

**«ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОСТЕКЛЬНОГО ГРАВИЯ  
ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ»**

Материалы для проектирования и чертежи узлов

Пермь - 2014

## Оглавление

1.	Общие положения .....	3
2.	Область применения .....	4
3.	Применяемые материалы .....	5
4.	Конструктивные решения тепловой изоляции перекрытий .....	6
4.1	Утепление перекрытий .....	6
4.2	Утепление пола по грунту .....	8
РАЗДЕЛ 1. Перекрытия .....		11
РАЗДЕЛ 2. Пол по грунту .....		17
Приложение 1. Расчет толщины теплоизоляционного слоя из пеностеклянного гравия .....		21
Пример расчета утепления чердачного перекрытия .....		23
Пример расчета утепления перекрытия подполья дома .....		24
Пример расчета утепления пола по грунту .....		27

						шифр			
Изм.	Кол.уч	Лист	Подок	Подпись	Дата				
						Содержание	Стадия	Лист	Листов
							МП	1	1
							ПНИПУ		

## 1. Общие положения

Альбом содержит материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов перекрытий 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 112.13330.2012 «СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

						шифр			
Изм.	Кол.уч	Лист	Подок	Подпись	Дата				
						Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
							МП	1	8
							ПНИПУ		

- СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология»;
- СП 29-13330-2001 «СНиП 2.03.13-88 Полы»

## 2. Область применения

Энергоэффективность строительных конструкций имеет большое значение для сохранения тепла в доме. Один из процессов, требующих особого внимания, — утепление перекрытия.

В зависимости от местоположения перекрытия бывают чердачные, междуэтажные, подвальные и цокольные, и способы их утепления разные.

Даже в самых скромных одноэтажных домах, где нет междуэтажных перекрытий, есть перекрытия между подпольем и первым этажом, между чердаком и расположенным ниже помещением. Их теплоизоляция также важна, поскольку влияет на энергосберегающие характеристики дома.

### Чердачные перекрытия

Теплозащите чердачного перекрытия следует уделить должное внимание: в частном доме с холодным чердаком до 15 % энергии, расходуемой на отопление, теряется именно через чердак. И это неудивительно, ведь чердачные перекрытия разделяют нежилое подкровельное и жилое пространство. Если крыша не утеплена, во избежание теплопотерь перекрытие со стороны подкровельного пространства следует утеплить.

Хорошая теплоизоляция чердачного перекрытия важна еще и потому, что не дает уменьшаться температуре потолка нижнего этажа. В результате на нем не образуется влага, которая является первым этапом образования грибка и плесени, от которых впоследствии очень трудно избавиться.

						Пояснительная записка	Лист
							2
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата		

### Подвальные и цокольные перекрытия

Пол расположенный на холодном подполье или неотапливаемыми помещениями, а также на поверхности земли, необходимо утеплять. Через пол, также как и через чердак теряется значительное количество тепла.

### Междуэтажные перекрытия

Междуэтажные перекрытия не нуждаются в утеплении, так как разделяют помещения с одинаковым температурным режимом эксплуатации. Сейчас междуэтажные перекрытия все чаще утепляют, потому что они не только позволяют создать свой температурный режим в помещении за счет использования дополнительного нагрева или охлаждения, но и обладают звукоизоляционными свойствами и позволяют снизить уровень шума в помещениях смежных этажей.

Кроме того, конструкция междуэтажных перекрытий должна предотвращать выход тепла наружу. Это случается в местах опирания перекрытий на стены, поскольку из-за конструктивных особенностей на этих участках они имеют меньшую толщину.

## 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<sup>3</sup>;
- Прочность – от 3 кг/см<sup>2</sup>;
- Влагостойкость по ГОСТ при кипячении – не менее 2х часов;
- Теплопроводность – не более 0.07 Вт/м·°С;

						Пояснительная записка	Лист
							3
Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата		

## 4. Конструктивные решения тепловой изоляции перекрытий

### 4.1 Утепление перекрытий

4.1.1 . Перекрытие, утепленное пеностекольным гравием, включает следующие основные слои:

- основание, которое может быть железобетонным, балочным, столбчатым и т.д.;
- теплоизоляционный слой пеностекольного гравия, который, в зависимости от конструкции, может быть свободнолежащим или несущим;
- основание финишного покрытия;
- финишное покрытие.

4.1.2 2. В зависимости от конструкции, основание финишного покрытия может опираться как на несущую конструкцию перекрытия непосредственно или через вспомогательные элементы (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет свободнолежащей), так и непосредственно на теплоизоляционную засыпку пеностекольного гравия (в данном случае засыпка будет несущей).

4.1.3 При использовании литой стяжки в качестве основания финишного покрытия, она должна быть выполнена из цементно-песчаного раствора толщиной не менее 50 мм (определяется нагрузкой) с обязательным ее армированием сеткой. Операции литья должны производиться поверх гидроизоляционного слоя, защищающего нижележащую теплоизоляцию от протечек вяжущего с последующим снижением ее теплоизоляционных характеристик.

4.1.4 При использовании сборной стяжки в качестве основания финишного покрытия, она должна быть выполнена из листового материала не

						Пояснительная записка	Лист
							4
Изм.	Кол.уч	Лист	Чедок	Подпись	Дата		

менее чем в два слоя. Выбор материала листов и их толщины производится на основании нагрузки и влажностного режима работы перекрытия.

4.1.5 Основание стяжки, совместно с нижележащими слоями, должно исключать возникновение локальных нагрузок на стяжку (например, вследствие осадки) в течение всего срока эксплуатации.

4.1.6 Для увеличения несущей способности пеностекольного гравия, поверх него 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

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

4.1.8 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).

4.1.9 При опоре основания финишного покрытия на несущую конструкцию перекрытия непосредственно или через вспомогательные элементы, т.е. при свободнолежащей засыпке пеностекольного гравия – особые требования к засыпке отсутствуют.

4.1.10 Состав пирога утепленного перекрытия должен включать слой пароизоляционного материала, располагаемого с «теплой стороны» пирога утепленного перекрытия

4.1.11 Рекомендации по выбору и монтажу материалов финишного покрытия, стяжки, пароизоляционных и гидроизоляционных материалов,

						Пояснительная записка	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата		5

вспомогательных элементов конструкций и т.п., определяются их производителями.

4.1.12 Несущие и вспомогательные элементы деревянных конструкций перекрытий выполняются из антисептированных пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 8486-86 не хуже 2 сорта. Непосредственный контакт между деревянными деталями конструкции и бетонными, кирпичными и металлическими элементами конструкции– не допускается.

#### 4.2 Утепление пола по грунту

4.2.1 Полы по грунту, утепленные пеностекольным гравием, включают следующие основные слои:

- грунтовое основание;
- основание пола по грунту, которое может быть бетонным, балочным, столбчатым, засыпным с использованием природных или искусственных инертных материалов и т.д.;
- теплоизоляционный слой пеностекольного гравия, который, в зависимости от конструкции, может быть свободнолежащим или несущим;
- основание финишного покрытия;
- финишное покрытие.

4.2.2 В зависимости от конструкции, основание финишного покрытия может опираться как на несущую конструкцию перекрытия непосредственно или через вспомогательные элементы (в данном случае засыпка пеностекольного гравия будет свободнолежащей), так и непосредственно на теплоизоляционную засыпку пеностекольного гравия (в данном случае засыпка будет несущей).

4.2.3 При использовании литой стяжки в качестве основания финишного покрытия, она должна быть выполнена из цементно-песчаного раствора толщиной не менее 50 мм (определяется нагрузкой) с обязательным ее

						Пояснительная записка	Лист
							6
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата		

армированием сеткой. Операции литья должны производиться поверх гидроизоляционного слоя, защищающего нижележащую теплоизоляцию от протечек вяжущего с последующим снижением ее теплоизоляционных характеристик.

4.2.4 При использовании сборной стяжки в качестве основания финишного покрытия, она должна быть выполнена из листового материала не менее чем в два слоя. Выбор материала листов и их толщины производится на основании нагрузки и влажностного режима работы перекрытия.

4.2.5 Основание стяжки, совместно с нижележащими слоями, должно исключать возникновение локальных нагрузок на стяжку (например, вследствие осадки) в течение всего срока эксплуатации.

4.2.6 Для увеличения несущей способности пеностекляного гравия, поверх него предусматривается фиксирующий слой, конструкция которого включает слой геотекстиля, пригруженного уплотненным песком. В особых случаях, для увеличения несущей способности засыпки пеностекляного гравия, для исключения локальных пересыпаний (механической стабилизации гранул), рекомендуется использовать объемную георешетку

4.2.7 В процессе засыпки пеностекляного гравия, его следует разравнивать и послойно уплотнять трамбованием без усилий, превышающих прочность материала

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

4.2.9 При опоре основания финишного покрытия на несущую конструкцию перекрытия непосредственно или через вспомогательные

						Пояснительная записка	Лист
							7
Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата		

элементы, т.е. при свободнолежащей засыпке пеностекольного гравия – особые требования к засыпке отсутствуют.

4.2.10 Состав пирога утепленного пола по грунту должен включать слой пароизоляционного материала, располагаемый выше теплоизоляционного слоя пеностекольного гравия, и слой гидроизоляционного материала, располагаемый ниже слоя пеностекольного гравия.

4.2.11 Рекомендации по выбору и монтажу материалов финишного покрытия, стяжки, пароизоляционных и гидроизоляционных материалов, вспомогательных элементов конструкций и т.п., определяются их производителями.

4.2.12 Несущие и вспомогательные элементы деревянных конструкций выполняются из антисептированных пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 8486-86 не хуже 2 сорта. Непосредственный контакт между деревянными деталями конструкции и бетонными, кирпичными и металлическими элементами конструкции – не допускается.

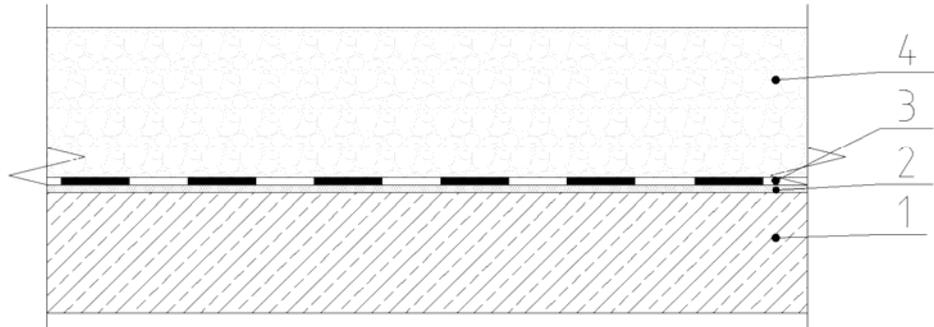
4.2.13 Грунтовое основание должно обеспечивать восприятие распределенной нагрузки, передающейся через подстилающий слой. Насыпные грунты и естественные грунты с нарушенной структурой должны быть предварительно уплотнены. Грунтовое основание под бетонный подстилающий слой должно быть предварительно укреплено щебнем или гравием, утопленным на глубину не менее 40 мм.

						Пояснительная записка	Лист
							8
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата		

# **Раздел 1**

## **Перекрытия**

## Свободная засыпка на чердачном перекрытии

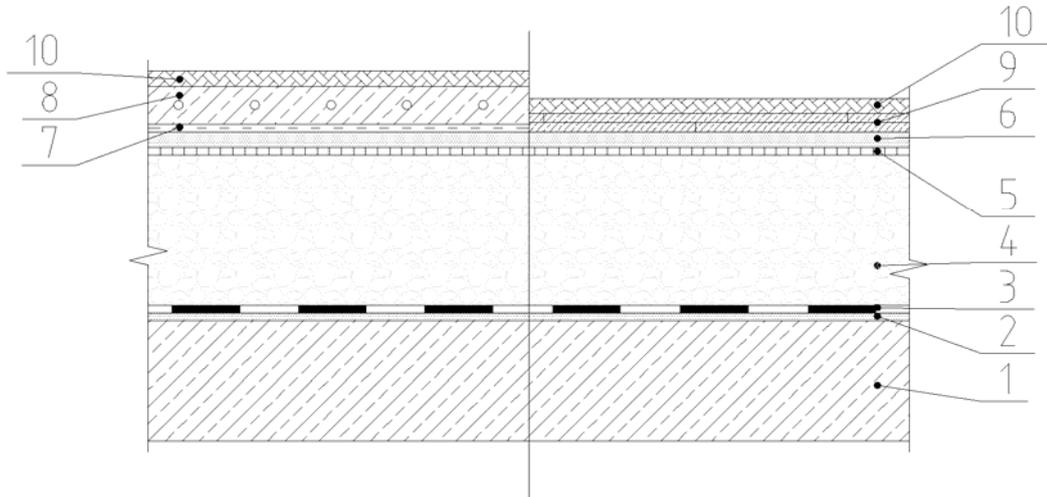


1. Перекрытие
2. Выравнивающая стяжка
3. Пароизоляция
4. Гранулированное пеностекло

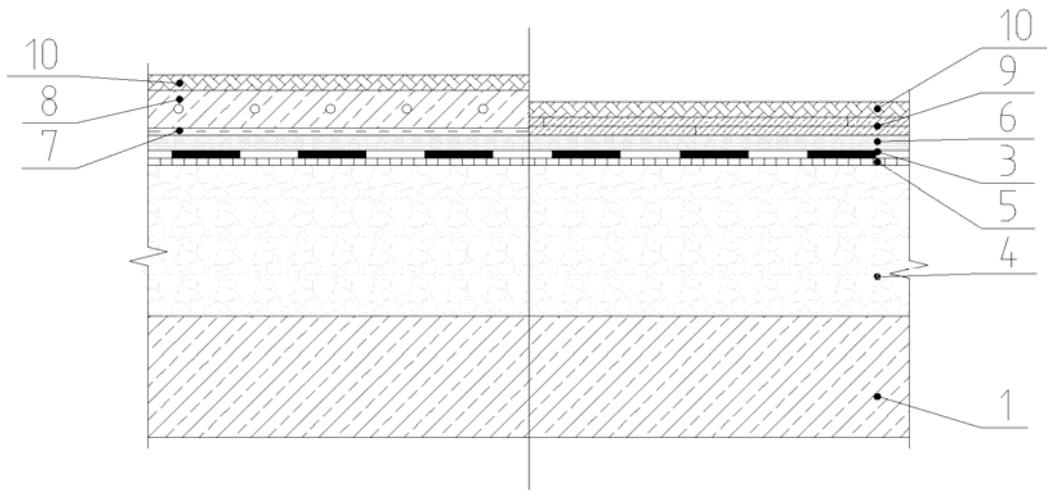
Изм.	Кол.уч	Лист	Подок	Подпись	Дата			
						Стадия	Лист	Листов
						МП	1	5
						ПНИПУ		
						Перекрытия		

## Пол по железобетонному основанию

### Перекрытие под холодным чердаком



### Перекрытие над холодным подвалом



- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1. Перекрытие                 | 6. Уплотненный слой песка                   |
| 2. Выравнивающая стяжка       | 7. Пленка полиэтиленовая                    |
| 3. Пароизоляция               | 8. Армированная<br>цементно-песчаная стяжка |
| 4. Гранулированное пеностекло | 9. Сборная стяжка                           |
| 5. Геотекстиль                | 10. Напольное покрытие                      |

Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата

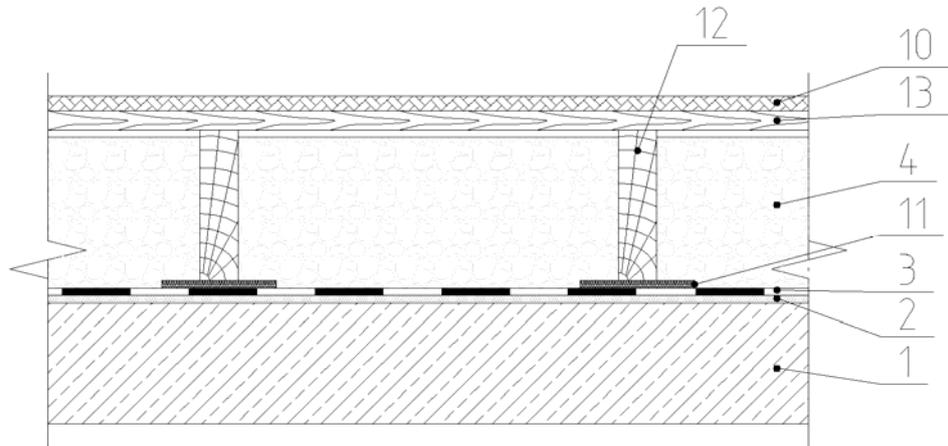
Перекрытия

Лист

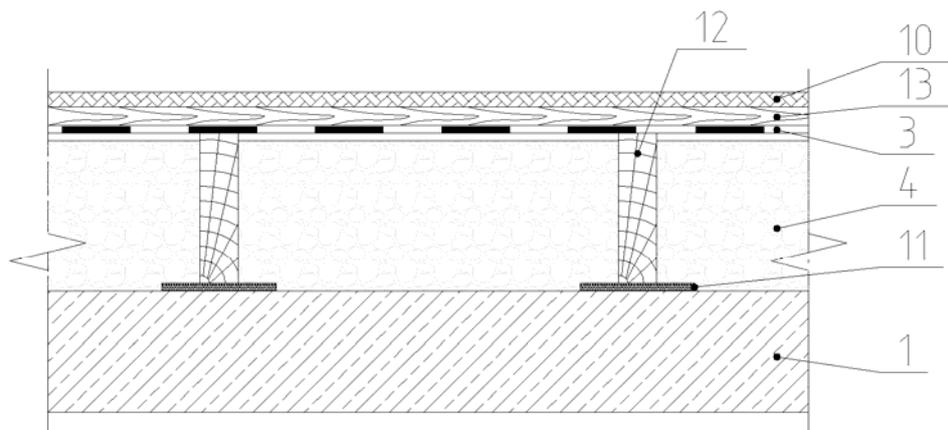
2

## Пол по лагам по железобетонному основанию

### Перекрытие под холодным чердаком



### Перекрытие над холодным подвалом

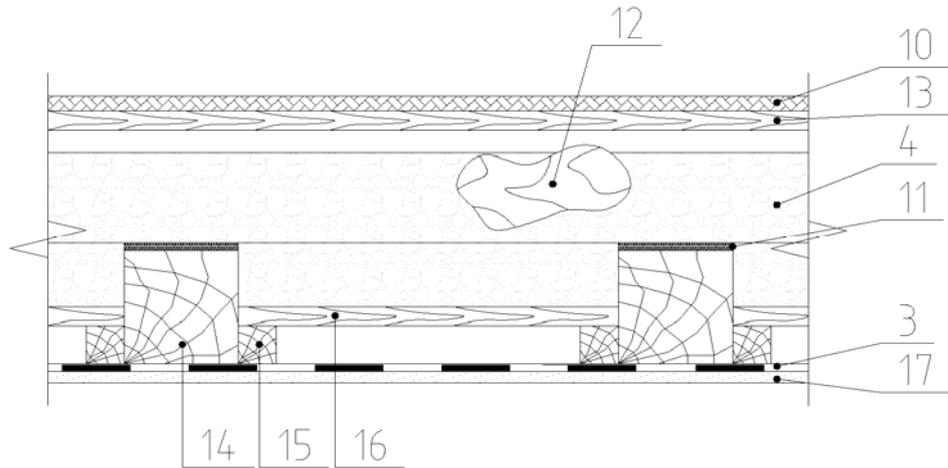


- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Перекрытие                 | 11. Звукоизоляционная прокладка |
| 2. Выравнивающая стяжка       | 12. Лага                        |
| 3. Пароизоляция               | 13. Черновой пол                |
| 4. Гранулированное пеностекло |                                 |
| 10. Напольное покрытие        |                                 |

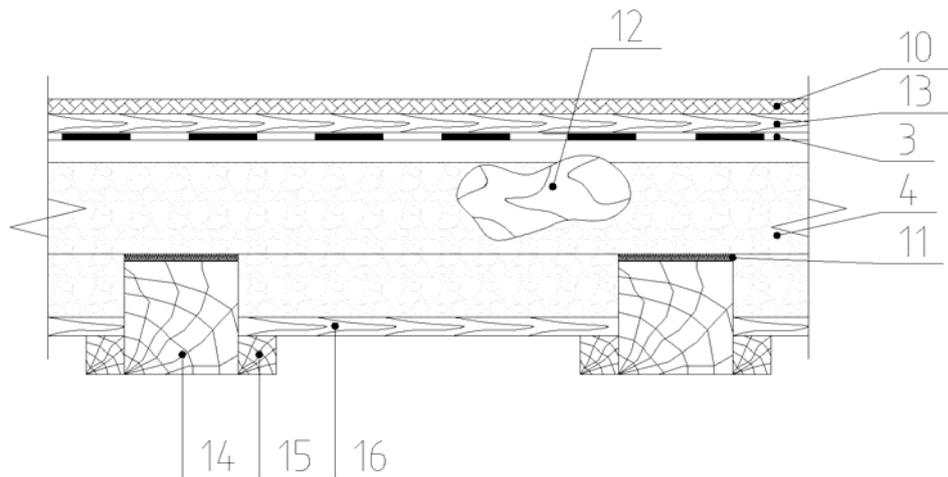
						Перекрытия	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	Чедок	Подпись	Дата		3

## Пол по деревянным балкам

### Перекрытие под холодным чердаком



### Перекрытие над холодным подвалом



3. Пароизоляция

4. Гранулированное пеностекло

10. Напольное покрытие

11. Звукоизоляционная прокладка

12. Лага

13. Черновой пол

14. Балка перекрытия

15. Брусок

16. Сплошной настил

17. Подшивка потолка

Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата

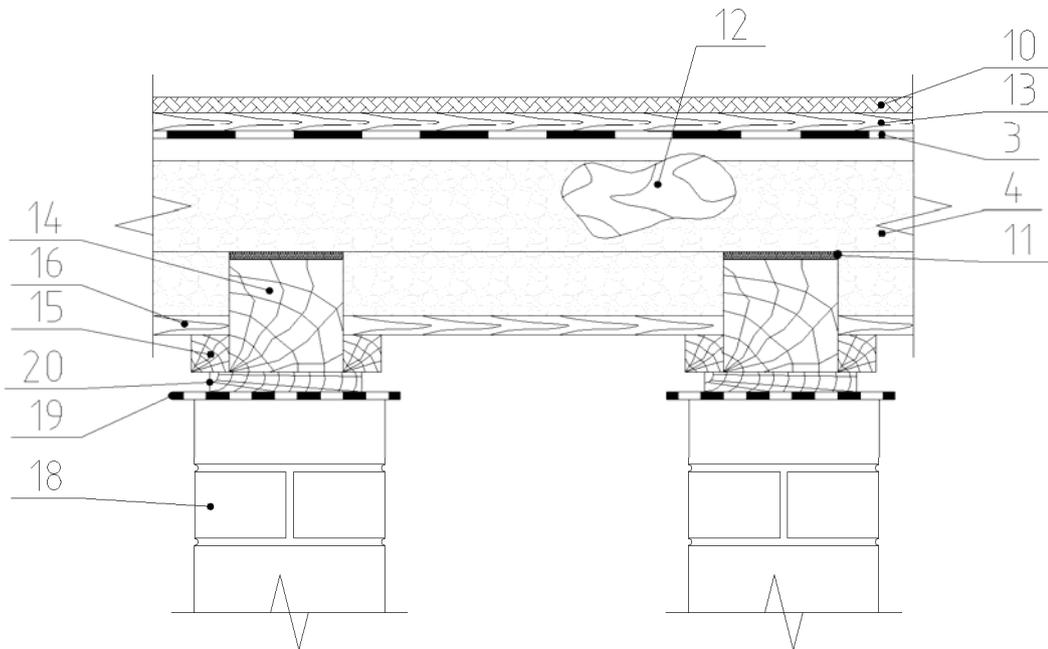
Перекрытия

Лист

4

Формат А4

## Пол на столбах



3. Пароизоляция

4. Гранулированное пеностекло

10. Напольное покрытие

11. Звукоизоляционная прокладка

12. Лага

13. Черновой пол

14. Балка перекрытия

15. Брусок

16. Сплошной настил

17. Подшивка потолка

18. Кирпичный столб

19. Гидроизоляция

20. Прокладка из доски

Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата

Перекрытия

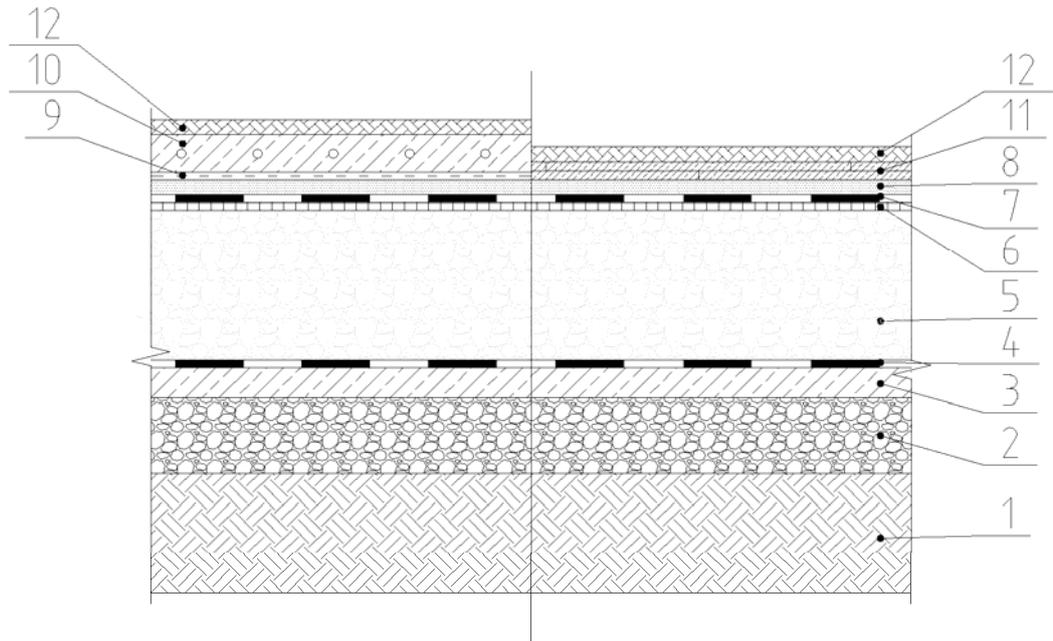
Лист

5

## **Раздел 2**

### **Пол по грунту**

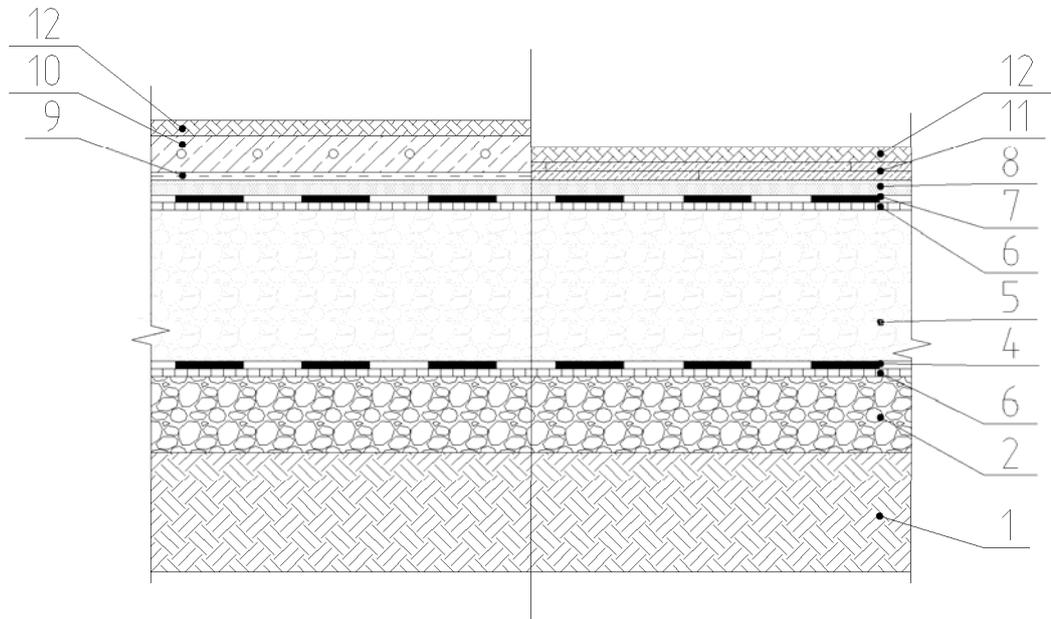
### С обустройством бетонной подготовки



- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1. Уплотнённый грунт          | 8. Уплотненный слой песка                    |
| 2. Щебёночная подготовка      | 9. Пленка полиэтиленовая                     |
| 3. Бетонная подготовка        | 10. Армированная<br>цементно-песчаная стяжка |
| 4. Гидроизоляция              | 11. Сборная стяжка                           |
| 5. Гранулированное пеностекло | 12. Напольное покрытие                       |
| 6. Геотекстиль                |  |
| 7. Пароизоляция               |  |

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата				
						Пол по грунту	Стадия	Лист	Листов
							МП	1	3
							ПНИПУ		

### Без обустройства бетонной подготовки



- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1. Уплотнённый грунт          | 8. Уплотненный слой песка                    |
| 2. Щебёночная подготовка      | 9. Пленка полиэтиленовая                     |
| 4. Гидроизоляция              | 10. Армированная<br>цементно-песчаная стяжка |
| 5. Гранулированное пеностекло | 11. Сборная стяжка                           |
| 6. Геотекстиль                | 12. Напольное покрытие                       |
| 7. Пароизоляция               |  |

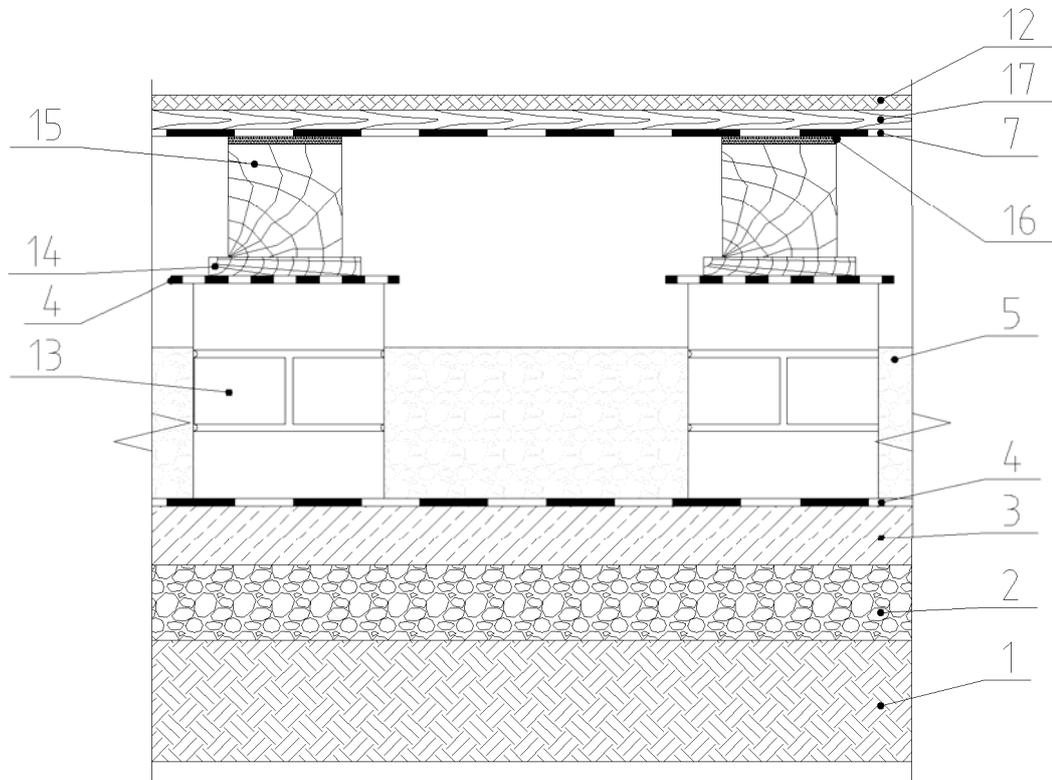
Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата

Пол по грунту

Лист

2

## Пол на столбах



- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Уплотнённый грунт          | 13. Кирпичный столб             |
| 2. Щебёночная подготовка      | 14. Прокладка из доски          |
| 3. Бетонная подготовка        | 15. Балка перекрытия            |
| 4. Гидроизоляция              | 16. Звукоизоляционная прокладка |
| 5. Гранулированное пеностекло | 17. Черновой пол                |
| 7. Пароизоляция               |                                 |
| 12. Напольное покрытие        |                                 |

						Пол по грунту	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	Челок	Подпись	Дата		3

## Приложение 1

## Расчет толщины теплоизоляционного слоя из пеностекольного гравия

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  $R_0$  должен обеспечивать сопротивление теплопередаче не ниже значения  $R_{\text{треб.}}$ , 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:

$$D_d = (t_e - t_{om.пер.}) \cdot z_{om.пер.}$$

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

$t_{om.пер.}$ ,  $z_{om.пер.}$  – средняя температура и продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8°C 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:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

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

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

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

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

где  $\delta$  – толщина слоя по проекту;

$\lambda$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя (характеристика материала).

### Пример расчета утепления чердачного перекрытия

Расчёт толщины теплоизоляционного слоя из пеностекольного гравия для условий утепления перекрытия холодного чердака дома, построенного в Московской области.

Предварительно рассчитываются градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_s - t_{om.пер.}) \cdot z_{om.пер.}$$

Исходя из условий:

- Место строительства – г. Москва.
- Продолжительность отопительного периода  $z_{от.пер.} = 205$  суток;
- Средняя расчетная температура отопительного периода  $t_{от.пер.} = -2,2^\circ\text{C}$ ;
- Температура внутреннего воздуха  $t_b = +20^\circ\text{C}$ ;
- Влажность внутреннего воздуха 55 %;
- Влажностный режим помещения – нормальный.

определяем:

$$D_d = (20 - (-2.2)) \cdot 205 = 4551.$$

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 чердачных перекрытий коэффициенты принимаются равными  $a = 0.00045$  и  $b = 1.9$ .

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0.00045 \cdot 4551 + 1.9 = 3.95 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + R_k + \frac{1}{\alpha_H},$$

где  $\alpha_{int} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ ;

$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ .

Слои в предлагаемой конструкции:

№ п/п	Наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коэфф. теплопроводности, Вт/(м·°С)	Толщина, м
1	Железобетонная плита перекрытия	2500	2.176	0.200
2	Пароизоляционный слой	-	-	-
3	Гранулированное пеностекло	150	0.048	X

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

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

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

$$R_o = R_{req}.$$

$$\frac{1}{8.7} + \frac{0.2}{2.176} + \frac{X}{0.048} + \frac{1}{23} = 3.95.$$

Из уравнения определяем  $X = 0.142 \text{ м}$ .

Таким образом, минимальная толщина теплоизоляции из пеностеклянного гравия в предлагаемой конструкции чердачного перекрытия составляет 142 мм.

### **Пример расчета утепления перекрытия подполья дома**

Расчёт толщины теплоизоляционного слоя из пеностеклянного гравия для условий утепления перекрытия подполья дома, построенного в Московской области.

Предварительно рассчитываются градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_e - t_{om.пер.}) \cdot z_{om.пер.}$$

Исходя из условий:

- Место строительства – г. Москва.
- Продолжительность отопительного периода  $z_{от.пер.} = 205$  суток;
- Средняя расчетная температура отопительного периода  $t_{от.пер.} = -2,2^\circ\text{C}$ ;
- Температура внутреннего воздуха  $t_B = +20^\circ\text{C}$ ;
- Температура воздуха в подполье  $t_B^b = +2^\circ\text{C}$ ;
- Влажность внутреннего воздуха 55 %;
- Влажностный режим помещения – нормальный.

определяем:

$$D_d = (20 - (-2.2)) \cdot 205 = 4551.$$

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 покрытий коэффициенты принимаются равными  $a = 0.00045$  и  $b = 1.9$ .

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0.00045 \cdot 4551 + 1.9 = 3.95 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

В случае теплого подполья, когда температура в подвале выше температуры окружающей среды зимой, например, за счет нагрева от труб отопления и т.п., сопротивление теплопередаче перекрытия над подпольем изменяется на коэффициент  $n$  (СП 23-101-2004):

$$n = \frac{t_e - t_e^b}{t_e - t_{om.пер.}},$$

где  $t_e$  – температура внутреннего воздуха в жилом помещении;

$t_e^b$  – температура внутреннего воздуха в подполье;

$t_{om.пер.}$  – средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной  $8^\circ\text{C}$ .

$$R_{req} = n \cdot R_{req} = \frac{20 - 2}{20 - (-2.2)} \cdot 3.95 = 3.20 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Сопrotивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}},$$

где  $\alpha_{int} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

Слои в предлагаемой конструкции:

№ п/п	Наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Кэфф. теплопроводности, Вт/(м·°C)	Толщина, м
1	Железобетонная плита перекрытия	2500	2.176	0.200
2	Гранулированное пеностекло	150	0.048	X
3	Геотекстиль	-	-	-
4	Пароизоляционный слой	-	-	-
5	Стяжка из АЦЛ	1800	0.35	0.024
6	Половая доска	700	0.23	0.01

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

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

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

$$R_o = R_{req}.$$

$$\frac{1}{8.7} + \frac{0.2}{2.176} + \frac{X}{0.048} + \frac{0.024}{0.35} + \frac{0.01}{0.23} + \frac{1}{23} = 3.20.$$

Из уравнения определяем  $X = 0.136 \text{ м}$ .

Таким образом, минимальная толщина теплоизоляции из пеностеклянного гравия в предлагаемой конструкции подвального перекрытия составляет 136 мм.

## Пример расчета утепления пола по грунту

Расчёт толщины теплоизоляционного слоя из пеностекольного гравия для условий утепления полов по грунту дома, построенного в Московской области. Пол первого этажа расположен на уровне отмостки.

Предварительно рассчитываются градусо-сутки отопительного периода по формуле:

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

Исходя из условий:

- Место строительства – г. Москва.
- Продолжительность отопительного периода  $z_{\text{от.пер.}} = 205$  суток;
- Средняя расчетная температура отопительного периода  $t_{\text{от.пер.}} = -2,2^{\circ}\text{C}$ ;
- Температура внутреннего воздуха  $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}$ ;
- Влажность внутреннего воздуха 55 %;
- Влажностный режим помещения – нормальный.

определяем:

$$D_d = (20 - (-2.2)) \cdot 205 = 4551.$$

Согласно СП 29-13330-2001 «Полы» из пункта 9.13 «В помещениях с нормируемой температурой внутреннего воздуха при расположении низа бетонного основания выше отмостки здания или ниже нее не более чем на 0,5 м, под бетонным основанием вдоль наружных стен, отделяющих отапливаемые помещения от неотапливаемых, следует укладывать по грунту слой шириной 0,8 м из неорганического влагостойкого утеплителя толщиной, определяемой из условия обеспечения термического сопротивления этого слоя утеплителя не менее термического сопротивления наружной стены.» следует, что требуемое сопротивление теплопередаче пола по грунту должно быть равно требуемому сопротивлению теплопередаче стен.

Требуемое сопротивление теплопередаче определяем по формуле:

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

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

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0.00035 \cdot 4551 + 1.4 = 2.99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Сопротивление теплопередаче пола определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}},$$

где  $\alpha_{int} = 8.7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

Слои в предлагаемой конструкции:

№ п/п	Наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Кэфф. теплопроводности, Вт/(м·°C)	Толщина, м
1	Гранулированное пеностекло	150	0.048	X

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

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

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

$$R_o = R_{req}.$$

$$\frac{1}{8.7} + \frac{X}{0.048} + \frac{1}{23} = 2.99.$$

Из уравнения определяем  $X = 0.136 \text{ м}$ .

Таким образом, минимальная толщина теплоизоляции из пеностеклянного гравия составляет 136 мм, теплоизоляция должна быть уложена по грунту вдоль наружных стен шириной не менее 0.8 м.