



Санкт-Петербург

2013

**Утепление фундаментов энергоэффективным
пенополистиролом KNAUF Therm®**

Данное пособие адресовано преподавателям при обучении, повышении квалификации ИТР строительных специальностей (промышленно-гражданское строительство — ПГС) в вузах и колледжах, а также специалистам, в том числе профессиональным рабочим, выполняющим работы по утеплению зданий и сооружений.

Оглавление

1. Введение. Современное состояние и перспективы развития энергоэффективного строительства	5
2. Основные функции фундаментов, в том числе малоэтажных зданий	9
3. Типы фундаментов	13
4. Требования строительной физики к фундаментам малоэтажных зданий с учетом требований по энергосбережению	17
5. Виды энергоэффективных пенополистирольных утеплителей, применяемых при устройстве фундаментов. Основные свойства пенополистирола	24
6. Технология применения пенополистирольных плит KNAUF Therm® при утеплении фундаментов	28
7. Контроль качества фундаментных работ	37
8. Заключение	37
Контрольные вопросы к методическому пособию по курсу «Утепление фундаментов энергоэффективным пенополистиролом KNAUF Therm®	39
Литература	40

Курс рассчитан на 15 учебных часов, 10 из них — теоретические занятия и 5 — практические, в учебных мастерских или непосредственно на строительной площадке.

Наименование раздела	Кол-во учебных часов
1. Теоретический курс	10
1.1. Введение. Современное состояние и перспективы энергоэффективного строительства	0,5
1.2. Основные функции фундаментов, в том числе малоэтажных зданий. Типы и категории фундаментов	2,5
1.3. Требования строительной физики к фундаментам малоэтажных зданий с учетом требований по энергосбережению	1,0
1.4. Основные материалы, применяемые при утеплении фундаментов пенополистиролом как самым эффективным материалом для утепления фундаментов. Основные свойства пенополистирола	1,2
1.5. Технология применения пенополистирола KNAUF Therm® при утеплении различных фундаментов (ленточных, столбчатых, плиточных) малоэтажных зданий	2,5
1.6. Контроль качества	0,5
1.7. Обслуживание и ремонт теплоизоляции из пенополистирола фундаментов малоэтажных зданий	
2. Практические занятия	5
2.1. Транспортировка и хранение плит пенополистирола KNAUF Therm®	1,0
2.2. Резка плит пенополистирола	0,5
2.3. Монтаж плит пенополистирола (приклейка, дюбелирование) при утеплении фундаментов малоэтажных зданий. Применяемые материалы, инструменты, оборудование. Контроль качества	3,5

1. Введение

Современное состояние и перспективы энергоэффективного строительства

Практически все страны мира, а особенно высокоразвитые, столкнулись с проблемой дефицита энергоносителей и постоянным ростом их стоимости, что повлияло на темпы роста валового внутреннего продукта (ВВП), обуславливающего благосостояние жителей конкретных стран. Эта же проблема явилась одной из причин экономического кризиса 2008 года и нынешней нестабильности экономик стран мира. Чтобы уменьшить зависимость национальных экономик от мировых цен на энергоносители, большинство развитых стран мира начали реализацию национальных программ повышения энергоэффективности народных хозяйств. Известно, что в развитых странах потребление энергии распределяется в среднем между тремя основными потребителями примерно в равных пропорциях: промышленность, транспорт, жилье. Начались активные поиски и использование альтернативных источников энергии: солнца, ветра, гео-, гидро-, био- и др. Но основными источниками, прежде всего тепловой энергии, остаются нефть, газ и уголь. Ресурсов этих видов энергии по мере роста их потребления становится все меньше, а цены на них поднимаются все выше. Несмотря на то что Россия обладает собственными большими запасами нефти, газа и угля, ее развитие значительно сдерживается низкой эффективностью потребления этих ресурсов. В промышленности на единицу продукции мы затрачиваем энергии в 3–5 раз больше развитых стран; в транспортной сфере большие расстояния, отсутствие современных дорог и средств передвижения также требуют больших затрат энергии на перевозку 1 т груза на 1 км, чем в других странах;

в жилой фонд в основном составляют здания с более чем 40-летним сроком эксплуатации, которые, как, например, пятиэтажки, обладают низким термическим сопротивлением ограждающих конструкций («топят улицу») и являются очень энергозатратными.

Немного истории

В начале XX века в крупных российских городах — Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и других — также возник энергетический кризис в жилом фонде. Лес вокруг городов был вырублен на дрова, а перевозка дров — основного источника тепловой энергии в жилье — на большие расстояния резко увеличило их цену. Поэтому в то время в городах начали строить дома со стенами из кирпича толщиной около 1 м и тройным остеклением окон. И уже тогда при отсутствии утеплителей в виде пенопластов и минеральной ваты начали применять для фасадного утепления пробку. Первый удар энергетического кризиса Европа ощутила в 1969–70-х годах во время первой Арабо-израильской войны, когда танкеры, перевозившие нефть, лишились возможности использовать Суэцкий канал и вынуждены были плыть в Европу вокруг Африки. Цена на нефть резко поднялась. В Германии реакцией на это было первое законом утвержденное ограничение потребления тепловой энергии в жилье (рис. 1). Были разработаны нормы на потребление тепла (около 230 кВт/м²). Перерасход потребления энергии выше этой величины резко увеличивал цену за отопление жилья. В дальнейшем, по мере роста мировых цен на энергоносители, происходило ужесточение нормативов на потребление тепла. Одновременно

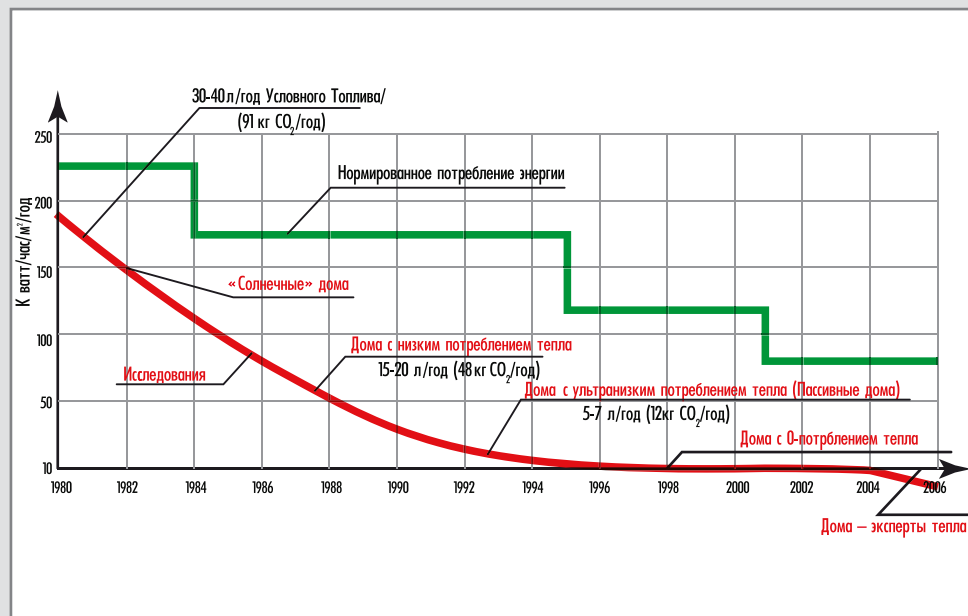


Рис. 1. Ужесточение нормативов потребления тепла в жилищном секторе Германии и развитие научных исследований

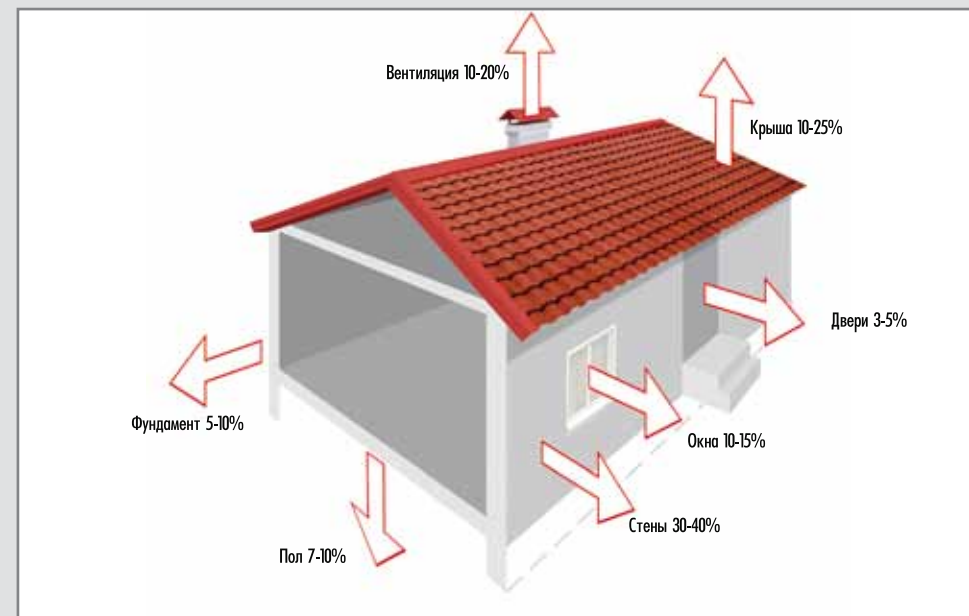


Рис. 2. Потери тепла в малоэтажных зданиях

начался процесс научных исследований по разработке энергоэффективных способов отопления и кондиционирования. (Кстати, затраты энергии на кондиционирование примерно в три раза выше, чем на отопление.) Были разработаны методы активного и пассивного энергосбережения.

Активное энергосбережение — это управление микроклиматом в помещениях с использованием различных автоматических устройств и применением альтернативных источников энергоснабжения.

Пассивное энергосбережение — это увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций — стен, кровли, фундаментов, светопрозрачных конструкций, дверей и др.

В настоящий момент в Европе уже широко применяется строительство так называемых 3-литровых и 5-литровых малоэтажных жилых зданий с потреблением 3 или 5 литров условного топлива за год

на 1 м². Их называют *пассивные дома*. Уже есть экспериментальные дома с нулевым энергопотреблением и даже жилые дома, которые потребляют энергии меньше, чем сами производят.

Пока это дорогостоящие эксперименты, но цены на топливо постоянно растут!

В России проблема энергосбережения в жилье нашла отражение в принятии ряда законов и постановлений Правительства РФ:

- Федеральный закон № 28-ФЗ «Об энергосбережении» от 3 апреля 1996 г.
- Постановление Правительства РФ № 588 «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России» от 15 июня 1998 г.
- Энергетическая стратегия России на период до 2020 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ № 1234-р от 28 августа 2003 г.
- Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбе-

режении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г.

Эти и другие нормативы направлены, прежде всего, на сокращение энергопотребления в жилых многоквартирных домах.

Поскольку темой настоящего методического пособия является утепление фундаментов, а это в первую очередь относится к малоэтажным зданиям, рассмотрим подробнее, каким образом происходят там потери тепловой энергии:

- стены — 30–40 %;
- крыша — 10–25 %;
- окна — 10–15 %;
- фундаменты — 10–20 %;
- вентиляция — 10–20 %.

Цифры представлены в определенном диапазоне,

так как точные цифры могут быть отнесены только к конкретному дому. Например, в многоэтажном здании относительные потери тепла через крышу и фундамент будут меньше, так как отопление площади крыши и фундамента к жилой площади дома будет меньше. Так и окна — если относительная площадь остекления на 1 м² жилья будет меньше, то и потери тепла будут меньше.

С этих позиций важно учесть потери тепла через фундамент, прежде всего для малоэтажных жилых зданий, где относительные потери тепла через фундамент будут наибольшие и составят около 20 % всех потерь или в некоторых случаях больше (рис. 2). Особенно следует подчеркнуть, что утепление фундамента малоэтажных зданий, построенных на слабых грунтах, положительно скажется и на прочности дома вследствие уменьшения площади промерзания грунта под домом (рис. 2а).

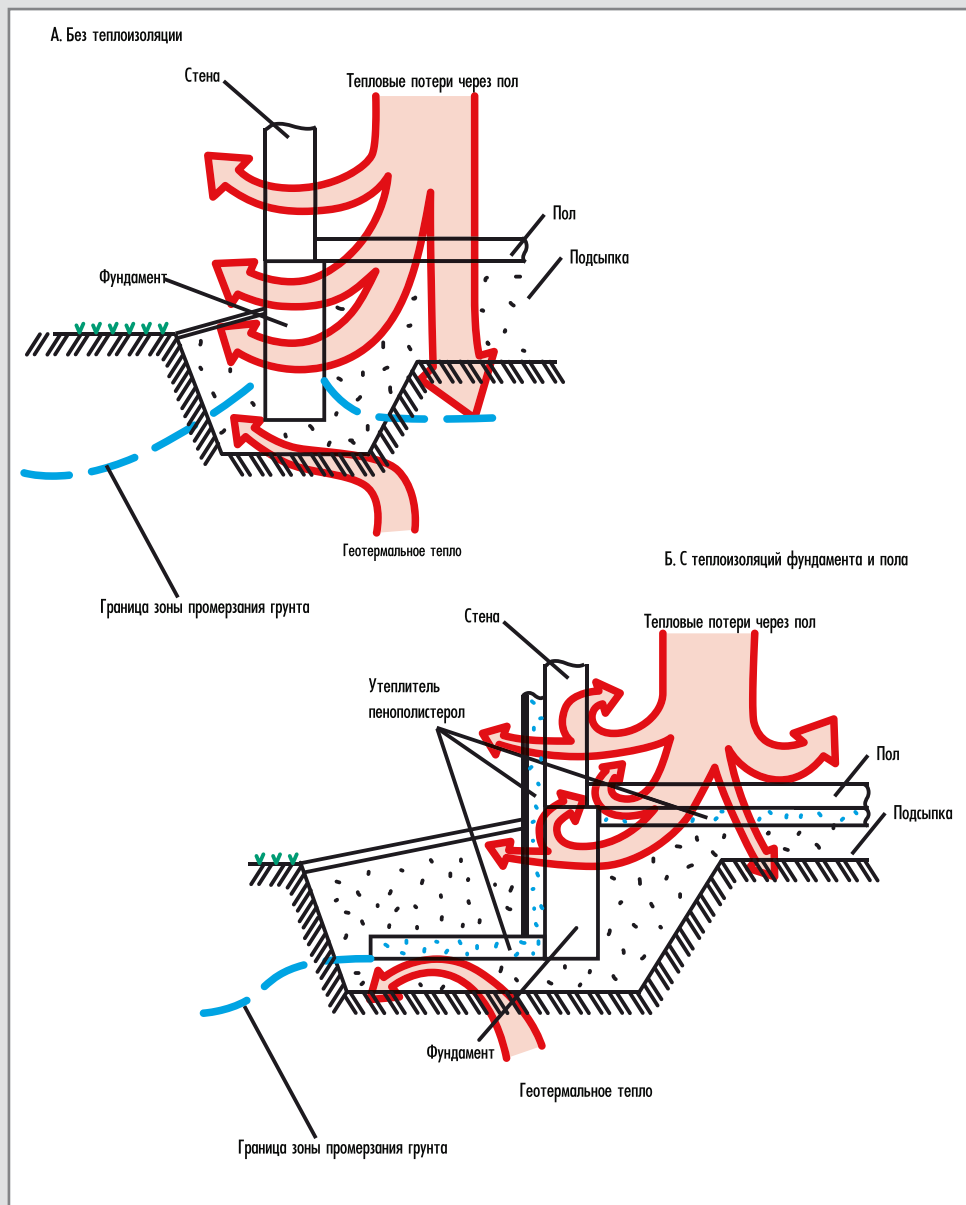


Рис. 2а. Тепловые потери через пол и фундамент малоэтажных зданий

А — без утепления фундамента;

Б — с утеплением пола и фундамента. Изменение границы зоны промерзания грунта

2. Основные функции фундаментов, в том числе малоэтажных зданий

Фундамент — это основной элемент несущей конструкции здания, принимающий все нагрузки от здания и передающий их на грунт. Расчет фундаментов осуществляется по СНиП-2-02.01.-83 «Основания зданий и сооружений». Расчеты производят исходя из типа основания (естественные и искусственные), типа конструкции и вида грунта. Фундаменты бывают:

- мелкого или глубокого заложения;
- ленточные;
- столбчатые;
- свайные;
- плитные.

Грунты и их классы определяются по ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация», а именно:

- скальный;
- дисперсный — пучинистый (при переходе из талого состояния в мерзлое увеличивается в объеме, — обычно это супеси, суглинки, глины, пески, торфы);
- мерзлый.

Учитывая особенности фундаментов малоэтажных зданий, выбираем конструкции мелкого заложения в виде ленточных, столбчатых и плиточных плавающих фундаментов, расположенных на пучинистых грунтах. Пучинистые грунты имеют такую особенность, что при замерзании из-за большого количества содержащихся в них грунтовых вод (вода при замерзании увеличивается в объеме на 10 %) увеличиваются в объеме.

Так, если глубина промерзания составляет (на уровне Санкт-Петербурга и Москвы) 120–140 см, то подъем грунта может составить 12–14 см. Если грунт однородный (в пределах фундамента здания), что бывает не всегда, то подъема грунта мы не замечаем. Если грунт неоднородный (уклоны, открытые участки, наличие растений, искусственных дополне-

ний (песок, гравий) и многое другое, то подъем грунта будет не везде одинаковый, что может привести к деформациям фундамента и появлению трещин или даже разрушению стен зданий. Учитывая это, либо фундаменты заглубляют на глубину больше глубины промерзания грунта (но тогда при замерзании грунта рядом с фундаментом появляются горизонтальные силы, стремящиеся сжать фундамент с боков), либо наоборот — применяют неглубокий плитный фундамент, его часто называют плавающим. Такой прочный фундамент перемещается вместе с грунтом при его замерзании (оттаивании).

В любом случае фундаменты должны быть:

- прочными — воспринимать нагрузку как от самого здания, так и от находящихся в здании оборудования, мебели, людей и т. п;
- жесткими — иметь минимальные деформации при нормальной эксплуатации здания, не приводящие к растрескиванию (разрушению) стен, перекрытий. Важно заметить, что здание и фундамент могут создавать как единую конструкцию, что бывает, когда они сделаны из одного материала, так и разные, например: фундамент — бетон, а стены — древесина, кирпич, газобетон. В любом случае будут деформации от разности теплового расширения при различных температурах фундамента, стен, перекрытий (бетон имеет коэффициент теплового линейного расширения в 3 раза больше, чем у ели и сосны, и близкий к коэффициенту стали);
- устойчивыми — при осевом сжатии, особенно тонкостенных конструкций, не терять устойчивость. Фундаменты должны быть безопасными, то есть не оказывать вредного воздействия на организм человека при изготовлении их элементов, а также при монтаже, эксплуатации, демонтаже и утилизации. Фундамент, если он конструктивно образует стены

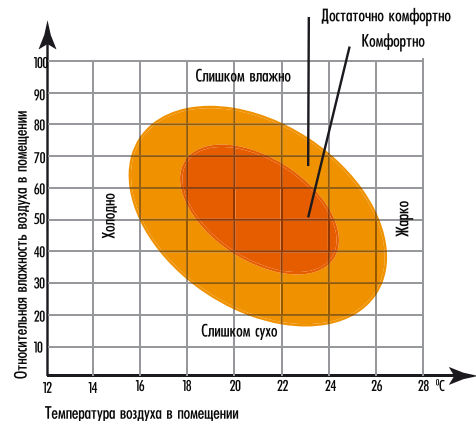


Рис. 3. Зона комфорта в зависимости от температуры и влажности воздуха

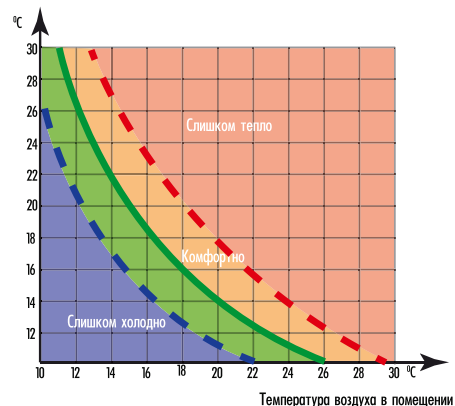


Рис. 4. Зона комфорта в зависимости от температуры стен

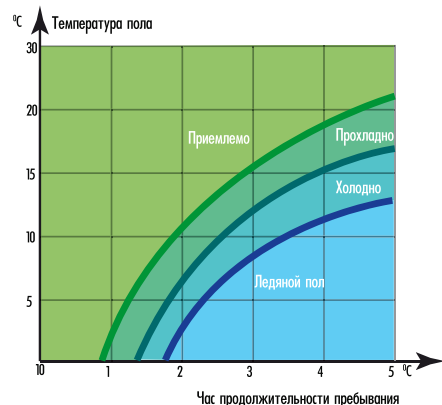


Рис. 5. Зона комфорта в зависимости от температуры пола и времени пребывания

эксплуатируемого подвала, должен отвечать требованиям охраны здоровья. Материал фундамента должен обеспечивать нормальный микроклимат и не выделять в процессе эксплуатации вредных веществ. Микроклимат характеризуется температурой, влажностью воздуха и скоростью движения воздуха. Часто на рельефе, если дом расположен на склоне, с одной стороны здания есть полноценный этаж, с другой — полуподвал, который используется для различных целей — кухня, спортзал, помещение для хобби, мастерская и т. п. В этом помещении надо выполнить стенку полуподвала, фундаментную стенку такой конструкции, которая обеспечит отсутствие точки росы. В противном случае на стене будет скапливаться конденсат и будут созданы благоприятные условия для возникновения плесени. Плесень — это вид грибка (таких грибков в помещениях насчитывается больше 20 видов); при его цветении выделяются споры, которые, попадая в организм человека, способствуют развитию онкологических заболеваний. Споры плесневелых грибов имеются во всех помещениях зданий, однако при относительно небольшом их количестве в воздухе организм человека может противостоять вредному воздействию. Поэтому очень важно, чтобы спор было не много. На размножение плесневелых грибов влияют следующие параметры:

- температура;
- влажность;
- показатель РН влаги;
- вид основания.

Споры, попадая в благоприятные условия, впитывают влагу и в качестве питательных веществ используют пыль, жир, грязь. Благоприятная температура +15...35°C, влажность воздуха — 70–100 %, но важно, чтобы поверхность была влажной хотя бы 1 час в течение суток. РН в диапазоне от 2 до 10 (у штукатурки — 10, у лакокрасочных покрытий — 5–8, у ковров, гипсокартона — 5–8). Таким образом, в подвалах имеются благоприятные условия для распространения плесени. Особенно благоприятным условием является высокая влажность воздуха и выпадение конденсата.

Конденсат выпадает на поверхностях, имеющих температуру ниже точки росы. Температура точки росы зависит от относительной влажности воздуха (рис. 6). Из рисунка следует, что чем ниже относительная влажность и температура воздуха в помещении, тем ниже точка росы. Поэтому, чтобы не выпадал конден-

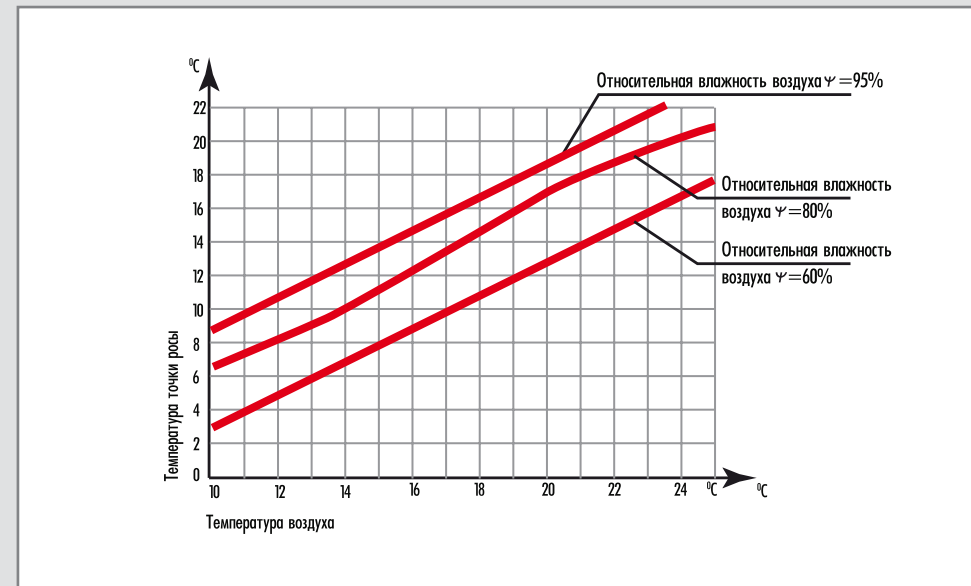


Рис. 6. Точка росы

сат, надо осушить воздух в помещении, проветрить его и повысить температуру поверхности, где может выпасть конденсат, то есть теплоизолировать ее. Очень важно устранить мостики холода, то есть точки контакта конструкции с грунтом. Надо также изолировать углы помещения, так как здесь площадь, охлаждаемая снаружи, значительно больше площади, согреваемой изнутри, поэтому в углах, где, кроме того, и плохое проветривание, и температура ниже, чем в целом в помещении, чаще всего выпадает конденсат, а значит, велик риск размножения плесени (рис. 7). При изоляции изнутри избежать мостиков холода почти невозможно, так как надо было бы очень тщательно установить изоляцию, исключить все точки контакта с несущими холодными конструкциями. Если есть внутренние перегородки, то пришлось бы изолировать и их.

Пар, содержащийся в воздухе, благодаря паропроницаемости материалов диффундирует в ограждающих конструкциях здания, в том числе в конструкциях

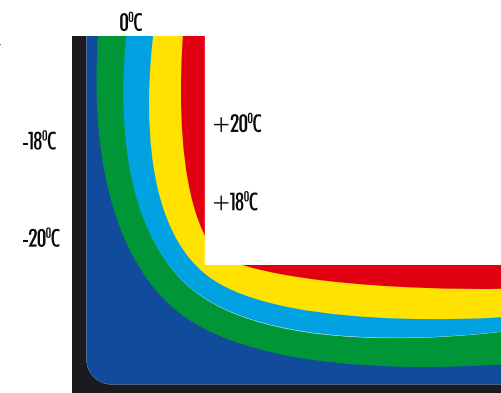


Рис. 7. Изменение температуры в конструкциях зданий по углам

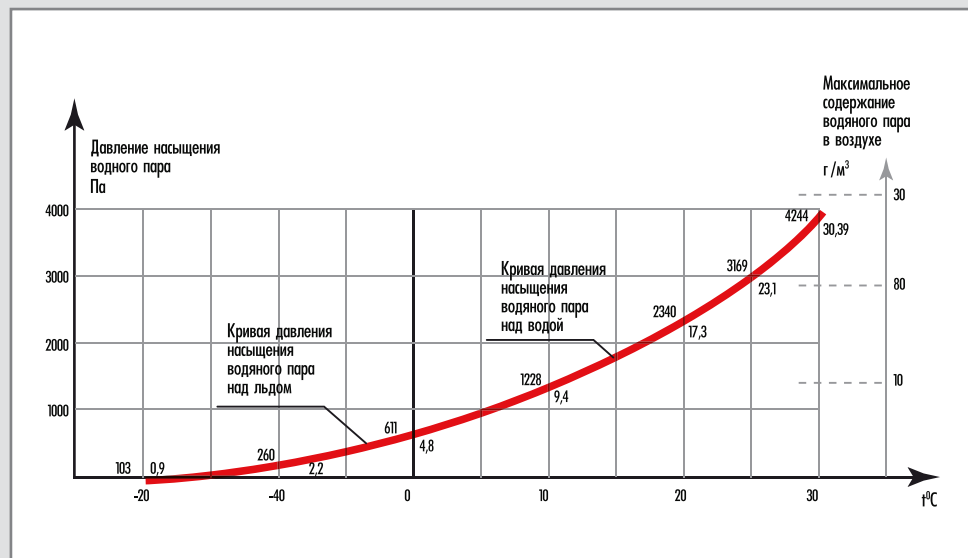


Рис. 8. Давление насыщенного водяного пара и максимальное содержание водяного пара в зависимости от температуры

фундамента. Водяной пар, так же как и воздух, создает давление, которое зависит от температуры и относительной влажности воздуха (рис. 8). Если относительная влажность воздуха 100 %, то и давление водяного пара самое высокое. Если относительная влажность ниже, то и давление ниже. Температура в ограждающих конструкциях изменяется по их толщине (см. рис. 14). Если в зимний период температура в помещении около +20 °C, то ей соответствует при 100-процентной влажности воздуха давление водяного пара 2340 Па, а если наружная температура -20 °C, при 100 % влажности, то давление пара будет всего 103 Па (рис. 8).

Поэтому пар в ограждающих конструкциях здания движется из теплого помещения в холодное. Если ограждающая конструкция многослойная, то ее отдельные слои не должны препятствовать движению водяного пара. Правило одно — внутренние материалы должны быть плотнее наружных, в противном случае пар, дойдя до более плотного слоя, насыщается и конденсируется.

(Кратко — *изнутри плотнее, чем снаружи.*) Влажная конструкция имеет худшие теплоизоляционные свойства (наденьте мокрую одежду), в ней возникнет коррозия, древесина будет гнить, а пористые материалы при большом количестве конденсата могут разрушиться. Подвалы в малоэтажных зданиях часто используют для размещения там котлов отопления, саун и т. п. Для таких подвалов надо выполнить утепление стен и пола, рассчитать возможность появления на стенах и полу конденсата и обеспечить по расчету требуемое утепление ограждающих конструкций и нужную вентиляцию. Очень важно для таких помещений обеспечить их приток свежего воздуха, кислород которого необходим для горения котлов, и даже для электросауны кислород также необходим, так как ТЭНы в большом количестве потребляют кислород воздуха, а его отсутствие может стать причиной обмороков.

3. Типы фундаментов

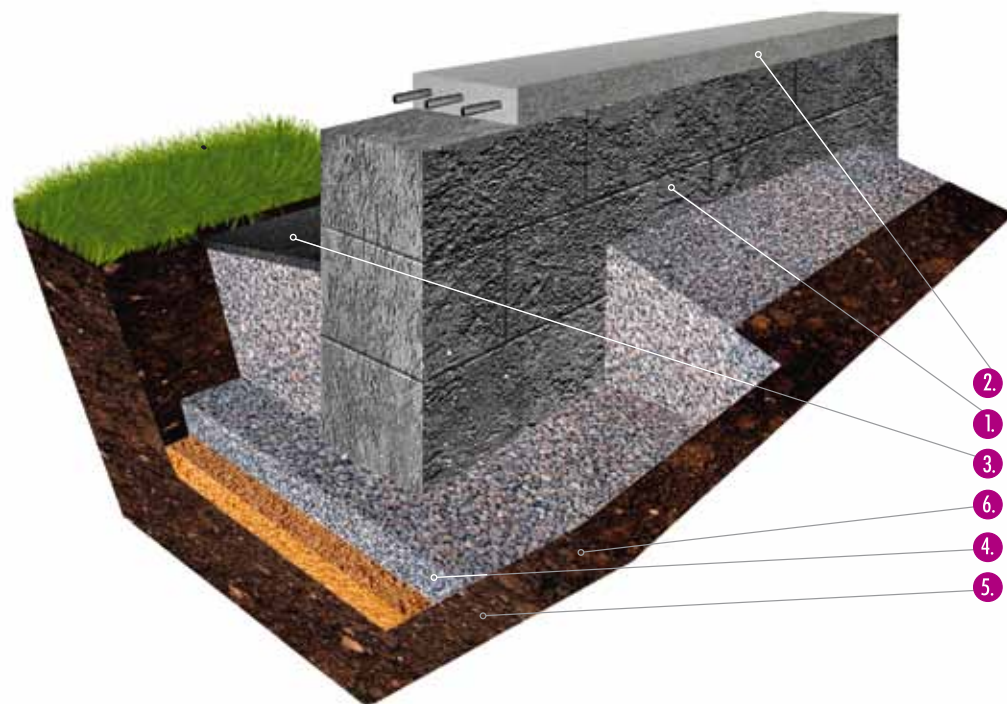


Рис. 9. Ленточный фундамент с армированным слоем:
1 — блоки фундамента; 2 — армированный слой;
3 — отмостка; 4 — верхний слой подушки из гравия;
5 — нижний слой подушки из песка крупной и средней крупности

Рассмотрим конструкцию мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных зданий. Мелкозаглубленные ленточные фундаменты имеют наибольшее распространение. Они состоят из бетонных блоков, укладываемых на песчаную подушку с перевязкой (разбежкой) вертикальных швов. Наиболее подходят такие фундаменты для непучнистых и слабопучнистых грунтов. Для средне- и сильнопучнистых грунтов требуется дополнительно связать блоки армированием. Ленточные фундаменты выполняют из блоков, при изготовлении которых применяют различные материалы, кроме дерева. Наиболее распространены ленточные фундаменты из бетонных блоков (обычно это легкий бетон — 1600 кг/м³) или из пустотелого бетона (рис. 9).

Размеры блоков: длина — до 2,4 м; высота — 0,6 м; ширина — 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 м. Размер по ширине определяется расчетом, исходя из веса будущего здания. Плоскость нижней части фундамента называется подошвой. Подошвой также называется расширение фундамента в нижней части с целью уменьшения давления на грунт. Подошва опирается на грунт из непучнистых материалов или бывает двухслойной; снизу, на естественном грунте, — песок, а сверху — щебень. Грунт под подушкой называется основой. Заглубленные ленточные фундаменты на пучнистых грунтах обычно выполняют следующим образом: грунт вынимают из траншеи под будущий фундамент на глубину ниже точки промерзания (для Санкт-Петербурга — 1 м, для Москвы — 1,2 м).



Рис. 10. Промерзание грунтов в европейской части Российской Федерации

не менее чем на 0,2 м и засыпают крупнозернистым песком с послойной утрамбовкой, засыпку ведут до глубины 0,5 м, затем начинают монтаж блоков фундамента (рис. 10).

Блоки, расположенные в несколько рядов по высоте, как уже было сказано, устанавливают с разбежкой вертикальных швов. В отдельных случаях, когда есть сомнения относительно неоднородности вспучивания грунтов, поверх блоков и под ними устанавливают армированный пояс с последующим омоноличиванием, высотой 10–12 см, либо выполняют сварку закладных деталей. В этом случае фундамент является блочно-монолитным. Мелкозаглубленный фундамент размещается в зоне промерзания грунта. Его глубина составляет: 0,2–0,3 м — толщина подушки и 0,3–0,6 м — заглубление блоков (рис. 11).

Столбчатые фундаменты состоят из столбов, на которые опираются фундаментные балки (рис. 12).

Фундаментные балки устанавливаются подобно ленточному фундаменту по всему периметру здания и внутри периметра, если на них опираются внутренние стены. Столбы, обычно квадратного сечения, изготавливают из сборных бетонных блоков, заливаемого монолитного бетона, кирпича, природного камня. Столбы устанавливают в местах соединения фундаментных балок, пересечения стен и в промежутках между ними с определенным шагом. Размеры столбов (площадь поперечного сечения) определяют из расчета на прочность в зависимости от массы здания и вида грунта. Часто столбы в нижней части делают расширяющими, чтобы уменьшить давление на грунт. Глубина заложения таких фундаментов должна быть ниже точки промерзания. Толщина подушки под столбами — 0,2–0,3 м. Фундаментные балки располагают таким образом, чтобы был воздушный зазор между ними

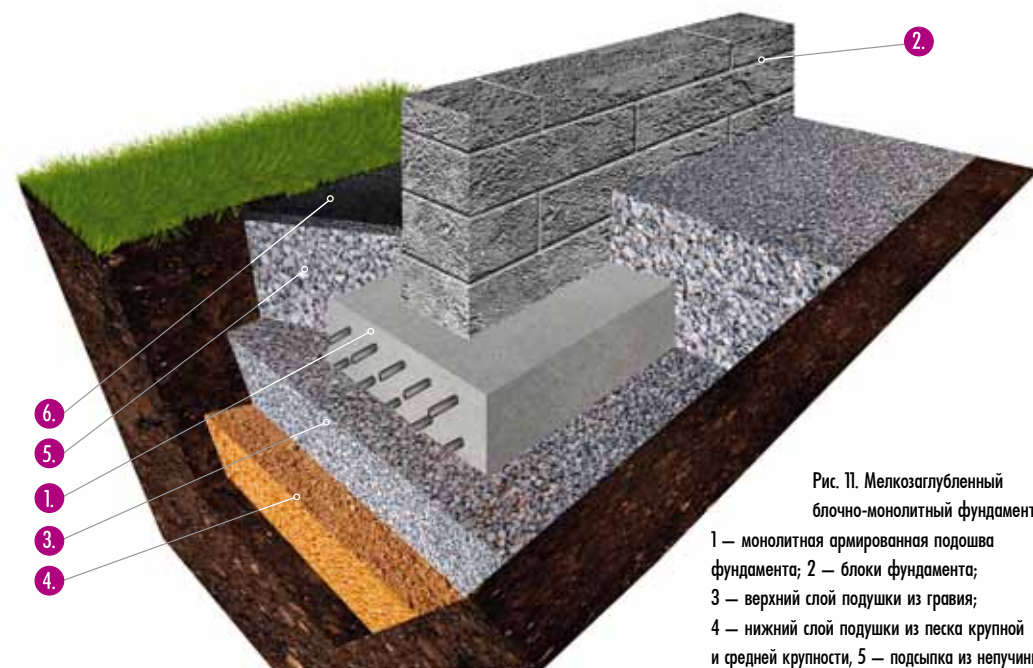


Рис. 11. Мелкозаглубленный блочно-монолитный фундамент:

1 — монолитная армированная подошва фундамента; 2 — блоки фундамента; 3 — верхний слой подушки из гравия; 4 — нижний слой подушки из песка крупной и средней крупности, 5 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная смесь); 6 — отмостка

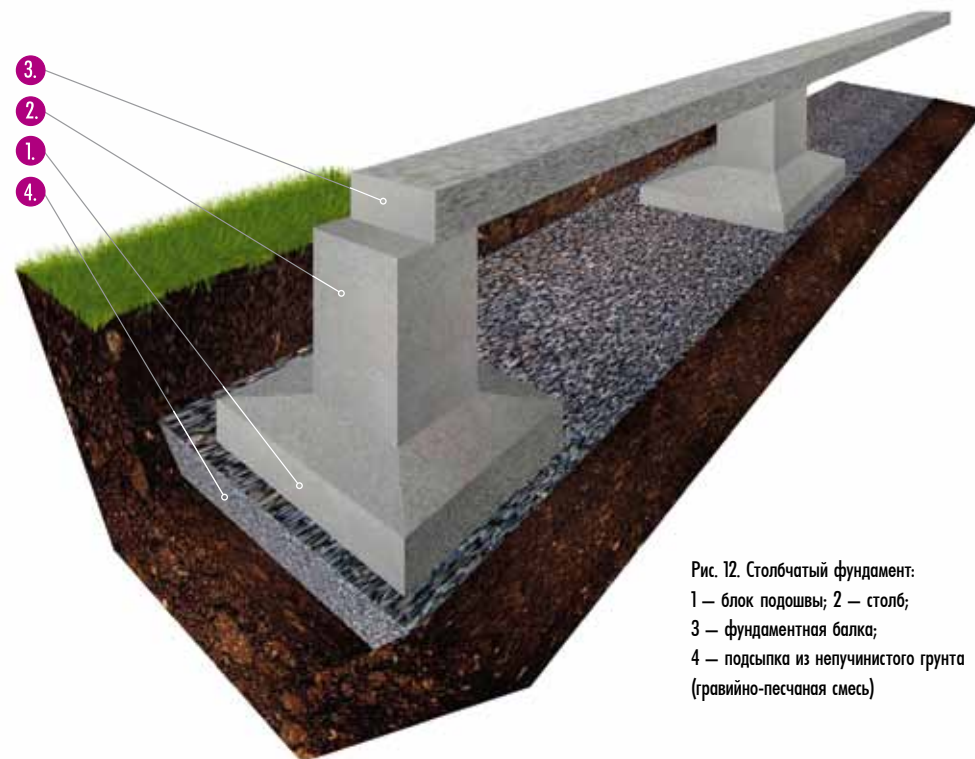


Рис. 12. Столбчатый фундамент:

1 — блок подошвы; 2 — столб; 3 — фундаментная балка; 4 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная смесь)

4. Требования строительной физики к фундаментам малоэтажных зданий с учетом требований по энергосбережению



Рис. 13. Плитный мелкозаглубленный фундамент:
1 — армированная бетонная плита фундамента;
2 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная смесь);
3 — стеновые блоки

и грунтом, обычно это 0,1–0,2 м, так как в случае вспучивания грунт при контакте с балкой может приподнять ее, вызывая деформацию стен. Столбчатые фундаменты являются наиболее экономичными на непучинистых и слабопучинистых грунтах. На среднепучинистых грунтах надо фундаментные балки жестко связывать и омоноличивать. Плитный фундамент представляет собою сплошную монолитную железобетонную плиту, расположенную под всей площадью дома (рис. 13). Он является одним из типов мелкозаглубленных фундаментов, однако от ленточных и столбчатых фундаментов его отличает прежде всего то, что благодаря большой площади он создает меньше

давления на грунт и лучше противостоит силам пучения. Практически полное отсутствие вертикальных поверхностей у таких фундаментов исключает воздействие касательных (горизонтальных) сил пучения. Конструктивно такой фундамент состоит из монолитной железобетонной плиты толщиной не менее 0,1 м. Арматура диаметром 12–16 мм выполняется в два слоя. Плита снизу имеет пленочную гидроизоляцию, которая укладывается на утрамбованную гравийно-песчаную подушку. Такой фундамент является дорогим из-за большого расхода арматуры и бетона. Его применяют только в случае наличия пучинистого и сильнопучинистого грунтов и при высоком уровне грунтовых вод.

Утепление подвалов и фундаментов, в том числе мелкозаглубленных, малоэтажных зданий позволяет решить ряд задач:

- существенно уменьшить расходы на энергопотребление;
- повысить надежность здания, особенно при его строительстве на слабых и пучинистых грунтах;
- увеличить полезную площадь здания за счет теплового подвала.

Качественное утепление требует расчетов и знания процессов, в том числе теплофизических, которые происходят в строительных конструкциях при эксплуатации здания в различные времена года. Эти процессы описываются законами строительной физики. При утеплении снаружи технология усложняется, а затраты на проведение работ по утеплению растут. Но посмотрим, что происходит с изменением температуры по сечению конструкции. В случае однородной конструкции температура по сечению изменяется линейно (рис. 14).

Но такой показатель, как теплопроводность, у обычных материалов, из которых делают фундаменты (бетон, кирпич), будет высоким, поэтому для повышения теплоизоляционных свойств надо увеличивать толщину, что экономически неэффективно.

Теплопередача по законам строительной физики осуществляется тремя видами (рис. 15):

1. Теплопроводность, то есть передача тепла от молекулы к молекуле. Чем плотнее материал и меньше расстояние между молекулами, тем выше теплопроводность (см. табл. 1):

- у стали при плотности 7700 кг/м² теплопроводность 50 Вт/(м · К);
- у мрамора при плотности 2800 кг/м² теплопроводность 3,5 Вт/(м · К);
- у пенополистирола при плотности 10 кг/м² теплопроводность 0,025 Вт/(м · К).

2. Тепловые потоки, тепловая конвекция в жидкостях и газах при их движении. Частицы жидкого (газо-

образного) вещества переносят при тепловом потоке тепло от одного твердого тела к другому. 3. Тепловая радиация (излучение) через газы (воздух) или безвоздушное пространство. Тепловые лучи имеют длину электромагнитных волн соответствующих невидимому, инфракрасному спектру. Все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля (–273 °С), излучают тепло. Здесь важна площадь поверхности излучателя, его температура и расстояние до него. Тепловая конвекция применительно к фундаментам может иметь место при наличии течений в грунтовых водах, которые омывают фундамент. Однако скорость движения этих вод небольшая и ими можно пренебречь, но если фундамент часто омывается дождевой водой, то это может повлиять на тепловой баланс в конструкциях фундамента, поэтому нужны мероприятия по отводу дождевых вод от фундамента. Рассмотрим тепловой баланс в конструкциях фундамента здания. В летний период тепло в фундаментах передается от стен, которые днем получают его от солнечной радиации и от конвекции, полученной при обдувании стен теплым воздухом. Ночью тепло стены получают от тепловой радиации и конвекции от нагретых днем внутренних конструкций зданий, мебели и др.

Источниками тепла будут и люди, и электроприборы (табл. 2), излучающие тепло круглосуточно и круглогодично. Зимой стены, если они имеют хорошую теплоизоляцию снаружи, также передают тепло на фундаменты.

В свою очередь фундамент передает тепло грунту через теплопроводность.

Грунт при глубокогозаглубленных фундаментах получает тепловую энергию и от земной коры. Как известно, температура ядра нашей планеты составляет +4000 °С и при углублении на каждый километр повышается на 30 °С. Это тепло используется в тепловых насосах для обогрева зданий. На глубине 100 м температура составляет +10...+12 °С.

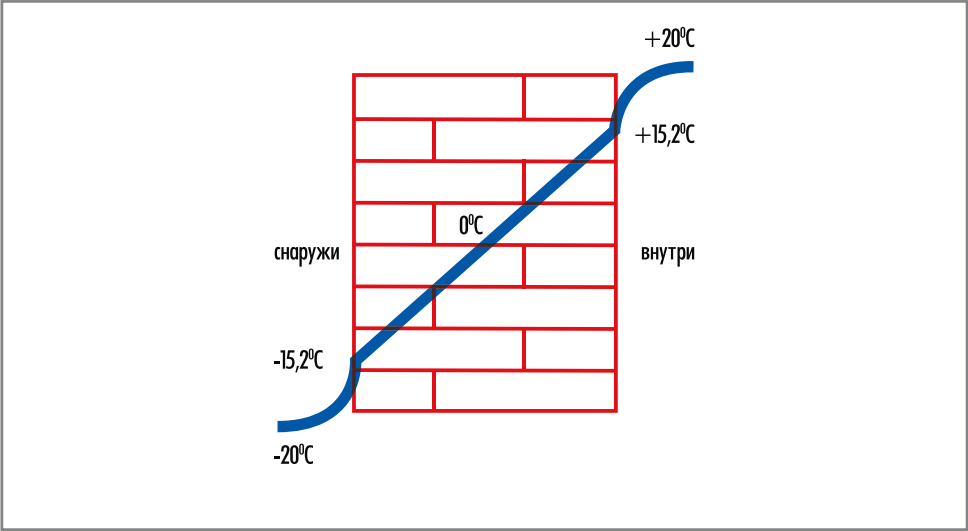


Рис. 14. Распределение температуры по сечению конструкции из однородного материала

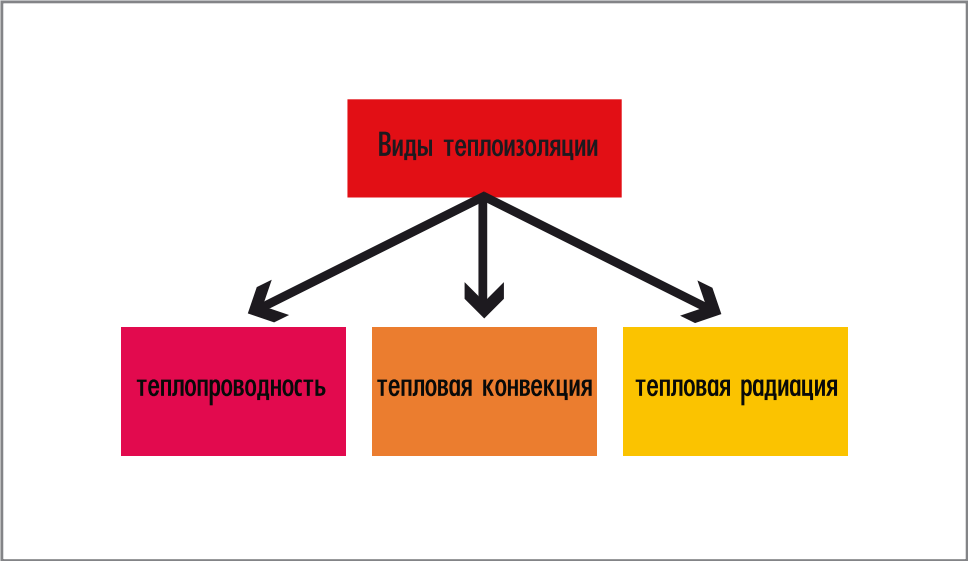


Рис. 15. Виды теплопередачи

Характеристики по теплопроводности
и паропроницаемости материалов

Таблица 1

Материал	Плотность, кг/м³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Коэффициент паропроницаемости λ
1. Цементный раствор	2000	1,6	15/35
2. Цементная стяжка	2000	1,4	15/35
3. Армированный бетон	2400	2,5	80/130
4. Кирпич полнотелый	1800	0,81	50/10
5. Силикатный кирпич	1600	0,99	5/10
6. Многопустотный кирпич	700	0,31	50/10
7. Пробка	100	0,045	5/10
8. Пенополистирол (EPS)	10-30	0,035-0,040	30/70
9. Экструдированный пенополистирол (XPS)	2835	0,030-0,034	80/250
10. Минеральная вата	50-200	0,040-0,050	1
11. Древесина (ель, сосна)	500	0,20	50/200
12. ОСБ	650	0,13	30/50
13. Фанера	700	0,17	90/220
14. Вода	1000	0,64	
15. Гранит	2600	2,8	10 000
16. Стекло	2500	1,0	∞
17. Песок, связной грунт		2,1	
18. Глина, суглинок	1500	1,5	
19. Сталь	7700	50	∞
20. Свинец	11 300	35	∞
21. Свежий снег		0,10	
22. Воздух		0,026	

Средняя мощность источников тепла в малоэтажных зданиях

Таблица 2

Источник	Средняя тепловая мощность, Вт
1. Человек (отдых/работа)	65/500
2. Теплая вода	15-25
3. Кухня	100-200
4. Телевизор	35
5. Холодильник	40
6. Электрочайник	20
7. Стиральная машина	10
8. Освещение: площадь 50-100 м ² площадь ≥ 100 м ²	30 45

За счет конвекции холодного воздуха температура на поверхности грунта опускается ниже 0 °С, и грунтовые воды в пучинистых грунтах вплоть до глубины точки промерзания замерзают, вызывая эффект пучения. Для того чтобы уменьшить глубину промерзания, наши предки использовали эффективный способ — подсыпали к дому снег, который имеет низкую теплопроводность (см. табл. 1). Снег значительно сдерживает теплопередачу через конвекцию. (Животные, птицы и люди в условиях сильных морозов «греются» в снегу. Плохо только, что снег, как теплоизоляционный бесплатный материал, тает при положительных температурах.) Подсыпка снега способствовала повышению глубины точки промерзания в районе фундамента. Во многих рекомендациях имеются указания по рассадке кустов и дерна у стен дома для снегоудержания. Особенно эффективны вьющиеся растения — летом они уменьшают нагрев стен от солнечной радиации, а летом и зимой уменьшают теплопередачу конвекцией, так

как уменьшают скорость движения воздуха непосредственно у стены. Если мы в районе отмостки расположим в грунте утеплитель в виде плит пенополистирола, то это также сдержит зимой передачу тепла от нижних слоев грунта верхнему слою, соприкасающемуся с холодным воздухом. Точка промерзания грунта в районе даже мелкозаглубленного фундамента будет находиться вблизи поверхности грунта. В этом случае перемещения грунта, связанные с образованием ледяных линз и льда в грунте, будут минимальными или отсутствовать. Пучинистый грунт, замерзший недалеко от здания вне зоны, утепленной пенополистиролом, не будет оказывать касательных усилий на фундамент, так как при расширении во время замерзания содержащейся в нем воды он может свободно перемещаться в незамерзшем под утеплителем слое грунта. Необходимая толщина утеплителя и ширина отмостки определяются расчетом.

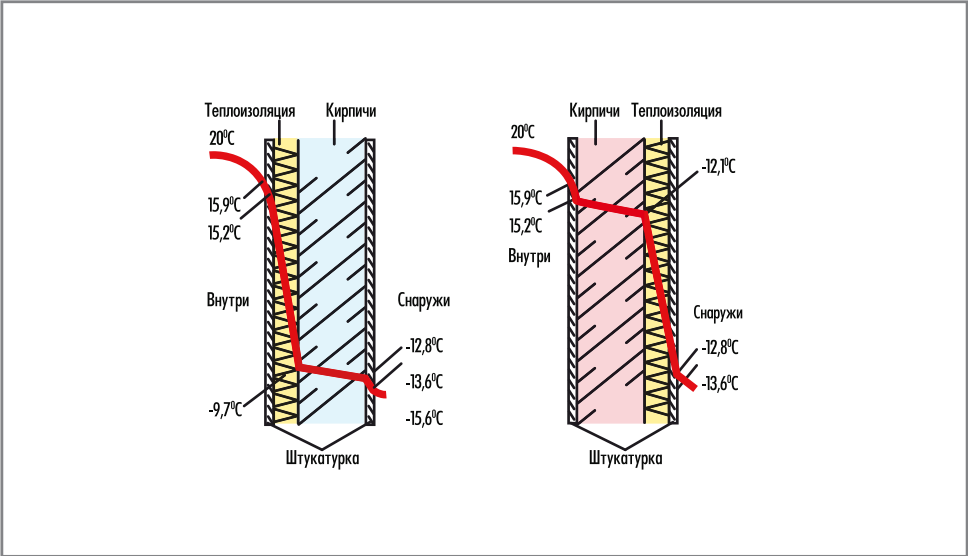


Рис. 16. Изменение температуры по толщине стен с утеплением изнутри — А (малая теплонакопительная способность) и снаружи — Б (большая теплонакопительная способность)

Пенополистирол обладает низким водопоглощением (табл. 3), он практически не изменяет своих теплоизоляционных характеристик в зависимости от увлажнения. Сверху плиты пенополистирола засыпают гравием на 5–10 см для защиты от ультрафиолета солнца и механических повреждений. В районе пешеходных дорожек и транспортных путей (въезд в гараж) над утеплителем отмостки надо выполнить бетонную или асфальтовую стяжку, сами плиты защитить цементными плитами KNAUF «Аквпанель». Если гараж расположен в полуподвальном, подвальном помещении, то необходимо утеплить пол пандуса и его стенки плитами пенополистирола. Сам пандус во избежание наледи может быть снабжен системой электрообогрева. Есть еще один важный показатель строительных конструкций — теплонакопительная способность. Она зависит от теплоемкости материалов и их массы. В избах русские печи делали большими (иногда по площади 1/5 пола) и высокими. Такая печь долго на-

гревалась, но и медленно остывала, излучая тепло. Стены подвалов и фундаментов даже малоэтажных зданий обычно сделаны из массивных конструкций, которые тоже могут накапливать много тепла. Первый вопрос, который возникает при утеплении: с какой стороны утеплять конструкцию (стену, фундамент и т. п.) — снаружи или изнутри? С позиции технологий и затрат лучше утеплять с внутренней стороны — не нужны леса (для стен), постоянная температура, влажность, отсутствие ветра, солнца, не нужны земляные работы при утеплении подвалов, фундаментов, легко осуществлять контроль и ремонт. Технологический недостаток только один — сокращается полезная площадь и объем помещения. Если утеплитель расположен снаружи, то нагретый фундамент будет изолирован от грунта и сможет еще долго удерживать тепло (рис. 16). Даже для неотопливаемых подвалов важно, чтобы стенки фундаментов имели положительную температуру. В противном случае имеющаяся в бетоне,

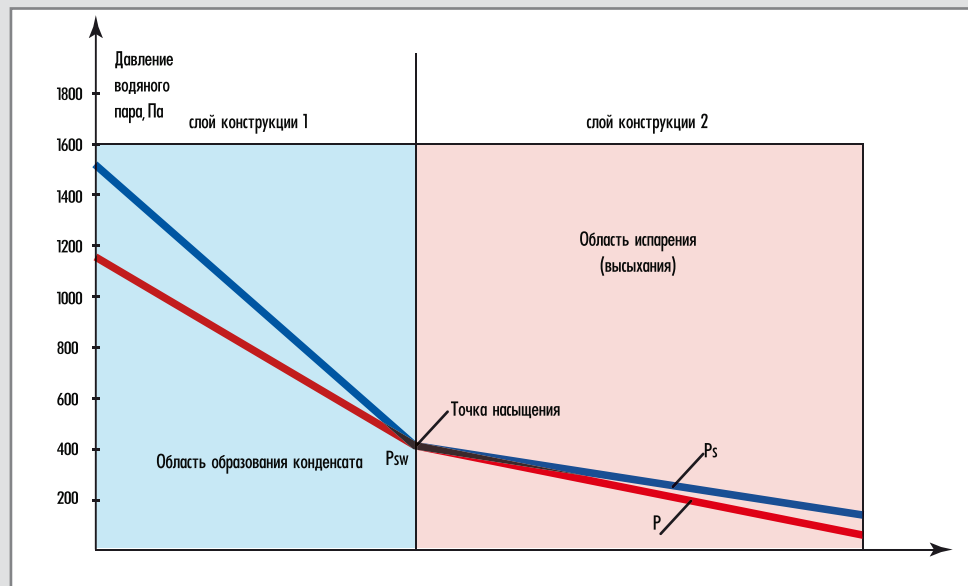


Рис. 17. Диаграмма Глазера

кирпиче, швах вода замерзнет, увеличится в объеме и будет способствовать разрушению конструкции. Если элементы фундамента работают при постоянной температуре, то это будет способствовать отсутствию причин для возникновения трещин от температурных деформаций в случаях, если фундамент и стены сделаны из различных материалов. С учетом этих факторов утепление выполняют только снаружи.

Для стен подвалов и фундаментов применяют в качестве гидроизоляции пленку полиэтилена высокой плотности (ПВП) с полыми полусферическими выступами (изостуд и др.). Ее укладывают выступами к фундаменту, при этом образуется воздушный зазор между полиэтиленовой пленкой и поверхностью деталей фундамента. Через этот зазор диффундирующий из конструкции пар выходит наружу. ПВП крепят гвоздями с шагом 0,2 м. Нахлест — 100 мм.

Важным является и то обстоятельство, что в осенне-зимний период конструкция стен увлажняется,

а в летний период высыхает, и пар должен полностью диффундировать из стены. Для расчетов этих процессов используют диаграмму Глазера (рис. 17). По горизонтальной оси откладывается толщина воздуха, равная произведению коэффициента сопротивления паропрооницанию μ на толщину материала d .

$$S = \mu \times d.$$

По вертикали откладывается давление водяного пара в Па, где P_s — давление насыщения, которое зависит от температуры в каждом слое и определяется по соответствующим таблицам, и фактическое давление P . Давление насыщения P_s соответствует давлению водяного пара при относительной влажности воздуха 100 %.

В большинстве случаев влажность наружного и внутреннего воздуха меньше 100 %, поэтому фактически давление водяного пара P меньше давления насыщения P_s . Давление на внутренней и внешней

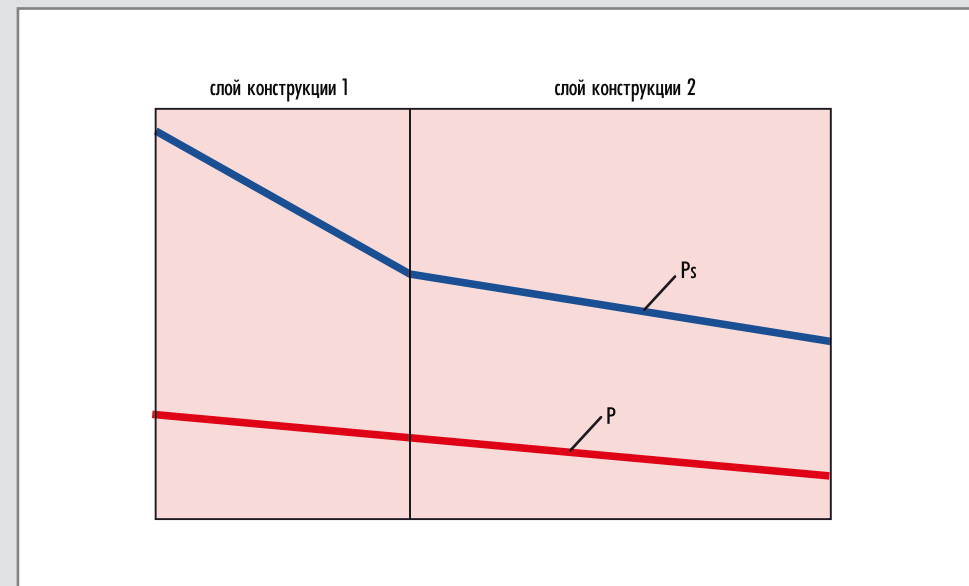


Рис. 18. Диаграмма Глазера без образования конденсата

стороне конструкции $P_{вн}$ и $P_{нар}$ рассчитывают как:

$$P_{нар} = P_s \times \psi_{нар}.$$

Точка соприкосновения кривых дает нам точку насыщения водяного пара $P_{нас}$. Область конденсации — это сухая область ограждающей конструкции между внутренней поверхностью и плоскостью конденсации. Область испарения располагается между плоскостью конденсации и наружной поверхностью. Зимой конструкция увлажняется, а потом высыхает. Расчет диаграммы Глазера для многослойных конструкций может показать слабые стороны конструкций, где может выпасть конденсат, а также рассчитать эффективность защитных мероприятий, например установки пароизоляции. Принципиально важно устанавливать пароизоляционную пленку (полиэтиленовую, а лучше металлическую фольгу) с внутренней, теплой стороны стены. Это не позволит пару диффундировать во внутренние слои стены. Часто говорят, что в этом случае стена перестанет

«дышать». Надо понимать, что через стены из обычных материалов — кирпич, древесина — выходит не более 5 % пара, образующегося в помещениях. Остальной пар удаляется только через вентиляцию. Но если пар попал в стену, то он должен из нее выйти без образования конденсата внутри стены (рис. 18). Расчеты влажностного состояния строительных конструкций позволяют найти их слабые стороны и выбрать правильные решения. Но они не позволяют учесть все и особенности теплофизических процессов, проходящих в конструкциях зданий. Во-первых, все процессы динамичны — меняются температура, влажность, а с ними и свойства материалов. Материалы имеют также разброс отклонений тех характеристик, свойств, которые закладываются в расчеты. Поэтому для ответственных конструкций, а также типовых конструктивных решений в серийном строительстве требуются экспериментальные исследования, которые, в конечном счете, и позволяют выбрать правильные размеры плит теплоизоляции.

5. Виды энергоэффективных пенополистирольных утеплителей, применяемых при устройстве фундаментов

Начнем с рассмотрения свойств пенополистирола. Стирол был открыт берлинским аптекарем в 1839 году как эфирное масло и применялся долгое время в качестве густой прозрачной массы при изготовлении лекарств и был назван стирольным маслом. После его полимеризации был изобретен полистирол. В 1949 году немецкая фирма BASF получила патент на его производство. В 1951 году BASF изобрел процесс получения твердой пены из полистирола — пенополистирол, который на 98 % состоит из воздуха. Воздух при отсутствии конвекции является плохим проводником тепла, а поскольку воздух в пенополистироле заключен в небольших пузырьках и не может двигаться, то это и обусловило его низкую теплопроводность и высокие теплоизоляционные характеристики.

Волокнистые утеплители — шерсть, минеральная и стеклянная вата — также используют свойства воздуха как теплоизолятора, но уменьшают его подвижность за счет высокого аэродинамического сопротивления волокон, через которые движется воздух. Полистирол получают путем полимеризации стирола (винилбензола) с образованием твердого стеклоподобного прозрачного вещества. Он относится к классу термопластов, то есть полимерных материалов, которые при обычной температуре находятся в твердом состоянии, а при нагревании (повышении их температуры до +190...+240 °C) могут переходить в высокоэластичное либо вязкотекучее состояние. Это свойство способствует изменению их формы при нагревании, что позволяет формировать из них различные изделия путем прессования, литья под давлением, экструзии, выдувания. Из полистирола производят одноразовую посуду, игрушки, упаковку, медицинские изделия (одноразовые инструменты, части систем переливания крови) и многое другое. В электротехнической промышленности полистирол используют как диэлек-

трик. Из полистирола производят пенополистирол. Пенополистирол получают путем нагревания до температуры размягчения +180...+200 °C смеси полистирола и порообразователя. Порообразователь при нагреве разлагается с выделением газов, которые, как пена, «раздувают» жидкий полистирол в пенопласт.

Из пенополистирола производят утеплители для строительства, упаковку для хранения овощей, фруктов, рыбы, мяса, шлемы для велосипедистов, одноразовую изотермическую посуду для горячей пищи и многое другое.

В строительстве пенополистирол используется как утеплитель, что способствует экономии тепловой энергии (энергосбережению и уменьшению выбросов углекислого газа в атмосферу при отоплении зданий). Как утеплитель в строительстве он применяется при изготовлении различных материалов: легкий бетон и легкая «теплая» штукатурка с гранулами пенополистирола, включенными в состав материала. Также он используется при изготовлении поризованной керамики, например кирпичей, в качестве плитного утеплителя, звукоизоляционных плит для полов и др. В зависимости от технологии изготовления плит различают вспененный пенополистирол: беспрессовый суспензионный (ПСБ-С), (expandierte Polystyrol — EPS) и экструдированный пенополистирол (extrudierte Polystyrol — XPS).

Рассмотрим вспененный (обычный блочный) пенополистирол KNAUF Therm®Floor и формованный KNAUF Therm®5 в 1 F.

Вспененный пенополистирол нашел широкое применение в Германии и других странах Европы и Америки в качестве утеплителя в строительстве, где он является приоритетным материалом и составляет до 85 % из объема применения строительной теплоизоляции.

Основные свойства пенополистирола:

Влагостойкость — это способность материала не изменять своих свойств при контакте с водой. Пенополистирол может адсорбировать 5–6 % влаги, при этом на 90–92 % сохраняет сопротивление теплопередаче.

Морозоустойчивость — это способность материала сохранять свои свойства под воздействием циклов замораживание/размораживание. Обычные строительные материалы — кирпич, штукатурка и др. — должны выдерживать не менее 50 циклов. Поскольку пенополистирол адсорбирует мало влаги, а при ее замерзании его гранулы не разрушаются, упруго воспринимая деформации, то этот материал свободно выдерживает 50 циклов. Более чем 50-летний опыт применения этого материала в европейских странах и Северной Америке показал, что материал практически не меняет своих свойств под воздействием мороза.

Долговечность — способность материала не изменять своих свойств в течение заданного времени. Большинство строительных материалов для малоэтажного строительства, работающих непосредственно с открытой средой, имеют срок эксплуатации 50 лет. Этот срок обусловлен прежде всего тем, что быстро меняются социальные условия и обычные жилые малоэтажные дома быстро морально устаревают — их приходится сносить или перестраивать.

Пенополистирол, как и всякая синтетика, обладает механизмами старения. Это ультрафиолет солнца, воздействие кислорода, вызывающее разрушение. Данные факторы вызывают разрушение полимерных связей молекул, то есть из полимера он превращается в мономер. Учитывая это, надо защитить материал от воздействия открытых солнечных лучей и, по возможности, от свободного контакта с воздухом, что полностью выполняется при утеплении фундаментов. Пенополистирол подвержен темпера-

турной деструкции при температурах выше +160 °C. Такая температура не встречается в конструкциях фундаментов. По разным источникам, долговечность пенополистирола составляет 50–100 лет.

Биологическая устойчивость — способность материала сохранять свойства под воздействием биологически активной среды. Как было сказано выше, плесень может развиваться на любых материалах, в том числе на пенополистироле, но ее колонии практически не влияют на структуру материала и не меняют его свойств. Под землей корни растений, входя в соприкосновение с пенополистиролом, не получают от него питательных веществ и не прорастают в него.

Стойкость против грызунов. Грызуны могут использовать строительные материалы для питания, сооружения гнезд или проделки ходов. Грызуны не едят пенополистирол. Они не создают в нем гнезда, если есть альтернативные материалы для этого — бумага, шерстяные вещи, ткани и т. п. Конечно, они легко проделывают в пенополистироле ходы, как и в древесине, но при утеплении фундаментов отсыпку обычно осуществляют гравием для отвода воды и предотвращения капиллярного подъема воды. Грызуны в гравии ходов не делают. Не делают ходов и в песке, также применяемом при отсыпке. Таким образом, пенополистирол может считаться стойким против грызунов при утеплении фундаментов.

Устойчивость к воздействию растворителей пенополистирола мала, особенно к ацетону, бензолу, сероуглероду, но он нерастворим в спиртах и простом эфире. В обычной практике эксплуатации малоэтажных зданий возможность контакта плит утеплителя фундамента с такими растворителями практически отсутствует.

Паропроницаемость пенополистирола составляет 0,03–0,05 мг/(м · ч · Па). Она равна или близка к паропроницаемости таких пород древесины, как



Рис. 19. Сверхпрочный пенополистирол KNAUF Therm® 5 in 1 F

ель, сосна, дуб, и выше, чем у материалов, применяемых для изготовления фундаментов.

Пожароопасность пенополистирола. Пенополистирол, как и всякий другой синтетический материал, горит. Температура воспламенения немодифицированного пенополистирола составляет +210...+400 °С, но он не воспламеняется от горящей сигареты, искр. При воспламенении температура быстро доходит до +1200 °С. При горении выделяется дым, содержащий токсичные продукты: бромоводород и др. Для уменьшения пожарной опасности пенополистирола при его производстве добавляют различные антипирены (вещества, при нагревании которых выделяются газы, препятствующие доступу кислорода к месту горения). Полученный с такими добавками пенополистирол называют самозатухающим, и он обозначается ПСБ-С («С» значит «самозатухающий»). Это значит, что материал будет гореть только при наличии внешнего источника пламени. При удалении этого источника горение пенополистирола

прекращается. Дополнительно вместо горючих газов при образовании пены для производства пенополистирола используют углекислый газ, который также препятствует доступу кислорода к месту горения. Поскольку при утеплении фундаментов пенополистиролом плиты практически нигде не соприкасаются с горючими элементами конструкций зданий и оборудования, то его применение не представляет пожарной опасности. Теплопроводность является важнейшим свойством пенополистирола как теплоизоляционного материала. Она зависит от его плотности и составляет 0,035–0,040 Вт/(м·К) для плотности 10–30 кг/м³. Прочность на сжатие также является важнейшей характеристикой пенополистирола как строительного материала. Он может нести значительные нагрузки в течение длительного времени. Прочность на сжатие при 10-процентной линейной деформации составляет в зависимости от марок и плотности пенополистирола 65–250 кПа.

Технические характеристики KNAUF Therm®Floor

Таблица 3

Показатели	Значения
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации не менее	150 кПа
Теплопроводность не более	0,032 Вт/(м·К)
Водопоглощение при полном погружении по объему не более	0,8 %

Размеры плит KNAUF Therm®Floor:

- длина — 1000, 2000, 3000 мм;
- ширина — 1200 мм;
- толщина — 20–600 мм через каждые 10 мм.

Инновационная продукция фирмы KNAUF — формованные плиты KNAUF Therm®5 in 1 F (KNAUF Терм®5 в 1).

Их особенности:

- выдерживают нагрузку до 17 т/м²;
- не требуют заделки швов благодаря ступенчатой кромке по периметру плит;
- имеют разметку для упрощения нарезания;
- значительно увеличивают эффективность приклейки благодаря специальной фактуре поверхности (увеличивается площадь склейки)

Технические характеристики формованных плит KNAUF Therm®5 in 1 F

Таблица 4

Показатели	Значения
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации не менее	170 кПа
Теплопроводность при 10 ± 1 °С не более	0,032 Вт/(м·К)
Водопоглощение за 24 часа по объему не более	0,1 %
Паропроницаемость	0,023 мг/(м·ч·Па)

Размеры формованных плит KNAUF Therm®5 in 1 F:

- длина — 1000 мм;
- ширина — 600 мм;
- толщина — 50 мм.

Плиты KNAUF Therm имеют удобную упаковку, облегчающую хранение и транспортировку (рис. 19).

Особенности пенополистирола KNAUF Therm®

Плитный утеплитель KNAUF Therm® является одним из самых безопасных и экологически чистых материалов. Он соответствует всем европейским и российским строительным нормативам и постоянно проходит сертификацию. Особенности плит KNAUF Therm® заключаются, прежде всего, в том, что они:

- не включают фенолформальдегид в качестве связующего вещества;
- вместо фреона содержат внутри гранул чистый воздух;
- не имеют хлора и его производных в составе, а значит, не могут выделять фосген при горении;
- изготовлены из сырья с применением современных антипиренов.

Для устройства отмостки и утепления фундаментов различных видов полов и подвалов предлагаются плиты KNAUF Therm®Floor и формованные плиты KNAUF Therm®5 in 1 F.

Их основные преимущества:

- экологическая чистота;
- выдерживают высокие нагрузки (до 17 т/м²);
- влагостойкость;
- не привлекают грызунов;
- обладают небольшой сжимаемостью под нагрузкой (не более 0,2 % при удельной нагрузке 2000 Па).

6. Технология применения пенополистирольных плит KNAUF Therm® при утеплении фундаментов

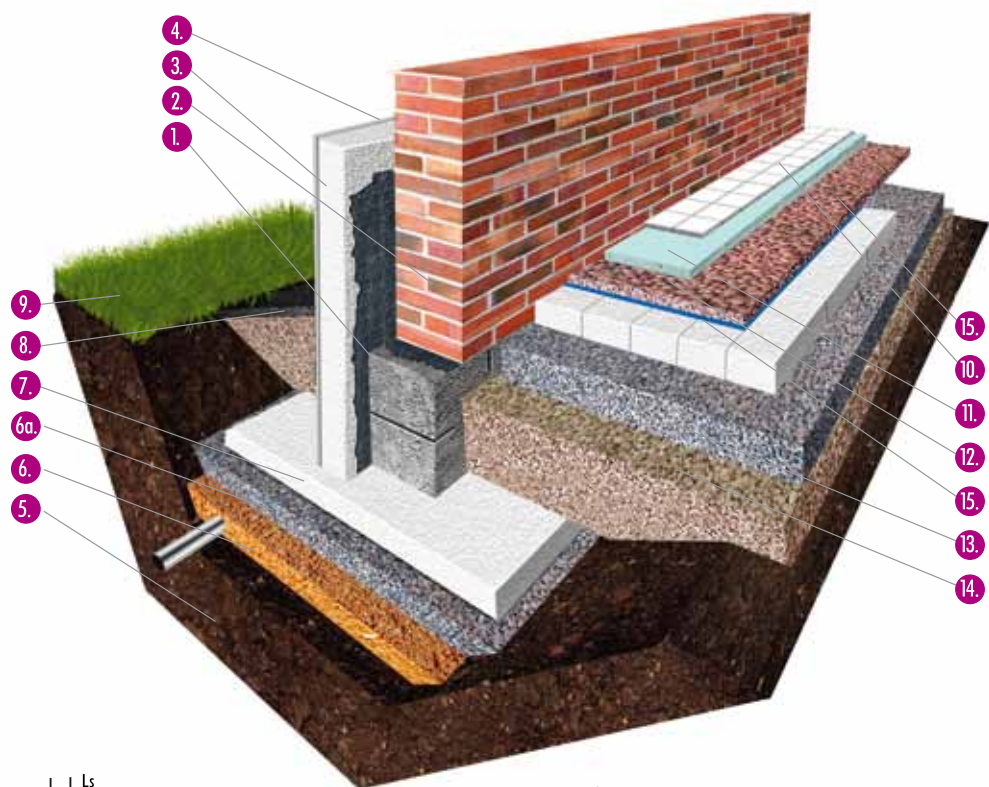


Рис. 20. Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий с теплоизоляцией пола:

- 1 — плиты ленточного фундамента;
- 2 — стена здания;
- 3 — вертикальная теплоизоляция;
- 4 — защитное покрытие плит теплоизоляции;
- 5 — грунт; 6 — слой песчаной отсыпки;
- 6а — слой гравийной отсыпки;
- 7 — горизонтальная теплоизоляция;
- 8 — асфальтовая или бетонная отмостка;
- 9 — травяной покров; 10 — финишное покрытие пола;
- 11 — гипсоволокнистые плиты сборного пола;
- 12 — керамзитовая подсыпка под сборный пол;
- 13 — теплоизоляция пола;
- 14 — слой гравийной подсыпки;
- 15 — пленка пароизоляции пола

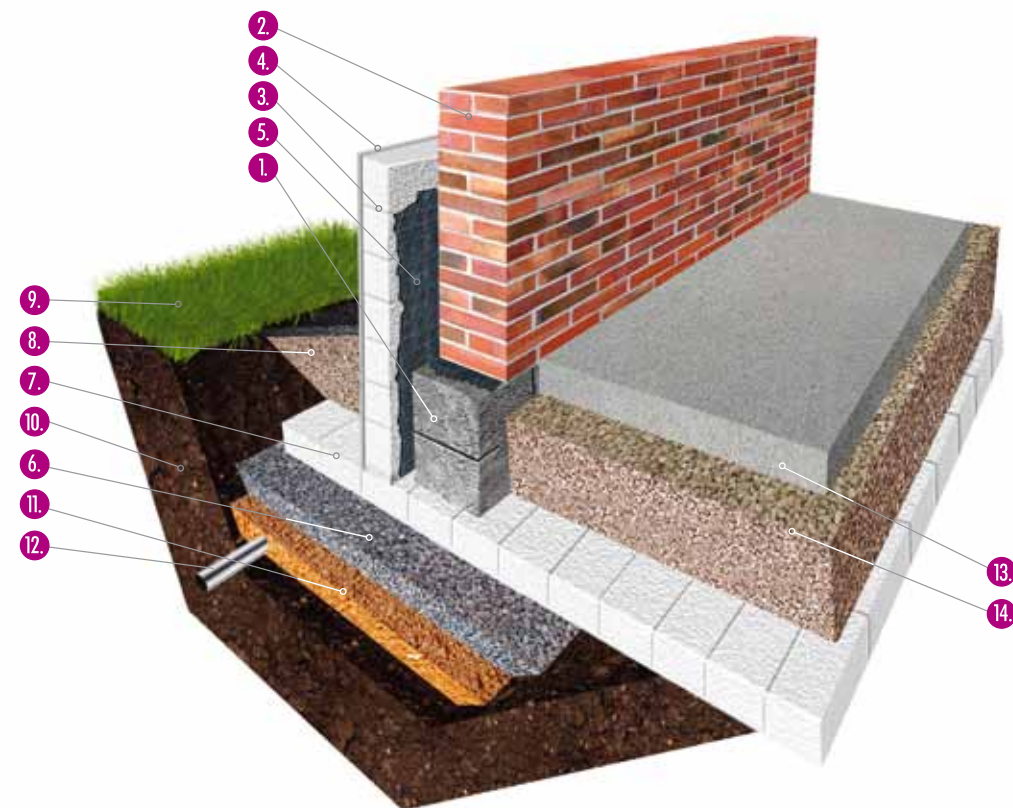
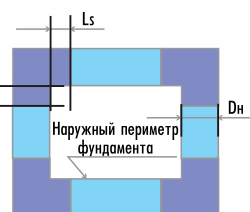


Рис. 21. Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий без теплоизоляции пола:

- 1 — блоки фундамента; 2 — стена;
- 3 — вертикальная теплоизоляция из пенополистирольных плит KNAUF Therm®5 in 1 F;
- 4 — облицовка цоколя; 5 — гидроизоляция;
- 6 — гравийная подсыпка подушки;
- 7 — горизонтальная теплоизоляция из пенополистирольных плит KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F;
- 8 — отмостка; 9 — дерн; 10 — грунт;
- 11 — песчаная подсыпка подушки; 12 — дренаж;
- 13 — бетонная стяжка пола;
- 14 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная)



Фундаменты мелкого заложения. В малоэтажном строительстве широко применяются фундаменты мелкого заложения даже на средне- и сильнопучинистых грунтах с применением систем теплоизоляции фундаментов (теплоизоляционные фундаменты мелкого заложения — ТФМЗ), которые значительно снижают риск замораживания грунта под фундаментом здания.

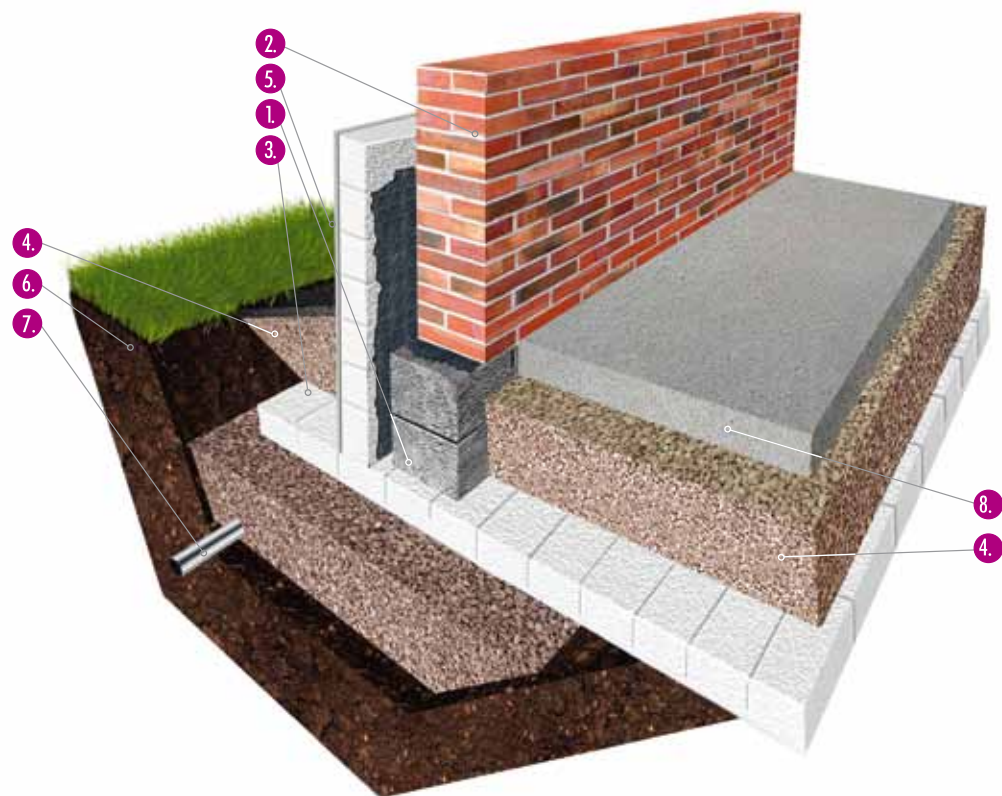


Рис. 22. Схема укладки и параметры теплоизоляции
в фундаментах неотапливаемых зданий:
1 — блоки фундамента; 2 — стена;
3 — утеплитель из пенополистирольных плит
KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F;
4 — гравийно-песчаная подсыпка; 5 — отмостка;
6 — грунт; 7 — дренаж; 8 — бетонная стяжка пола



Рис. 22а. Схема укладки и параметры теплоизоляции
в фундаментах зданий с переменным режимом эксплуатации
(отапливаемое — неотапливаемое):
1 — блоки фундамента; 2 — стена;
3 — вертикальная теплоизоляция из пенополистирольных плит
KNAUF Therm®5 in 1 F; 4 — облицовка цоколя;
5 — гидроизоляция; 6 — гравийная подсыпка подушки;
7 — горизонтальная теплоизоляция из пенополистирольных плит
KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F; 8 — отмостка;
9 — дерн; 10 — грунт; 11 — песчаная подсыпка подушки;
12 — дренаж; 13 — бетонная стяжка пола;
14 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная)

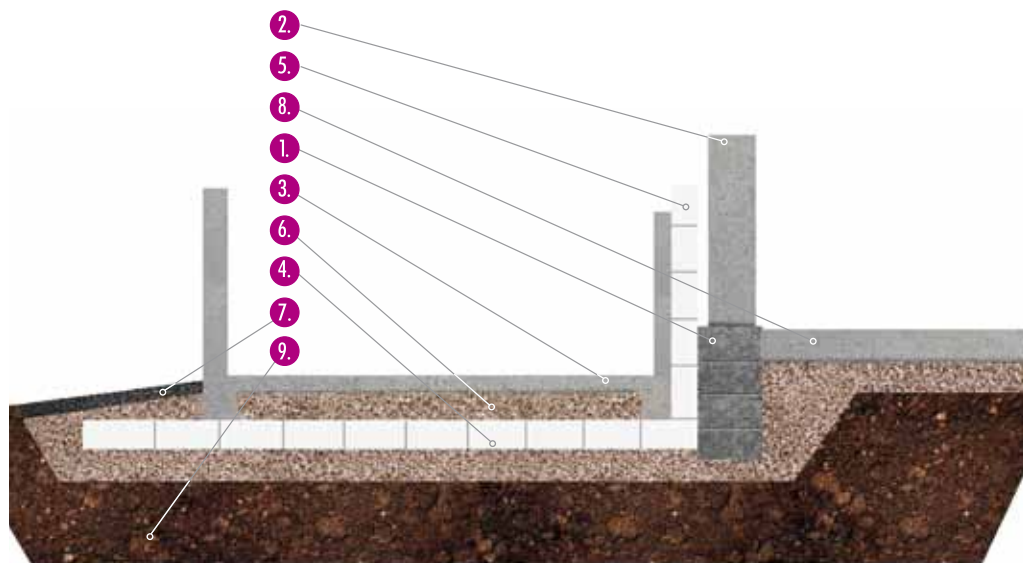


Рис. 23. Схема укладки и параметры теплоизоляции выступающих пристроек

1 — блоки фундамента; 2 — стена; 3 — фундамент пристройки;
4 — горизонтальная теплоизоляция плиты KNAUF Therm® Floor;
5 — вертикальная теплоизоляция плиты KNAUF Therm® 5 in 1 F;
6 — подсыпка из непучинистого грунта (гравийно-песчаная);
7 — отмостка; 8 — пол основного здания; 9 — грунт

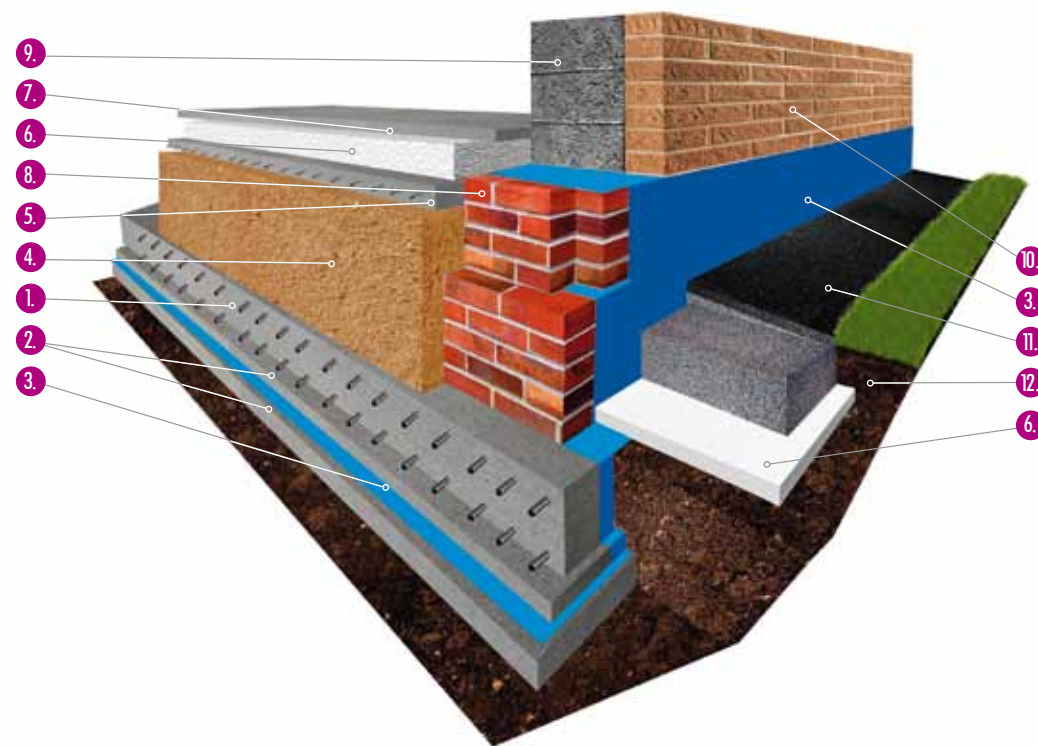


Рис. 24. Утепление плитного фундамента пенополистирольными плитами KNAUF Therm®Floor и KNAUF Therm®5 in 1 F:

1 — плитный фундамент; 2 — бетонная подготовка;
3 — пленочная гидроизоляция;
4 — утрамбованный песок; армированная стяжка;
5 — горизонтальный утеплитель — плиты KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F;
6 — выравнивающая бетонная стяжка;
7 — выравнивающая бетонная стяжка;
8 — фундаментная часть стены; 9 — стеновые блоки;
10 — лицевая часть стены; 11 — отмостка;
12 — непучинистый грунт



Рис. 25. Схема укладки теплоизоляции из пенополистирольных плит KNAUF Therm®Floor и KNAUF Therm®5 in 1 F в столбчатых фундаментах: 1 — столб; 2 — фундаментный блок; 3 — утеплитель из плит KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F; 4 — гравийно-песчаная подушка

Работы по устройству ТФМЗ выполняют, руководствуясь требованиями СНиП 12-01-83. Перед началом работ по устройству фундаментов следует провести подготовительные работы — очистку территории и подъездов от кустарника, выкорчевать пни, осушить площадку, выполнить работы по подводу инженерных коммуникаций. Схема укладки теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий показана на рис. 21. Под фундамент по всему периметру здания выкапывается траншея глубиной около 0,6 м. Затем производится подсыпка непучинистого грунта — крупного

песка и гравия, выравнивается и трамбуется. Лучше выполнять и трамбовать засыпку слоями. Таким образом выполняется подушка. Ее толщина около 0,2 м. На выполненную подушку укладываются плиты KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F. Плиты укладываются горизонтально по всему периметру здания. Их толщина не менее S_n , а ширина D_n , которые определяются по табл. 5 в зависимости от индекса мороза (ИМ), (индекс мороза — это абсолютное значение отрицательных градусо-часов наружного воздуха, которое встречается с вероятностью 1 раз в 50 лет).

Требуемые размеры теплоизоляции из плит KNAUF Therm® 5 в 1 F KNAUF Therm® Floor в фундаменте мелкого заложения отапливаемых зданий, с утепленными и неутепленными полами Таблица 5

ИМ, °С · ч	Толщина вертикальной теплоизоляции, $\bar{D}_v$, см	Горизонтальная теплоизоляция вдоль стен		Горизонтальная теплоизоляция на углах	
		ширина, D_h , м	толщина, $\bar{D}_h$, см	длина, L_c , м	толщина, $\bar{D}_c$, см
50 000	11,2	0,6/0,9	5,6/4,9	1,5	7,8/6,9
	6,0*	0,6*	6,1*	7,5*	1,5*
60 000	12,6	0,9/1,2	7,4/6,3	2,0	11,0/9,5
	7,4*	0,9*	7,6*	9,2*	2,0*
65 000	13,3	0,9/1,2	8,8/7,7	2,0	13,1/11,6
70 000	14,0	1,2/1,5	9,1/8,1	2,5	13,7/12,1
	8,6*	1,2*	9,1*	10,7*	2,5*
75 000	14,7	1,2/1,5	10,9/9,8	2,5	16,3/15,2
80 000	15,4	1,5/1,8	11,2/10,2	3,0	16,8/15,2
	10,2*	1,5*	10,5*	12,1*	3,0*
85 000	16,1	1,5/1,8	12,6/11,6	3,0	18,9/17,3
90 000	16,8	1,8	13,3	3,5	20,0
	11,6*	1,8*	11,9*	13,5*	3,5*

Условные обозначения:
 D_h — ширина горизонтальной теплоизоляции по периметру здания;
 L_c — длина участков теплоизоляции толщиной $\bar{D}_c$ по углам здания;
 $\bar{D}_v$ — толщина вертикальной теплоизоляции;
* — значения для зданий с полом без теплоизоляции;
ИМ — индекс мороза.

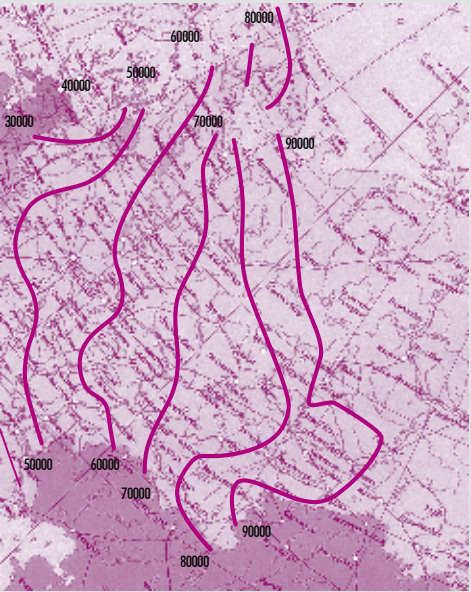


Рис. 26. Карта распределения индекса мороза (ИМ) на территории западной части РФ

7. Контроль качества фундаментных работ

Часто такую раскладку теплоизоляционных плит называют теплоизоляционной юбкой. Значение ИМ можно определить по карте ИМ (рис. 26). Для Санкт-Петербурга это 40 000 градусо-часов, для Москвы — 55 000 градусо-часов.

По углам здания, где процессы охлаждения, как указывалось выше, идут более интенсивно, длина плит составляет l_c , а толщина δ_c , которые также определяются по табл. 5. В целях отвода воды из подушки необходимо устраивать по всему периметру здания трубчатый дренаж.

После монтажа фундаментных блоков при ленточном фундаменте по его наружной вертикальной стороне и цокольной части стены на высоту не менее 1 м от подошвы фундамента монтируются плиты вертикальной теплоизоляции толщиной δ_v (табл. 5). Плиты могут быть зафиксированы с помощью клея KNAUF Sevener (KNAUF Севенер). Могут приклеиваться также непосредственно к наружной битумной гидроизоляции блоков фундамента при ее расплавлении в нескольких точках по периметру плиты. Возможно и дюбелирование плит с применением тарельчатых дюбелей, но это дорогой вариант. После монтажа плит теплоизоляции производится обратная отсыпка пазух котлована непучинистым грунтом — крупным песком, гравием с последующей утрамбовкой. Затем по периметру здания выполняют асфальтовую или бетонную отмостку. Как указывалось выше, в местах концентрированных точечных нагрузок, в местах въезда в гараж следует теплоизоляционные плиты дополнительно защитить сверху, например цементными плитами KNAUF Аквпанель.

В случае если помещения в здании не отапливаются, то теплоизоляция укладывается в пределах всего здания, включая отмостку (теплоизоляционную юбку), равную D_h (рис. 22). Толщина плит теплоизоляции принимается равной δ_h .

Для зданий с переменным режимом отопления (например, коттеджи с временным пребыванием

людей в зимний период) теплоизоляционные плиты укладываются как у неотапливаемых зданий, но с монтажом вертикальной теплоизоляции.

У столбчатых опор фундамента на пучинистых грунтах монтаж теплоизоляционных плит KNAUF Therm®Floor и KNAUF Therm®5 in 1 F производится под опорой. Размеры плит определяются в соответствии с рис. 25.

Если к отапливаемому зданию пристраивается неотапливаемая пристройка, тамбур или кладовая, то на пучинистых грунтах необходимо провести утепление фундамента под всей площадью пристраиваемого помещения. В противном случае пристройка при промерзании грунта под воздействием сил, вызванных замерзанием грунтовых вод, будет осуществлять перемещения отдельно от здания с утепленным фундаментом.

Пол в отапливаемых помещениях выполняют по следующей схеме. Вначале следует выполнить двухслойную подушку толщиной около 20 см с уплотнением. Нижний слой — из крупного песка толщиной около 10 см, а верхний — из гравия. Такая подушка защитит от капиллярного поднятия грунтовых вод. Затем выполняется цементная стяжка. Если фундамент плитный, то выполняется армированная бетонная фундаментная плита. Поверх плиты производят выравнивающую тонкую стяжку, на которую укладывается рулонная гидроизоляция — рубероид. Поверх рубероида укладывают теплоизоляционные плиты KNAUF Therm®Floor или KNAUF Therm®5 in 1 F толщиной 100 мм. Поверх этих плит монтируют пол здания. Очень эффективными являются сборные полы KNAUF на основе керамзитовой подсыпки и гипсоволокнистых листов (ГВЛ), которые монтируются поверх теплоизоляции. Сверху листов ГВЛ монтируется финишное покрытие пола — линолеум, плитка, паркет и др. Если помещение отапливается, но нет необходимости устраивать теплый пол, то выполняют только горизонтальную теплоизоляцию отмостки и монтируют вертикальную теплоизоляцию, как это показано на рис. 21.

Ремонт теплоизоляции фундаментов, выполненной из плит пенополистирола KNAUF Therm®Floor и KNAUF Therm®5 in 1 F, при наличии мест механического повреждения плит теплоизоляции

Как было указано выше, на плиты пенополистирола при его использовании в качестве утеплителя фундаментов практически не действуют разрушающие этот материал факторы: ультрафиолетовое излучение солнца, высокие температуры, большое поступление кислорода, участвующего в деградации материала, поэтому данный материал, применяемый для этих целей, можно считать долговечным.

Но есть вероятность механического повреждения плит горизонтальной теплоизоляции под воздействием местных точечных нагрузок, например от складирования грузов, колес грузового автомобиля и т. п. Могут быть механически повреждены и плиты вертикальной теплоизоляции. Для устранения повреждений необходимо вскрыть места повреждений и удалить поврежденные плиты с их заменой новыми. Если при этом повреждена гидроизоляция, то ее надо восстановить. Очень важно при этих видах ремонта не допустить образования мостиков холода, то есть мест прямого контакта фундаментных конструкций с грунтом, поэтому новые плиты взамен поврежденных надо укладывать без зазоров. При монтаже плит вертикальной теплоизоляции недопустима заделка мест повреждения или образовавшихся между плитами щелей клеевыми или штукатурными растворами. После замены плит вертикальной теплоизоляции или их участков необходимо восстановить защитное покрытие. Для этого производят зачистку старого защитного покрытия от грязи и старой краски не менее чем на 100 мм от края вскрытого участка. Затем с помощью клееармирующей смеси KNAUF Севенер на очищенное место и на новую плиту теплоизоляции приклеивается армирующая щелочестойкая стеклосетка. Далее восстанавливается штукатурный слой с последующей окраской.

Во время строительства выполняется контроль качества при выполнении и завершении отдельных этапов работ. Выполняется и контроль качества (входящий контроль) строительных материалов.

По окончании всех фундаментных работ осуществляется их приемка представителями авторского и технического надзора с составлением соответствующих актов скрытых работ:

- а) на работы по осушению и водоотведению;
- б) устройству инженерных сетей;
- в) освидетельствованию грунтов котлована;
- г) выполнению грунтовой подушки;
- д) работы по устройству горизонтальной теплоизоляции;
- е) работы по устройству фундамента (установку фундаментных блоков);
- ж) работы по гидроизоляции фундамента и монтажу вертикальной; теплоизоляции.

При строительстве частного односемейного дома составление этих документов осуществляется в присутствии заказчика. Наличие таких документов позволяет решить вопросы об ответственности лиц, выполнявших работы, при возникновении дефектов как во время выполнения последующих работ, так и при гарантийном обслуживании.

Заключение

По изучении настоящего теоретического курса учащийся должен сдать зачет и пройти практическое обучение на учебном полигоне либо на производственной практике в строительной организации. По окончании полного курса учащийся получает сертификат образовательной организации.

Контрольные вопросы к методическому пособию по курсу «Утепление фундаментов энергоэффективным пенополистиролом KNAUF Therm®»¹

Раздел 1

1. Когда в Европе начался первый энергетический кризис?
 - ☐ 1956 г.
 - ☒ 1969 г.
 - ☐ 2008 г.
2. Пассивные дома — это дома с потреблением условного топлива для отопления с потреблением:
 - ☐ 100–200 л/год;
 - ☐ 20–30 л/год;
 - ☒ 3–5 л/год.
3. Сколько потерь тепловой энергии от общего количества теплоты происходит через фундамент малоэтажных зданий?
 - ☐ 30–40 %;
 - ☒ 10–20 %;
 - ☐ 0 %.

Раздел 2

1. На сколько увеличивается в объеме вода при замерзании и переходе из жидкой фазы в твердую?
 - ☒ на 10 %;
 - ☐ на 1 %;
 - ☐ на 0 %.
2. Между элементами стен и фундаментов возникают напряжения, вызванные изменением температур:
 - ☒ из-за разницы температур фундаментов и стен;
 - ☒ разницы коэффициентов теплового линейного расширения материалов стен и фундаментов;
 - ☐ напряжений не возникает.
3. Чем характеризуется в целом микроклимат в помещениях?
 - ☐ температурой, влажностью воздуха;
 - ☐ температурой, скоростью движения воздуха;
 - ☒ температурой, влажностью, скоростью движения воздуха.
4. Точка росы, то есть температура поверхности, на которой начинает образовываться конденсат, зависит:
 - ☒ от температуры воздуха;
 - ☒ температуры поверхности;
 - ☒ относительной влажности воздуха;
 - ☐ скорости движения воздуха у поверхности.
5. Водяной пар движется через паропроницаемые ограждающие конструкции:
 - ☐ снизу вверх;
 - ☒ из теплого помещения наружу в холодное время года;
 - ☐ снаружи во внутрь здания в холодное время года.

Раздел 3

1. Ленточный фундамент подходит:
 - ☐ для пучинистых грунтов;
 - ☒ слабопучинистых грунтов;
 - ☒ непучинистых грунтов.
2. Столбчатый фундамент подходит:
 - ☒ для непучинистых грунтов;
 - ☒ слабопучинистых грунтов;
 - ☒ среднепучинистых грунтов;
 - ☐ пучинистых грунтов.
3. Плитный фундамент подходит:
 - ☐ для непучинистых грунтов;
 - ☐ слабопучинистых грунтов;
 - ☒ пучинистых грунтов;
 - ☒ сильнопучинистых грунтов.

Раздел 4

1. Теплопроводность выше:
 - ☒ у твердых тел;
 - ☐ жидких тел;
 - ☐ газообразных тел.
2. Тепловая конвекция увеличивается:
 - ☒ при увеличении скорости движения жидкого (газообразного) тела у поверхности твердого тела;
 - ☒ увеличении поверхности твердого тела, соприкасающейся с жидким (газообразным) телом;
 - ☐ при увеличении массы твердого тела.
3. Какие материалы являются паронепроницаемыми?
 - ☐ армированный бетон;
 - ☐ кирпич;
 - ☒ стекло;
 - ☐ фанера;
 - ☐ пенополистирол EPS;
 - ☒ свинец.
4. Горизонтальный утеплитель из пенополистирола в районе отмостки:
 - ☒ повышает точку промерзания грунта;
 - ☐ способствует таянию снега на поверхности отмостки;
 - ☐ усиливает прочность отмостки.
5. Утепление ограждающих конструкций снаружи способствует:
 - ☒ энергосбережению;
 - ☒ увеличению срока эксплуатации ограждающих конструкций за счет сокращения вредного воздействия окружающей среды;
 - ☐ уменьшению стоимости здания.

Раздел 5

1. При какой температуре пенополистирол переходит из твердого состояния в эластичное?
 - ☐ +100...+150 °C;
 - ☒ +190...+240 °C;
 - ☐ +250...+300 °C.
2. Пенополистирол используется в строительстве:
 - ☒ как плитный теплоизоляционный материал;
 - ☒ как легкий наполнитель для «теплой» штукатурки;
 - ☐ как шумоизоляционный материал для перегородок.
3. Пенополистирол:
 - ☐ не адсорбирует влагу;
 - ☒ адсорбирует 5–6 % влаги;
 - ☐ адсорбирует 10–12 % влаги.
4. Долговечность пенополистирола в строительных конструкциях составляет не более:
 - ☐ 25 лет;
 - ☒ 50–100 лет;
 - ☐ более 100 лет.
5. Грызуны используют плиты пенополистирола:
 - ☐ для еды;
 - ☐ устройства гнезд;
 - ☒ устройства ходов.
6. Пенополистирол марки ПСБ-С является:
 - ☒ самозатухающим, то есть горит только при наличии внешнего источника горения;
 - ☐ воспламеняемым материалом и загорается от искр, непотушенных окурков;
 - ☐ негорючим материалом.
7. Пенополистирол растворяется при воздействии:
 - ☒ ацетоном;
 - ☐ спиртом;
 - ☐ эфиром;
 - ☒ бензолом.

Раздел 6

1. Из какого материала выполняется подушка под фундамент мелкого заложения?
 - ☐ смеси глины и песка;
 - ☐ бетонного раствора;
 - ☒ песчано-гравийной смеси;
 - ☒ слоистой смеси: первый слой — песок, второй слой — гравий.
2. Размеры пенополистирольных плит для теплоизоляции выбираются:
 - ☐ произвольно;
 - ☐ по рекомендации строительных рабочих;
 - ☒ по расчету, в зависимости от индекса мороза.

¹Правильные ответы выделены черным цветом

Литература

1. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
2. СНиП 31-02-2001. Дома жилые многоквартирные.
3. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.
4. ГОСТ 25.100-95. Грунты. Классификация.
5. ВСН 29-85. Проектирование мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных сельских зданий на пучинистых грунтах / Минсельстрой. М., 1985.
6. ТСН МФ-97 МО «Проектирование, расчет и устройство мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных зданий в Московской области».
7. СТО 50934765-00-2009 «Конструктивные решения фундаментов мелкого заложения»
8. Рекомендации по выбору эффективных фундаментов для усадебных жилых домов.
М. : МосгипроНИИсельстрой, 1985. (Теория строительства, мелкозаглубленный фундамент.)
9. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М. : Техносфера, 2012.
10. Сайт Teletherm. КПД котлов и эффективность работы локальных отопительных систем. (Опыт США.)



ООО «КНАУФ ПЕНОПЛАСТ»

143405, Московская область, Красногорск, Центральная ул, 139,
тел./факс: +7 495 980 89 11, тел.: +7 495 980 89 12

ООО «КНАУФ ПЕНОПЛАСТ»

196655, Санкт-Петербург, Колпино, Загородная ул, 9,
тел./факс: +7 812 461 09 77, тел.: +7 812 461 24 69

www.knauftherm.ru