«ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОСТЕКОЛЬНОГО ГРАВИЯ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФУНДАМЕНТОВ И СТЕН ПОДВАЛА»

Материалы для проектирования и чертежи узлов

Пермь - 2014

Оглавление

1. Общие положения 3
2. Область применения 4
3. Применяемые материалы 7
4. Конструктивные решения тепловой изоляции фундаментов и стен подвала 7
4.1 Утепление фундаментов мелкого заложения 7
4.2 Утепление фундаментной плиты 7
4.3 Утепление стен подвала 10
РАЗДЕЛ 1. Утепление фундаментов мелкого заложения 15
РАЗДЕЛ 2. Утепление фундаментной плиты 22
РАЗДЕЛ 3. Утепление стен подвала 25
Приложение 1. Расчет толщины теплоизоляционного слоя стен подвала 28
Приложение 2. Расчет толщины теплоизоляционного слоя мелкозаглубленного фундамента 33

1. Общие положения

Альбом содержит материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов утепления фундаментов и стен подвала зданий различного назначения с теплоизоляцией гранулированным пеностеклом.

Материалы разработаны для следующих условий:

- здания одно- и многоэтажные высотой до 75 м, I - IV степени огнестойкости с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом для строительства на всей территории страны;
- стены несущие или самонесущие из штучных материалов (кирпич, камни, бетонные блоки) или монолитного железобетона;
- температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 - до минус 55 °С.

Проектирование следует вести с учетом указаний следующих действующих нормативных документов:

- СП 54.13330.2011 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»;
- СП 118.13330.2012 «СНиП 31-05-2003 Общественные здания административного назначения»;
- СП 56.13330.2011 «СНиП 31-03-2001 Производственные здания»;
- СП 44.13330.2011 «СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания»;
- СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»;
- СП 15.13330.2012 «СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции»;

- СП 112.13330.2012 «СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений»;
- СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология»;
- СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83** Основания зданий и сооружений».

2. Область применения

Виды фундаментов, применяемые при строительстве по типу конструкции и технологии изготовления делятся на ленточные, плитные, столбчатые и свайные. Конструкции этих видов делают монолитными или сборными из бетонных блоков. Отличаются друг от друга виды фундаментных оснований не только формой и технологией изготовления, но и какие задачи строительства они решают, стоимостью монтажа конкретного вида конструкции. После изготовления и выполнения монтажа выбранный вид конструкции основания дома должен быть прочным, долговечным и устойчивым, морозостойким, способным сопротивляться действию грунтовых агрессивных вод.

Заглубленный фундамент

Согласно СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», глубина заложения фундаментов определяется многими параметрами, но на пучинистых грунтах глубина залегания фундаментов наружных стен должна быть не меньше глубины сезонного промерзания грунтов. Именно поэтому, стоимость работ по возведению фундаментов является достаточно дорогой, и особенно при большой глубине сезонного промерзания.

Строительство таких фундаментов целесообразно для зданий с тяжелыми (каменными, бетонными, кирпичными) стенами, при устройстве теплых подвалов и цокольных этажей.

Теплоизоляция отапливаемых подвалов позволяет значительно снизить неоправданные потери тепла и дает возможность круглый год поддерживать постоянную температуру 5-10°С, а также исключить образование конденсата на внутренних поверхностях заглубленного помещения в летнее время. Это связано с тем, что летом температура поверхности стен, граничащих с грунтом, часто оказывается ниже точки росы, поэтому при попадании на них теплого воздуха создаются условия для выпадения конденсата, развития плесени, гнили и появления неприятного запаха.

Морозозащищенный мелкозаглубленный фундамент

Согласно СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» глубину заложения фундаментов разрешается назначать выше глубины сезонного промерзания грунтов, если «…предусмотрены специальные теплотехнические мероприятия, исключающие промерзание грунтов…», что особенно важно для сооружений, расположенных в местах с высоким уровнем грунтовых вод. Таким образом, если теплоизоляция грунтов от промерзания позволит поднять температуру грунтов под основанием фундамента до положительных значений в холодное время года, то грунт не будет замерзать и пучиниться.

Используемые для утепления грунта теплоизоляционные материалы должны иметь стабильные свойства в течение всего срока эксплуатации здания (от его строительства до сноса) вне зависимости от условий эксплуатации: повышенная влажность, биологическая активность, стойкость к воздействию насекомых, грызунов и т.д. Особо следует отметить, что в случае, если используемые теплоизоляционные материалы изменят свои свойства вследствие каких-либо воздействий, то грунт под зданием промерзнет, и силы морозного пучения грунта могут разрушить фундамент здания и соответственно само здание.

Конструкция морозозащищенного фундамента обеспечивает эффективную защиту от промерзания и от всех известных негативных

проявлений морозного пучения грунтов. Следствием является резкое сокращение материалоемкости и объемов земляных работ: глубина заложения составляет 0,5-0,8 м вместо привычных в Средней России 1,5-2,5 м, а на Севере и на Востоке – до 3-3,5 м (!), назначаемых по условиям промерзания грунтов. Здесь его просто не будет! Кроме того, одновременно решаются вопросы резкого сокращения теплопотерь – это, несомненно, огромный резерв экономии тепловой энергии при эксплуатации дома.

Теплотехнические расчеты показывают, что промерзание грунта можно исключить изоляцией фундамента с обеих его граней сверху (и с боков), укладкой изоляции под отмостку, под пол, в обратную засыпку и т.д. Если дом строится без перехода через зиму, внутреннюю изоляцию можно существенно уменьшить или даже полностью исключить.

Материалом для теплоизоляции фундамента может быть любой из известных ныне теплоизоляционных материалов. Но к такому материалу должны предъявляться определенные требования, он должен долгое время работать в грунтовых условиях без потери своих теплоизоляционных и прочностных свойств под влиянием любых внешних факторов. Именно таким теплоизоляционным материалом является пеностекольный гравий.

Плитный фундамент

Для исключения различных случайностей, которые могут негативно сказаться на строении, имеется наиболее надежный тип фундамента: плитный монолитный, представляющий собой толстую железобетонную плиту, армированную в два слоя (сверху и снизу). Он устраивается на глубине 40-50 см и относится к классу незаглубленных фундаментов. Для его устройства применяют высокопрочный бетон не ниже класса В12,5 и арматурные стержни диаметром не менее 12-16 мм. Относительно большой расход бетона и арматурной стали можно считать оправданным, если все другие технические решения фундаментов в этих условиях не могут гарантировать их надежную

работу. Именно поэтому, плитные фундаменты сооружают в основном на проблемных грунтах, а их применение особенно оправдано на влажных грунтах с высоким уровнем нахождения грунтовых вод.

Утеплитель позволяет не только сократить потерю тепла через пол первого этажа, но и избежать неравномерного проседания фундамента. Так как бетон имеет высокую теплопроводность, а плита данного фундамента обычно используется как пол первого этажа, то плиту утепляют и гидроизолируют с «холодной» стороны, т.е. с наружной стороны, укладывая под плиту теплоизоляционный материал.

При утеплении фундаментной плиты следует помнить о вертикальном утеплении данной плиты с торцов, которое должно рассматриваться совместно с утеплением опирающихся на плиту стен.

3. Применяемые материалы

В качестве материала тепловой изоляции технологического оборудования применяют пеностекольный гравий имеющий следующие технические характеристики:

- Основных фракций – 3 – 20 мм;
- Насыпная плотность – не более 200 кг/м^3;
- Прочность – от 3 кг/см^2;
- Влагостойкость по ГОСТ при кипячении – не менее 2х часов;
- Теплопроводность – не более 0.07 Вт/м·°С;

4. Конструктивные решения тепловой изоляции фундаментов и стен подвала

4.1 Утепление фундаментов мелкого заложения

4.1.1 К фундаментам мелкого заложения относятся фундаменты на естественном основании, подошва которых находится на глубине менее

сезонного промерзания грунта, однако сам фундамент защищен от воздействия сил пучения с помощью теплоизоляционных материалов наряду с устройством в его основании подушки из непучинистого грунта, которым также засыпаются пазухи котлованов. Данные теплоизоляционные материалы располагаются таким образом, что позволяют уменьшить глубину сезонного промерзания грунта под подошвой фундамента.

4.1.2 В зависимости от типа здания и климатических условий, при устройстве мелкозаглубленных фундаментов под строительство неотапливаемых зданий, теплоизоляция располагаются горизонтально под подошвой фундамента в пределах всей площади здания с выступом за его контур на ширину и толщину, определяемых расчетом (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет несущей). При устройстве мелкозаглубленных фундаментов отапливаемых зданий, засыпка пеностекольного гравия производится горизонтально по периметру здания с выступом за его контур на ширину и толщину, определяемых расчетом (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет свободнолежащей).

4.1.3 На углах здания применяется повышенная толщина теплоизоляционной засыпки.

4.1.4 Вертикальное утепление фундамента производят методом засыпки пеностекольного гравия в пазуху, образованную вертикальной внешней поверхностью фундамента и вертикальной ограждающей конструкцией, изготовленной из асбоцементных листов, листов ЦСП, кирпичной кладки и т.п., расположенных на заданном расстоянии от вертикальной стенки фундамента. До установки вертикальной ограждающей конструкции и последующей засыпки теплоизоляционного материала, внешняя поверхность фундамента должна быть гидроизолирована, а места прохода через слой гидроизоляции элементов крепежа должны быть дополнительно покрыты гидроизоляционной мастикой. Допускается использование пеностекольного гравия в качестве или в составе обратной засыпки.

4.1.5 В процессе засыпки пеностекольного гравия, его следует разравнивать и послойно уплотнять трамбованием без усилий, превышающих прочность материала.

4.1.6 Для теплоизоляционной засыпки в процессе возведения фундаментов может применяться пеностекольный гравий достаточной прочности со следующими характеристиками:

- объемное водопоглощение не более 5%;
- коэффициент размягчения не менее 0,8;
- класс по морозостойкости не хуже F50, и должен соответствовать классу материалов прилегающих конструкций

4.1.7 При расчетах количества засыпки пеностеклянного гравия необходимо учитывать изменение его характеристик вследствие возможного увлажнения

4.1.8 Для исключения ухудшения теплоизоляционных свойств засыпки пеностекольного гравия вследствие попадания грунта или заиливания в процессе эксплуатации, засыпка отделяется от других насыпных материалов слоем геотекстиля.

4.1.9 При использовании пеностекольной засыпки в качестве несущей (для увеличения несущей способности), поверх нее предусматривается фиксирующий слой, конструкция которого включает слой геотекстиля, пригруженного уплотненным песком. В особых случаях, для увеличения несущей способности засыпки пеностекольного гравия, для исключения локальных пересыпаний (механической стабилизации гранул), рекомендуется использовать объемную георешетку

4.1.10 Для обеспечения возможности хождения по слою засыпанного пеностекольного гравия и перемещения по нему грузов в процессе возведения, необходимо использовать временные дорожки из листовых материалов (фанеры, досок, металла и т.п).

4.1.11 Рекомендации по выбору и монтажу (нанесению), пароизоляционных и гидроизоляционных материалов, вспомогательных элементов конструкций и т.п., определяются их производителями.

4.1.12 Мероприятия и рекомендации по необходимости укрепления грунтового основания, монтажу дренажной системы, толщины засыпок грунтов и инертных материалов и их выбору, сечением железобетонных конструкций и т.п. определяются конкретным проектом фундамента сооружения.

4.2 Утепление фундаментной плиты

4.2.1 В зависимости от заглубления от поверхности различают заглубленную монолитную плиту и монолитную плиту мелкого заложения. Заглубленную плиту используют при строительстве здания с цокольным или подвальным этажом, а к фундаментам мелкого заложения относятся фундаменты, подошва которых находится на глубине менее сезонного промерзания грунта, однако сам фундамент защищен от воздействия сил пучения с помощью теплоизоляционных материалов наряду с устройством в его основании подушки из непучинистого грунта, которым также засыпаются пазухи котлованов. Данные теплоизоляционные материалы располагаются таким образом, что позволяют уменьшить глубину сезонного промерзания грунта под подошвой фундамента.

4.2.2 В зависимости от типа здания и климатических условий, при устройстве мелкозаглубленных фундаментов под строительство неотапливаемых зданий, теплоизоляция располагается горизонтально под подошвой фундамента в пределах всей площади здания с выступом за его контур на ширину и толщину, определяемых расчетом (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет несущей). При устройстве мелкозаглубленных фундаментов отапливаемых зданий, засыпка пеностекольного гравия производится горизонтально по периметру здания с выступом за его контур на

ширину и толщину, определяемых расчетом (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет свободнолежащей).

4.2.3 На углах фундамента здания применяется повышенная толщина теплоизоляционной засыпки.

4.2.4 Вертикальное утепление стен цокольного или подвального этажа, а также торцевой грани монолитной плиты производят методом засыпки пеностекольного гравия в пазуху, образованную вертикальной внешней поверхностью стены и вертикальной ограждающей конструкцией, изготовленной из асбоцементных листов, листов ЦСП, кирпичной кладки и т.п., расположенных на заданном расстоянии от стены. До установки вертикальной ограждающей конструкции и последующей засыпки теплоизоляционного материала, внешняя поверхность стены должна быть гидроизолирована, а места прохода через слой гидроизоляции элементов крепежа должны быть дополнительно покрыты гидроизоляционной мастикой.

4.2.5 В процессе засыпки пеностекольного гравия, его следует разравнивать и послойно уплотнять трамбованием без усилий, превышающих прочность материала.

4.2.6 Для теплоизоляционной засыпки может применяться пеностекольный гравий достаточной прочности со следующими характеристиками:

- объемное водопоглощение не более 5%;
- коэффициент размягчения не менее 0,8;
- класс по морозостойкости не хуже F50, и должен соответствовать классу материалов прилегающих конструкций

4.2.7 При расчетах количества засыпки пеностеклянного гравия необходимо учитывать изменение его характеристик вследствие возможного увлажнения

4.2.8 Для исключения ухудшения теплоизоляционных свойств засыпки пеностекольного гравия вследствие попадания грунта или заиливания в процессе

эксплуатации, засыпка отделяется от других насыпных материалов слоем геотекстиля.

4.2.9 При использовании пеностекольной засыпки в качестве несущей (для увеличения несущей способности), поверх нее предусматривается фиксирующий слой, конструкция которого включает слой геотекстиля, пригруженного уплотненным песком. В особых случаях, для увеличения несущей способности засыпки пеностекольного гравия, для исключения локальных пересыпаний (механической стабилизации гранул), рекомендуется использовать объемную георешетку

4.2.10 Для обеспечения возможности хождения по слою засыпанного пеностекольного гравия и перемещения по нему грузов в процессе возведения, необходимо использовать временные дорожки из листовых материалов (фанеры, досок, металла и т.п).

4.2.11 Рекомендации по выбору и монтажу (нанесению), пароизоляционных и гидроизоляционных материалов на стену цокольного или подвального этажа, вспомогательных элементов конструкций и т.п., определяются их производителями.

4.2.12 Мероприятия и рекомендации по необходимости укрепления грунтового основания, монтажу дренажной системы, толщины засыпок грунтов и инертных материалов и их выбору, сечением железобетонных конструкций и т.п. определяются конкретным проектом фундамента сооружения.

4.3 Утепление стен подвала

4.3.1 Теплоизоляция стен подвала, подвального этажа или цокольного этажа производится при эксплуатируемом подвале (цоколе) здания или при размещении в нем трубопроводов систем отопления, водоснабжения и канализации, а также с целью снижения общих тепловых потерь.

4.3.2 Утепление стен с помощью теплоизоляционной засыпки пеностекольного гравия производится с наружной стороны. Требуемая толщина теплоизоляции определяется расчетом.

4.3.3 Утепление стен можно производить методом засыпки пеностекольного гравия в пазуху, образованную вертикальной внешней поверхностью стены и вертикальной ограждающей конструкцией, изготовленной из асбоцементных листов, листов ЦСП, кирпича и т.п., расположенных на заданном расстоянии от вертикальной стены фундамента. До установки вертикальной ограждающей конструкции и последующей засыпки теплоизоляционного материала, внешняя поверхность фундамента должна быть гидроизолирована, а места прохода через слой гидроизоляции элементов крепежа должны быть дополнительно покрыты гидроизоляционной мастикой.

4.3.4 Утепление гидроизолированных стен можно производить методом засыпки пеностекольного гравия в специальные мешки (типа Masapor® Wall-Bag), расположенные по периметру стены, а также с помощью обкладки стен с наружной стороны мешками с пеностекольным гравием (стандартными полипропиленовыми мешками на 50 кг). При использовании мешков необходимо производить их укладку таким образом, чтобы исключить снижение толщины слоя теплоизоляции в местах контакта двух мешков между собой.

4.3.5 В процессе засыпки пеностекольного гравия, его следует разравнивать и послойно уплотнять трамбованием без усилий, превышающих прочность материала.

4.3.6 Для теплоизоляции может применяться пеностекольный гравий достаточной прочности со следующими характеристиками:

- объемное водопоглощение не более 5%;
- коэффициент размягчения не менее 0,8;
- класс по морозостойкости не хуже F50, и должен соответствовать классу материалов прилегающих конструкций

4.3.7 При расчетах количества пеностеклянного гравия необходимо учитывать изменение его характеристик вследствие возможного увлажнения

4.3.8 Для исключения ухудшения теплоизоляционных свойств пеностекольного гравия вследствие попадания грунта или заиливания в процессе эксплуатации, теплоизоляционный материал отделяется от других насыпных материалов слоем геотекстиля.

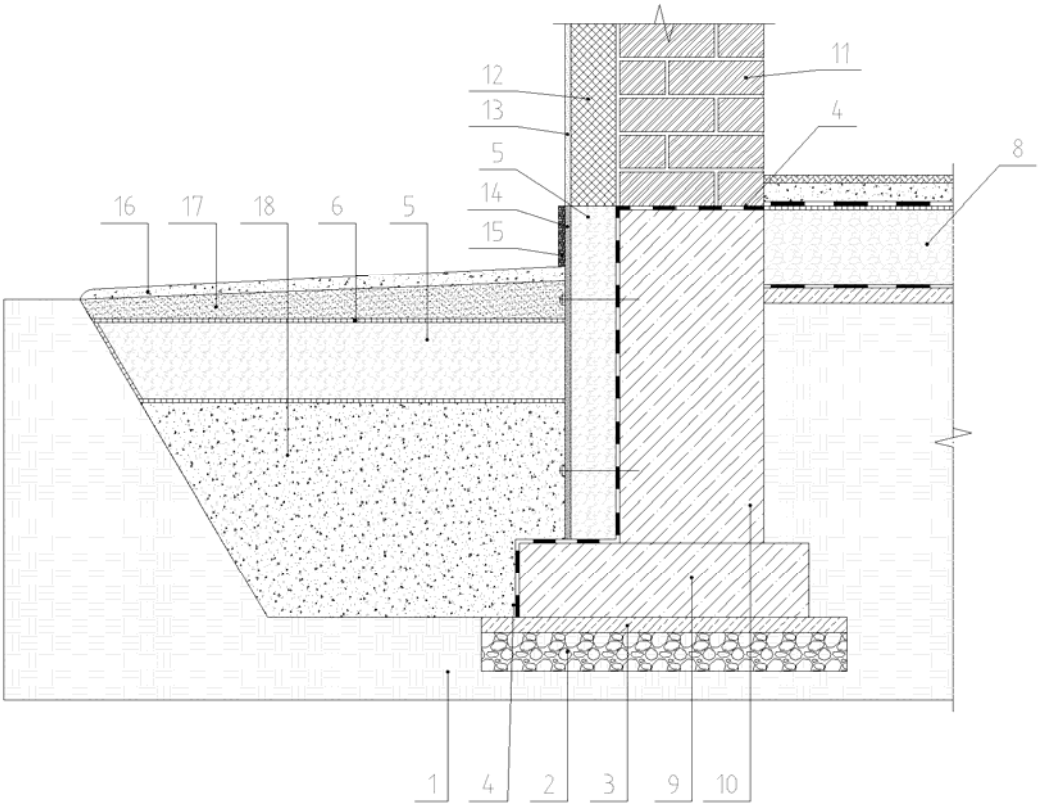
4.3.9 Рекомендации по выбору и монтажу (нанесению), пароизоляционных и гидроизоляционных материалов, вспомогательных элементов конструкций и т.п., определяются их производителями.

4.3.10 Мероприятия и рекомендации по необходимости укрепления грунтового основания, монтажу дренажной системы, толщины засыпок грунтов и инертных материалов и их выбору, сечением железобетонных конструкций и т.п. определяются конкретным проектом фундамента сооружения.

Раздел 1

Утепление фундаментов мелкого заложения

Вертикальное ограждение листом ЦСП, горизонтальная теплоизоляция на уровне отмостки

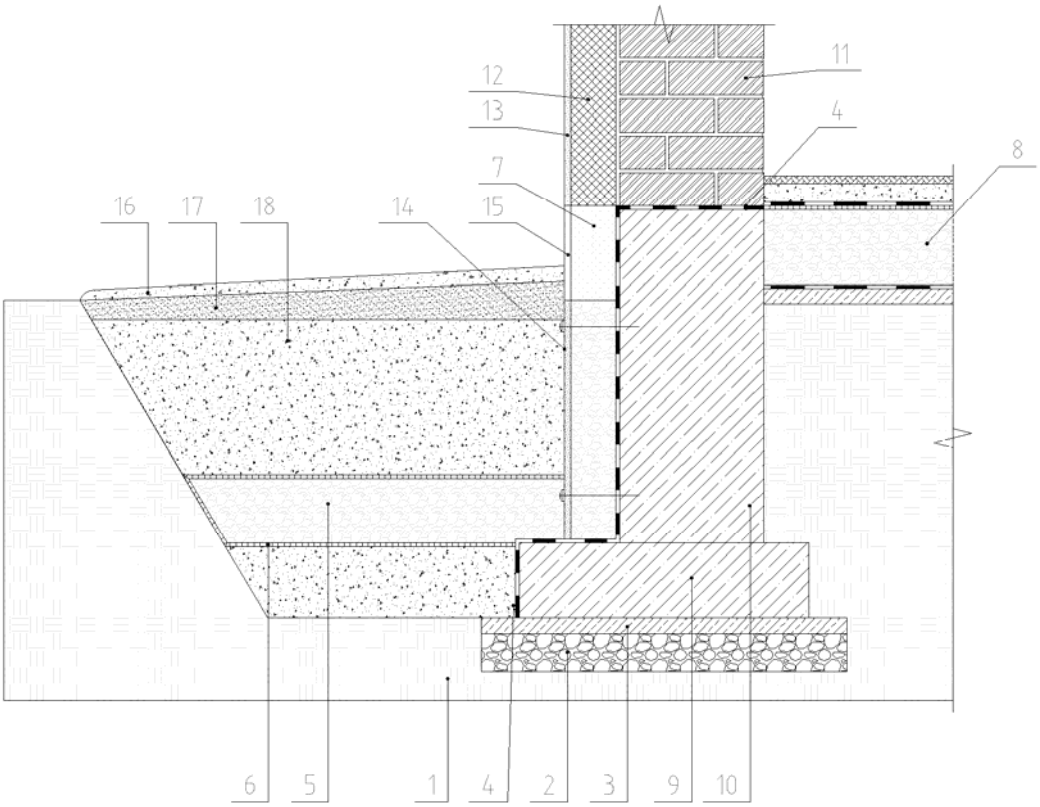


1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата				
						Утепление фундаментов мелкого заложения	Стадия	Лист	Листов
							МП	1	6
							ПНИПУ		

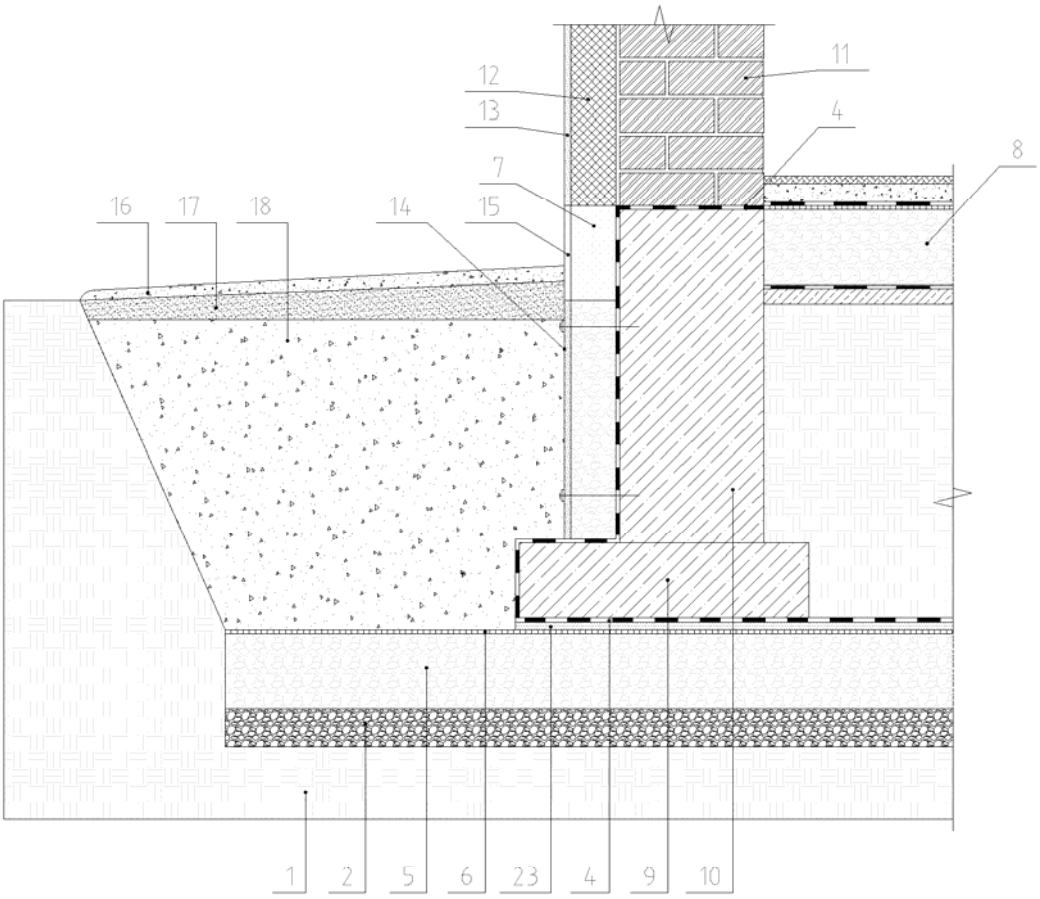
Формат А4

Вертикальное ограждение листом ЦСП, горизонтальная теплоизоляция на уровне пятки фундамента



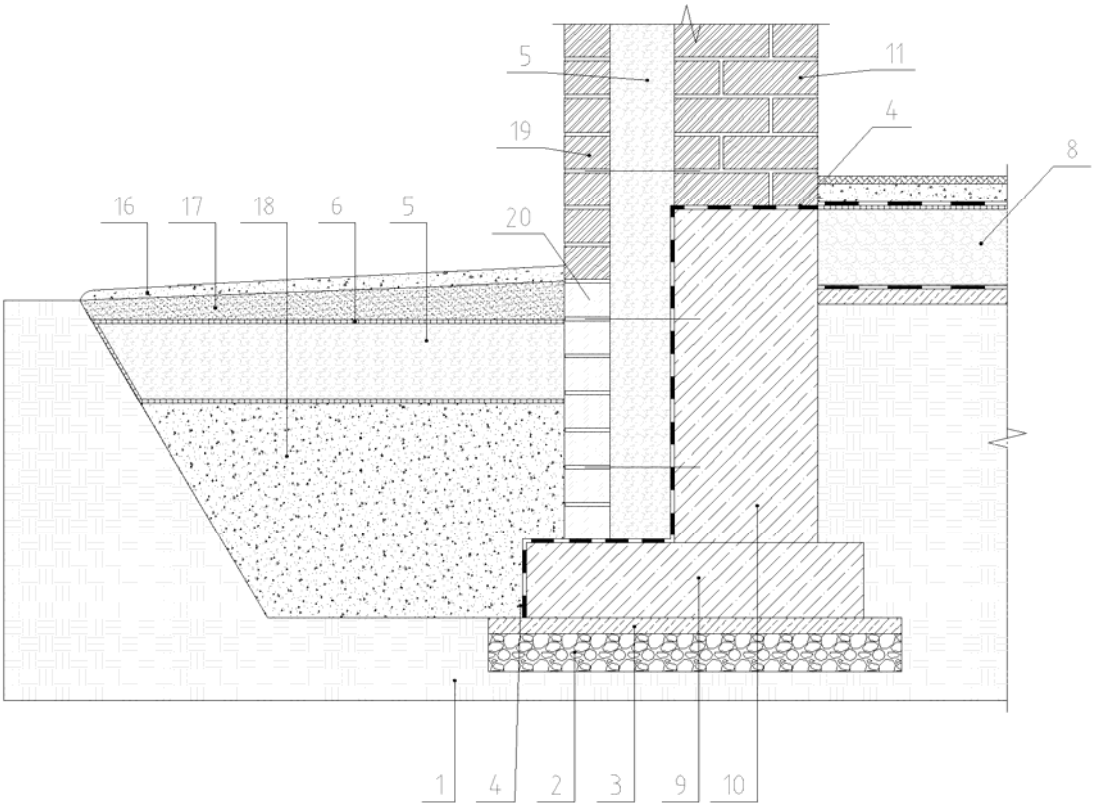
1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка

Утепление ниже пятки фундамента под всей площадью дома для неотапливаемых зданий



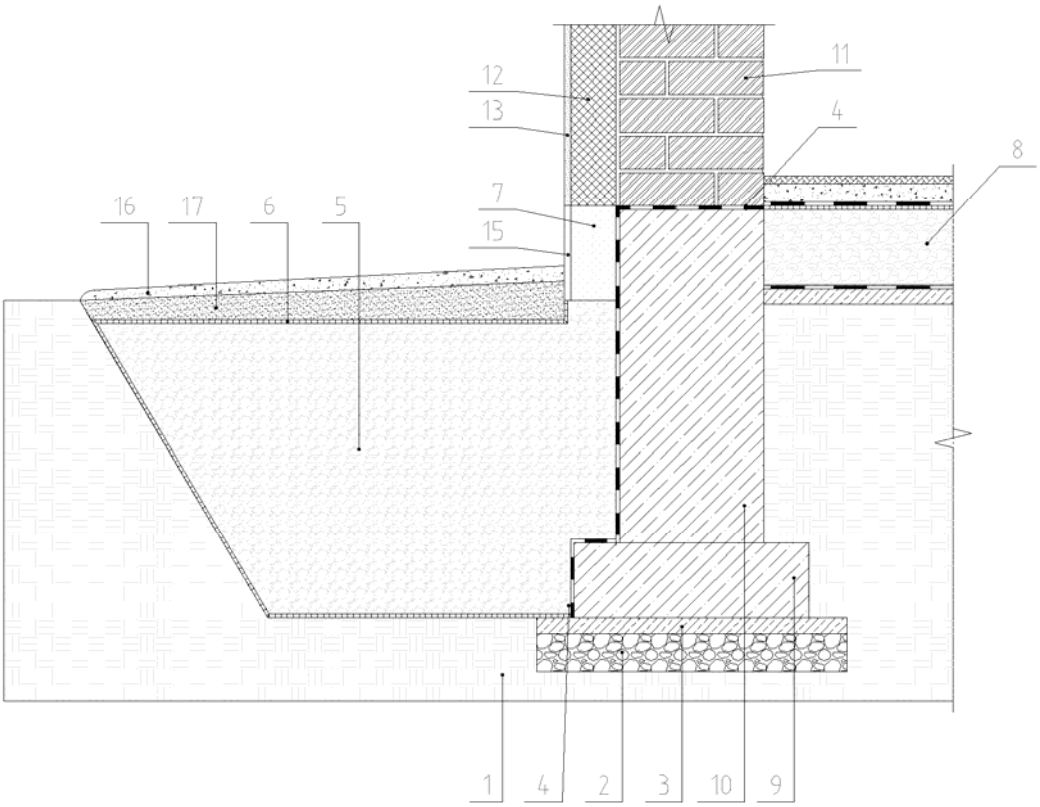
1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка
23. Уплотненный слой песка

Вертикальное ограждение кирпичной кладкой



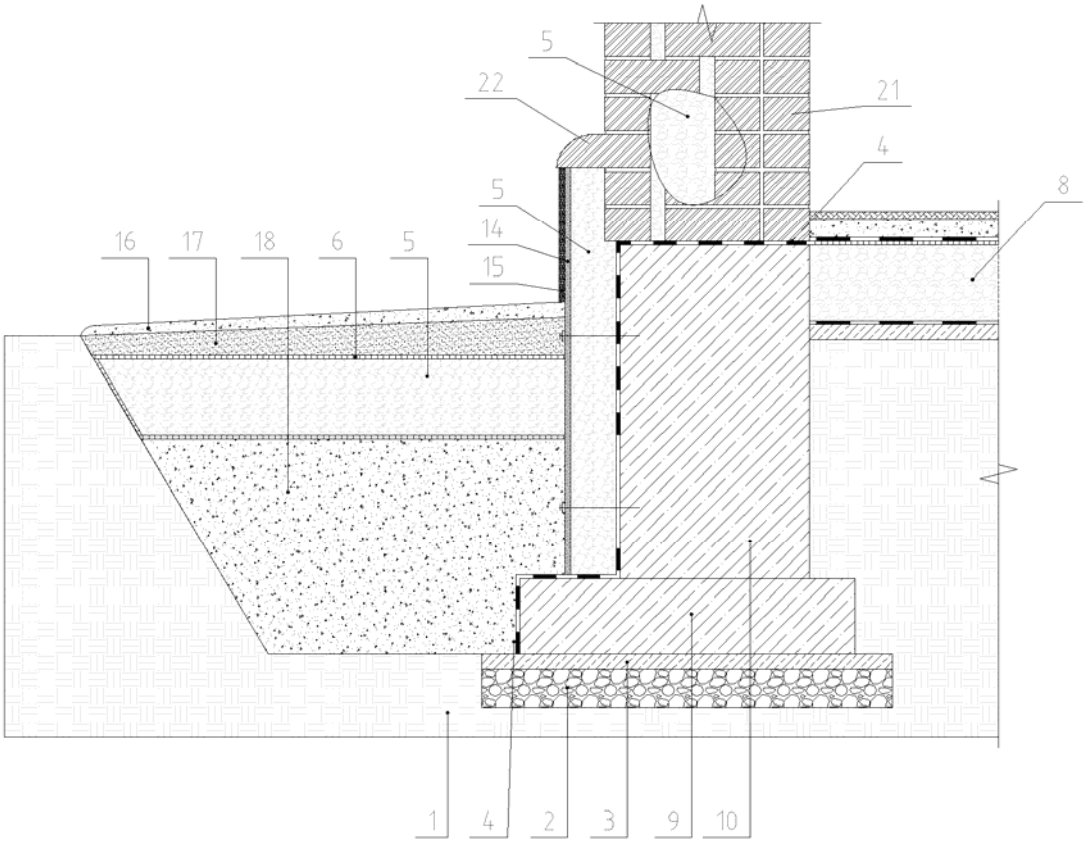
1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка
19. Облицовочная кирпичная кладка
20. Кирпичная кладка цоколя

Совмещенная вертикальная и горизонтальная теплоизоляция (для малой глубины заложения фундамента)



1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка

Теплоизоляция цоколя для варианта колодцевой кирпичной кладки стен

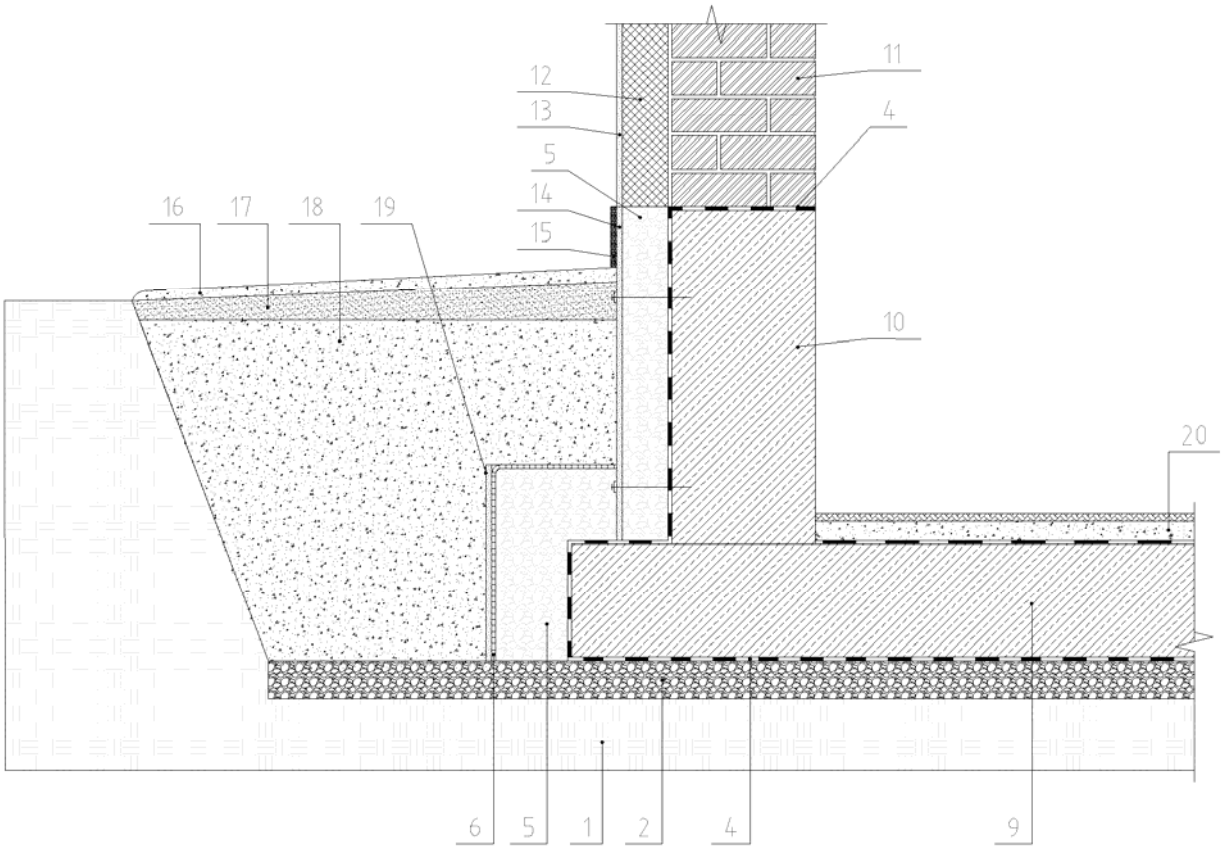


1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Теплоизоляция цоколя
8. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка
21. Колодцевая кирпичная кладка
22. Кордонный камень

Раздел 2

Утепление фундаментной плиты

Утепление по периметру
для отапливаемых зданий

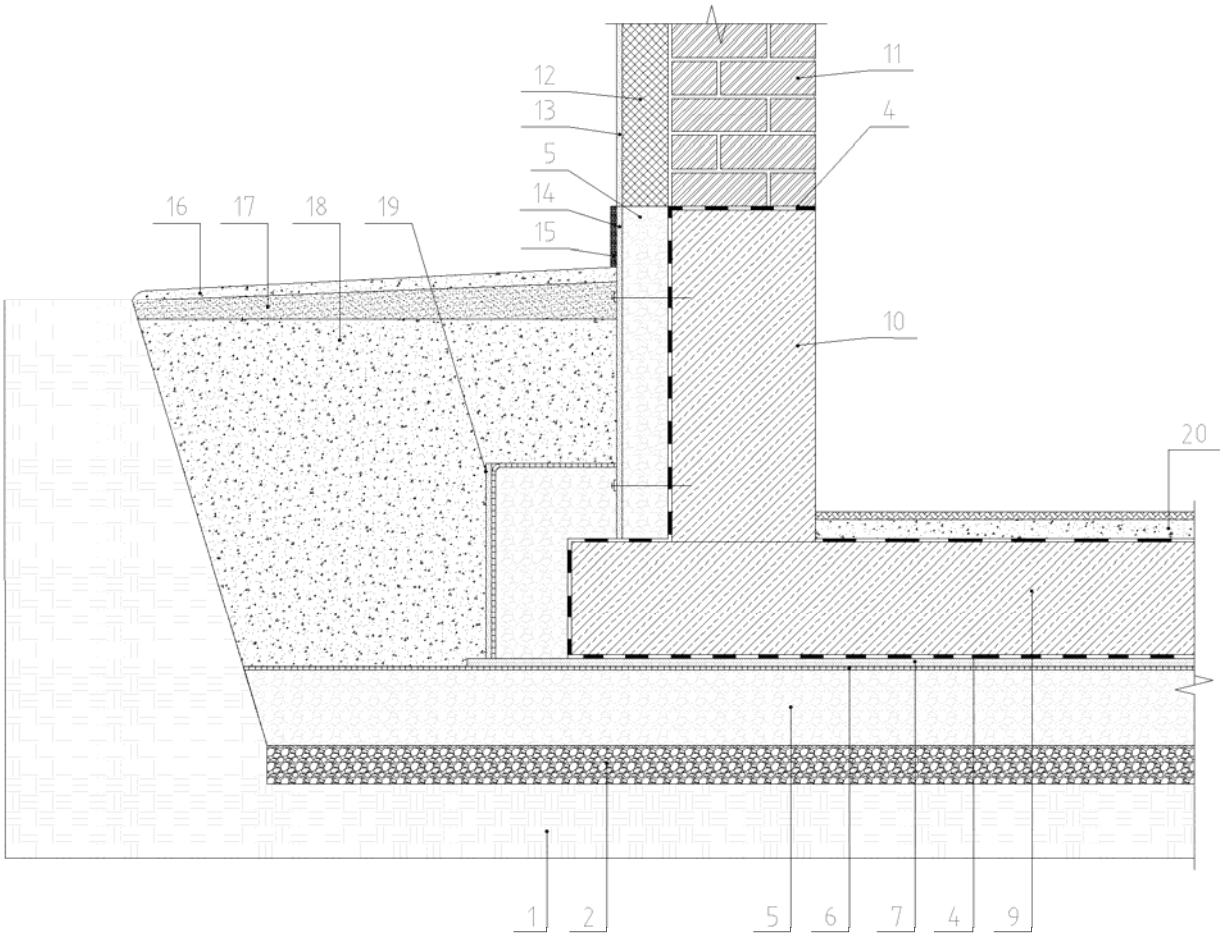


1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
9. Фундаментная плита
10. Стена цоколя
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка
19. Разделительная перегородка
20. Пол по ж/б основанию

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата		Стадия	Лист	Листов
						Утепление фундаментной плиты	МП	1	2
							ПНИПУ		

Формат А4

Утепление под всей площадью дома для неотапливаемых зданий

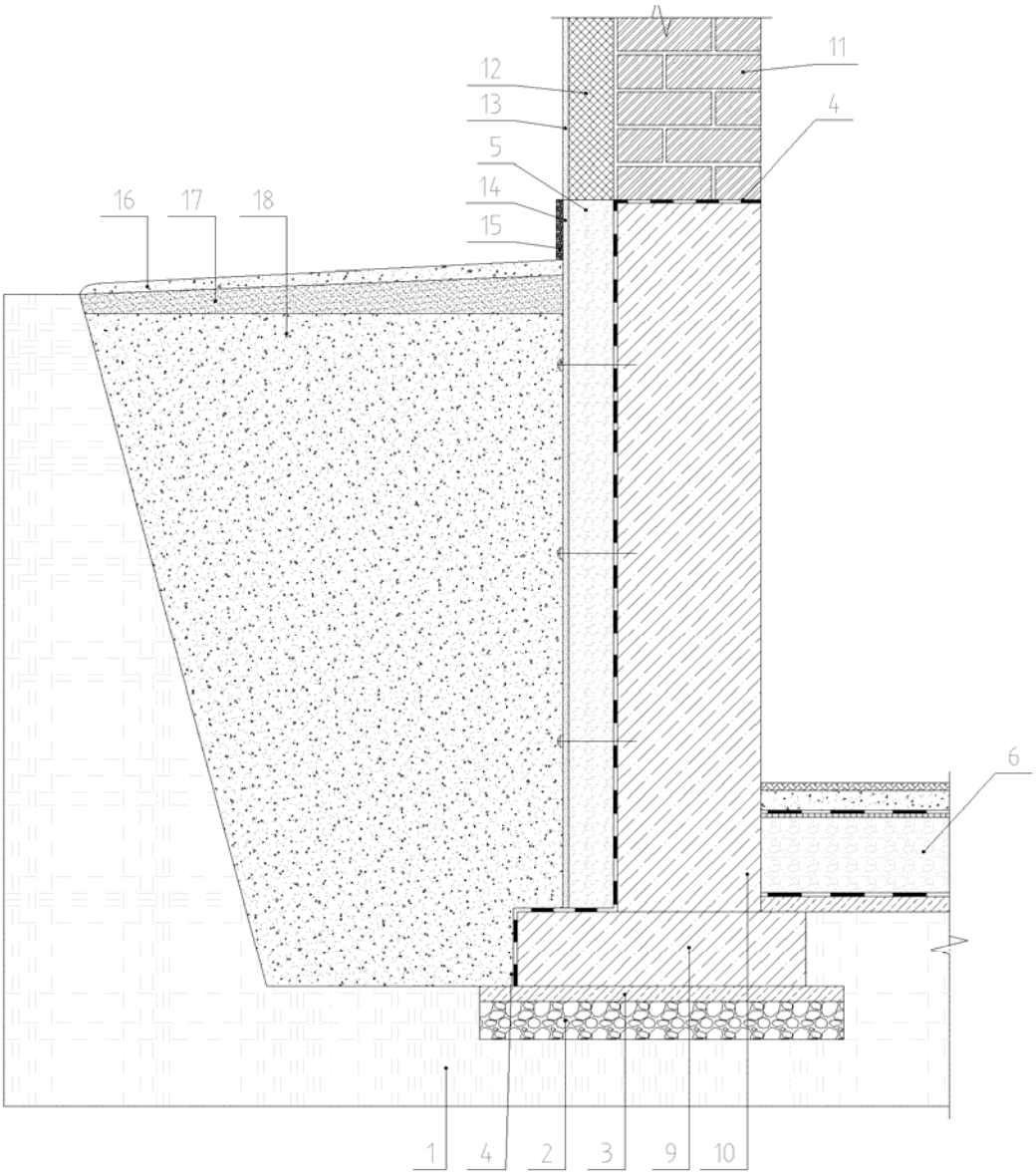


1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Геотекстиль
7. Уплотненный слой песка
9. Фундаментная плита
10. Стена цоколя
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка
19. Разделительная перегородка
20. Пол по ж/б основанию

Раздел 3

Утепление стен подвала

Вертикальное ограждение листом ЦСП

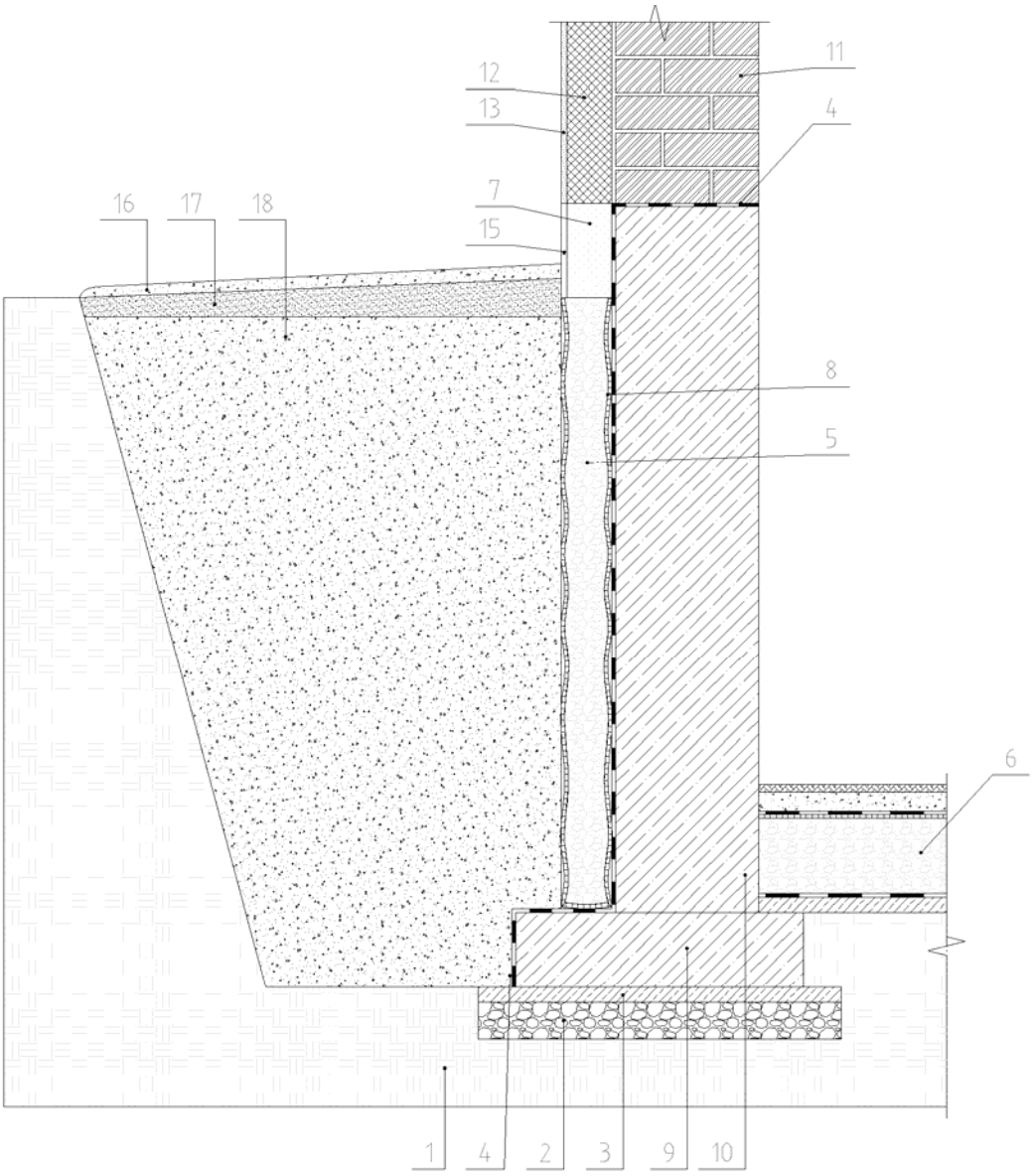


1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Пол по грунту
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата		Стадия	Лист	Листов
						Утепление стен подвала	МП	1	2
							ПНИПУ		

Формат А4

Засыпка в мешки



1. Грунт основания
2. Щебеночная подготовка
3. Бетонная подготовка
4. Гидроизоляция
5. Гранулированное пеностекло
6. Пол по грунту
7. Теплоизоляция цоколя
8. Мешок
9. Пятка фундамента
10. Фундамент
11. Стена
12. Теплоизоляция стены
13. Штукатурка стены
14. Ограждающий лист ЦСП
15. Отделка цоколя
16. Отмостка
17. Песчаная подготовка
18. Обратная засыпка

Приложение 1

Расчет толщины теплоизоляционного слоя стен подвала

Основные цели утепления – обеспечить комфортную температуру внутри помещения в любое время года, сократить затраты на отопление и кондиционирование, уменьшить стоимость строительства. При этом, толщина теплоизоляционного слоя будет зависеть от типа здания, его месторасположения и будет определяться требуемым сопротивлением теплопередаче конструкции. Минимально допустимое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий расположенных в разных климатических поясах регламентировано СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Здания по своему назначению подразделяют на 3 группы:

1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития;
2. Общественные, административные и бытовые, производственные и другие здания не с влажным режимом;
3. Производственные здания с сухим и нормальным режимами.

Ограждающие конструкции разделяют на 5 групп:

1. Стены
2. Покрытия и перекрытия над проездами
3. Перекрытия чердачные, над неотапливаемыми подпольями и подвалами
4. Окна и балконные двери, витрины и витражи
5. Фонари с вертикальным остеклением

Теплоизоляционный слой в каждой конструкции R_o должен обеспечивать сопротивление теплопередаче не ниже значения $R_{треб.}$, которое рассчитывается для каждой группы зданий для каждого климатического района РФ в зависимости от значения градусо-суток отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода D_d рассчитываются по формуле:

$$D_d = (t_в - t_{от.пер.}) \cdot z_{от.пер.},$$

где $t_в$ – температура внутреннего воздуха (ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»);

$t_{от.пер.}$, $z_{от.пер.}$ – средняя температура и продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8°С по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{треб.}$ определяется согласно табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» в зависимости от значений градусо-суток отопительного периода D_d:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b.$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_o должно быть не ниже требуемого сопротивления теплопередаче $R_{треб.}$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_в} + R_к + \frac{1}{\alpha_н},$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций определяемый по табл.4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

α_{ext} – коэффициент теплоотдачи для зимних условий наружной поверхности ограждающей конструкции определяемый по табл. 6 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$R_к$ – термическое сопротивление ограждающей конструкции является суммой сопротивлений теплопередаче составляющих её слоёв и определяется по формуле:

$$R_к = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5},$$

где δ – толщина слоя по проекту;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя (характеристика материала).

Пример расчета

Расчёт толщины теплоизоляционного слоя из пеностекольного гравия для условий утепления стен теплого подвала дома построенного в Московской области. Стенами подвала является монолитный железобетонный фундамент толщиной 300 мм.

Предварительно рассчитываются градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_в - t_{от.пер.}) \cdot z_{от.пер.}.$$

Исходя из условий:

- Место строительства – г. Москва.
- Продолжительность отопительного периода $z_{от.пер.}$ = 205 суток;
- Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{от.пер.}$ = –2,2ºС;
- Температура внутреннего воздуха $t_в$ = +18ºС;
- Влажность внутреннего воздуха 55 %;
- Влажностный режим помещения – нормальный.

определяем:

$$D_d = (18 - (-2.2)) \cdot 205 = 4141.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче определяем по формуле:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b.$$

Для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий для стен коэффициенты принимаются равными α = 0.00035 и b = 1.4.

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0.00035 \cdot 4141 + 1.4 = 2.85 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_в} + R_к + \frac{1}{\alpha_н},$$

где α_{int} = 8.7 Вт/(м^2·°С);

α_{ext} = 23 Вт/(м^2·°С).

Пеностекольный гравий в земле может находиться в состоянии увлажнения. Возможны 2 способа определения коэффициента теплопроводности в увлажненном состоянии.

1. Экспериментальный. Методика определения расчетных значений теплопроводности строительных материалов при условиях эксплуатации рассмотрена в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» Приложение Е.

2. Расчетный. Согласно [1] зависимость теплопроводности материала от объемной влажности может быть выражена эмпирической формулой

$$\lambda_{влаж} = \lambda_{сух} + \Delta\lambda \cdot \omega$$

где $\lambda_{сух}$ — коэффициент теплопроводности материала в воздушно-сухом состоянии.

$\Delta\lambda$ – приращение коэффициента теплопроводности на каждый процент увеличения объемной влажности;

ω — объемная влажность, %.

Величину $\Delta\lambda$ неорганических материалов при отрицательных температурах принимают равной 3,5·10^{-3} Вт/(м·°С).

Влажность гранулированного пеностекла составляет не более 2.5% об. за счет влаги на поверхности гранул.

Коэффициент теплопроводности засыпки из гранулированного пеностекла составляет 0.048 Вт/(м·°С).

Итого, коэффициент теплопроводности увлажненного теплоизоляционного слоя составит

---

[1] Курылев Е.С. и др. Холодильные установки. – Спб.: Политехника, 2002. – 576с.

$$\lambda_{влаж} = 0.048 + 3{,}5\cdot10^{-3}\cdot2.5 = 0.057 \text{ Вт/(м·°С)}.$$

Слои в предлагаемой конструкции:

№ п/п	Наименование материала	Плотность, кг/м^3	Коэфф. теплопроводности, Вт/(м·°С)	Толщина, м
1	Монолитный железобетон	2500	2.176	0.200
2	Гидроизоляция	-	-	-
3	Гранулированное пеностекло	150	0.057	X
4	Листы ЦСП	1800	0.35	0.02

Суммарное уравнение для определения сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции будет иметь вид:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{ext}}.$$

и оно должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче R_{req}:

$$R_0 = R_{req}.$$

$$\frac{1}{8.7} + \frac{0.200}{2.176} + \frac{X}{0.057} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{1}{23} = 2.85$$

Из уравнения определяем X = 0.145 м.

Таким образом, минимальная толщина теплоизоляции из пеностекольного гравия в предлагаемой конструкции кровли составляет 145 мм.

Приложение 2

Расчет толщины теплоизоляционного слоя мелкозаглубленного фундамента

При проектировании морозозащищённого фундамента необходимо определить толщину теплоизоляционного слоя, достаточную для предотвращения промерзания грунтов под теплоизоляцией, что позволит исключить влияние сил морозного пучения на подземные конструкции.

В настоящее время отсутствуют четкие рекомендации по выполнению тепловых расчетов промерзания-оттаивания грунта. Для достоверного расчета необходимо точно определить теплофизические характеристики грунтов, которые имеют нелинейную зависимость от температуры. Нелинейность теплофизических свойств грунтов вызвана различием значений характеристик для талого и мерзлого состояний грунта. Диапазон температур, в пределах которого происходят фазовые переходы, находится в пределах от 0 °С до –3 °С

Кроме того, при наличии теплоизоляции в грунте, требуется отдельный анализ интервала фазовых переходов, так как при промерзании под подошвой теплоизолированного фундамента возникает большая зона грунта в пластично-мерзлом состоянии с температурами от начала до окончания замерзания.

Формирование и динамика процессов сезонного промерзания грунтов определяются структурой радиационно-теплового баланса поверхности. Для определения связи тепловых процессов в грунтах и горных породах с тепловыми процессами, протекающими на земной поверхности, необходимо рассматривать влияние всех составляющих радиационно-теплового баланса на температуру поверхности и подстилающих пород.

В связи со сложностью проведения подобного расчета была предложена следующая модель:

В качестве грунтов при строительстве выбраны глины и суглинки с коэффициентом теплопроводности 1.74 Вт/(м·°С).

В соответствии со СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» на основании данных о среднемесячных температурах определена глубина сезонного промерзания грунтов d_{fn} по формуле:

$$d_{fn} = d_0\sqrt{M_t},$$

где M_t – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе, принимаемых по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»;

d_0 – величина, принимаемая равной, для суглинков и глин - 0,23.

Для начала промерзания грунта на глубине сезонного промерзания необходимо от всего объема грунта от поверхности до глубин промерзания отвести тепловой поток Q_1.

При средней глубине заложения мелкозаглубленного фундамента 0.5м необходимо обеспечить смещение глубины промерзания до отметки 0.5м ниже поверхности земли. В этом случае, тепловой поток, достаточный для замерзания грунта на указанной глубине изменится пропорционально объёму грунта и станет:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{0.5}{d_{fn}}.$$

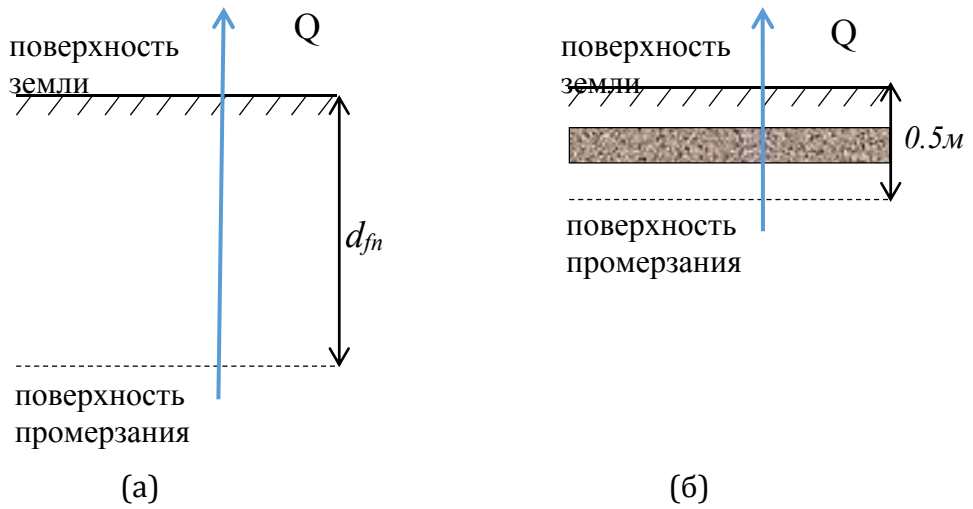


Схема промерзания грунта без утеплителя (а) и с утеплителем (б)

Тепловой поток определяется по формуле

$$Q = \Delta T / R,$$

где ΔT – разность температур на границе слоев, °С;

R – сопротивление теплопередаче слоя, м^2·°С/Вт.

Сопротивление теплопередаче определяется по формуле:

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \cdots,$$

где δ — толщина слоя;

λ — расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя.

При одинаковой разности температур между наружной поверхностью и глубиной промерзания тепловой поток будет определяться свойствами грунта в варианте (а) и свойствами утеплителя в варианте (б). Так как теплоизолирующие свойства грунта в десятки раз хуже теплоизолирующих свойств теплоизоляционного материала, то при расчете варианта (б) можно не учитывать сопротивление теплопередаче грунта.

В соответствие с определенными значениями глубины промерзания определяем тепловой поток для наступления промерзания без использования теплоизоляционного материала:

$$Q_1 = \Delta T \frac{\lambda_{\text{грунт}}}{d_{fn}}.$$

Определяем требуемый тепловой поток из условия смещения плоскости промерзания на глубину 0.5м за счет использования теплоизоляционного материала толщиной $\delta_{т/и}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{т/и}$:

$$Q_2 = \Delta T \frac{\lambda_{т/и}}{\delta_{т/и}}.$$

Определяем толщину теплоизоляционного слоя по формуле:

$$\delta_{т/и} = \frac{\lambda_{т/и} \cdot d_{fn}^2}{\lambda_{грунт} \cdot 0.5}.$$

Пример расчета

Расчёт толщины теплоизоляционного слоя из пеностекольного гравия для условий утепления мелкозаглубленного фундамента дома построенного в Московской области.

Исходя из условий:

- Место строительства – г. Москва.
- Грунты: глины и суглинки, коэффициент теплопроводности сухих грунтов = 1.74 Вт/(м•°С).

определяем глубину сезонного промерзания грунтов:

$$d_{fn} = d_0\sqrt{M_t} = 0.23 \cdot \sqrt{7.8 + 7.1 + 1.3 + 1.1 + 5.6} = 1.1 \text{ м}.$$

Пеностекольный гравий в земле может находиться в состоянии увлажнения. Возможны 2 способа определения коэффициента теплопроводности в увлажненном состоянии.

1. Экспериментальный. Методика определения расчетных значений теплопроводности строительных материалов при условиях эксплуатации рассмотрена в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» Приложение Е.

2. Расчетный. Согласно [2] зависимость теплопроводности материала от объемной влажности может быть выражена эмпирической формулой

$$\lambda_{влаж} = \lambda_{сух} + \Delta\lambda \cdot \omega$$

где $\lambda_{сух}$ — коэффициент теплопроводности материала в воздушно-сухом состоянии.

$\Delta\lambda$ – приращение коэффициента теплопроводности на каждый процент увеличения объемной влажности;

ω — объемная влажность, %.

Величину $\Delta\lambda$ неорганических материалов при отрицательных температурах принимают равной $3{,}5 \cdot 10^{-3}$ Вт/(м·°С).

Влажность гранулированного пеностекла составляет не более 2.5% об. за счет влаги на поверхности гранул.

Коэффициент теплопроводности засыпки из гранулированного пеностекла составляет 0.048 Вт/(м·°С).

Итого, коэффициент теплопроводности увлажненного теплоизоляционного слоя составит

$$\lambda_{влаж} = 0.048 + 3{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 = 0.057 \text{ Вт/(м·°С)}.$$

Глубина заложения мелкозаглубленного фундамента 0.5м.

Определяем толщину теплоизоляционного слоя:

$$\delta_{т/и} = \frac{\lambda_{т/и} \cdot d_{fn}^2}{\lambda_{грунт} \cdot 0.5} = \frac{0.057 \cdot 1.1^2}{1.74 \cdot 0.5} = 0.079 \text{ м.}$$

Таким образом, минимальная толщина теплоизоляции из пеностекольного гравия для предотвращения промерзания грунтов на глубине 0.5 м составляет 80 мм.

---

[2] Курылев Е.С. и др. Холодильные установки. – Спб.: Политехника, 2002. – 576с.