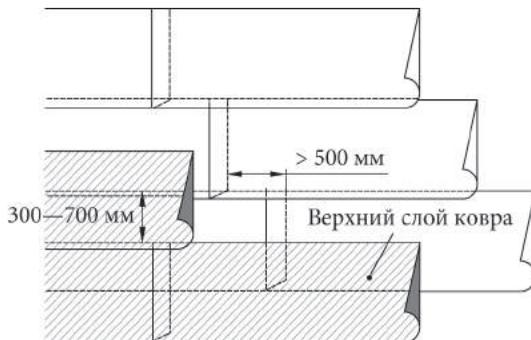


Рис. 5.36. Смещение полотнищ гидроизоляционных материалов в смежных слоях



Рис. 5.37. Устройство однослойного гидроизоляционного покрытия методом *сборной полосы*



Рис. 5.38. Вытекание битумной массы из-под боковой кромки материала

Одним из признаков герметичности шва является вытекание битумной массы из-под боковой кромки материала сплошным валиком примерно на 5—25 мм (рис. 5.38).

Наплавленные рулоны не должны иметь складок, морщин и волн. Для недопущения указанных дефектов полотнища прикатывают мягкими щетками или валиками, при этом движения осуществляются от оси ру-

лона по диагонали к его краям, пока подложка находится в размягченном состоянии (рис. 5.39).

Особенно тщательно прикатывают нахлесты (рис. 5.40).



Рис. 5.39. Прикатка рулона валиками



Рис. 5.40. Прикатка нахлестов рулонных материалов

При свободной укладке рулонных материалов на горизонтальной поверхности полотнища свариваются между собой только в зоне нахлеста. В этом случае боковой нахлест материалов составляет не менее 120 мм, торцевой — 150 мм (см. рис. 5.35).

Для предотвращения сдвига гидроизоляционные полотна располагаются таким образом, чтобы нагрузки, действующие на материал при устройстве защитной бетонной стяжки, были направлены перпендикулярно к поверхности полотна и равномерно распределены.

Перед началом работ по укладке материалов на вертикальной поверхности выполняется устройство слоев усиления в местах переходов с горизонтальной на вертикальную поверхность, в районе деформационных швов, внутренних и внешних углов, вводов коммуникаций и т.п.

Правила укладки наплавливаемых материалов на вертикальную поверхность те же, что и при укладке наплавливаемых материалов на горизонтальной поверхности. Основное отличие заключается в технике наплавления рулонных материалов.

Раскатка рулонов при устройстве вертикального гидроизоляционного полотна осуществляется в одном направлении, снизу вверх (рис. 5.41).



Рис. 5.41. Гидроизоляция вертикальной поверхности

При устройстве однослойного гидроизоляционного покрытия на вертикальных поверхностях можно не выполнять разбежку торцевых швов на 500 мм, а укладывать полотна торцевыми швами в одну линию. В этом случае полотна последующего слоя необходимо укладывать со сдвигом на 500 мм, соблюдая правило формирования Т-образного шва (рис. 5.42).

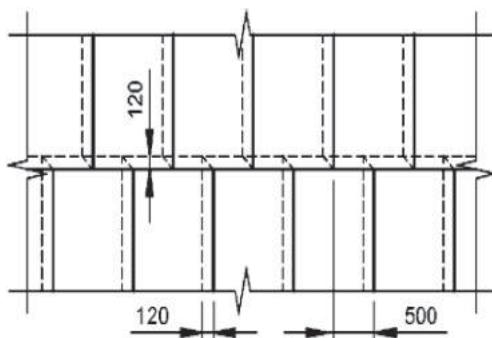


Рис. 5.42. Устройство разбежки торцевых швов

При свободной укладке однослойного гидроизоляционного покрытия на вертикальных и наклонных поверхностях полотна можно крепить к основанию механически двумя способами:

- с помощью тарельчатых держателей диаметром 50 мм с крепежными элементами;
- металлическими полосами толщиной 3—4 мм, шириной 40 мм, длиной 600 мм с крепежными элементами.

После механического крепления полотна свариваются между собой только в зоне нахлеста (боковой нахлест — не менее 120 мм, торцевой — 150 мм). В качестве крепежей применяют элементы, не подверженные коррозионному износу: саморезы с полиамидной гильзой, дюбель-гвозди или дюбель-шурупы.

При свободной укладке материалов на вертикальных и наклонных поверхностях слои усиления могут полностью наплаиваться по оштукатуренному основанию либо механически крепиться к основанию с помощью металлических полос или тарельчатых держателей. Крепежи в слой усиления устанавливаются на расстоянии 50 мм от края усиливаемого узла.

Шаг крепления рулона по высоте составляет не более 3 м при устройстве однослойного покрытия и не более 2 м при устройстве многослойного покрытия, с обязательным креплением края рулона. Крепежный элемент после фиксации перекрывается нахлестом рулона следующего слоя шириной минимум 150 мм или бандажом («заплаткой») (при однослойном покрытии) шириной 250 мм. Бандаж изготавливается из отрезка рулона материала, из которого выполняется гидроизоляционное покрытие (рис. 5.43).

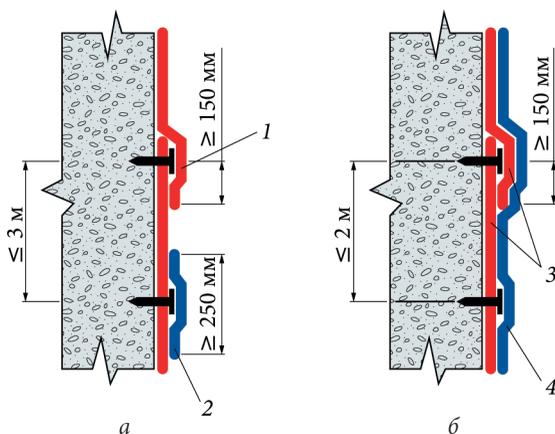


Рис. 5.43. Механическое крепление гидроизоляционного покрытия при укладке на вертикальной поверхности: *a* — однослойного; *б* — многослойного; 1 — рулонный материал; 2 — бандаж; 3 — рулонный материал 1-й слой; 4 — рулонный материал 2-й слой

Укладка горизонтального полотна производится следующим образом. Гидроизоляционное полотно заводится на отметку выше уровня отметки земли на высоту 0,3—0,5 м. Верхний край рулона закрепляется к цокольной конструкции сооружения профилированной металлической краевой рейкой механически, независимо от способа укладки материала (наплавлением, механически или по самоклеящейся технологии). Полотно защищается утеплителем (XPS плитами) или внешним защитным отделочным покрытием для предотвращения механического повреждения рулонного материала при обратной засыпке котлована и для защиты от УФ-излучения, если промежуток времени между устройством покрытия и засыпкой котлована превышает 7 сут.

Соединение горизонтального и вертикального полотен выполняют с обязательным усилением шва дополнительной полосой гидроизоляционного материала шириной не менее 300 мм (рис. 5.44).

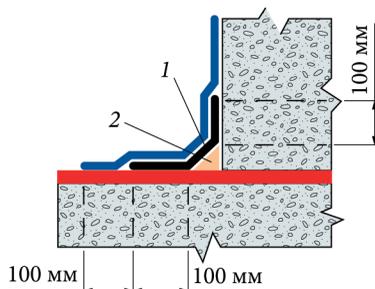


Рис. 5.44. Соединение горизонтального и вертикального гидроизоляционных полотен: 1 — полоса усиления; 2 — переходная галтель

5.3.2.2. Рулонные полимерные материалы (мембраны)

В отличие от гидроизоляционных покрытий, выполненных из битумно-полимерных рулонных материалов, полимерные мембраны не требуют сплошного приклеивания к основанию. Мембраны производятся толщиной от 1,5 до 3,0 мм и укладываются в 1 слой (реже в 2 слоя). Размеры рулона (20×2 м) позволяют сократить количество сварных швов в мембране и существенно увеличить скорость монтажа.

Еще одна особенность полимерных мембран заключается в том, что монтаж осуществляется безогневым способом, а сварка швов происходит при помощи горячего воздуха. При этом прочность сварного шва получается выше, чем прочность самого материала. Помимо этого мембраны имеют следующие преимущества: не требуют тщательного выравнивания основания, обладают практически нулевым водопоглощением, высокой устойчивостью к старению, гниению и прорастанию корней.

В качестве рулонных полимерных покрытий для устройства гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений наибольшее распространение получили неармированные мембраны на основе пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ). В состав ПВХ мембран входят специальные стабилизаторы, которые обеспечивают материалу высо-

кую биостойкость, стойкость к воздействию растворов солей, присутствующих в грунте, слабых растворов неорганических кислот и щелочей.

Физико-механические характеристики полимерных гидроизоляционных мембран

Для гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений применяются полимерные мембраны *LOGICBASE V-SL* и *LOGICBASE V-ST*:

- *LOGICBASE V-SL* — неармированная двухслойная гидроизоляционная мембрана на основе пластифицированного ПВХ с ярко-желтым сигнальным слоем, который позволяет по изменению цвета легко обнаружить поврежденный в процессе монтажа участок мембраны и принять необходимые меры по его ремонту (рис. 5.45, а).

- *LOGICBASE V-ST* — неармированная двухслойная гидроизоляционная мембрана на основе пластифицированного ПВХ, которая имеет специальную текстурную поверхность, обеспечивающую возможность проведения вакуумного теста для контроля целостности гидроизоляции в процессе монтажа и эксплуатации (рис. 5.45, б).

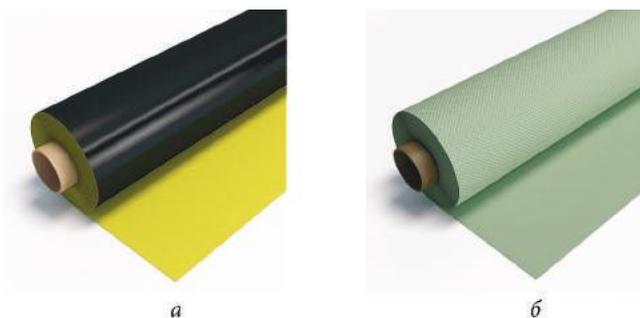


Рис. 5.45. Полимерные мембраны *LOGICBASE V-SL* (а); *LOGICBASE V-ST* (б)

Физико-механические характеристики материалов *LOGICBASE V-SL* и *LOGICBASE V-ST* приведены в табл. 5.18.

В зависимости от глубины заложения фундамента применяются полимерные мембраны различной толщины. Так, при глубине заложения до 10 м достаточная толщина мембраны составляет 1,5 мм, свыше 10 м — не менее 2 мм.

Таблица 5.18

**Физико-механические характеристики материалов LOGICBASE V-SL
и LOGICBASE V-ST**

Показатель	Значение показателя	
	Марки	
	LOGICBASE V-SL	LOGICBASE V-ST
Толщина, мм	1,5—2,0	1,5—2,0
Прочность при разрыве, МПа, не менее вдоль рулона поперек рулона	16	12
	15	11
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350	300
Гибкость на бруске $R = 5$ мм, °С, не выше	-45	-45
Водопоглощение по массе, %, не более	0,1	0,1
Водонепроницаемость при давлении 1,0 МПа в течение 24 ч	Отсутствие следов проникновения воды	
Сопrotивление статическому продавливанию, Н, не менее	20	
Группа горючести	Г4	
Размеры: длина×ширина, м	20×2	

Правила монтажа полимерных мембран

- *Подготовка поверхности основания*

Подготовка бетонной поверхности перед укладкой полимерных гидроизоляционных мембран осуществляется аналогично подготовке поверхности основания перед монтажом рулонных битумно-полимерных материалов (см. часть 5, раздел 5.3.2.1).

Требования к поверхности основания для устройства полимерных мембран приведены в табл. 5.16.

- *Укладка полимерных мембран*

Укладка мембраны производится в 1 слой (реже в 2 слоя). Полотнища укладываются свободно с нахлестом не менее 100 мм. Сварка нахлестов осуществляется при помощи горячего воздуха автоматическим специализированным оборудованием с образованием двойного шва и центрального воздушного канала (проверочного канала), который позво-

ляет контролировать герметичность сварки. Ширина каждого из сварных швов должна составлять не менее 15 мм, а ширина воздушного канала — 15—25 мм (рис. 5.46).

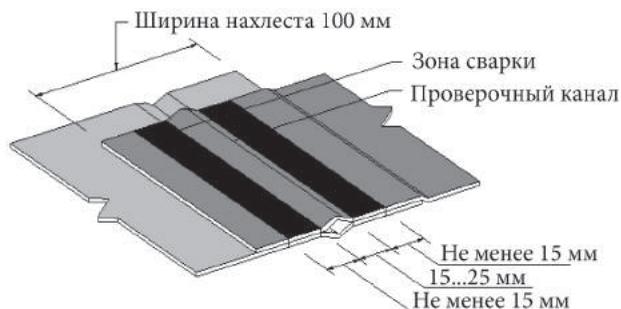


Рис. 5.46. Двойной шов с проверочным каналом

Во время производства работ и в период эксплуатации необходимо обеспечить защиту мембраны от воздействия материалов, содержащих битум, жир, деготь, масла, растворители, а также исключить прямой контакт с полимерными материалами из пенополистирола, полиизоцианата, фенолсодержащих пен. Кроме того необходимо обеспечить защиту мембраны от возможных механических повреждений во время монтажа.

При укладке мембран на *горизонтальные поверхности* такая защита достигается путем применения разделительных слоев снизу и/или сверху материала в зависимости от конструкции изоляционной системы. В качестве разделительного слоя применяется иглопробивной геотекстиль плотностью не менее 300 г/м². Полотнища геотекстиля свободно укладываются на подготовленное основание с нахлестом не менее 150 мм (рис. 5.47) и свариваются между собой горячим воздухом (рис. 5.48).

На *вертикальные поверхности* мембрана крепится путем точечной приварки горячим воздухом к вспомогательным элементам (металлическим элементам с ПВХ покрытием или ПВХ ронделям), механически закрепленным к основанию через разделительный слой (рис. 5.49). Рондель представляет собой крепежный элемент из пластифицированного ПВХ в виде диска, который пристреливается специальным пистолетом к бетонному основанию для последующей приварки к нему ПВХ мем-

браны. Вспомогательные элементы устанавливаются с шагом 1000—1500 мм по горизонтали и 2000—2500 мм по вертикали. Вертикальный ряд вспомогательных элементов рекомендуется располагать как можно ближе к центру рулона.



Рис. 5.47. Укладка геотекстиля



Рис. 5.48. Сварка полотен геотекстиля горячим воздухом



Рис. 5.49. Крепление ПВХ мембраны к ронделям (1)



По уложенной ПВХ мембране устраивается защитный слой из термокрепленного геотекстиля плотностью не менее 500 г/м^2 . Полотнища геотекстиля точно приклеиваются к мембране полиуретановыми клеевыми составами с нахлестом не менее 150 мм и свариваются между собой горячим воздухом.

При укладке ПВХ мембраны на вертикальные поверхности необходимо выполнить ее защиту от механических повреждений в ходе выполнения работ по обратной засыпке грунта в пазухи котлована (рис. 5.50).

Перед сваркой необходимо удалить все загрязнения в области сварного шва. Для сварки полотен горячим воздухом применяются автоматические сварочные аппараты, на которых можно регулировать темпе-

ратуру воздушного потока от 20 до 650 °С, скорость движения аппарата и давление прижима, например *Leister Twinny-T* (рис. 5.51). Сварку мембраны допускается производить при температуре окружающего воздуха не ниже -15 °С и не выше +50 °С.

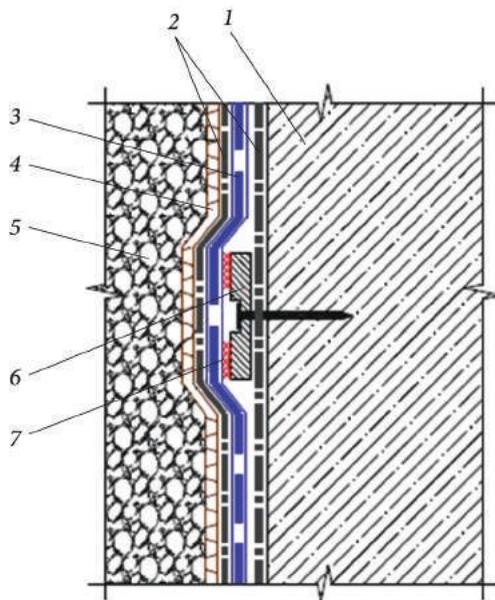


Рис. 5.50. Схема крепления ПВХ мембраны к вертикальной стене:
1 — железобетонная конструкция тоннеля; 2 — геотекстильное полотно *ТехноНИКОЛЬ*; 3 — гидроизоляционная мембрана; 4 — профилированная мембрана *PLANTER*; 5 — грунт обратной засыпки; 6 — рондель; 7 — сварной шов



Рис. 5.51. Автоматический сварочный аппарат *Leister Twinny-T*

По окончании монтажа производится контроль качества сварных швов и возможных повреждений ПВХ мембраны. Качество сварного шва определяют не ранее, чем через 30 мин после его выполнения. Контроль производится:

- визуально для выявления внутренних дефектов стыка мембран (пустот в шве, складок, разрушения верхнего слоя материала): сварной шов должен быть равномерный по всей длине, иметь глянец и вытек расплава 1—2 мм;
- с использованием тонкой шлицевой отвертки или аналогичного инструмента для проверки качества устройства (сварки) края шва;
- при помощи манометра с опрессовкой сварных швов путем нагнетания воздуха в контрольный канал при давлении 2 атм. с помощью компрессора;
- с помощью вакуумных колпаков и мыльного раствора.

Контроль качества при помощи манометра производится следующим образом. В проверочный канал (между зонами сварки) вводится игла, которая подключена к насосу с манометром (рис. 5.52). Если давление воздуха в течение 20 мин не падает больше, чем на 20 %, то сварной шов считается герметичным. При большем падении давления определяется зона некачественного шва (с применением мыльного раствора) и производится сварка данного места ручным способом или установка заплатки.



Рис. 5.52. Контроль качества сварного шва с помощью манометра

Проверка швов с помощью вакуумных колпаков осуществляется по следующей технологии. По линии сварного шва и на шов в тестируемом месте наносится мыльный раствор. На него устанавливается вакуумный колпак, из которого выкачивается воздух. Появление мыльных пузырей свидетельствует о некачественной сварке шва. Выявленные дефекты очищаются от мыльного раствора и свариваются заново или устанавливается заплатка.

5.3.2.3. Обмазочные материалы на битумной и битумно-полимерной основе

Обмазочные материалы на битумной и битумно-полимерной основе (мастики) широко применяются для защиты подземных частей зданий и сооружений. Основными достоинствами мастик являются простота нанесения, отсутствие швов и возможность нанесения на поверхность сложной конфигурации, в местах сопряжений и примыканий. Кроме того, мастики применяются для антикоррозионной защиты заглубляемых элементов конструкций.

Материалы, применяемые для обмазочной гидроизоляции, должны иметь адгезию к бетону не менее 0,1 МПа.

Физико-механические характеристики битумосодержащих мастик

Для гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений используются мастики горячего и холодного нанесения.

- *Мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 21* — холодная однокомпонентная мастика (описание см. главу 1, раздел 1.1.5). Применяется для создания гибкой гидроизоляции бетонных и металлических элементов подземных строительных конструкций.

- *Мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 24* — мастика холодного нанесения, в состав которой входят нефтяной битум, минеральные наполнители, технологические добавки и растворитель. Применяется для создания жесткого гидроизоляционного покрытия подземных бетонных конструкций.

- *Мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 31* — холодная двухкомпонентная мастика (описание см. главу 1, раздел 1.1.5). Материал можно наносить на влажные (до 8 % по массе), но не мокрые основания. Применяется для создания гибкого гидроизоляционного покрытия бетонных подземных элементов строительных конструкций.

- *Мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 33* — мастика холодного нанесения; состоит из водной эмульсии нефтяного битума, модифицированного латексом, и не содержит растворителей. Наносится механизированным способом. Мاستику можно укладывать на подготовленную поверхность толщиной до 10 мм в один слой. Применяется для создания гибкой

гидроизоляции бетонных элементов подземных строительных конструкций.

- *Мастика ТЕХНОНИКОЛЬ № 41* — мастика горячего нанесения (описание см. главу 1, раздел 1.1.5). Применяется для создания гибкой гидроизоляции бетонных и металлических элементов подземных строительных конструкций.

Физико-механические характеристики гидроизоляционных мастик *ТЕХНОНИКОЛЬ* приведены в табл. 5.19.

Таблица 5.19

Физико-механические характеристики гидроизоляционных мастик *ТЕХНОНИКОЛЬ*

Показатель	Значение показателя				
	№ 21	№ 24	№ 31	№ 33	№ 41
Прочность сцепления, МПа, не менее:					
с металлом	0,6	0,1	—	—	0,25
с бетоном	0,9	0,1	0,45	0,6	0,2
Гибкость на брусе $R = 5$ мм, °С	-35	-5	-15	-25	—
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500	—	700	900	1100
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	0,4	0,4	1,0	0,4	1,0
Водонепроницаемость при давлении 0,1 МПа в течение, ч	24	24	24	24	24
Массовая доля нелетучих веществ, %	50	65	65	65	100
Толщина одного слоя, мм	1	0,7	1,0	2,0	2,0
Расход на один слой, кг/м ²	2,0	1,0	1,5	3,0	2,0
Время высыхания одного слоя при температуре +20 °С и влажности 50 %, ч	24	24	5	5	4
Температура применения, °С	-20...+30		+5...+30		-20...+30
Влажность основания по массе, %, не более	4	4	8	8	4

Общие сведения, классификация, основные показатели качества и методы испытаний кровельных и гидроизоляционных битумосодержащих мастик приведены в части 1, разделе 1.1.5 настоящего пособия.

Правила нанесения гидроизоляционных мастик

• Подготовка поверхности основания

Подготовка поверхности основания для нанесения гидроизоляционных мастик осуществляется аналогично подготовке поверхности основания рулонных битумно-полимерных материалов (см. часть 5, раздел 5.3.2.1).

Требования к поверхности основания для нанесения мастик приведены в табл. 5.16.

• Нанесение гидроизоляционных мастик

Мастики могут наноситься на вертикальные и горизонтальные поверхности только со стороны положительного давления воды.

Основными параметрами, контролируруемыми при работе с мастиками, являются:

- влажность основания;
- толщина каждого слоя гидроизоляционного покрытия (в мокром и сухом состояниях);
- время высыхания каждого слоя.

Допустимые значения этих параметров для разных видов мастик приведены в табл. 5.18.

Увеличенная влажность основания приводит к образованию вздутий покрытия, резкому уменьшению адгезионных свойств и, как следствие, отслоению гидроизоляционного покрытия от защищаемой поверхности. Мастики можно наносить на бетонное основание только после завершения активных усадочных процессов в бетоне.

Битумные или битумно-полимерные мастики следует наносить в 2—4 слоя. Общая толщина мастичной гидроизоляции зависит от глубины заложения фундамента (табл. 5.20).

Таблица 5.20

Общая толщина мастичной гидроизоляции

Глубина заложения фундамента, м	Общая толщина гидроизоляции битумной или битумно-полимерной мастикой, мм
0—3	2
3—5	2—4

Контроль толщины слоя мастики в *мокрое* состоянии осуществляется при помощи штангенциркуля, специального диска (рис. 5.53, *а*) или гребенки (рис. 5.53, *б*). Толщину слоя мастики в сухом состоянии измеряют при помощи толщиномеров (рис. 5.53, *в*).



Рис. 5.53. Приборы для измерения толщины слоя мастики: *а* — диск; *б* — гребенка; *в* — толщиномер

Если нанести слой мастики большей толщины, чем указано в техническом листе на материал, то растворитель не сможет эффективно испаряться из покрытия, что может привести к внутренним напряжениям в материале и, как следствие, к разрыву покрытия, а также к отсутствию должной адгезии гидроизоляционной мастики к основанию. То же самое произойдет, если нанести последующий слой мастики по невысохшему предыдущему слою. Время высыхания материала зависит от температуры и влажности (как окружающего воздуха, так и основания) и указывается в техническом листе на материал.

Мастики наносятся на поверхность вручную (при помощи кисти или валика) либо механизированным способом (установками воздушного и безвоздушного распыления) снизу вверх. При этом следует учитывать коэффициент потерь для каждого способа нанесения (табл. 5.21).

В местах сопряжения конструкций, устройства примыканий, переходов коммуникаций, переходов с горизонтальной на вертикальную поверхность и т.д. мастичную гидроизоляцию выполняют с дополнительным армированием. В качестве армирующего материала применяют стеклоткани и стеклохолсты, которые должны выходить за усиливаемую зону не менее, чем на 100 мм (рис. 5.54). Плотнища холста или ткани укладывают с нахлестом 80—100 мм. Армирующий материал утапливается в первом слое мастики и тщательно прокатывается валиком

для обеспечения плотного примыкания к основанию по всей поверхности, без образования пустот под ним. После укладки армирующего материала наносится второй слой мастики.

Таблица 5.21

Коэффициент потерь в зависимости от метода нанесения мастики

Метод нанесения	Коэффициент потерь в зависимости от ровности поверхности	
	Ровная поверхность больших объемов	Поверхность сложной формы и малых объемов
Вручную	1,1	1,1
Воздушное распыление	1,4	1,4
Безвоздушное распыление	1,25	1,6

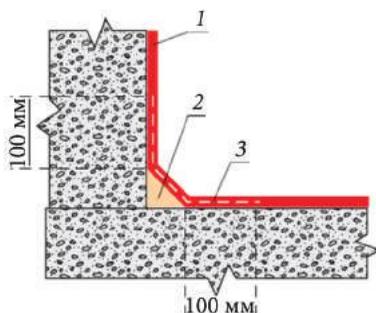


Рис. 5.54. Дополнительное армирование мастики в местах сопряжений:
1 — мастика; 2 — гальтель 100×100 мм; 3 — стеклоткань

Слой мастичной гидроизоляции считается высохшим, если он не прилипает к ногам при ходьбе. В этом случае можно продолжать работы по устройству следующего слоя.

Перед обратной засыпкой котлована гидроизоляционное мастичное покрытие требует установки защитного устройства. На вертикальных поверхностях для этих целей используются прижимные стенки из кирпича, пристенные дренажи, плиты из экструзионного пенополистирола, геотекстиль с битумной пропиткой, плоские дренажи из профилированных полимерных рулонных материалов.

5.3.2.4. Обмазочные материалы на минеральной (цементной) основе

Гидроизоляционные материалы на минеральной основе представляют собой сухие смеси, в состав которых входят минеральное вяжущее вещество (чаще всего портландцемент), молотый кварцевый песок, различные наполнители и добавки.

Отличительными особенностями цементных защитных составов являются простота применения, бесшовное нанесение, высокая адгезия к бетону, возможность нанесения материалов на влажную поверхность основания. Кроме того, они не требуют специальной защиты при обратной засыпке грунта и подходят для выполнения наружной и внутренней гидроизоляции.

Покрытия на минеральном вяжущем обладают высокой паропропускаемостью, что позволяет бетону «дышать» и препятствует образованию конденсата. Они эффективны как со стороны положительного, так и со стороны отрицательного давления воды.

По механизму действия цементные составы подразделяются на обмазочные и проникающие (пенетрирующие) (см. раздел 5.3.2.5).

Обмазочные цементные гидроизоляционные материалы по своим свойствам делятся на жесткие и эластичные.

Обмазочные жесткие цементные составы способны заделывать трещины с раскрытием не более 0,3 мм, так как они не переносят значительных деформаций. В связи с этим их целесообразно применять в конструкциях, не испытывающих значительных температурных воздействий и деформаций. Адгезия к бетону и кирпичу таких покрытий превышает $1,5 \text{ Н/мм}^2$. Слой материала, нанесенный на конструкцию, действует так же, как слой бетона марки W8 толщиной 10—12 см.

Для увеличения эластичности гидроизоляционного покрытия применяют *цементные обмазочные составы, модифицированные полимером* (чаще всего акриловой эмульсией), обладающие эластичными свойствами после отверждения. К достоинствам эластичных систем следует отнести их способность перекрывать трещины до 0,5 мм, а с применением армированных щелочестойких сеток — до 2 мм; кроме того, они имеют высокую стойкость к диффузии хлоридов. Такие покрытия могут выдерживать до 0,5 МПа положительного давления воды и до 0,1 МПа —

отрицательного. Необходимо учитывать, что они имеют меньшее в 1,3—1,5 раза сцепление с бетоном, чем жесткие: прочность на отрыв составляет около 1,0 Н/мм².

Физико-механические характеристики обмазочных материалов на цементной основе

На современном строительном рынке представлена широкая номенклатура обмазочных материалов на минеральной основе отечественных и зарубежных производителей: *Вандекс* (Швейцария), *Шомбург* (Германия), *Торо* (Бельгия), *Ксайтекс* (Канада), *Зика* (Швейцария), *Ивсил* (Россия), *РАСТРО* (Россия), *Гидротекс* (Россия) и др.

Обмазочные материалы представленных фирм не имеют принципиальных различий по составу, технологии нанесения и принципу действия, однако за счет применения производителями различных добавок и особенностей подбора гранулометрического состава они обладают различными техническими показателями и эксплуатационными характеристиками.

Основные физико-механические характеристики обмазочных материалов на цементной основе приведены в табл. 5.22.

Таблица 5.22

Физико-механические характеристики обмазочных материалов на цементной основе

Показатель	Значение показателя	
	Отечественные материалы	Зарубежные материалы
Насыпная плотность, кг/м ³	1100—1400	1200—1600
Средняя плотность готовой смеси, кг/м ³	1650—1800	1730—2000
Подвижность (по расплыву кольца), мм	110—150	90—145
Сохраняемость первоначальной подвижности, мин	30—40	30—50
Сроки схватывания: начало, не ранее	35 мин	45 мин
конец, не позднее	16 ч	16 ч
Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа	25—35	30—59
Прочность сцепления с основанием, МПа	1,0—1,2	1,0—1,6

Основные показатели качества сухих смесей, смесей, готовых к применению, и затвердевшего раствора, а также методы испытания приведены в части 2, разделе 2.1.1 настоящего пособия.

Правила нанесения цементных обмазочных материалов

• Подготовка поверхности

Подготовка поверхности перед нанесением гидроизоляции включает следующие операции:

- удаление рыхлых и легко отслаивающихся слоев;
- удаление всех посторонних материалов, которые могут снижать адгезию (грязь, краска, органика и другие вещества);
- удаление загрязненных хлоридами слоев бетона.

Защищаемая бетонная поверхность основания, на которую наносится цементная гидроизоляция, должна быть влажной (но не мокрой). Предел прочности бетона на растяжение должен составлять не менее 1,5 МПа.

• Нанесение цементных обмазочных материалов

Сухую гидроизоляционную смесь затворяют водой на строительной площадке непосредственно перед началом производства защитных работ. Полученный раствор наносят в 2—3 слоя на влажную поверхность бетона при помощи кисти, валика или специального распылительного оборудования в зависимости от свойств конкретного материала и условий эксплуатации объекта (рис. 5.55). Составы на цементной основе при нанесении на бетонное основание образуют бесшовное, не проницаемое для воды покрытие.



Рис. 5.55. Нанесение цементных обмазочных материалов: а — кистью; б — мастерком; в — распылительным оборудованием

Перед нанесением второго слоя поверхность увлажняют. Толщина слоя наносимого покрытия зависит от марки материала и составляет 1,5—5,0 мм, при этом расход смеси находится в пределах 2—6 кг/м². При влажности воздуха менее 95 % через 24 ч после окончания нанесения покрытия обработанные поверхности следует увлажнять 3 раза в день в течение трех дней или покрывать на этот срок влажной тканью (мешковиной). Обработанные поверхности должны быть защищены от механических воздействий в течение 10—12 дней после нанесения материала.

При работе с жесткими гидроизоляционными составами следует учитывать возможность образования холодных швов, и в случае их появления необходимо зону шва перекрыть последующим слоем на ширину не менее 1 м (рис. 5.56).

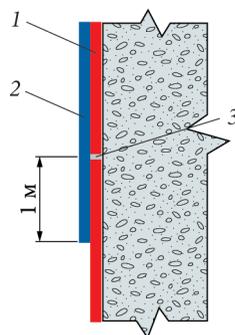


Рис. 5.56. Холодные швы в жестком гидроизоляционном покрытии: 1 — первый слой; 2 — второй слой; 3 — холодный шов

5.3.2.5. Проникающие (пенетрирующие) материалы на минеральной (цементной) основе

Бетон, приготовленный по стандартной технологии, представляет собой структуру, пронизанную капиллярами, микротрещинами и порами, что обусловлено рядом факторов: испарением воды во время твердения бетона; недостаточным уплотнением бетона при укладке; внутренними напряжениями, возникающими из-за усадки в процессе твердения; неправильным подбором компонентов и прочее. Чтобы исключить возможность фильтрации воды сквозь структуру бетонной конструкции, ее поверхность обрабатывают материалами проникающего (пенетрирующего) действия, в состав которых входит портландцемент, кремнеземистый компонент и специальные добавки. При нанесении смеси пенетрирующих цементных составов с водой на бетон реакционноспособные химические соединения вступают во взаимодействие со свободной известью и другими компонентами бетона. В результате реакций образуются нерастворимые кристаллы, которые заполняют

микротрещины и поры бетона и предотвращают проникновение воды. Скорость и глубина проникновения активных химических компонентов зависит от многих факторов, в частности от плотности и пористости бетона, влажности и температуры окружающей среды. При исчезновении воды процесс формирования кристаллов приостанавливается. При появлении воды (например при увеличении гидростатического давления) процесс формирования кристаллов возобновляется.

Обработка гидроизоляционными проникающими материалами позволяет улучшить все показатели бетона, зависящие от проницаемости. Так, применение проникающей гидроизоляции снижает водопоглощение бетона на 12—14 %. Показатели водонепроницаемости бетонов, защищенных минеральными проникающими составами, составляют в среднем 0,6—1,0 МПа (марки W6 — W10), что в 2—4 раза превышает водонепроницаемость незащищенных бетонов.

Физико-механические характеристики пенетрирующих материалов на цементной основе

Среди пенетрирующих материалов, широко применяемых в нашей стране, следует отметить *Вандекс Супер* (Швейцария), *Ксайпекс* (Канада), *Максил Супер* (Испания), *Текмадрай Милениум* (Испания), *Аквафин* (Германия), *Осмосил* (Италия), *Пенетрон*, *Кальматрон*, *Гидротекс*, *Лахта* (Россия) и др.

Все материалы этого класса однотипны по технологии нанесения и уходу за ними, а также по эксплуатационным характеристикам. Однако за счет использования разных специальных добавок и различного гранулометрического состава они имеют различные водо-твердое отношение, расход и другие технические показатели (табл. 5.23).

Правила нанесения цементных пенетрирующих материалов

- *Подготовка поверхности и нанесение*

Для нанесения пенетрирующей гидроизоляции не требуется полного вызревания бетона. Минимально оно должно происходить в течение 24—48 ч после укладки.

Подготовка поверхности перед нанесением гидроизоляции включает следующие операции:

- удаление рыхлых и легко отслаивающихся слоев;

Таблица 5.23

**Физико-механические характеристики пенетрирующих материалов
на цементной основе**

Показатель	Значение показателя					
	Марки					
	<i>Вандекс Супер</i>	<i>Пенетрон</i>	<i>Максил Супер</i>	<i>Аквафин-ИПЦ</i>	<i>Кальмафрон</i>	<i>Гидрохит</i>
Насыпная плотность, г/см ³	1,25	1,2	1,15	1,1	1,3	1,25
Водо-твердое отношение	0,4	0,4	0,35	0,3	0,3—0,4	0,4
Расход на 1 м ² 1 слоя, кг	0,75	0,4—0,6	1—1,5	0,75	0,8—1,3	0,4—0,6
Сроки схватывания, мин	30	40	30	30	15	120
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее			40	25	25	

- удаление всех посторонних материалов, которые могут снижать адгезию (грязь, краска, органика и другие вещества);
- удаление загрязненных хлоридами слоев бетона.

Для успешного проникновения материалов в бетон его поверхность должна иметь открытую поровую структуру, которая обеспечивается очисткой ее водой под высоким давлением или водо-пескоструйной обработкой. Установки для обработки поверхностей водой под давлением обеспечивают очистку бетона в глубину до нескольких сантиметров. Рабочий диапазон давлений при использовании установок колеблется от 200 до 2500 бар. Расход воды в этом случае изменяется от 10—15 до 250 л/мин. Такая технология подготовки поверхности позволяет обеспечить высокую производительность работ, не приводит к образованию пыли, не создает вибрационных нагрузок. В отличие от очистки бетона отбойными молотками она не формирует микротрещиноватой структуры обрабатываемого участка.

Водо-пескоструйная обработка может быть обеспечена:

- использованием эжекции песка водяной струей;
- подачей воды с песком и сжатого воздуха;
- применением специальной улавливающей вакуумной установки, комбинирующей насос высокого давления (до 200 бар) и пылесос. Объем рабочей емкости установок изменяется от 10 до 200 л. Существуют установки как циклического, так и непрерывного действия.

Таким образом создается поверхность с открытой капиллярной структурой.

Механическая очистка с помощью фрез, металлических щеток, сухая пескоструйная обработка забивают и заглаживают поры и делают воздействие материалов малоэффективным.

Дефектные холодные швы и видимые трещины (не динамические) свыше 0,4 мм должны быть разделаны в виде штрабы прямоугольной формы (либо в виде «ласточкиного хвоста») и зачеканены безусадочным полимерцементным составом.

Перед нанесением материала поверхность необходимо тщательно смочить водой. Основа считается подготовленной, если она чиста, на ощупь шероховата, обильно увлажнена [30].

- *Нанесение пенетрирующих цементных составов* на подготовленную поверхность бетона осуществляется аналогично нанесению цементных обмазочных составов (см. раздел 5.3.2.4).

5.3.2.6. Штукатурная гидроизоляция

Штукатурная гидроизоляция представляет собой многослойное покрытие, выполненное из раствора, который содержит наполнители и заполнители и наносится толщиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров (6—50 мм). Надежность работы штукатурной гидроизоляции зависит от жесткости защищаемой конструкции, поэтому данную гидроизоляцию необходимо применять на поверхностях жестких конструкций, не подвергающихся деформациям и вибрациям любого происхождения.

По составу исходных материалов различают цементно-песчаную и асфальтовую виды штукатурной гидроизоляции.

Штукатурная цементно-песчаная гидроизоляция

Цементно-песчаная гидроизоляция представляет собой водонепроницаемое, высокопрочное жесткое покрытие, нанесенное на изолируемую конструкцию штукатурным способом или методом торкретирования.

• *Штукатурные цементно-песчаные растворы* отличаются от обмазочных составов меньшей подвижностью.

Рекомендуемые составы цементно-песчаных штукатурных растворов:

- портландцемент класса не менее 42,5Н и кварцевый песок с модулем крупности $M_k > 2$ в соотношении от 1:1 до 1:2;
- водонепроницаемый расширяющийся или безусадочный цемент и кварцевый песок с модулем крупности $M_k > 2$ в соотношении от 1:2 до 1:3.

Гидроизолирующие свойства покрытий из цементно-песчаных растворов могут быть улучшены путем введения в них поверхностно-активных и уплотняющих добавок. Из поверхностно-активных веществ наибольшее распространение получили кремнийорганические соединения (например ГКЖ-10, ГКЖ-11 и др.). К уплотняющим добавкам относятся растворы солей, образующие с цементом соединения, которые уплотняют структуру раствора или связывают его водорастворимые вещества. Уплотняющими добавками могут служить алюминат натрия, хлорное железо, латексы, жидкое натриевое стекло, битумная эмульсия и др.

Гидроизоляция из портландцементных растворов применяется при отсутствии напора воды. Гидроизоляция из водонепроницаемых безусадочных цементов выдерживает давление воды до 0,5 МПа.

Штукатурные гидроизоляционные растворы на основе расширяющихся, безусадочных цементов, а также цементов с уплотняющими добавками устраивают по металлической сетке с размером ячеек от 10×10 до 20×20 мм или стеклосетке по всей площади или в местах примыканий.

Гидроизоляцию вертикальных поверхностей выполняют по правилам устройства цементных штукатурок [4], горизонтальных — по правилам устройства цементно-песчаных полов [6]. Каждый слой должен наноситься с учетом времени схватывания раствора после отверждения предыдущего: последующий не позднее чем через 30 мин при применении растворов на основе расширяющих и безусадочных цементов.

Оптимальная толщина устанавливается по такой наибольшей толщине, при которой не происходит оплывания нанесенного раствора. Для определения оптимальной толщины слоя производят пробную укладку раствора. В общем случае наносят 2—3 слоя при толщине каждого слоя до 8—10 мм, а для растворов с расширяющимися и безусадочными цементами — 6—10 мм [5].

• *Торкретные растворы* отличаются от обычных цементно-песчаных штукатурных растворов повышенной водонепроницаемостью и морозостойкостью. Их приготавливают на водонепроницаемом безусадочном цементе или глиноземистом цементе при В/Ц = 0,28—0,35 и соотношении цемента к песку — 1:2—1:4. Для улучшения свойств в торкрет-массу вводят те же добавки, что и в цементно-песчаные штукатурные растворы. Для приготовления изоляционного раствора весьма эффективно применять напрягающий цемент с В/Ц = 0,4—0,45 и соотношением цемента с песком 1:2. Этот цемент, в отличие от обычного портландцемента, в процессе твердения увеличивается в объеме, что позволяет в значительной мере нейтрализовать влияние усадки.

Подготовка к нанесению защитного покрытия включает:

- разделку поверхностных трещин, раковин и других повреждений;
- очистку и обработку старой бетонной поверхности пескоструйным способом;
- армирование сеткой угловых сопряжений;
- промывку водой и увлажнение поверхности непосредственно перед торкретированием.

Торкретирование заключается в нанесении на поверхность конструкции гидроизоляционных цементно-песчаных растворов под давлением не менее 8—10 атм. в 2—3 слоя общей толщиной 20—40 мм (рис. 5.57).

Торкретирование может осуществляться мокрым или сухим способами. При применении мокрого способа готовый раствор сплошным потоком подается в сопло (распылитель) по специальным рукавам (шлангам). Под действием воздуха, который поступает через отдельную трубку, смесь распыляется и попадает на поверхность. При сухом торкретировании сухая цементная смесь подается в сопло по отдельным шлангам, смешиваясь с водой в распылителе непосредственно перед выходом.

Для нанесения слоев торкрет-штукатурки применяют торкрет-установки (так называемые торкрет-пушки) (рис. 5.58). Качество торкрета в большой степени зависит от скорости, с которой набрызгиваемый материал ударяется о поверхность. Скорость выхода материала из сопла устанавливают обычно в пределах 135—170 м/с. Торкретную штукатурку после ее нанесения необходимо содержать во влажном состоянии в течение 7—10 сут. После затвердевания раствора получается плотный водонепроницаемый слой.



Рис. 5.57. Нанесение гидроизоляционной торкрет-штукатурки на вертикальную поверхность



Рис. 5.58. Торкрет-установка SSB 14 и ее характеристики: производительность 0,5—3,0 м³/ч, давление воздуха 0,5—0,6 МПа; расстояние подачи до 300 м по горизонтали и до 100 м по вертикали

Штукатурная асфальтовая гидроизоляция

Штукатурная асфальтовая гидроизоляция представляет собой водонепроницаемое покрытие, образованное последовательным нанесением на поверхность нескольких слоев асфальтового штукатурного материала.

В зависимости от температуры штукатурного материала различают штукатурную гидроизоляцию из горячих асфальтовых растворов и асфальтовых мастик и штукатурную гидроизоляцию из холодных асфальтовых мастик.

• Горячая штукатурная асфальтовая гидроизоляция

Горячая штукатурная асфальтовая изоляция — пластичное и высокопрочное покрытие толщиной 10—20 мм, состоящее из нескольких слоев асфальтового штукатурного раствора, наносимого на вертикальные поверхности штукатурным способом, а на горизонтальные — разливом в нагретом состоянии при температуре 160—190 °С.

Для приготовления горячих штукатурных асфальтовых материалов используют следующие компоненты:

- асфальтовые битумы марки БН 70/30 или смесь БНД 40/60 и БН 10/90 — в качестве основного вяжущего;
- порошкообразные наполнители, повышающие теплоустойчивость вяжущего и образующие в сплаве с ним асфальтовые мастики;
- волокнистый наполнитель для предотвращения оплывания материала при его нанесении и для повышения механической прочности штукатурки;
- песок для повышения механической прочности асфальтовых растворов.

Горячую асфальтовую гидроизоляцию наносят на очищенное, выровненное и высушенное до воздушной влажности основание только с напорной стороны конструкции (т.е. при положительном давлении воды). В местах, где ожидаются деформации изолируемых конструкций, и на углах гидроизоляцию армируют стеклотканью или стальной проволочной сеткой. На вертикальных и наклонных поверхностях для предупреждения оползания гидроизоляционного слоя устраивают защитные стенки.

Изолируемые поверхности разбивают на захватки и ярусы. Сопряжение захваток и ярусов в каждом слое выполняется внахлестку на ширину не менее 200 мм, а в смежных слоях — вразбежку. Горячий асфаль-

товый раствор наносят слоями в 5—7 мм. Работа должна проводиться в сухую погоду или под защитой от атмосферных осадков. Горячие асфальтовые штукатурки приобретают гидроизоляционные свойства сразу после остывания.

Схема устройства асфальтовой штукатурки представлена на рис. 5.59.

Горячие асфальтовые смеси при устройстве литой гидроизоляции поверхностей без устройства защитных стенок следует наносить на вертикальные основания слоями по 5—7 мм снизу вверх полосами высотой до 1,4—1,8 м, захватками длиной до 20 м; на горизонтальные — слоями по 7—10 мм. Каждый слой разравнивают и уплотняют, следующий слой должен наноситься после остывания предыдущего. Сопряжения полос и захваток в каждом слое должны выполняться внахлестку на ширину не менее 200 мм, в смежных слоях — вразбежку на расстояние не менее 300 мм.

При применении съемной опалубки или устройстве защитной стенки асфальтовые смеси заливают между опалубкой (защитной стенкой) и изолируемой поверхностью полосами высотой до 0,3—0,5 м [5].

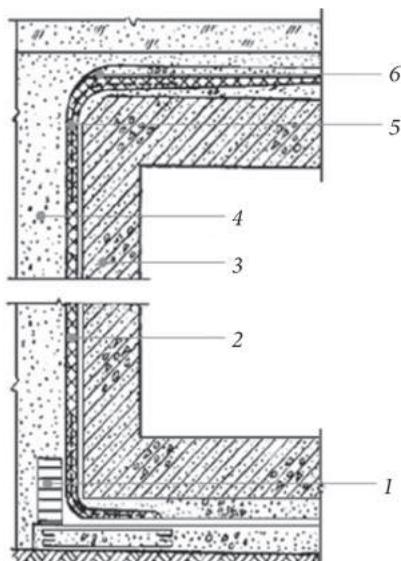


Рис. 5.59. Схема устройства штукатурной гидроизоляции: 1 — защитная стенка; 2 — штукатурная гидроизоляция; 3 — изолируемая конструкция; 4 — дренирующий слой обсыпки; 5 — армирование гидроизоляции; 6 — защитная конструкция

Недостатком гидроизоляции из горячих асфальтовых мастик является применение материалов в горячем состоянии, что усложняет гидроизоляционные работы, повышает их трудоемкость, требует сушки основания.

- *Холодная штукатурная асфальтовая гидроизоляция*

Холодная асфальтовая гидроизоляция представляет собой штукатурное покрытие толщиной 10—15 мм из двух и более слоев асфальтовой мастики, наносимых на изолируемую конструкцию со стороны напора воды механизированным способом или вручную. Холодные асфальтовые мастики — это смеси битумных эмульсионных паст с различными природными или искусственными порошкообразными или волокнистыми наполнителями. В качестве эмульгатора при приготовлении битумных паст применяют высокодисперсные минеральные порошки: глину, диатомиты, воздушную известь.

Покрытие из холодных мастик отличается простотой, надежностью, высокой механизацией. Его можно наносить на влажное основание, без защитных ограждений. Холодные штукатурные асфальтовые покрытия имеют высокие показатели водо-, тепло- и солестойкости. При небольших объемах работ такие мастики наносят разливом и разравнивают гладилками, на вертикальные поверхности наносят растворометами. При больших объемах холодные асфальтовые мастики наносят с помощью нагнетательных установок. Толщина слоя из асфальтовых мастик на горизонтальных поверхностях составляет 6—7 мм, на вертикальных — 4—5 мм. Второй слой наносится только после высыхания первого слоя (через 4—24 ч). Размер наносимой полосы гидроизоляции с одного места по ширине 30—50 см, по высоте 2—2,5 м. Штукатурные работы ведутся при температуре не ниже +15 °С.

Холодные асфальтовые штукатурные растворы применяются для гидроизоляции любых достаточно трещиноустойчивых (раскрытие трещин до 0,3 мм) подземных сооружений, а при армировании стеклосеткой — и сборных железобетонных конструкций. Кроме того, асфальтовые штукатурные покрытия используются для антикоррозионной защиты подземных конструкций в условиях действия сульфатных, морских, магниезиальных вод.

Недостатками холодной асфальтовой штукатурной гидроизоляции являются:

- невысокая прочность (0,5—0,8 МПа), что не позволяет применять ее на открытых напорных гранях гидросооружений и опускных колодцев;
- невозможность осуществлять укладку при низких температурах.

5.3.2.7. Гидроизоляция, выполненная на основе бентонитовых глин

Для защиты подземных частей зданий и сооружений от воздействия воды очень давно используется глина — осадочная горная порода, состоящая из одного или нескольких минералов — алюмосиликатов (глинистых минералов). Глинистые минералы состоят из частиц размером менее 0,01 мм и имеют слоистую структуру. В смеси с водой глина образует пластичное тесто, способное принимать и сохранять любую заданную форму. Благодаря слоистому строению глина способна впитывать и удерживать воду, увеличиваясь при этом в объеме до 2 и более раз. Это свойство глины и глинистых грунтов использовали при устройстве глиняной гидроизоляции — так называемых *глиняных замков* — тщательно утрамбованных слоев (толщиной 20—30 см) жирной пластичной глины, содержащей в своем составе не более 15 % песка. Для повышения пластических свойств глины, предназначенной для устройства глиняного замка, применяли различные способы:

- выдерживали глину во влажном состоянии в течение 4—5 мес, подвергая ее замораживанию — оттаиванию. Подобные условия создавали, заготовив глину осенью и оставив на открытом воздухе до весны. За это время вода проникала по межслоевым пространствам во все частицы материала и придавала ему однородность и пластичность;
- добавляли в глинистую массу около 20 % извести.

Как правило, глиняный замок изготавливали в переставной опалубке или непосредственно в котловане (рис. 5.60).

Устройство глиняного замка является достаточно трудоемким процессом с большим расходом материала,



Рис. 5.60. Устройство глиняного замка

поэтому в настоящее время практически не применяется. На смену глиняному замку пришли изделия из бентонитовых глин, которые более технологичны и при этом обладают всеми достоинствами глин.

Бентонитовая глина, или *бентонит*, содержит не менее 70 % природного минерала — монтмориллонита — высокодисперсного слоистого алюмосиликата, имеет резко выраженную адсорбционную и каталитическую активность, склонность к разбуханию при увлажнении и высокую связующую способность.

При гидроизоляции строительных конструкций обычно используются бентонитовые пасты, бентонитовые маты и бентонитовые шнуры (см. раздел 5.2.2). Реже применяется сухая смесь, которая наносится распылением.

Бентонитовые маты состоят из гранул бентонитовых глин, расположенных между двумя слоями геотекстиля, соединенных между собой иглопробивным способом (рис. 5.61).



Рис. 5.61. Бентонитовый мат



Рис. 5.62. Изоляция фундамента бентонитовыми матами *ВОЛТЕКС*

Бентонитовые маты способны воспринимать растягивающие напряжения (относительное удлинение при разрыве — более 15 %). Маты укладываются внахлест (150 мм) на предварительно подготовленную поверхность. Зоны стыка дополнительно промазываются бентонитовой пастой. На вертикальные поверхности маты крепятся к основанию механически, например пристрелкой дюбелями со специальными шайбами (рис. 5.62). Различного рода сопряжения (например трубные проходки) также промазываются бентонитовой пастой.

Благодаря способности разбухать при соприкосновении с водой (увеличение в объеме бентонита при гидратации составляет до 12—16 раз) бентонитовые материалы способны к «самозалечиванию», т.е. к ликвидации проколов и других дефектов, образующихся при небольших механических повреждениях.

Физико-механические характеристики геосинтетических бентонитовых матов

На современном строительном рынке представлены изделия на основе бентонитовых глин российских и зарубежных производителей: *ВОЛТЕКС* (Россия), *БЕНТОМАТ* (Россия), *МакЛайн* (Италия), *НаБенто* (Германия) и др. Основные физико-механические характеристики геосинтетических бентонитовых матов представлены в табл. 5.24.

Таблица 5.24

Физико-механические характеристики геосинтетических бентонитовых матов

Показатель	Значение показателя						
	Марки						
	<i>ВОЛТЕКС</i>			<i>БЕНТОМАТ</i>			
	<i>Voltex</i>	<i>Voltex L*</i>	<i>Voltex UL</i>	<i>SS100</i>	<i>AS100 (ASL100)</i>	<i>AS50 (ASL50)</i>	<i>ST (STL)</i>
Толщина при давлении 2 кПа, мм, не менее	6,4	5,6	5,2	6,4	6,4(6,6)	5,6(5,8)	5,2(5,4)
Плотность поверхностная, г/м ² , не менее				5100	5100 (5300)	3800 (4000)	3300 (3500)
Масса гранул бентонита, г/м ² , не менее	4800	3500	3000	4800	4800 (4800)	3500 (3500)	3000 (3500)
Разрывная нагрузка в продольном направлении, кН/см				12,50	12,50	12,50	12,50
Относительное удлинение без изменения водонепроницаемости, %				15	15	15	15
Коэффициент фильтрации при заданном давлении 23 кПа и времени выдерживания 12 сут, см/с, не более	1×10 ⁻⁹	5×10 ⁻⁹		1×10 ⁻⁹	5×10 ⁻⁹ (в/н)**		
Размеры матов: длина×ширина, м	40,0×5,0; 5,0×1,15			40,0×5,0			

Примечания: * *L* — материалы, дополнительно снабженные геомембраной из полиэтилена; ** (в/н) — водонепроницаем.

К достоинствам материалов на основе бентонитовых глин можно отнести низкий коэффициент фильтрации, способность к «самозалечиванию», простоту технологии укладки, минимальные требования к подготовке основания, отсутствие требований к степени вызревания бетона, экологичность; к недостаткам — отсутствие стойкости к действию фильтрационных вод (размывание), низкую стойкость к хлоридам, сульфатам, кислотам и щелочам, замораживанию и оттаиванию, воздействию переменного уровня воды, разрушение при загрязнении воды углеводородами. Кроме того, бентонитовые маты можно применять только при положительном давлении воды [30].

5.3.2.8. Монтируемая гидроизоляция

Металлическая гидроизоляция

Металлическую гидроизоляцию выполняют в виде сплошного ограждения из стальных листов толщиной не менее 4 мм, соединенных между собой при помощи сварки (встык или внахлестку), а с изолируемой конструкцией — анкерами, заделываемыми в бетон. Металлическая гидроизоляция обладает высокой прочностью, водонепроницаемостью при больших давлениях воды и может размещаться как со стороны гидростатического напора (положительного давления воды), так и со стороны отрицательного давления воды. Такие покрытия весьма дороги и трудоемки, поэтому металлическая гидроизоляция применяется ограниченно, например:

- при большом гидростатическом напоре воды (более 0,3—0,5 МПа);
- при жестких требованиях к низкой влажности внутренних помещений — менее 30 % (например в архивах, сейфовых хранилищах и т.д.);
- при гидроизоляции конструкций, подверженных воздействию высоких температур (более 80 °С);
- при значительных механических воздействиях.

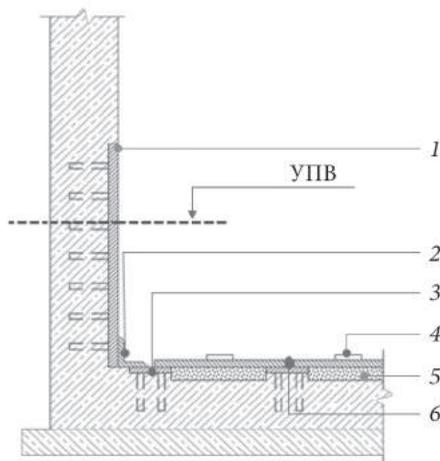
Металлическую гидроизоляцию устраивают, как правило, с внутренней поверхности ограждающих конструкций, что дает возможность при эксплуатации устранять течи.

Существуют различные варианты устройства металлической гидроизоляции:

- с устройством закладных, к которым крепятся металлические листы после бетонирования конструкции;

- в виде несъемной опалубки;
- комбинированного типа (рис. 5.63).

Рис. 5.63. Схема устройства металлической гидроизоляции комбинированного типа — несъемной опалубки в стенах и с закладными деталями в полу: 1 — листы металлической гидроизоляции; 2 — уголок; 3 — закладная деталь; 4 — стальная накладка; 5 — цементно-песчаный раствор; 6 — отверстие для нагнетания цементного раствора методом инъектирования под давлением



Наружная гидроизоляция должна быть защищена от коррозии согласно СП 28.13330.2012 [18]. Все ее элементы (облицовка, ребра, анкера) назначаются в каждом конкретном случае по расчету на прочность с учетом давления воды и давления бетонной смеси на стальную обшивку, используемую как опалубку при бетонировании конструкции, а также цементного раствора, нагнетаемого за стальную обшивку под давлением [10].

Нагнетание тампонажных растворов производят через заранее устроенные в металлических листах патрубки под давлением 0,2—0,3 МПа. По окончании тампонажных работ патрубки заваривают. Соединение стальных листов между собой производится сваркой. Вертикальные стыки листов на стенах располагают вразбежку не ближе 500 мм один от другого. Сварные швы должны обеспечивать минимальные температурно-усадочные напряжения, чтобы избежать коробления металлического покрытия.

Листовая гидроизоляция из полимерных материалов

Листовая гидроизоляция из полимерных материалов представляет собой однослойный ковер из листов толщиной 1—2 мм, соединенных между собой сваркой или склеиванием. Крепление листов к изолируе-

мой поверхности может осуществляться дюбелями, гвоздями, прижимными планками или наклеиванием на мастики, клеях и т.д. Могут применяться полиэтиленовые листы с анкерными ребрами, которые обеспечивают закрепление листов в бетон при бетонировании.

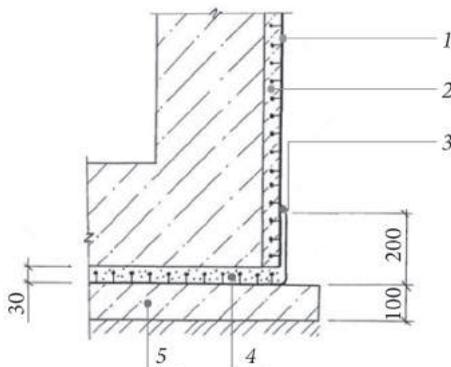


Рис. 5.64. Схема устройства гидроизоляции из профилированных полиэтиленовых листов: 1 — профилированный полиэтиленовый лист; 2 — сборные панели несъемной опалубки; 3 — сварные швы; 4 — цементно-песчаный раствор М100; 5 — подготовка из бетона класса В12,5

Профилированные полиэтиленовые листы устанавливаются в опалубку до бетонирования или наклеиваются на сборный элемент с помощью полимерсиликатного состава толщиной 10 мм. Между собой полиэтиленовые листы соединяются стыковыми, нахлесточными и угловыми швами [8; 9]. Вариант устройства гидроизоляции из профилированных полиэтиленовых листов представлен на рис. 5.64.

5.4. Тепловая защита подземных и заглубленных сооружений

Общие сведения

Установлено, что тепловые потери сооружения через фундамент и ограждающие конструкции подземных частей составляют 10—20 % от общего объема теплопотерь [30].

Теплоизоляция подземных и заглубленных частей зданий и сооружений является составной частью гидроизоляционной системы. Тепловая защита приводит к сокращению теплопотерь, снижению затрат на отопление, обеспечению требуемой и постоянной во времени температуры внутри помещения, предотвращению образования конденсата на внутренних поверхностях, улучшению условий работы конструкций, повышению комфортности помещений и т.д. Кроме того, теплоизоляционный слой предохраняет гидроизоляционное покрытие от температурных и механических воздействий, продлевая срок его эксплуатации.

Серьезной проблемой для подземных частей зданий является морозное пучение грунтов основания, что в ряде случаев приводит к деформации конструкции: смерзаясь с внешней поверхностью ограждающей конструкции, грунт способен приподнимать ее за счет касательных сил морозного пучения. При заложении фундаментов выше глубины промерзания пучинистых грунтов или если в процессе строительства в зимний период фундаментная плита не была утеплена, то под ее подошвой возникают нормальные силы морозного пучения. Горизонтальная теплоизоляция позволяет уменьшить глубину промерзания грунта и, соответственно, защитить сооружение от деформаций морозного пучения.

Проектирование тепловой защиты подземных и заглубленных частей зданий и сооружений производится на основании теплотехнического расчета согласно СП 23-101—2004 [15]. 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 этом необходимо учитывать, что сопротивление теплопередаче подземных ограждающих конструкций R_0 должно быть не менее $0,85R_0^{TP}$ стен надземной части здания. Для обеспечения низкого уровня теплопотерь наиболее рациональным является утепление с наружной стороны стены (рис. 5.65).

Глубину укладки теплоизоляционного слоя на вертикальной части фундамента рекомендуется принимать более или равной глубине сезонного промерзания грунта.

Требуемое сопротивление теплопередаче стен подвала над уровнем земли принимается равным сопротивлению теплопередаче наружных стен здания, которое находится по СП 50.13330.2012 [20] в зависимости от значения градусо-суток отопительного периода.

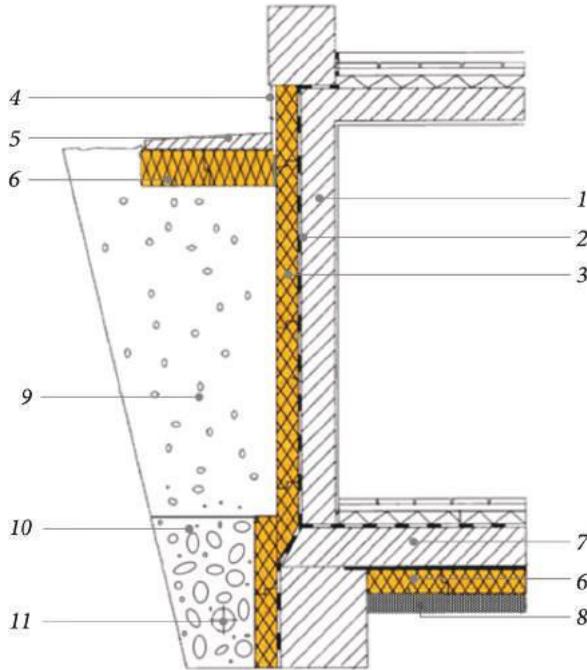


Рис. 5.65. Устройство наружной теплоизоляции стены подземного сооружения: 1 — стена подземного сооружения; 2 — гидроизоляция; 3 — вертикальная теплоизоляция; 4 — цоколь; 5 — отмостка; 6 — горизонтальная теплоизоляция; 7 — бетонное основание; 8 — гравийное основание; 9 — дренирующий грунт; 10 — дренажная обсыпка; 11 — дренажная труба

Градусо-сутки отопительного периода (D_d) вычисляются по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht} \quad (5.1)$$

где t_{int} — расчетная средняя температура внутреннего воздуха в помещении 1-го этажа здания, °С;

t_{ht} , z_{ht} — соответственно средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода со средней суточной температурой воздуха, ниже или равной 8 °С, принимаемые по СНиП 23-01—99 [13].

Требуемая толщина теплоизоляции стены подвала ($\delta_{ут}$), расположенной *выше уровня земли*, вычисляется по формуле

$$\delta_{\text{YT}} = \left(R_0^{\text{np}} - 0,16 - \frac{\delta}{\lambda} \right) \lambda_{\text{T}}, \quad (5.2)$$

где R_0^{np} — приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены, принятое в зависимости от значения D_d , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

δ — толщина несущей части стены, м;

λ — коэффициент теплопроводности материала несущей части стены, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$.

Требуемая толщина теплоизоляции стены конструкции, расположенной *ниже уровня земли*, вычисляется по формуле

$$\delta_{\text{YT}} = \left(R_0^{\text{np}} - 1,05 - \frac{\delta}{\lambda} \right) \lambda_{\text{T}}, \quad (5.3)$$

где R_0^{np} — приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены, принятое в зависимости от значения D_d , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

δ — толщина несущей части стены, м;

λ — коэффициент теплопроводности материала несущей части стены, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$;

λ_{T} — коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$.

Укладка теплоизоляции по периметру здания под конструкцией отмостки позволяет уменьшить глубину промерзания вдоль стен и под подошвой фундамента и удерживать границу промерзания в слое непучинистого грунта — песчаной, гравийной подушке или грунте обратной засыпки. Ширина укладки теплоизоляции по периметру должна быть не менее глубины сезонного промерзания [30].

Толщина теплоизоляционного слоя в угловых зонах должна быть увеличена на 40—50 %, на расстоянии в 1,5—2,5 м от угла в обе стороны (рис. 5.66).

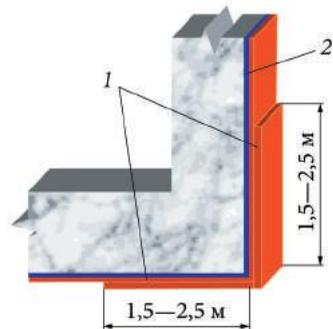


Рис. 5.66. Увеличение толщины теплоизоляционного слоя в угловых зонах (вид угла сверху): 1 — XPS плиты; 2 — гидроизоляционное покрытие

Теплоизоляционные материалы, применяемые для защиты подземных и заглубленных частей зданий и сооружений

Одним из наиболее эффективных материалов, применяемых в качестве утеплителя в подземном строительстве, является экструзионный пенополистирол (описание и основные физико-механические характеристики см. часть 1, раздел 1.1.6). Благодаря своим свойствам — стабильности коэффициента теплопроводности вне зависимости от влажности, высокой прочности, жесткости и морозостойкости — он обеспечивает надежную защиту подземных и заглубленных частей зданий и сооружений.

Экструзионный пенополистирол используют в качестве утеплителя в конструкциях плоских крыш, полов по грунту, «теплых» полов, перекрытий над подвалами, чердачных перекрытий, цокольных частей фасадов, фундаментов, транспортных сооружений и др.

В качестве теплоизоляции вертикальных стен фундаментных конструкций промышленных и гражданских объектов применяются материалы с прочностью на сжатие не менее 250 кПа: *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300* и *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 400*; для объектов частного строительства может быть применена марка *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO* с прочностью не менее 200 кПа, так как глубина заложения в таких сооружениях меньше и давление грунтов и подземных вод на материал ниже. Для конструкций, где требуются повышенные прочностные свойства (нагружаемые полы), следует выбирать материал с прочностью на сжатие не менее 500 кПа, например *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID 500*.

Для утепления вертикальных конструкций фундаментов могут применяться теплоизоляционные плиты *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON DRAIN* со специальными фрезерованными канавками. Такие плиты выполняют функцию пристенного дренажа и дополнительной теплоизоляции в конструкции фундамента, а также в плоских кровлях для улучшения стока воды и создания микровентиляции. Как правило, данный материал применяется совместно с геотекстильным полотном.

Описание и основные физико-механические характеристики плит из экструзионного пенополистирола представлены в части 1, разделе 1.1.6, табл. 1.25, а также в части 3, разделе 3.1.3, табл. 3.13).

Особенности устройства теплоизоляции подземных и заглубленных частей зданий и сооружений

Монтаж теплоизоляции стен, расположенных ниже уровня земли, выполняется после завершения гидроизоляционных работ.

На вертикальной поверхности теплоизоляционные плиты фиксируются способом, обеспечивающим герметичность гидроизоляционного покрытия. Плиты следует располагать в шахматном порядке. При использовании битумной, битумно-полимерной гидроизоляции крепление теплоизоляционных плит можно осуществлять на приклеивающую мастику № 27 (см. часть 1, раздел 1.1.5) (рис. 5.67). Данная мастика предназначена для приклеивания пенополистирольных плит к битумным, битумно-полимерным материалам, а также к бетонным, металлическим и деревянным поверхностям. Наносить мастику можно полосами (при этом расход составляет $0,6—1 \text{ кг/м}^2$) либо точками (с расходом $0,5—0,8 \text{ кг/м}^2$). При укладке плит на гидроизоляционное покрытие, имеющее в качестве защитного слоя пленку, ее требуется удалить при помощи пропановой горелки. Мастику можно наносить при температуре от -10 до $+40 \text{ }^\circ\text{C}$. При температуре ниже $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ мастику следует выдерживать в теплом (не ниже $+15 \text{ }^\circ\text{C}$) помещении в течение 24 ч.



Рис. 5.67. Монтаж теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола

В случае использования в качестве гидроизоляции ПВХ мембраны крепление пенополистирольных плит выполняют при помощи полиуретановых составов, методом бандажного крепления на ПВХ ленты либо иным методом, который будет обеспечивать надежную фиксацию теплоизоляции. При этом следует учесть, что совместное применение

ПВХ мембран и экструзионного пенополистирола осуществляется только через разделительный слой (геотекстильное полотно или стеклохолст).

В зоне цоколя (выше уровня грунта) теплоизоляционные плиты крепят на полимерцементный либо любой другой клей, обеспечивающий хорошую адгезию к основанию. В зоне цоколя обязательна установка фасадных дюбелей из расчета 4 дюбеля на плиту размером 600×1200 мм.



Рис. 5.68. Крепеж ТЕХНОНИКОЛЬ № 01, № 02

Для фиксации XPS плит к различным поверхностям, например битумному или битумно-полимерному гидроизоляционному покрытию, бетону, дереву и т.д., применяют специальный *крепеж ТЕХНОНИКОЛЬ № 01* или *№ 02* (рис. 5.68). Крепеж изготавливается из полиэтилена высокой плотности и представляет собой шип с зубцами для фиксации и плоскую площадку с приклеивающим слоем, который защищен легкосъемной силиконизированной пленкой. Расход крепежа составляет 4 шт./м².

При невозможности устройства теплоизоляции с наружной стороны конструкции допускается размещение ее с внутренней стороны. При этом обязательна проверка стен изолируемой конструкции на возможность накопления в ней конденсационной влаги. Теплоизоляция со стороны помещения может быть также приклеена к поверхности стены описанными выше способами либо закреплена механическим способом с последующим устройством отделочного покрытия.

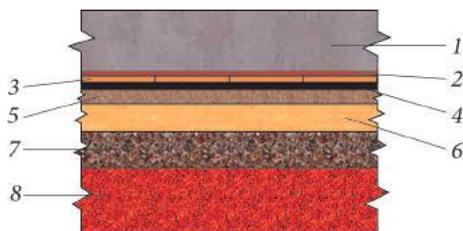


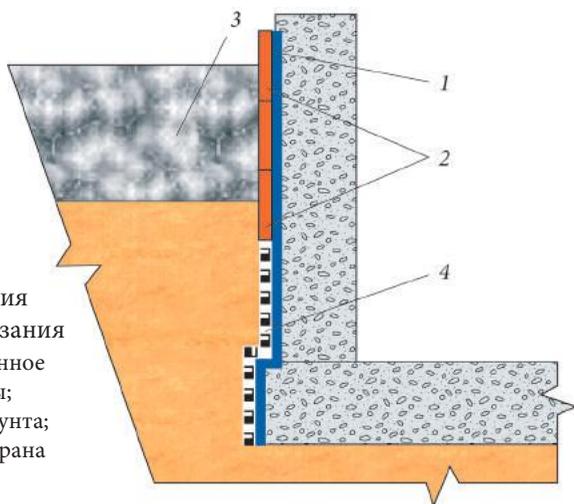
Рис. 5.69. Утепление фундаментной плиты: 1 — фундаментная плита; 2 — полиэтиленовая пленка; 3 — XPS плиты; 4 — гидроизоляционное полотно; 5 — бетонная подготовка; 6 — песчаная подготовка; 7 — гравийная отсыпка; 8 — местный грунт

При необходимости утепления фундаментной плиты (рис. 5.69) теплоизоляционные плиты укладываются на гидроизоляционное покрытие. При этом, если в качестве гидроизоляции применяются ПВХ мембраны (например *LOGICROOF T-SL*), то укладка теплоизоляционных плит осуществляется через разделительный слой (геотекстильное полотно или стеклохолст).

Если для армирования железобетонной монолитной фундаментной плиты или силового пола планируется применять вязаную арматуру, то плиты утеплителя достаточно защитить от жидких компонентов бетона полиэтиленовой пленкой толщиной 150—200 мкм, укладываемой в один слой. Если для арматурных работ планируется применение сварки, то поверх пленки необходимо выполнить защитную стяжку из низкомарочного бетона или цементно-песчаного раствора. Листы полиэтилена укладывают с перехлестом 100—150 мм на двухстороннем скотче.

Если глубина заложения сооружения находится ниже глубины промерзания грунта, то возможна комбинированная схема защиты гидроизоляционного покрытия: на глубину промерзания грунта укладываются XPS плиты, ниже — профилированные полимерные мембраны *PLANTER STANDARD* (описание см. в разделе 5.5.2 настоящего пособия) (рис. 5.70).

Рис. 5.70. Схема утепления подвала на глубину промерзания грунта: 1 — гидроизоляционное покрытие; 2 — XPS плиты; 3 — глубина промерзания грунта; 4 — профилированная мембрана *PLANTER STANDARD*



Плиты из экструзионного пенополистирола, обладая высокими прочностными характеристиками, помимо теплоизоляционной выполняют и функцию защиты гидроизоляционного покрытия от механических повреждений. Плиты *XPS CARBON DRAIN* с фрезерованными канавками на поверхности выполняют еще и третью функцию: совместно с геотекстильным полотном они успешно работают в качестве пристенного дренажа.

Теплоизоляция подземных частей зданий в конструкции полов холодильных камер, ледовых арен и т.д.

Здания холодильников с отрицательными температурами в помещениях, возводимые во всех строительном-климатических районах, за исключением зон распространения вечномёрзлых грунтов, должны проектироваться с учетом необходимости предотвращения промерзания грунтов, являющихся основанием фундаментов и полов. С этой целью применяют системы искусственного обогрева грунтов (электрообогрев, обогрев незамерзающей жидкостью), устройство проветриваемого подполья и другие системы защиты. Для увеличения эффективности

Таблица 5.25

Требуемая толщина теплоизоляционного слоя полов на обогреваемых грунтах

Температура воздуха в охлажденных помещениях, °С	Требуемая толщина, мм
-1	90
-10	110
-20	160
-30	190

Таблица 5.26

Требуемая толщина теплоизоляционного слоя над проветриваемыми подпольями

Среднегодовая температура наружного воздуха в районе строительства, °С	Требуемая толщина теплоизоляции перекрытий из XPS плит, мм, над проветриваемыми подпольями при температуре воздуха в более холодном помещении, °С				
	-30	-20	-10	-5	0° и не нормируется
3 и ниже	160	120	110	90	90
3—9	160	140	120	90	90
9 и выше	180	160	140	120	110

систем теплоизоляции грунтов применяют плиты из экструзионного пенополистирола. Требуемая толщина теплоизоляционного слоя в конструкции полов холодильных камер, ледовых арен и т.п. устанавливается на основании СП 109.13330.2012 (табл. 5.25 и 5.26).

5.5. Дренажные системы

Общие сведения

Для защиты подземных и заглубленных частей зданий и сооружений от подтопления подземными и поверхностными водами предусматривают дренажные системы (дренажи). Дренажи являются составной частью гидроизоляционных систем и представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для сбора и отвода грунтовых вод от сооружений. Устройство дренажей способствует также упрочнению основания, снижению фильтрационного давления на сооружения, защите оснований от размыва фильтрующейся водой.

Создание дренажных систем обязательно в следующих случаях:

- для эксплуатируемых помещений подземных частей зданий и сооружений, расположенных ниже расчетного уровня подземных вод, или при превышении уровня чистого пола подвального помещения над расчетным уровнем подземных вод менее чем на 500 мм;
- для эксплуатируемых помещений подземных частей зданий и сооружений, расположенных в глинистых и суглинистых грунтах, независимо от наличия подземных вод;
- для технических подполий, расположенных в глинистых и суглинистых грунтах, при их заглублении более чем на 1500 мм от поверхности земли независимо от наличия подземных вод;
- для любых конструкций, расположенных в зоне капиллярного увлажнения, когда условия их эксплуатации связаны с жестким температурно-влажностным режимом.

Проектирование дренажей выполняют на основании данных гидрогеологических изысканий конкретного объекта строительства.

В зависимости от расположения дренажа по отношению к водоупору он может быть совершенного или несовершенного типа.

Дренаж совершенного типа закладывают на водоупоре. Грунтовые воды поступают в дренаж сверху и с боков. В соответствии с этими ус-

ловиями дренаж совершенного типа должен иметь дренирующую обсыпку сверху и с боков (рис. 5.71).

Дренаж несовершенного типа закладывают выше водоупора. Грунтовые воды поступают в дренажи со всех сторон, поэтому дренирующая обсыпка должна выполняться замкнутой со всех сторон (рис. 5.72).

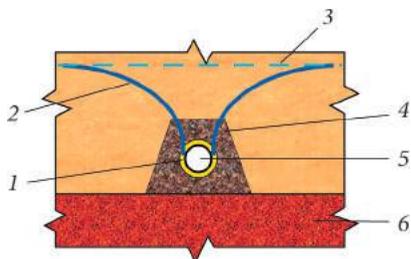


Рис. 5.71. Дренаж совершенного типа: 1 — фильтрующий элемент; 2 — кривая депрессии; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — дренажная засыпка; 5 — дренажная труба; 6 — водоупор

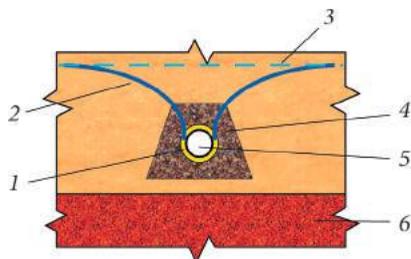


Рис. 5.72. Дренаж несовершенного типа: 1 — фильтрующий элемент; 2 — кривая депрессии; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — дренажная засыпка; 5 — дренажная труба; 6 — водоупор

Для уменьшения эффекта обводнения грунтов и поступления воды к подземным частям зданий и сооружений кроме устройства дренажей предусматривают нормативное уплотнение обратной засыпки котлованов и траншей и устройство отмосток у зданий шириной не менее 1 м с активным поперечным уклоном от зданий не менее 2 %.

5.5.1. Виды дренажных систем

Для защиты подземных частей зданий и сооружений от подтопления подземными водами применяют пристенные, пластовые и кольцевые дренажи (рис. 5.73).



Рис. 5.73. Виды дренажей: а — пристенный; б — пластовый; в — кольцевой

- *Пристенные дренажи* применяются для предотвращения подтопления сооружений, расположенных на водоупоре, препятствуя боковому притоку грунтовых вод со стороны, а также дренируя инфильтрационные воды, накапливающиеся в грунтах обратной засыпки фундаментных пазух, траншей и котлованов [7]. Дренажи состоят из вертикальных или наклонных дренажных конструкций (песчаных или песчано-гравийных отсыпок, плит из фильтрационных материалов, пластиковых профилированных мембран и др.) и трубчатых дрен, уложенных с наружной стороны сооружения и служащих одновременно собирающим и отводящим дренажные воды трубопроводом (рис. 5.74). Пристенный дренаж применяется как самостоятельно, так и совместно с другими видами дренажей. Глубина заложения водоприемных и отводящих элементов дренажей определяется заглублением защищаемых конструкций и гидравлическим расчетом и должна быть не менее глубины промерзания грунта.

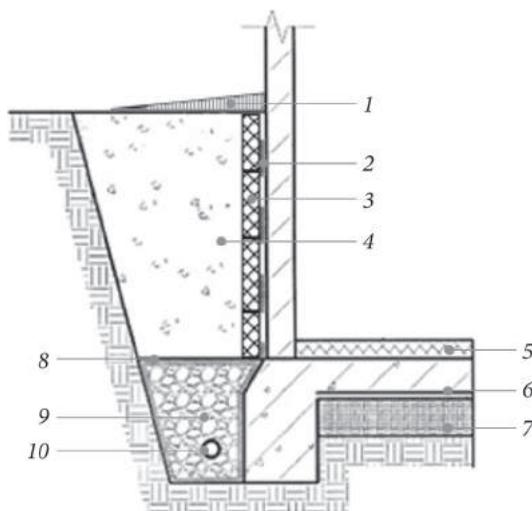


Рис. 5.74. Схема пристенного дренажа с применением дренажных плит:

- 1 — отмостка; 2 — гидроизоляция; 3 — дренажная плита; 4 — грунт обратной засыпки; 5 — пол подвала; 6 — разделительная полиэтиленовая пленка;
- 7 — бетонная подготовка; 8 — геотекстильное фильтрующее полотно;
- 9 — песчано-гравийная отсыпка; 10 — дренажная труба

- *Пластовые дренажи* применяются при строительстве подземных сооружений, возводимых на слабопроницаемых грунтах (с коэффициентом фильтрации $K_f \leq 5$ м/сут), а также при наличии под фундаментом

мощного водоносного пласта. Необходимость и возможность устройства пластового дренажа определяются гидрогеологическими условиями в районе строительства, конструктивной схемой подземной части сооружения, производством работ и эксплуатации, соответствующими расчетами. Пластовые дренажи устраивают для защиты подвальных помещений и сооружений, в которых по условиям эксплуатации не допускается появление сырости, при нахождении этих помещений в зоне капиллярного увлажнения грунтов. Пластовая дренажная система защищает сооружение как от подтопления подземными водами, так и от увлажнения капиллярной влагой из окружающего грунта. Пластовые дренажи выполняются в виде песчано-гравийных слоев или профилированных пластиковых мембран, уложенных в основании защищаемого сооружения непосредственно под фундаментной плитой, полами подземной части или в уровне фундаментов и имеющих уклон в одну из сторон внешнего контура сооружения. При этом пластовый дренаж должен быть гидравлически связан с трубчатой дренажной, расположенной с наружной стороны фундамента на некотором расстоянии от плоскости стены здания, как правило, по всему периметру защищаемого сооружения (рис. 5.75). Вода, отбираемая из фильтрующих слоев, отводится дренажными трубами, снабженными обратным фильтром, с уклоном в сторону водоприемника.

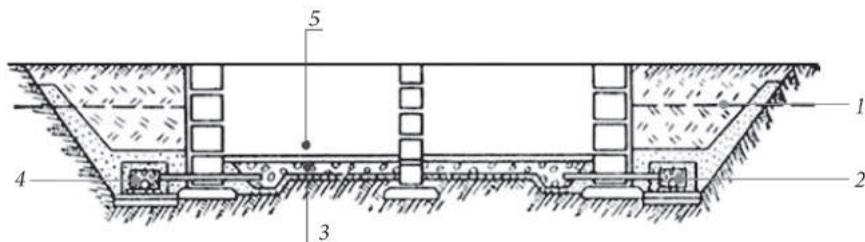


Рис. 5.75. Схема пластового дренажа: 1 — первоначальный уровень грунтовых вод; 2 — фильтрующая обсыпка; 3 — фильтрующая постель пластового дренажа; 4 — дренажная труба; 5 — уровень пола подвала

- *Кольцевой дренаж* (чаще всего это трубчатые дренажи) представляет собой сочетание дренажных труб, фильтров и системы дренажных колодцев. Кольцевой трубчатый дренаж располагается по контуру защищаемого здания или его участка (рис. 5.76). Действие кольцевого дренажа

жа основано на понижении уровня подземных вод внутри защищаемого контура.

В качестве дренажных труб применяют керамические, хризотилцементные, бетонные, железобетонные или пластиковые трубы, а также трубофильтры из пористого бетона или пористого полимербетона (рис. 5.77) [10].

В настоящее время пластиковые трубы получили наиболее широкое применение благодаря малому весу, легкости и удобству при транспортировке и монтаже, высокой коррозионной стойкости. Их изготавливают из полиэтилена низкого давления и поливинилхлорида с полной или частичной перфорацией (водопримными отверстиями) и для различных глубин заложения (обычно до 6 м). Между собой трубы соединяются с помощью соединительных муфт из идентичного материала. Поверхность труб может быть гладкой и гофрированной. Гофрированная поверхность повышает прочность трубы при сохранении ее гибкости, а также увеличивает водозахватную площадь дренажных отверстий [30].



Рис. 5.77. Дренажные трубы: а — хризотилцементные; б — пластиковые

Для защиты дренажных труб от засорения и заиливания используют специальные фильтры. Фильтры выполняются в виде *обсыток* из рыхлых материалов (песка, гравия, щебня, песчано-гравийной смеси) или *обертки* из волокнистых фильтрующих материалов (геотекстиля, кокосового волокна, минерального войлока, стеклоткани, соломы, и т.п.) (рис. 5.78, а, б).

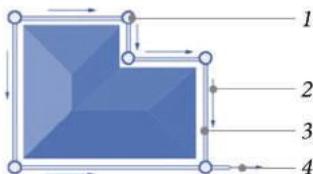


Рис. 5.76. Схема устройства кольцевого трубчатого дренажа: 1 — дренажный смотровой колодец; 2 — направление наклона дренажных труб; 3 — дренажные трубы; 4 — отвод воды из дренажной системы

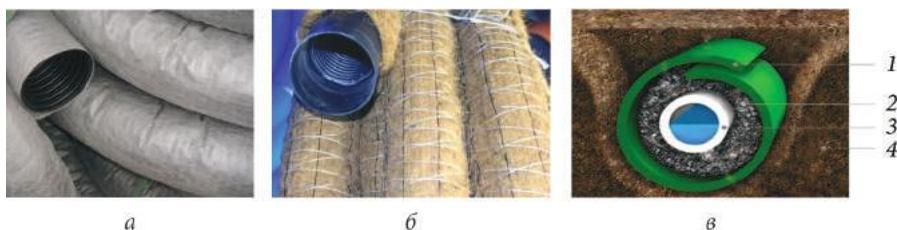


Рис. 5.78. Дренажные трубы с дренирующими обертками: *а* — дренажные трубы с оберткой из геотекстиля; *б* — дренажные трубы с оберткой из кокосового волокна; *в* — дренажная труба в гравийной обсыпке, обернутая геотекстильным полотном; 1 — геотекстиль; 2 — фильтрующая гравийная обсыпка; 3 — дренажная труба; 4 — грунт

Подбор состава дренирующих обсыпок производят в зависимости от типа фильтра и состава дренируемых грунтов. Дренирующие обсыпки могут быть одно- или двухслойными. При расположении дренажа в песках крупных и средней крупности (при среднем диаметре частиц от 0,3 мм и более) устраивают однослойные обсыпки из гравия, а при его отсутствии — из щебня. При расположении дренажа в песках с диаметром частиц менее 0,3 мм, а также в мелких и пылеватых песках, супесях и при слоистом строении водоносного пласта устраивают двухслойные обсыпки. Внутренний слой обсыпки устраивают из щебня, внешний — из песка. Толщина одного слоя дренирующей обсыпки должна быть не менее 150 мм.

Материалы для дренирующих обсыпок должны быть чистыми и не содержать более 5 % по массе частиц с диаметром менее 0,1 мм. Гравий или щебень, применяемые для устройства дренажей всех типов, должны быть только из плотных магматических горных пород, например гранита, базальта, габбро и т.п.

Содержание в грунтах глинистых и илистых частиц приводит к снижению фильтрующей способности дренажа, так как они забивают водоприемные отверстия в дренажных трубах и дренажных плитах пристенного дренажа.

Для обеспечения длительной и бесперебойной работы дренажей и для препятствия проникновению мелких и илистых частиц грунта в дренажную систему используют геотекстильные материалы. Эффективная работа геотекстильного фильтра достигается при следующих условиях: $d(90) < D(90)$, или $d(90) / D(90) < 1$, где $d(90)$ — эффективный раз-

мер пор геотекстиля, соответствующий диаметру зерен грунта, 90 % которого удерживается геотекстилем, мм; $D(90)$ — диаметр зерен грунта обратной засыпки, соответствующего 90 % их содержанию, мм. Применение геотекстильных материалов позволяет отказаться от песчаной обсыпки гравийного фильтра. В этом случае дренажная труба располагается в гравийной обсыпке, обернутой геотекстильным полотном (рис. 5.78, в).

Дренажные трубы укладывают в траншеи шириной не менее 0,5 м на песчано-гравийную или гравийную подготовку. Продольные уклоны дренажных труб принимают в зависимости от их диаметра: от 0,001 (при $d = 500$ мм) до 0,007 (при $d = 150$ мм) [30].

- *Смотровые колодцы* служат для проверки работы дренажной системы и проведения ее очистки. Дренажные смотровые колодцы устанавливают не реже чем через 50 м на прямолинейных участках дренажа, а также в местах поворотов, пересечений и изменения уклонов дренажных труб [10].

При устройстве дренажа в крупнозернистых породах, где нет опасения в засорении и заиливании дренажной системы, устраивается обыкновенный смотровой колодец (рис. 5.79, а). В илистых и мелкозернистых грунтах, которые могут загрязнять дренаж, смотровые колодцы делают с отстойником глубиной не менее 0,5 м (рис. 5.79, б). При больших уклонах местности и необходимости перехода дренажной линии с повышенной отметки к пониженной смотровые колодцы выполняются с перепадом (рис. 5.79, в).

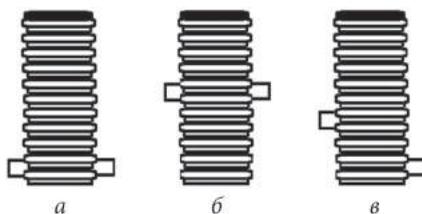


Рис. 5.79. Смотровые колодцы: а — обыкновенный; б — с отстойником; в — с перепадом

Смотровые колодцы выполняют из сборных железобетонных колец диаметром не менее 500 мм и бетонированными днищами или из гофрированного пластика с внутренним диаметром 350—400 мм (рис. 5.80).

Дренажные колодцы из пластика имеют ряд преимуществ перед железобетонными: малый вес, легкость и удобство транспортировки, простоту укладки, коррозионную стойкость. Благодаря ребрам жесткости они надежно закреплены в грунте.



Рис. 5.80. Смотровые колодцы: *а* — из сборных железобетонных колец; *б* — из пластика

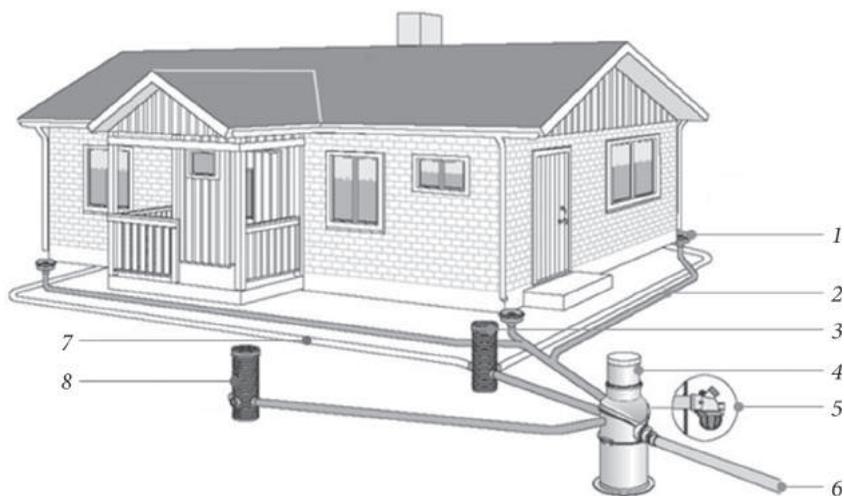


Рис. 5.81. Схема отвода воды от здания: *1* — воронка под водосточную трубу; *2* — ливневая канализация; *3* — дренажный колодец; *4* — коллекторный колодец; *5* — обратный клапан; *6* — сброс воды в грунт; *7* — кольцевой дренаж; *8* — колодец для дождевой воды

Мероприятия по отводу воды из дренажной системы разрабатывают и согласовывают на стадии подготовки проектной документации, и обычно отвод воды производят в водосточно-дождевую канализацию, водотоки, проточные водоемы (рис. 5.81). При невозможности выпуска воды из дренажа самотеком необходимо предусмотреть насосную станцию перекачки дренажных вод.

5.5.2. Профилированные мембраны *PLANTER*, применяемые для устройства пристенного и пластового дренажа

В настоящее время для устройства пристенного и пластового дренажа применяют *профилированные мембраны PLANTER* — одно- и двухслойные полотна. Основным слоем каждого вида мембран является полотно из полиэтилена высокой плотности (HDPE — high-density polyethylene) с отформованными округлыми выступами-шипами высотой 8 мм (рис. 5.82).

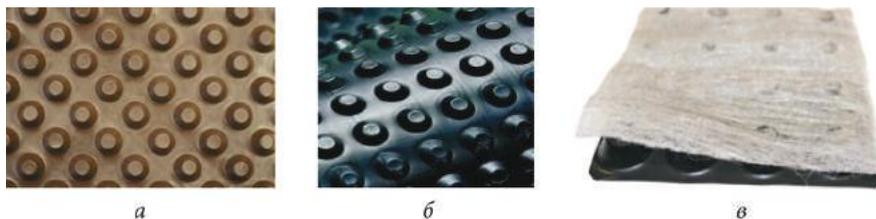


Рис. 5.82. Виды профилированной мембраны *PLANTER*: *PLANTER standard* (а); *PLANTER extra* (б); *PLANTER geo* (в)

- *PLANTER standard* — однослойное полотно, применяемое в качестве защиты гидроизоляции от внешних воздействий и механических повреждений, а также в качестве пластового дренажа фундаментной плиты.

- *PLANTER extra* — однослойное полотно, отличающееся от мембраны *PLANTER standard* более высокими прочностными характеристиками, которые позволяют значительно повысить степень защищенности гидроизоляции даже при глубоком заложении фундамента.

- *PLANTER geo* — двухслойное полотно с отформованными округлыми выступами высотой 8 мм и приклеенным к нему фильтрующим эле-

ментом из термоскрепленного геотекстиля. Геотекстиль обладает высоким начальным модулем упругости — это дает сопротивление давлению грунта без особых деформаций; кроме того, геотекстильное полотно защищает дренажную систему от заиливания благодаря структуре расположения волокон.

Основные физико-механические характеристики профилированных мембран *PLANTER standard*, *PLANTER extra*, *PLANTER geo* приведены в табл. 5.27.

Таблица 5.27

**Физико-механические характеристики профилированных мембран
PLANTER standard, *PLANTER extra*, *PLANTER geo***

Показатель	Значение показателя		
	Марки		
	<i>PLANTER standard</i>	<i>PLANTER extra</i>	<i>PLANTER geo</i>
Толщина полотна, мм	0,55	0,8	0,6
Высота выступа, мм	7,5	7,5	8,0
Масса 1 м ² , кг, не менее	0,55	0,8	0,6
Предел прочности при сжатии, кПа	280	550	350
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее вдоль рулона поперек рулона	280	450	420
	280	450	420
Сопротивление статическому продавливанию, кг, не менее	20		
Водопоглощение по массе, %	1		
Водонепроницаемость при давлении не менее 0,001 МПа в течение 24 ч	Отсутствие следов проникновения воды		
Температура применения, °С	-50/+80		
Изменение линейных размеров при 80 °С, %, не более вдоль рулона поперек рулона	2,0		
	2,0		
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	20	18	30

Фильтрационные и гидравлические характеристики профилированной мембраны *PLANTER geo* представлены в табл. 5.28.

Таблица 5.28

Фильтрационные и гидравлические характеристики профилированной мембраны *PLANTER geo*

Показатель	Значение показателя		
Коэффициент фильтрации, м/сут, при давлении, кПа:	$i = 0,1^*$	$i = 1,0$	$i = 5,0$
2,0	13780	914	204
20,0	7730	641	136
50,0	4404	105	31
100,0	1041	81	17
200,0	773	65	10
Водопроницаемость, л/(м ² с), при давлении, кПа:	$i = 0,1$	$i = 1,0$	$i = 5,0$
2,0	5,1	4,0	2,5
20,0	2,0	2,1	1,5
50,0	1,5	0,7	0,3
100,0	1,1	0,6	0,2
200,0	0,8	0,5	0,1

* i — градиент напора.

Правила монтажа профилированных мембран *PLANTER*

Монтаж профилированных мембран на вертикальные и наклонные конструкции может производиться как вертикальными, так и горизонтальными рядами. Профилированная мембрана *PLANTER standard* крепится поверх гидроизоляционного покрытия выступами к стене, что позволяет создать дополнительный страховочный зазор в 8 мм между грунтом и гидроизоляцией, равный высоте шипа мембраны. Благодаря образуемой воздушной прослойке осуществляется санация влажных стен и из полученного пространства легко удаляются пар и конденсат (рис. 5.83).

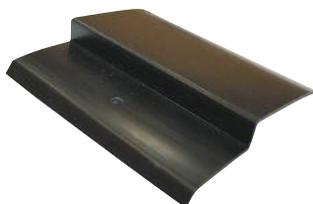


Рис. 5.83. Крепление профилированной мембраны *PLANTER standard* к основанию

Крепление профилированной мембраны к основанию осуществляется при помощи крепежа *ТЕХНОНИКОЛЬ № 01* (рис. 5.84, *а*). По верхнему краю полотно закрепляется с помощью краевых профилей (рис. 5.84, *б*).



а



б

Рис. 5.84. Крепление профилированной мембраны: *а* — с помощью крепежа № 01; *б* — с помощью краевого профиля

Профилированная мембрана *PLANTER geo*, используемая для устройства *пристенного дренажа*, укладывается геотекстильным слоем наружу (к направлению притока воды). Мембрана заводится на вертикальную поверхность выше уровня гидроизоляционного полотна на 200—300 мм и крепится по верхней кромке к вертикальной поверхности при помощи дюбель-гвоздей (рис. 5.85, *а*) с шагом 200—250 мм, после чего закрывается краевым профилем (рис. 5.85, *б*).

Листы мембраны соединяются между собой по длине и ширине внахлест по направлению движения воды с перекрытием не менее трех-четырёх рядов выступов (рис. 5.86).

Для более надежного соединения листов место их стыка промазывают клеящей мастикой либо самоклеящейся лентой. Соединение само-

клеящимися лентами может производиться по внутренней и по наружной сторонам мембраны. Нахлесты геотекстиля также проклеиваются между собой клеем или с помощью скотча.

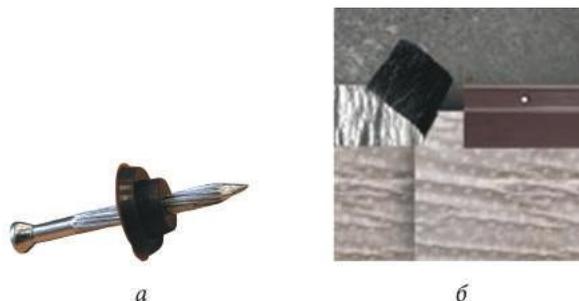


Рис. 5.85. Крепление профилированной мембраны *PLANTER geo*:
а — дюбель-гвоздь; б — крепление мембраны краевым профилем

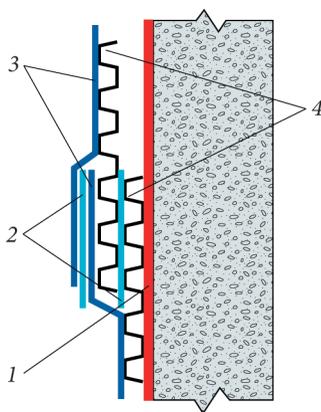


Рис. 5.86. Соединение двух листов профилированной мембраны *PLANTER geo*: 1 — профилированная мембрана *PLANTER geo*; 2 — клеящая мастика; 3 — геотекстиль; 4 — гидроизоляционное покрытие

Для предотвращения засорения внутреннего пространства дренажной системы свободные концы геотекстиля на крайних боковых и верхней гранях должны быть завернуты за полимерную мембрану или приклеены к изолируемой поверхности.

Внутренние и внешние углы вертикальных ограждающих конструкций подземных частей зданий и сооружений перекрываются целыми

рулонами дренажных мембран с таким расчетом, чтобы в обе стороны от угла приходилось по полосе шириной минимум 1 м (рис. 5.87).

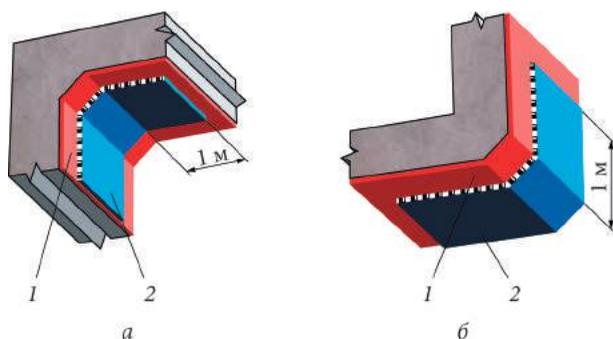


Рис. 5.87. Устройство пристенного дренажа: *а* — внутренний угол; *б* — внешний угол; 1 — гидроизоляционное покрытие; 2 — профилированная мембрана *PLANTER geo*

Для предотвращения засорения внутреннего пространства дренажной системы, выполненной с применением профилированных мембран, свободные концы геотекстиля на крайних боковых и верхней гранях должны быть завернуты за полимерную мембрану или приклеены к изолируемой поверхности.

Различные типы грунтов оказывают различное боковое давление на профилированную мембрану. Это приводит к ее сжатию, что, в свою очередь, снижает водопропускную способность мембраны. В табл. 5.29 приведена максимальная допустимая глубина заложения дренажной системы *PLANTER geo* в зависимости от типа грунта.

Таблица 5.29

Допустимые глубины заложения профилированной мембраны *PLANTER geo*

Тип грунта	Максимальная глубина, м	Тип грунта	Максимальная глубина, м
Крупный и средний песок	15	Супесь	8
Мелкий песок	12	Суглинок	6
Пылеватый песок	10	Глина	5

Профилированные мембраны *PLANTER standard*, применяемые в качестве пластового дренажа фундаментной плиты, укладываются шипами вниз на уплотненную выравнивающую бетонную подготовку толщиной не менее 50 мм (рис. 5.88).

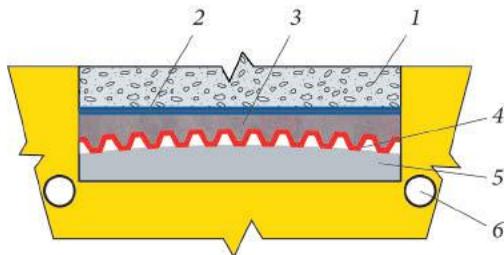


Рис. 5.88. Устройство пластового дренажа с применением профилированной мембраны *PLANTER standard*: 1 — фундаментная плита; 2 — гидроизоляция; 3 — выравнивающая стяжка; 4 — профилированная мембрана *PLANTER standard*; 5 — бетонная подготовка с разуклонкой; 6 — дренажные трубы

При проектировании пластового дренажа необходимо учитывать, что при бетонировании фундаментной плиты давление свежееуложенного бетона сжимает профилированную мембрану, что ведет к снижению ее водопропускной способности от 7 до 30 % (в зависимости от скорости бетонирования давление на мембрану может составлять от 0,03 до 1,5 МПа). Такая вертикальная нагрузка на пластовый дренаж возможна при бетонировании колонн высотой 4—5 м [30].

Для повышения долговечности дренажной системы дренажные трубы оборачивают геотекстильным полотном, которым отделяют от профилированной мембраны (длиной около 1 м), а обратную засыпку выполняют из фракционированного щебня и песка (рис. 5.89).

Для исключения обводнения грунтов территорий и поступления воды к зданиям и сооружениям, кроме устройства дренажей, необходимо предусматривать нормативное уплотнение грунта при засыпке котлованов и траншей, а также устройство отмосток у зданий шириной не менее 1 м с поперечным уклоном от зданий не менее 2 %.

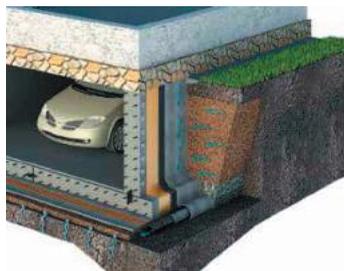


Рис. 5.89. Дренажная система подземного гаража

Защита гидроизоляционных покрытий с применением пластиковых профилированных мембран

Как уже указывалось выше, при укладке рулонной и обмазочной битумной, битумно-полимерной и полимерной гидроизоляции необходимо предусматривать защиту гидроизоляционного полотна от различных механических повреждений при обратной засыпке котлована (строительного мусора, крупных или смерзшихся включений и т.п.) (рис. 5.90).



Рис. 5.90. Обратная засыпка котлована смерзшимся грунтом



Рис. 5.91. Устройство защитной стенки из кирпича

При дальнейшей эксплуатации здания есть опасность осадки грунта обратной засыпки, прорастания корней деревьев сквозь гидроизоляцию. Для предотвращения нежелательных процессов разрушения гидроизоляционного покрытия используют различные методы ее защиты.

Обычно в качестве защиты гидроизоляционного полотна применяют следующие конструкции:

- плоский хризотилцементный лист толщиной 8 мм;
- кирпичную стенку толщиной в полкирпича (рис. 5.91);
- монолитную бетонную тонкую стенку и др.



Рис. 5.92. Защита гидроизоляции профилированной мембраной *PLANTER standard*

Эти способы считаются очень материалоемкими и трудоемкими. Альтернатив-

вой является применение профилированных мембран *PLANTER standard* (рис. 5.92).

Все локальные нагрузки, возникающие в грунте, равномерно распределяются по гладкой стороне профилированной мембраны. Мембрана способна воспринять на сжатие до 28 т/м^2 , что позволяет эффективно использовать ее до глубины $\sim 15 \text{ м}$. Кроме механической защиты профилированная мембрана защищает гидроизоляционное покрытие от воздействия УФ-излучения при долговременном строительстве, от воздействия химической агрессии, от прорастания корней.

Замена бетонной подготовки пластиковыми профилированными мембранами

С целью получения ровной жесткой поверхности, по которой будут проводиться последующие арматурные и опалубочные работы, по грунтовому основанию устраивают бетонную подготовку. Обычно она выполняется из низкомарочного бетона (класса В7,5) по уплотненному щебеночному или песчаному выравнивающему слою.

При низком уровне подземных вод (ниже дна котлована) отдельно стоящие подземные конструкции (фундаменты опор, каркасов зданий и т.п.), железобетонные полы, малозаглубленные фундаменты, небольшие монолитные железобетонные лотки, коллекторы и т.д. необходимо защищать только от капиллярной влаги. В этом случае можно отказаться от применения бетонной подготовки, а вместо нее использовать профилированную мембрану *PLANTER standard* (рис. 5.93).



Рис. 5.93. Замена бетонной подготовки профилированной мембраной *PLANTER standard*

Технология работ при замене бетонной подготовки на мембрану *PLANTER standard* включает следующие операции:

- откопку котлована на необходимую глубину с удалением грунтов, подверженных морозному пучению;
- выполнение хорошо уплотненной песчаной выравнивающей подготовки толщиной не менее 50 мм, позволяющей шипам мембраны зафиксироваться;

- укладку профилированной мембраны *PLANTER standard* шипами вниз (рис. 5.94);
- выполнение арматурных и опалубочных работ (рис. 5.95);
- бетонирование конструкции (рис. 5.96).



Рис. 5.94. Укладка профилированной мембраны по песчаной подготовке



Рис. 5.95. Вязка арматурного каркаса по профилированной мембране



Рис. 5.96. Бетонирование фундаментной плиты

При сборке элементов мембраны листы соединяются между собой по длине и ширине внахлест с перекрытием не менее четырех рядов шипов. Для соединения листов места их стыка промазывают клеящей мастикой либо самоклеящейся лентой. Торцевые рулоны профилированной мембраны крепятся между собой вразбежку с минимальным расстоянием 500 мм (рис. 5.97).



Рис. 5.97. Стыковка рулонов профилированной мембраны

При производстве работ по замене бетонной подготовки с применением профилированной мембраны необходимо выполнять следующие условия:

- арматуру нельзя сваривать — ее нужно только вязать;
- арматурные каркасы необходимо устанавливать на пластиковые закладные элементы;
- нижний защитный слой бетона до нижней арматуры должен быть не менее 25 мм.

Применение профилированных мембран создает оптимальные условия для твердения бетона, так как жидкая составляющая бетонной смеси не уходит в грунт. Шипованная поверхность мембраны придает ей необходимую жесткость, что позволяет укладывать непосредственно на нее арматурный каркас, устанавливать опалубку и бетонировать.

Эта технология позволяет защитить монолитные железобетонные конструкции и сооружения от капиллярной влаги, обеспечить высокие темпы производства работ (2000—3000 м²/смена), сократить период времени для устройства подготовки, существенно снизить трудоемкость работ.

5.6. Системы гидроизоляции фундаментов

Выбор оптимальной системы гидроизоляции фундаментов

На основании анализа характеристик различных видов грунтов и гидрогеологических условий, а также требований к проектированию и возведению фундаментов созданы системные решения фундаментов для типовых условий эксплуатации. Разработан специальный алгоритм,

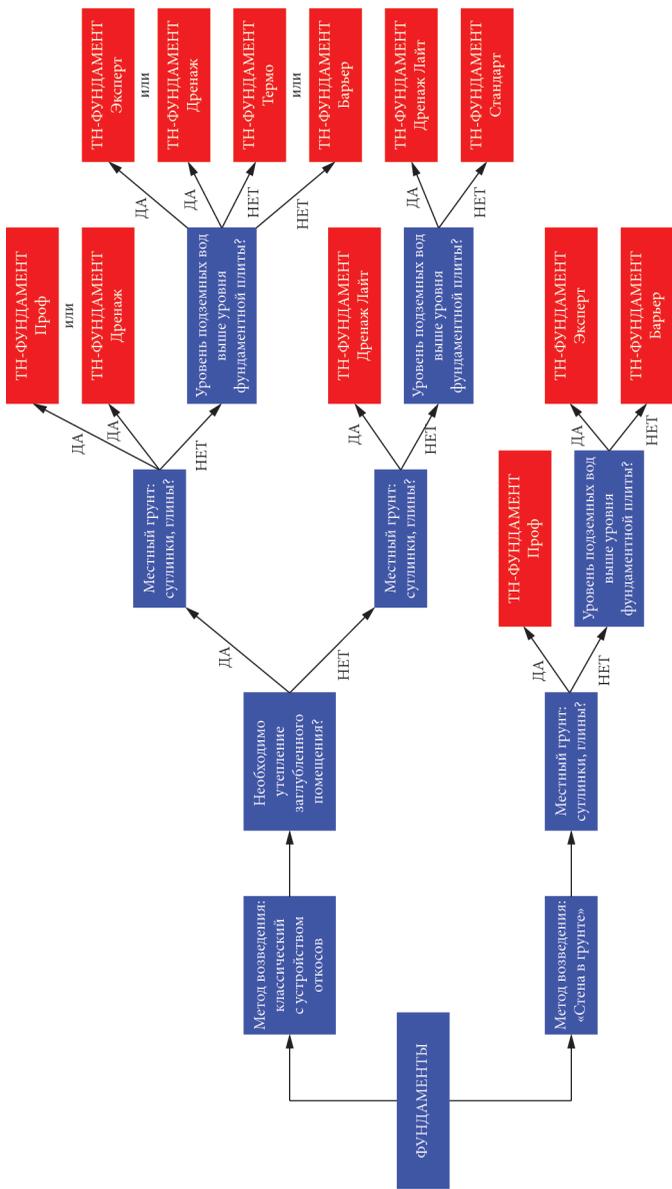


Рис. 5.98. Алгоритм выбора системы гидроизоляции фундаментов

согласно которому проектировщик (заказчик, производитель работ) сможет оценить правильность выбора той или иной гидроизоляционной системы, материалов и технологий применительно к конкретному объекту (рис. 5.98). Для облегчения принятия решения по выбору комплексной защиты заглубленных сооружений разработаны несколько вариантов завершенных гидроизоляционных систем.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Стандарт

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Стандарт* (рис. 5.99) применяется для защиты подземных сооружений с техническим этажом или неэксплуатируемых помещений в песчаных грунтах, с низким уровнем подземных вод (ниже уровня фундаментной плиты).

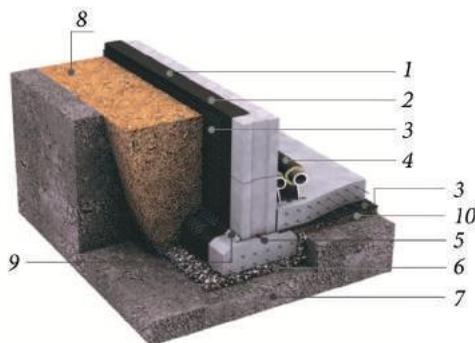


Рис. 5.99. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Стандарт*: 1 — гидроизоляционное покрытие; 2 — праймер; 3 — профилированная мембрана *PLANTER standard*; 4 — техническая изоляция систем отопления и водоснабжения; 5 — железобетонная конструкция фундамента; 6 — щебеночная подготовка; 7 — грунт основания; 8 — грунт обратной засыпки; 9 — переходной бортик (галтель); 10 — песчаная подготовка

Для устройства гидроизоляции в данной системе применяют:

- битумные и битумно-полимерные мастики, например *ТЕХНОНИКОЛЬ № 21, № 24, № 31, № 33, № 41*;
- рулонные битумно-полимерные наплавляемые материалы, например *Техноэласт ЭПП, Техноэласт ТЕРРА*;
- самоклеящийся битумно-полимерный материал *Техноэласт БАРЬЕР БО*.

В качестве альтернативы бетонной подготовке применяется пластиковая профилированная мембрана *PLANTER standard*, использование которой предотвращает возможность капиллярного увлажнения фундаментной плиты, а также позволяет ускорить производство работ. В случае устройства горизонтальной гидроизоляции по классической технологии с устройством бетонной подготовки гидроизоляционное покрытие выполняют из материала, аналогичного вертикальной гидроизоляции.

В качестве защиты гидроизоляционного полотна на стенах заглубленной части сооружения также используется профилированная мембрана *PLANTER standard*, которая предотвращает возможные механические повреждения при обратной засыпке и дополнительно защищает конструкцию фундамента от негативных внешних воздействий. Применение такой мембраны также позволяет предохранить гидроизоляционный слой от действия УФ-излучения, негативно воздействующего на битумные и битумно-полимерные материалы во время длительного периода монтажа.

Для дополнительной герметизации технологических и деформационных швов при возведении ограждающих конструкций из монолитного железобетона применяются гидрошпонки и набухающие шнуры.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Дренаж Лайт

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Дренаж Лайт* (рис. 5.100) применяется для защиты подземных сооружений с техническим этажом или неэксплуатируемых помещений в глинистых и суглинистых грунтах при глубине заложения фундамента более 1,5 м, вне зависимости от уровня подземных вод, а также в песчаных грунтах при уровне подземных вод выше уровня фундаментной плиты.

Для устройства гидроизоляционного покрытия в данной системе применяют:

- рулонный битумно-полимерный материал *Техноэласт ТЕРРА*, укладываемый методом сплошного наплавления или методом механической фиксации;
- рулонный битумно-полимерный наплавливаемый материал *Техноэласт ЭПП*, укладываемый в 2 слоя.

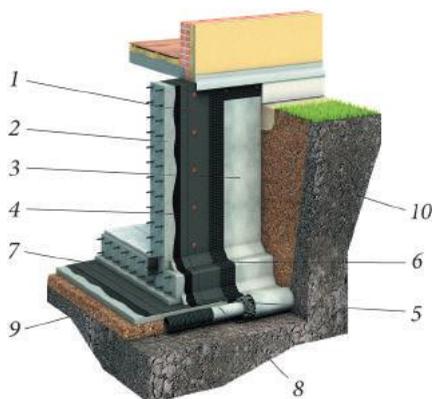


Рис. 5.100. Система TH-ФУНДАМЕНТ Дренаж Лайт:

- 1 — вертикальная гидроизоляция; 2 — железобетонная конструкция фундамента; 3 — профилированная мембрана *PLANTER geo*; 4 — праймер; 5 — переходной бортик (галтель); 6 — ПВХ гидрошпонка центральная; 7 — горизонтальная гидроизоляция; 8 — дренажная труба; 9 — щебеночная подготовка; 10 — грунт обратной засыпки

Для устройства пристенного дренажа применяется профилированная мембрана *PLANTER geo*. В грунтах, подверженных морозному пучению, необходимо дополнительно уложить скользящий слой из ПВХ пленки.

Пристенный дренаж выполняется совместно с трубчатыми дренами, которые располагаются, как правило, ниже подошвы фундаментной плиты и служат для приема и отвода подземных вод от сооружения в дренажную канализацию.

При низком уровне подземных вод (ниже уровня фундаментной плиты) в качестве альтернативы бетонной подготовке возможно использовать профилированную мембрану *PLANTER standard*.

При высоком уровне подземных вод необходимо устраивать горизонтальное гидроизоляционное покрытие по бетонной подготовке из того же материала, который применяется для создания вертикальной гидроизоляции. В данных условиях возможна организация пластового дренажа из материала *PLANTER standard*, который укладывается по бетонной подготовке с разуклонкой к дренажным трубам кольцевого дренажа. Поверх профилированной мембраны устраивается выравниваю-

щая стяжка, по которой укладывается горизонтальная гидроизоляция. Для дополнительной герметизации технологических и деформационных швов применяются гидрошпонки и набухающие шнуры.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Дренаж

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Дренаж* (рис. 5.101) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в глинистых и суглинистых грунтах независимо от уровня подземных вод, а также в песчаных грунтах при уровне подземных вод выше уровня фундаментной плиты. Рекомендуется также применять данную систему в конструкциях, расположенных в зоне капиллярного увлажнения, когда условия их эксплуатации связаны с жестким температурно-влажностным режимом.

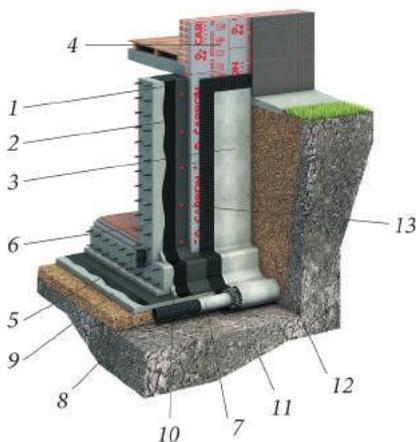


Рис. 5.101. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Дренаж*:
 1 — гидроизоляция; 2 — праймер; 3 — профилированная мембрана *PLANTER geo*; 4 — экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*; 5 — ПВХ гидрошпонка центральная; 6 — стена фундамента; 7 — дренажная труба; 8 — щебеночная подготовка; 9 — бетонная подготовка; 10 — переходной бортик (галтель); 11 — грунт основания; 12 — грунт обратной засыпки; 13 — крепеж для фиксации плит XPS и гидроизоляционной ПВХ мембраны

Для устройства гидроизоляции в данной системе рекомендуется использовать:

- битумные и битумно-полимерные мастики *ТехноНИКОЛЬ № 21, № 24, № 31, № 33, № 41*;
- рулонные битумно-полимерные наплавляемые материалы *Техноэласт ЭПП, Техноэласт ТЕРРА, Техноэласт Мост Б*;
- ПВХ мембрану *LOGICROOF T-SL*.

Для устройства пристенного дренажа применяется профилированная мембрана *PLANTER geo*. В грунтах, подверженных морозному пучению, необходимо дополнительно уложить скользящий слой из ПВХ пленки.

При низком уровне подземных вод (ниже уровня фундаментной плиты) в качестве альтернативы бетонной подготовке применяется профилированная мембрана *PLANTER standard*.

При высоком уровне подземных вод необходимо устраивать горизонтальную гидроизоляцию по бетонной подготовке, выполненную из того же материала, который применяется для создания вертикальной гидроизоляции. При данных условиях возможна организация пластового дренажа из материала *PLANTER standard*, который укладывается по бетонной подготовке с разуклонкой к дренажным трубам кольцевого дренажа. Поверх профилированной мембраны устраивается выравнивающая стяжка, по которой укладывается горизонтальная гидроизоляция.

Применение теплоизоляционного слоя в данной системе позволяет сократить тепловые потери и снизить расходы на отопление, предотвратить промерзание железобетонной стены и гидроизоляционного покрытия, что увеличивает долговечность всей гидроизоляционной системы. В качестве теплоизоляционного слоя рекомендуется использовать экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON*.

Также в данной системе можно применять теплоизоляционные плиты *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON DRAIN* с фрезерованными канавками. Данный материал совместно с геотекстильным фильтром, который наклеивается на плиты *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON DRAIN* непосредственно на строительной площадке, также успешно работает в качестве пристенного дренажа, одновременно обеспечивая теплоизоляцию заглубленного помещения.

Для дополнительной герметизации технологических и деформационных швов применяются гидрошпонки и набухающие шнуры.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Термо

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Термо* (рис. 5.102) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в песчаных грунтах, с низким уровнем подземных вод (ниже уровня фундаментной плиты). Дополнительно может быть использована горизонтальная теплоизоляция под отсыпкой из плит экструзионного пенополистирола.

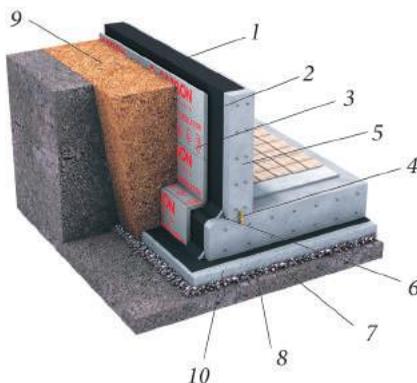


Рис. 5.102. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Термо*: 1 — гидроизоляция; 2 — праймер; 3 — экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*; 4 — ПВХ гидрошпонка; 5 — стена фундамента; 6 — переходной бортик (галтель); 7 — щебеночная подготовка; 8 — грунт основания; 9 — грунт обратной засыпки; 10 — бетонная подготовка

Для устройства гидроизоляции в данной системе рекомендуется использовать:

- рулонный битумно-полимерный материал *Техноэласт ТЕРРА*, который укладывается на горизонтальное основание свободно, без сплошного приклеивания и с механической фиксацией к вертикальной поверхности, или *Техноэласт ТЕРРА*, укладываемый методом наплавления;
- рулонный битумно-полимерный наплавливаемый материал *Техноэласт ЭПП*, укладываемый в 2 слоя;
- рулонный битумно-полимерный самоклеящийся материал *Техноэласт БАРЬЕР БО*.

В качестве теплоизоляционного слоя применяется экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON*.

Для дополнительной герметизации технологических и деформационных швов применяются гидрошпонки и набухающие шнуры.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер* (рис. 5.103) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в песчаных грунтах при отсутствии подземных вод или при наличии выраженного водоносного горизонта, залегающего значительно ниже уровня фундаментной плиты.

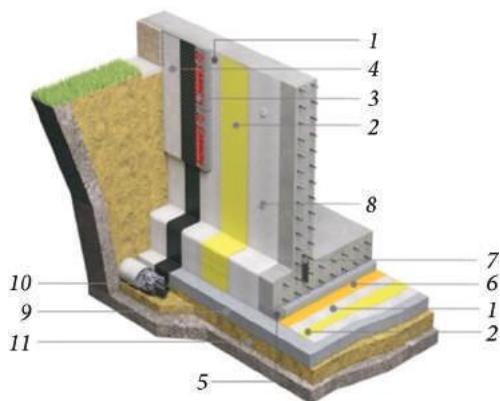


Рис. 5.103. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер*: 1 — геотекстиль иглопробивной плотностью 500 г/м²; 2 — ПВХ мембрана *LOGICBASE V-SL*; 3 — экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*; 4 — профилированная мембрана *PLANTER geo*; 5 — цементно-песчаная стяжка; 6 — пленка полиэтиленовая; 7 — ПВХ гидрошпонка *IC-240-2*; 8 — ПВХ рондель; 9 — бетонная подготовка; 10 — дренажная труба; 11 — грунт

В данной системе в качестве гидроизоляционного материала применяется двухслойная неармированная ПВХ мембрана *LOGICBASE V-SL*. Монтаж ПВХ мембраны на вертикальные поверхности осуществляется по предварительно уложенному геотекстилю. На горизонтальной плоскости гидроизоляционное покрытие защищено геотекстилем, полиэтиленовой пленкой и цементно-песчаной стяжкой для предотвра-

щения повреждений в процессе монтажа арматурного каркаса, на вертикальной — геотекстильным полотном, плитами из экструзионного пенополистирола и профилированной мембраной *PLANTER geo*.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Проф

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф* (рис. 5.104) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в глинистых и суглинистых грунтах при наличии подземных вод, расположенных на уровне либо выше уровня фундаментной плиты.

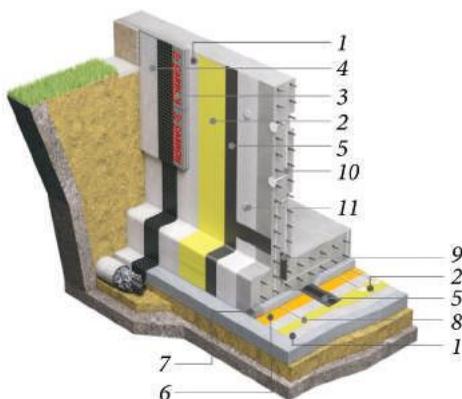


Рис. 5.104. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф*: 1 — геотекстиль иглопробивной плотностью 500 г/м²; 2 — ПВХ мембрана *LOGICBASE V-SL*; 3 — экструзионный пенополистирол *XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF*; 4 — дренажная мембрана *PLANTER geo*; 5 — ПВХ гидрошпонка *EC-220-3*; 6 — пленка полиэтиленовая; 7 — компенсатор из экструзионного пенополистирола; 8 — инъекционный штуцер; 9 — ПВХ гидрошпонка *IC-240-2*; 10 — инъекционные трубки; 11 — ПВХ рондель

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф* применяется при строительстве в открытом котловане. Монтаж на вертикальных поверхностях выполняется по готовым железобетонным конструкциям. В качестве гидроизоляционного материала применяется ПВХ мембрана *LOGICBASE V-SL* с сигнальным желтым слоем.

Особенность гидроизоляционной системы *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф* — зонирование гидроизоляционного поля шпонками и наличие

в ее составе ремонтной инъекционной системы. Ремонтная система состоит из инъекционных трубок и инъекционных штуцеров. Зонирование гидроизоляции необходимо для локализации протечек в случае их возникновения. Благодаря системе гидроизоляционных шпонок вода не может свободно перемещаться между гидроизоляцией и конструкцией, а остается в ограниченной гидрошпонками секции. Обнаружить и устранить такую протечку значительно проще, чем в отсутствие системы секционирования. При ремонте через инъекционную систему к поврежденному участку гидроизоляции подаются специальные ремонтные полимерные составы, которые заполняют секцию, полимеризуются и восстанавливают целостность гидроизоляции.

Для секционирования гидроизоляции обычно применяются профилированные ПВХ шпонки *ЕС-220-3*. В некоторых случаях для зонирования гидроизоляции по фундаментным стенам и плите покрытия применяется клеевая гидрошпонка *ТЕХНОНИКОЛЬ*.

Защита гидроизоляции от механических повреждений на горизонтальной поверхности обеспечивается иглопробивным геотекстилем плотностью 500 г/м^2 , полиэтиленовой пленкой толщиной 200 мкм и защитной цементно-песчаной стяжкой. На вертикальных поверхностях защитными слоями служат иглопробивной геотекстиль плотностью 500 г/м^2 и профилированное полотно *PLANTER standard* или *PLANTER geo*.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Эксперт

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Эксперт* (рис. 5.105) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в глинистых и суглинистых грунтах при наличии грунтовых вод, расположенных выше уровня фундаментной плиты.

В данной системе в качестве гидроизоляционного материала применяются неармированные ПВХ мембраны *LOGICBASE V-SL* и *LOGICBASE V-ST*. Так как система применяется в условиях водонасыщенных грунтов с высоким гидростатическим напором, в ней предусмотрено двухслойное гидроизоляционное покрытие с возможностью вакуумного контроля ее герметичности. Также в системе предусмотрено секционирование поверхности гидроизоляционного полотна на изолированные сегменты с обустройством ремонтно-инъекционной систе-

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер Стена в грунте

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер Стена в грунте (рис. 5.106) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в песчаных грунтах при отсутствии подземных вод.

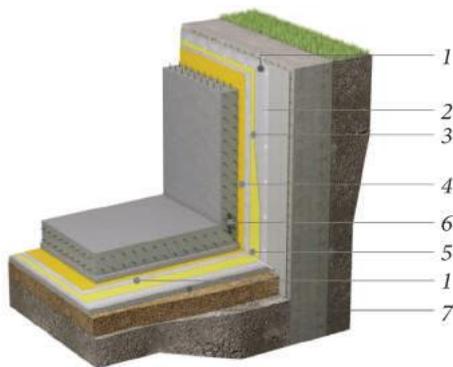


Рис. 5.106. Система ТН-ФУНДАМЕНТ Барьер Стена в грунте:

- 1 — геотекстиль иглопробивной плотностью 500 г/м²; 2 — ПВХ рондель;
- 3 — гидроизоляционная мембрана LOGICBASE V-SL;
- 4 — пленка полиэтиленовая; 5 — слой усиления из мембраны LOGICBASE V-SL;
- 6 — ПВХ гидрошпонка IC-240-2; 7 — бетонная подготовка

В данной системе в качестве гидроизоляционного материала применяется двухслойная неармированная мембрана LOGICBASE V-SL. Гидроизоляционная мембрана монтируется перед возведением несущей конструкции по ограждению котлована типа «стена в грунте» на вертикали и по бетонной подготовке на горизонтали. Для подготовки основания ограждающей конструкции в системе предусмотрена выравнивающая штукатурка цементно-песчаным раствором с последующей укладкой геотекстиля. На горизонтальной плоскости гидроизоляционная мембрана защищается геотекстилем, полиэтиленовой пленкой и цементно-песчаной стяжкой для предотвращения повреждений в процессе монтажа арматурного каркаса. На вертикальной плоскости мембрана защищается геотекстильным полотном и полиэтиленовой пленкой толщиной не менее 0,2 мм, которая предотвращает контакт геотекстиля с известковым молочком.

Так как система применяется в песчаных грунтах, в которых отсутствуют подземные воды или имеется один выраженный водоносный

горизонт, залегающий значительно ниже уровня фундаментной плиты, в ней не предусмотрены возможность восстановления гидроизоляции и разделение поверхности мембраны на изолированные секторы.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Проф Стена в грунте

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф Стена в грунте* (рис. 5.107) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в глинистых и суглинистых грунтах при наличии подземных вод, расположенных на уровне либо выше уровня фундаментной плиты.

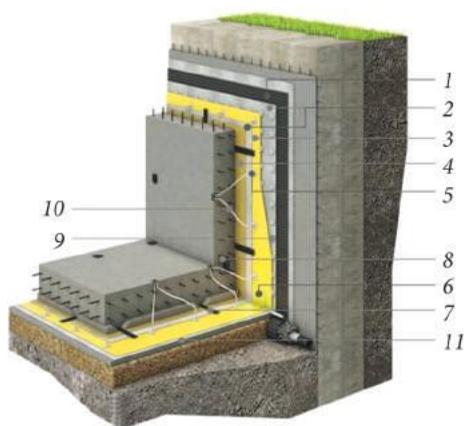


Рис. 5.107. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Проф Стена в грунте*:
1 — профилированная мембрана *PLANTER geo*; 2 — геотекстиль иглопробивной плотностью 500 г/м²; 3 — гидроизоляционная мембрана *LOGICBASE V-SL*;
4 — пленка полиэтиленовая; 5 — инъекционный штуцер; 6 — слой усиления из мембраны *LOGICBASE V-SL*; 7 — гидрошпонка *EC-220-3*;
8 — гидрошпонка *IC-240-2*; 9 — ПБХ рондель;
10 — инъекционные трубки; 11 — бетонная подготовка

В данной системе гидроизоляция выполняется из ПБХ мембраны *LOGICBASE V-SL* с последующим делением на карты при помощи ПБХ гидрошпонок. Это позволяет создать ремонтпригодную систему повышенной степени надежности: при повреждении гидроизоляционной мембраны влага локализуется в пределах одной карты.

В дальнейшем, при обнаружении протечки, через специальную систему инъекционных штуцеров и пакеров, установленных на поверх-

ности гидроизоляционного полотна, в поврежденные карты закачиваются герметизирующие составы.

Односторонние ПВХ гидрошпонки привариваются горячим воздухом на поверхность ПВХ мембраны и замоноличиваются в железобетонной фундаментной конструкции.

Разделительное геотекстильное полотно дополнительно защищается полиэтиленовой пленкой толщиной не менее 0,2 мм, которая предотвращает смещение и разрыв геотекстиля при укладке бетона и не допускает проникновения в него жидких компонентов бетонной смеси.

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Эксперт Стена в грунте

Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Эксперт Стена в грунте* (рис. 5.108) применяется для защиты подземных сооружений с эксплуатируемыми или жилыми помещениями в глинистых и суглинистых грунтах при наличии грунтовых вод, расположенных выше уровня фундаментной плиты.

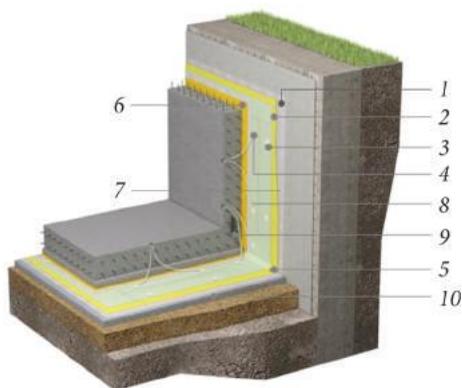


Рис. 5.108. Система *ТН-ФУНДАМЕНТ Эксперт Стена в грунте*:
1 — геотекстиль иглопробивной плотностью 500 г/м^2 ; 2 — гидроизоляционная мембрана *LOGICBASE V-SL*; 3 — гидроизоляционная мембрана *LOGICBASE V-ST*;
4 — инъекционный штуцер; 5 — слой усиления из мембраны *LOGICBASE V-SL*;
6 — пленка полиэтиленовая; 7 — ПВХ рондель; 8 — инъекционные трубки;
9 — гидрошпонка *IC-240-2*; 10 — бетонная подготовка

В данной системе в качестве гидроизоляционного материала используются неармированные ПВХ мембраны *LOGICBASE V-SL* и *LOGICBASE V-ST*. Так как система применяется в условиях водонасыщенных грунтов

с высоким гидростатическим напором, в ней предусмотрено двухслойное гидроизоляционное покрытие с возможностью вакуумного контроля его герметичности. Также в системе предусмотрено секционирование поверхности гидроизоляционной мембраны на изолированные сегменты с обустройством ремонтно-инъекционной системы. Это позволяет локализовать воду в пределах одного сегмента в случае повреждения обоих слоев гидроизоляционного покрытия и осуществить ремонт путем инъектирования в пространство между двумя слоями мембран смеси на основе полиуретана, акрилатных полимеров или безусадочного водонепроницаемого раствора на основе портландцемента. Ремонтный состав легко распределяется по всему пространству карты между двумя слоями и восстанавливает герметичность гидроизоляции.

В системе предусмотрено устройство разделительного слоя из геотекстиля между гидроизоляционной мембраной и бетонным основанием. Геотекстиль выполняет функции защитного материала, предохраняющего гидроизоляционное полотно от контакта с основанием и механического повреждения во время производства общестроительных работ, а также обеспечивает скольжение гидроизоляционной мембраны в случае деформации прилегающих бетонных конструкций.

5.7. Системы изоляции малозаглубленных фундаментов

Общие положения

К *малозаглубленным* относятся фундаменты с глубиной заложения подошвы выше расчетной глубины сезонного промерзания грунта [19]. Как правило, такие фундаменты применяются в малоэтажном строительстве. В отличие от остальных типов фундаментов их сооружение не требует значительных затрат, что вызывает экономию основного строительства в среднем на 15—20 %. Кроме того, малозаглубленные фундаменты можно возводить на различных грунтах.

Для России характерны следующие грунтовые условия:

- каменистые и скалистые грунты, которые не подвержены влиянию влаги, не промерзают и не изменяют своих свойств в нормальных погодных условиях;

- хрящеватые грунты, представляющие собой смесь песка и глины с щебнем и мелким камнем; они плохо размываются водой и достаточно надежны для возведения малозаглубленных ленточных фундаментов;
- песчаные грунты — слабопромерзаемые на незначительную глубину (50—100 см) грунты, которые обладают высокой скоростью фильтрации воды, хорошо уплотняются и трамбуются; являются хорошим основанием для малозаглубленных фундаментов;
- глинистые грунты, содержащие более 30 % глинистых частиц (размером менее 0,005 мм); при большом количестве влаги глинистые грунты быстро разжижаются, размываются, глубоко промерзают и вспучиваются; глубина промерзания достигает 150 см и более;
- суглинки и супеси, представляющие собой смесь песка и глины: суглинки содержат 10—30 % глинистых частиц, супеси — 3—10 %;
- торфяные грунты, образовавшиеся в результате осушения болот; обладают высоким (до 600 %) водопоглощением.

Особую опасность при возведении оснований малозаглубленных фундаментов представляет наличие пучинистых грунтов. К пучинистым относятся пески и пылеватые супеси, суглинки и глины, а также крупнообломочные грунты с содержанием в виде заполнителя частиц размером менее 0,1 мм в количестве более 30 % по весу, промерзающие в увлажненном состоянии. Эти грунты имеют свойство увеличиваться в объеме при промерзании.

Увеличение объема водонасыщенного грунта при промерзании называют *морозным пучением*. Изменение объема грунта может вызвать повреждения фундаментов и надземных конструкций.

При устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах с целью уменьшения глубины промерзания грунта рекомендуется устройство теплоизоляционной защиты.

5.7.1. Теплоизоляционная защита малозаглубленных фундаментов

Для обеспечения теплоизоляционной защиты малозаглубленных фундаментов предусматривают устройство вертикальной и горизонтальной теплоизоляции. В качестве утеплителя применяют плиты из экструзионного пенополистирола.

Вертикальная теплоизоляция заключается в размещении XPS плит вертикально по внешнему периметру поверхности фундамента и цоколя отапливаемого здания.

Горизонтальная теплоизоляция предполагает размещение XPS плит горизонтально в отапливаемых зданиях по их наружному периметру на уровне заложения подошвы фундаментов, в неотапливаемых зданиях и отдельно стоящих колоннах — под подошвой фундаментов, выходя за периметр здания или отдельно стоящего фундамента.

Теплоизолированный малозаглубленный фундамент, или *теплоизолированный фундамент мелкого заложения (ТФМЗ)*, — фундамент на естественном основании (столбчатый, ленточный, фундаментная плита), подошва которого находится в слое сезонного промерзания, а сам фундамент защищен от выпучивания с помощью плит из экструзионного пенополистирола.

Теплоизоляционной «юбкой» для неотапливаемых зданий и отдельно стоящих опор называют часть горизонтальной изоляции, выходящую за контур здания или контур фундамента опоры, для отапливаемых зданий — горизонтальную теплоизоляцию за контуром здания, расположенную на глубине заложения подошвы фундамента и граничащую с вертикальной изоляцией [23].

В качестве ТФМЗ используются фундаменты на грунтовой подушке, подошва которых закладывается на глубину 0,4 м в отапливаемых зданиях и 0,3 м — в неотапливаемых зданиях и под отдельно стоящие опоры. Размеры фундамента определяют расчетом согласно СП 22.13330.2011 [14].

Во избежание «выпучивания» фундаментов (т.е. совместного перемещения подземной и заглубленной конструкции с мерзлым грунтом) при сезонном промерзании грунта ТФМЗ включают в себя специальным образом уложенную теплоизоляцию из XPS плит, позволяющую уменьшить глубину сезонного промерзания под подошвой фундамента и удержать границу промерзания в слое непучинистого грунта (в грунтовой подушке), устраиваемого в отапливаемых зданиях непосредственно под подошвой фундаментов толщиной H , в неотапливаемых зданиях и отдельно стоящих опорах — под слоем теплоизоляции, на который опирается сам фундамент. Во избежание деформаций фундамента от действия касательных сил пучения пазухи котлованов засыпаются непучинистым грунтом.

В качестве материала для устройства грунтовой подушки может быть использован песок гравелистый, крупный и средней крупности, а также мелкий щебень. В случае необходимости увеличения несущей способности основания целесообразно применять песчано-щебеночную подушку, состоящую из смеси песка крупного, средней крупности (40 %), щебня или гравия (60 %).

Устройство подушек и засыпку пазух и траншей следует выполнять с послойным трамбованием или уплотнением площадочными вибраторами. При применении щебеночных подушек для предохранения XPS плит от продавливания применяют выравнивающий слой песка, превышающий по толщине фракцию щебня в 2 раза.

Для защиты грунтов основания от обводнения поверхностными и грунтовыми водами по периметру здания по песчаной подготовке толщиной 5 см на ширину теплоизоляционной юбки устраивается асфальтовая или бетонная отмостка толщиной 2—3 см. Отмостка выполняется с уклоном от здания 3 %. Кроме того, в грунтовой подушке вблизи ее подошвы по всему периметру теплоизоляционной юбки устраивается рубчатый дренаж с выпуском в ливневую канализацию.

В *отапливаемых зданиях* XPS плиты толщиной δ_y укладываются вертикально по внешней поверхности фундамента и цоколя здания на высоту не менее 1,0 м от подошвы фундамента и горизонтально за контуром здания на глубине заложения подошвы фундамента на ширину D_h , с образованием теплоизоляционной юбки толщиной δ_h по всему наружному периметру фундамента (кроме углов) и толщиной δ_c на углах и длиной участков L_c по углам здания. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий приведена на рис. 5.109.

В зависимости от среднегодовой температуры наружного воздуха и глубины сезонного промерзания грунта принимают: $\delta_y = 9—16$ см; $D_h = 0,3—1,8$ м; $\delta_h = 1,8—13$ см; $\delta_c = 2,5—20$ см; $L_c = 1,2—3,5$ м [24].

В *неотапливаемых зданиях* (зданиях с температурой воздуха в помещениях зимой, равной или ниже +5 °С) утеплитель укладывается только горизонтально под подошвой фундамента в пределах всего здания и изоляционной юбки, которая выступает за контур здания на ширину D_h (1—3 м). Толщина слоя теплоизоляции принимается постоянной и равной δ_h (3,5—37 см). Схема укладки теплоизоляции в фундаментах неотапливаемых зданий приведена на рис. 5.110.

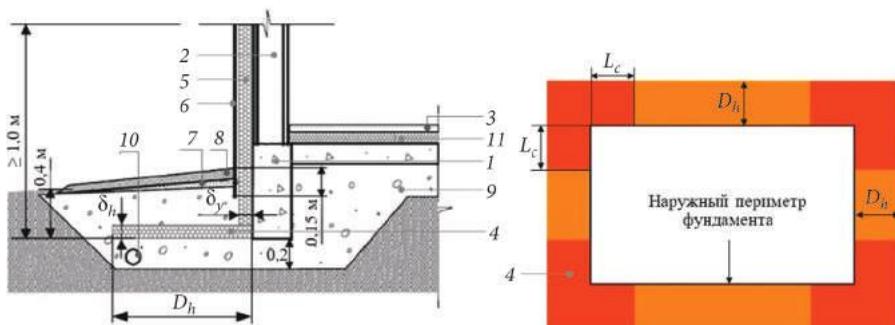


Рис. 5.109. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий: 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания; 4 — горизонтальная теплоизоляция (XPS плиты); 5 — вертикальная теплоизоляция (XPS плиты); 6 — защитное покрытие; 7 — песчаная подготовка под отмостку; 8 — асфальтовая или бетонная отмостка; 9 — непучинистый грунт; 10 — дренаж; 11 — теплоизоляция пола

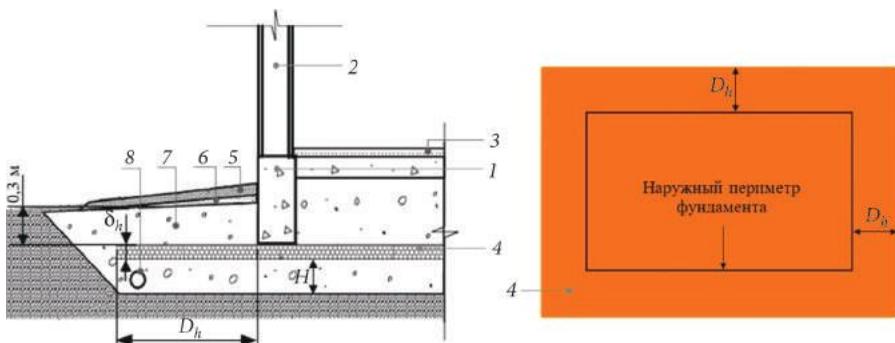


Рис. 5.110. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах неотапливаемых зданий: 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания; 4 — горизонтальная теплоизоляция (XPS плиты); 5 — асфальтовая или бетонная отмостка; 6 — песчаная подготовка под отмостку; 7 — непучинистый грунт; 8 — дренаж

На рис. 5.111 представлена схема укладки теплоизоляции в фундаментах зданий с переменным режимом эксплуатации (отапливаемое — неотапливаемое).

Под *отдельно стоящей* или *ленточной опорой* XPS плиты укладываются горизонтально непосредственно под подошвой фундамента, выступая за его контуры на ширину D_h (1—3 м), и имеют толщину δ_h (3,5—37 см) (рис. 5.112, 5.113).

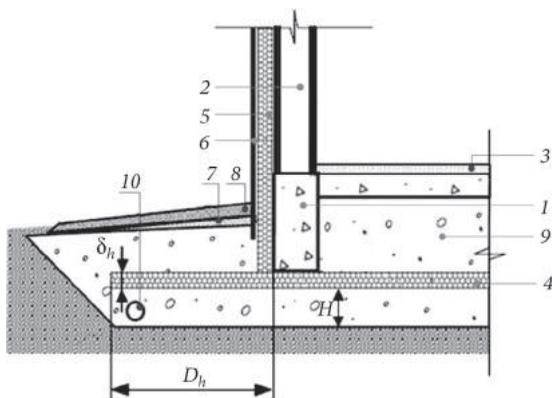


Рис. 5.111. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах зданий с переменным режимом эксплуатации: 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания; 4 — горизонтальная теплоизоляция (XPS плиты); 5 — вертикальная теплоизоляция (XPS плиты); 6 — защитный слой; 7 — песчаная подготовка под отмостку; 8 — асфальтовая или бетонная отмостка; 9 — непучинистый грунт; 10 — дренаж

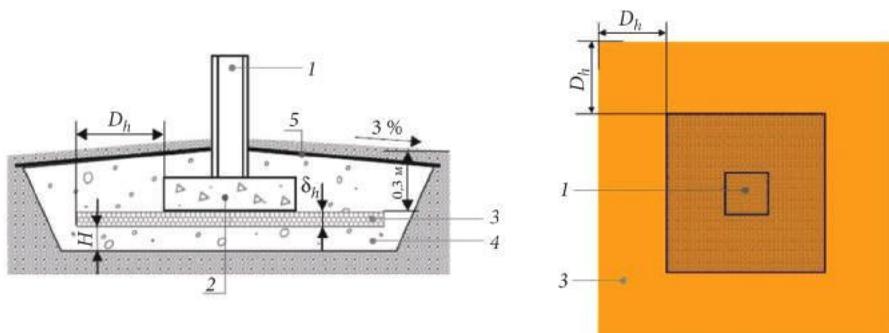


Рис. 5.112. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах отдельно стоящих опор: 1 — опора; 2 — фундамент; 3 — теплоизоляционный слой из XPS плит; 4 — песчано-гравийная смесь; 5 — водоупорный слой

Если у отапливаемых зданий имеются холодные пристройки, например террасы, крыльца, то теплоизоляционной юбке придается форма, показанная на рис. 5.114, а ширина юбки увеличивается на ширину пристройки. При этом ее параметры D_h и δ_h принимаются как для неотапливаемого здания.

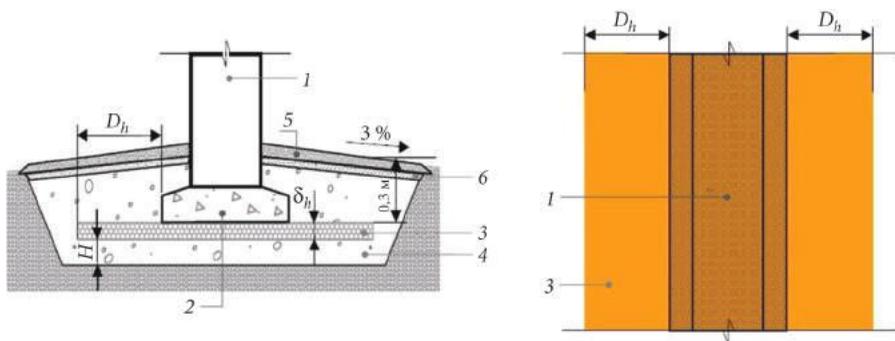


Рис. 5.113. Схема укладки теплоизоляции при устройстве ленточной опоры:
 1 — ленточная опора; 2 — фундамент; 3 — теплоизоляционный слой из XPS плит;
 4 — песчано-гравийная смесь; 5 — отсыпка; 6 — песчаная подготовка под отсыпку

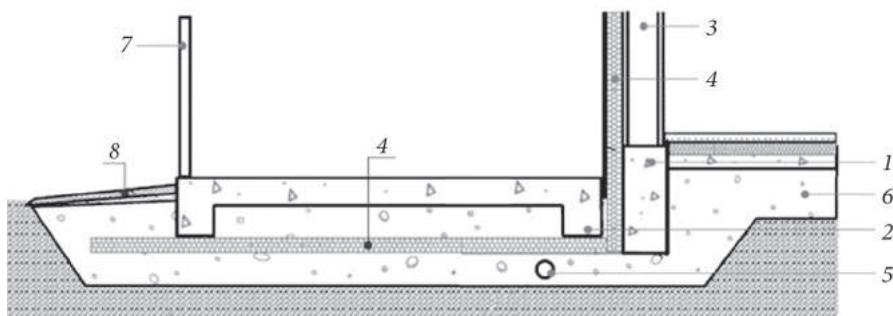


Рис. 5.114. Сопряжение отапливаемого здания с холодной пристройкой:
 1 — фундамент существующего здания; 2 — фундамент пристройки; 3 — стена существующего отапливаемого здания; 4 — теплоизоляционный слой из XPS плит;
 5 — дренаж; 6 — песчано-гравийная смесь; 7 — стена пристройки; 8 — отсыпка

Для защиты вертикальной изоляции от механических повреждений, атмосферных воздействий, УФ-излучения и обеспечения долговечности конструкции устанавливают светонепроницаемое и стойкое к атмосферным воздействиям защитное покрытие, например хризотилцементные листы. Защитное покрытие заглубляется в грунт на 15 см.

Для защиты горизонтальной теплоизоляционной юбки от механических повреждений также предусматривают специальные покрытия, которые могут быть изготовлены на основе цементно-волокнистых плит

либо других материалов, предназначенных для использования в грунте. Защитный слой располагается на верхней поверхности теплоизоляционных XPS плит [24].

5.7.2. Малозаглубленный фундамент «Утепленная шведская плита»

Малозаглубленный фундамент «Утепленная шведская плита» (УШП) представляет собой монолитный железобетонный теплоизолированный малозаглубленный фундамент, объединяющий в один конструктивный элемент собственно фундамент, пол 1-го этажа (либо пол по грунту), инженерные коммуникации и систему отопления 1-го этажа (рис. 5.115).



Рис. 5.115. Малозаглубленный фундамент «Утепленная шведская плита»:
1 — XPS плиты ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP; 2 — бетонная конструкция фундамента; 3 — арматура; 4 — система водяного обогрева пола; 5 — гравийная обсыпка; 6 — песчано-гравийная подготовка; 7 — геотекстиль; 8 — грунт основания; 9 — дренажная труба; 10 — профилированная мембрана PLANTER

Поскольку фундамент УШП представляет собой плоскую конструкцию, то давление на грунт распределено равномерно, а дополнительные перекрестные ребра жесткости создают конструкцию, достаточно устойчивую к знакопеременным нагрузкам, возникающим при замораживании, оттаивании и просадке грунта. Благодаря этому УШП может применяться на любом типе оснований: пучинистых, песчаных, супесчаных, суглинистых, глинистых, водонасыщенных и слабонесущих грунтах [24].

Морозоустойчивость УШП достигается за счет устройства теплоизоляции, которая состоит из XPS плит, расположенных в один слой вертикально по периметру фундамента и нескольких слоев в основании.

Применение экструзионного пенополистирола марки *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP* в конструкции УШП исключает промерзание почвы под фундаментом, и железобетонная плита с сетью инженерных коммуникаций находится в оптимальном тепло-влажностном режиме, что позволяет использовать данную конструкцию в районах сурового климата и с распространением вечной мерзлоты.

Экструзионный пенополистирол долговечен, обладает высокой прочностью на сжатие. Важно отметить, что именно высокая прочность на сжатие при 2%-ной линейной деформации является основной характеристикой XPS (вместо стандартной прочности при 10%-ной линейной деформации), поскольку именно при 2%-ной деформации возможно определить наименьшую осадку. Кроме того, экструзионный пенополистирол не гниет, не впитывает влагу, в отличие от гранулированного пенополистирола (ПСБ, ПСБ-С) устойчив к грызунам. Основные физико-механические характеристики экструзионного пенополистирола марки *ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP* приведены в табл. 5.30.

Таблица 5.30

**Физико-механические характеристики пенополистирола
*ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP***

Показатель	Значение показателя
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, кПа, не менее	400
Прочность на сжатие при 2%-ной линейной деформации, кПа, не менее	200
Теплопроводность при (25±5)°С, Вт/(м·°С), не более	0,029
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А» и «Б», Вт/(м·°С), не более	0,034
Группа горючести	Г4
Водопоглощение, %, не более	0,2
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,011
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	1,45

Таблица 5.30 (окончание)

Показатель	Значение показателя
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,30
Плотность, кг/м ³ , не менее	26—32
Температура эксплуатации, °С	-70...+75
Размеры: длина×ширина×толщина, мм	2360×580×100

Области применения системы «Утепленная шведская плита»

УШП рекомендуется применять:

- для зданий высотой 1—2,5 этажа;
- с бетонными стенами в несъемной опалубке, деревянными, брусочными, кирпичными и любыми другими типами стен коттеджного и малоэтажного строительства;
- с перекрытиями из железобетонных плит, монолитными, по деревянным балкам.

При проектировании зданий по технологии УШП необходимо провести расчет прочности грунтов и конструкции фундамента.

Преимущества системы УШП по сравнению с другими видами малозаглубленных фундаментов

1. Система объединяет несколько конструктивных элементов разного функционального назначения: конструкцию фундамента и пола первого этажа, а также уменьшает количество необходимых строительных операций, сокращая сроки строительства.

2. Плиты из экструзионного пенополистирола, укладываемые в основание фундамента, выполняют двойную функцию: утепляют грунт под плитой и полы внутри помещения. При этом утепление грунта под плитой исключает морозное пучение, а утепление пола препятствует проникновению холода в помещение.

3. Закладываемые в плиту трубы теплого пола превращают ее в отопительный прибор. В доме с удельными теплотерями не более 70—100 Вт/м² такой теплый пол способен стать основным источником отопления, исключая необходимость установки радиаторов отопле-

ния, при условии проведения теплового расчета дома и проекта теплых полов на его основе.

4. Система имеет относительно небольшую толщину железобетонной плиты основания, так как высокопрочный экструзионный пенополистирол, кроме выполнения функции утепления, тоже включается в работу по передаче и распределению нагрузки на грунт, становясь частью несущей конструкции, а также позволяет исключить устройство бетонной подготовки.

5. Экструзионный пенополистирол обладает низким водопоглощением, что позволяет исключить капиллярное поднятие воды.

6. Бетон такого фундамента работает в более мягких условиях, по сравнению с традиционными фундаментами, следовательно, действие разрушающих факторов на плиту значительно снижается. Это позволяет более эффективно использовать толщину бетона, снижая защитный слой с 70 мм для фундаментов без бетонной подготовки до 20—25 мм и увеличивая эффективное сечение сжатой зоны без увеличения толщины плиты и ребер.

Технология производства работ по возведению ТФМЗ

Основной принцип конструирования малозаглубленных фундаментов зданий с несущими стенами на пучинистых грунтах заключается в том, что ленточные фундаменты всех стен здания объединяются в единую систему и образуют достаточно жесткую горизонтальную раму, перераспределяющую неравномерные деформации основания.

При устройстве ТФМЗ следует руководствоваться требованиями СП 48.13330.2011 [18], а также соблюдать требования нормативных документов по организации строительного производства, геодезическим работам, технике безопасности, правилам пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ и охране окружающей среды.

Устройству ТФМЗ должны предшествовать следующие *подготовительные работы*:

- вырубка кустарника и корчевка пней;
- осушение площадки путем устройства водоотводных и нагорных канав, кюветов, лотков и т.п. с отводом воды в пониженные места; устройство подъездных путей и ЛЭП;

- строительство инженерных сетей до колодцев ввода и заглубленных конструкций, предусмотренных проектом.

При производстве работ по устройству ТФМЗ необходимо избегать избыточного водонасыщения грунтов в основании фундаментов, предохранять их от промерзания в период строительства.

Возведение ТФМЗ начинают с устройства котлована, размер которого по дну принимается не менее чем размеры в плане горизонтальной изоляции, а в отапливаемых зданиях — плюс ширина фундамента. Для отапливаемых зданий котлован устраивается на глубину 0,6 м, для неотапливаемых зданий и под отдельно стоящими опорами — на глубину сезонного промерзания непучинистого грунта. Крутизна откосов котлована принимается 1:1.

В готовый котлован до уровня подошвы фундаментов в отапливаемых зданиях и подошвы теплоизоляции в неотапливаемых зданиях и под отдельно стоящими опорами слоями отсыпается непучинистый грунт, который послойно уплотняется до плотности скелета грунта не менее 1600 кг/м³. При этом толщина слоя назначается в зависимости от применяемых для уплотнения механизмов. В грунтовой подушке устраивается трубчатый дренаж.

На поверхность грунтовой подушки укладываются XPS плиты и устанавливаются фундаменты отапливаемых зданий. В неотапливаемых зданиях и под отдельно стоящими опорами фундаменты устанавливаются непосредственно на поверхность XPS плиты.

При производстве фундаментных работ следует руководствоваться нормативными документами на производство бетонных и железобетонных работ, а также местным опытом строительства. После монтажа сборных фундаментов или устройства монолитного фундамента производят обратную засыпку пазух котлована непучинистым грунтом с его тщательным уплотнением. Затем осуществляется окончательная планировка площадки вокруг дома с обеспечением стока воды от здания [23].

Вариант устройства системы «Утепленная шведская плита с применением геотекстиля»

Устройство УШП с применением геотекстиля осуществляют в следующей последовательности:

- снимают верхний слой грунта на площади, немного большей, чем будущий фундамент, и глубиной не менее 40 см;

- укладывают геотекстиль, который служит препятствием к проникновению выравнивающего слоя (песка) в основной грунт;
- засыпают выравнивающий слой песка (толщиной около 10 см);
- по периметру укладывают кольцевой дренаж с колодцами;
- производят обратную засыпку котлована песком с послойным уплотнением;
- укладывают канализационные трубы;
- засыпают, выравнивают и утрамбовывают гравий (щебень) (толщиной 10—15 см);
- выравнивают основание тонким слоем песка;
- укладывают бортовые элементы по периметру будущего фундамента дома;
- раскладывают в 2 слоя XPS плиты (общей толщиной 20 см);
- монтируют на специальные подставки-фиксаторы (4—5 шт/м²) арматуру диаметром 10—12 мм;
- укладывают трубы для системы обогрева полов, подключают к коллектору, закачивают в них теплоноситель и опрессовывают под давлением;
- заливают бетонную плиту толщиной 10 см с бетонными усилениями под несущими стенами, выравнивают.

Библиографический список к части 5

1. ВСН 31—83 «Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений».
2. ГОСТ 26633—2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия».
3. ГОСТ 31357—2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия».
4. МДС 12-30.2006 «Методические рекомендации по нормам, правилам и приемам выполнения отделочных работ».
5. МДС 12-34.2007 «Гидроизоляционные работы».
6. МДС 31-11.2007 «Устройство полов».
7. Пособие к СНиП 2.06.15—85 «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях».
8. Рекомендации по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений. М. : ЦНИИпромзданий, 1996.

9. Серия 1.010-1 Выпуск 0-3. Типовые строительные конструкции. Металлическая гидроизоляция и листовая гидроизоляция из полимерных материалов. Материалы для проектирования.
10. СНиП 2.06.15—85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления».
11. СНиП 3.04.01—87 «Изоляционные и отделочные покрытия».
12. СНиП 3.04.03—85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии».
13. СНиП 23-01—99 «Строительная климатология».
14. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01—83*.
15. СП 23-101—2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
16. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии». Актуализированная редакция СНиП 2.03.11—85.
17. СП 32-105—2004 «Метрополитены».
18. СП 48.13330.2011 «Организация строительства». Актуализированная редакция СНиП 12-01—2004.
19. СП 50-101—2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений».
20. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02—2003.
21. СП 52-101—2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры».
22. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Актуализированная редакция СНиП 52-01—2003.
23. СТО 36554501-012—2008 «Применение теплоизоляции из плит полистирольных вспененных экструзионных ПЕНОПЛЭКС при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах».
24. СТО 72746455-4.2.1—2013 «Мелкозаглубленные плитные фундаменты. Проектирование и устройство мелкозаглубленных плитных фундаментов типа “Утепленная шведская плита”».
25. СТО 72746455-4.2.2—2014 «Системы изоляции фундаментов. Материалы для проектирования и правила монтажа».
26. СТО-ГК «Трансстрой»-017—2007 «Бетонные и железобетонные конструкции транспортных сооружений. Защита от коррозии».

27. ТУ 5743-073-46854090—98 «Модификатор бетона МБ-01. Технические условия».

28. *Конюхов Д.С.* Использование подземного пространства / Д.С. Конюхов. М. : Архитектура, 2004. С. 9—201.

29. *Румянцев Б.М.* Системы изоляции строительных конструкций : учебное пособие / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков. М. : МГСУ, 2013. 671 с.

30. *Шилин А.А.* Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте : учебное пособие / А.А. Шилин, М.В. Зайцев, И.А. Золотарев, О.Б. Ляпидевская. Тверь : Русская торговая марка, 2003. 399 с.

Учебное издание

**Румянцев Борис Михайлович, Ляпидевская Ольга Борисовна,
Жуков Алексей Дмитриевич**

СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Редактор *Т.Н. Донина*
Корректор *В.К. Чупрова*
Компьютерная правка и верстка *О.Г. Горюновой*
Дизайн обложки *Д.Л. Разумного*

Подписано в печать 16.12.2016. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 18,1.

Издательство МИСИ — МГСУ.
129337, Москва, Ярославское ш., 26, к. 8.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

Барабанщиков Юрий Германович,

доктор технических наук, профессор кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого:

«...Заслуживает внимания, что акцент в учебном пособии сделан на материалы отечественных производителей и на разработки отечественных фирм и проектных организаций. Следует отметить, что в пособии предложены комплексные решения изоляции кровель, фасадов, фундаментов с применением материалов разных производителей...».

Латыпов Валерий Марказович,

академик РАН, заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, почетный работник высшего образования Российской Федерации, профессор кафедры строительных конструкций Уфимского государственного нефтяного технического университета:

«...Создание данного учебного пособия является актуальным, так как в нем содержится современная информация о состоянии производства изоляционных материалов и о строительных системах. Пособие характеризуется методической целостностью. В каждой части приводится анализ особенностей эксплуатации конструкции, основные проектные решения строительных систем, а также рекомендации по их монтажу...».

ISBN 978-5-7264-1420-1



9 785726 414201