



**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И
ПОЛИЭТИЛЕНА ТОРГОВЫХ МАРОК
PENOTERM И ПОРИЛЕКС**

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Проектирование виброшумоизоляции в ограждающих строительных конструкциях	4
1.1. Общие технические требования к материалам для виброшумоизоляции.....	7
1.2. Общие технические требования к изделиям для виброшумоизоляции.....	7
1.3. Технические характеристики материалов и изделий марки Penoterm® для виброшумоизоляции: Penoterm® НПП ЛЭ (Э); Penoterm® НПП ЛЭ (К).....	8
1.4. Сравнение характеристик материалов для виброшумоизоляции марки Penoterm® с заменителями и аналогами.....	9
1.5. Рекомендации по проектированию виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®.....	10
1.6. Основные указания по производству работ при устройстве в ограждающих конструкциях виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®. Монтаж материала.....	19
1.7. Применение демпферных лент при устройстве покрытия пола, лежащего на звукоизоляционном слое Penoterm®.....	20
1.8. Основные ошибки при проектировании и устройстве виброшумоизоляции и их последствия.....	21
1.9. Типовые узлы по устройству виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®.....	22
1.10. Примеры расчета виброшумоизоляции в составе междуэтажных перекрытий гражданских зданий.....	25
1.11. Рекомендуемые толщины виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm® для обеспечения требуемого индекса звукоизоляции	36
1.12. Виброзащита конструкций зданий от воздействий метрополитена, железных дорог и автомобильных магистралей.....	39
1.13. Долговечность материалов Penoterm®.....	40
Библиографический список к разделу 1.....	41

Раздел 2. Проектирование трубной изоляции 42

2.1. Общие технические требования к материалам для трубной изоляции	45
2.2. Общие технические требования к изделиям для трубной изоляции	47
2.3. Технические характеристики материала ПОРИЛЕКС® и изделий для трубной изоляции ПОРИЛЕКС®	49
2.4. Сравнение характеристик материалов для трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® с заменителями и аналогами	51
2.5. Рекомендации по проектированию трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®	53
2.6. Основные указания по производству работ при устройстве трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®	63
2.7. Основные ошибки при устройстве трубной изоляции и их последствия	76
2.8. Пример расчета трубной изоляции для системы горячего водоснабжения	76
2.9. Рекомендуемые толщины трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® для различных условий эксплуатации трубопроводов	78
Приложение 2.1.....	82
Библиографический список к разделу 2	85

Раздел 3. Звукоизоляция строительных конструкций с использованием материала PENOTERM® ЕВРОБЛОК 86

3.1. Количественная мера звука	88
3.2. Звукоизоляция и звукопоглощение	90
3.3. Воздушный и структурный шум	91
3.4. Нормирование шума	92
3.5. Результаты измерений звукоизолирующей способности слоистых образцов изоляционных материалов марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	101
3.6. Основные характеристики материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	103
3.7. Основные преимущества блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	105
3.8. Основные области применения блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	108
3.9. Типовые узлы по применению блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	109
3.10. Монтаж блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК	115





ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ВИБРОШУМОИЗОЛЯЦИИ
В ОГРАЖДАЮЩИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИБРОШУМО-ИЗОЛЯЦИИ В ОГРАЖДАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Настоящий раздел рекомендаций разработан в следующем составе:

- 1.1. Общие технические требования к материалам для виброшумоизоляции;
- 1.2. Общие технические требования к изделиям для виброшумоизоляции;
- 1.3. Технические характеристики материалов и изделий марки Penoterm® для виброшумоизоляции: Penoterm® НПП ЛЭ (Э); Penoterm® НПП ЛЭ (К);
- 1.4. Сравнение характеристик материалов для виброшумоизоляции марки Penoterm® с заменителями и аналогами;
- 1.5. Рекомендации по проектированию виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®:
 - 1.5.1. Общие сведения;
 - 1.5.2. Физические величины и единицы измерения;
 - 1.5.3. Принципы виброшумоизоляции при устройстве «плавающих» полов;
 - 1.5.4. Расчет виброшумоизоляции в многослойном ограждении;
 - 1.5.5. Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое.
- 1.6. Основные указания по производству работ при устройстве в ограждающих конструкциях виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®;
- 1.7. Применение демпферных лент при устройстве покрытия пола, лежащего на звукоизоляционном слое Penoterm®;
- 1.8. Основные ошибки при устройстве виброшумоизоляции и их последствия;
- 1.9. Типовые узлы по устройству виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®;
- 1.10. Примеры расчета виброшумоизоляции в составе междуэтажных перекрытий гражданских зданий;
- 1.11. Рекомендуемые толщины виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm® для обеспечения требуемого индекса звукоизоляции;
- 1.12. Виброзащита конструкций зданий от воздействий метрополитена, железных дорог и автомобильных магистралей;
- 1.13. Долговечность материалов Penoterm®.

1.1

1.1. Общие технические требования к материалам для виброшумоизоляции

1.1.1. Материал для виброшумоизоляции должен характеризоваться вязкоупругими свойствами и обладать динамической жесткостью не более 250 МПа/м.

1.1.2. Материалы для виброшумоизоляции, применяемые внутри помещений жилых и общественных зданий в сухой нормальной среде при температуре 15-30 °С и относительной влажности воздуха не более 65 %, не должны выделять в окружающую среду вредные вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

1.1.3. Материалы для виброшумоизоляции, внутри помещений с повышенной влажностью, при повышенных или пониженных температурах, а также применяемые для наружной отделки зданий и сооружений, должны обладать повышенной водостойкостью. Сорбционная влажность акустических материалов и изделий должна быть не более 10 %.

1.1.4. Динамический модуль упругости материалов E_d для виброшумоизоляции, применяемых в строительных конструкциях в качестве упругих элементов для ослабления передачи структурного звука (вибрации), должен быть не более 10 МПа.

1.1.5. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в материале для виброшумоизоляции $A_{эф}$ не должна превышать предельных значений, установленных в ГОСТ 30108.

1.2

1.2. Общие технические требования к изделиям для виброшумоизоляции

1.2.1. Изделия для виброшумоизоляции в изломе должны иметь однородную структуру без пустот и расслоений.

1.2.2. Изделия для виброшумоизоляции должны иметь одинаковую толщину по всей поверхности. Требования к форме и допускаемым отклонениям от номинальной толщины должны быть установлены в стандартах или технических условиях на изделия конкретных видов.

1.2.3. Изделия для виброшумоизоляции, выпускаемые в виде рулонов, должны обеспечивать индекс улучшения изоляции ударного шума перекрытием не менее 18 дБ.

1.2.4. Упаковывание готовой продукции производится в пленку полиэтиленовую по ГОСТ 10354, обеспечивающую сохранность от повреждений, загрязнения при хранении, транспортировании и обращении продукции. Нарушение целостности упаковки не допускается.

1.2.5. Материалы должны храниться в упакованном виде в крытых складских помещениях, исключающих попадание прямых солнечных лучей и влаги, на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

Не допускается совместное хранение материалов с кислотами, щелочами, растворителями и другими агрессивными веществами.

1.3

1.3. Технические характеристики материалов и изделий марки Penoterm® для виброшумоизоляции: Penoterm® НПП ЛЭ (Э); Penoterm® НПП ЛЭ (К)

1.3.1. Изделия торговой марки Penoterm® производятся в соответствии с требованиями ТУ 22.21.41-003-82799613-2017, ГОСТ Р 56729-2015.

1.3.2. Изделия торговой марки Penoterm® изготавливаются экструзионным методом из полипропилена с введением вспенивателя, сополимеров, антипиренов, стабилизирующих и других технологических добавок. Данная рецептура специально разработана для применения в качестве вибродемпфирующей прослойки в конструкциях «плавающих» стяжек в составе полов с целью улучшения изоляции ударного и воздушного шума.

1.3.3. Penoterm® НПП ЛЭ (Э) – экструзионный материал из вспененного полипропилена с введением специальных пластифицирующих добавок, придающих ему необходимую эластичность.

1.3.4. Penoterm® НПП ЛЭ (К) – экструзионный вспененный полимер, композит полипропилена и полиэтилена. Сочетание полипропилена и полиэтилена придает материалу повышенную эластичность и уменьшает эффект волнообразования при его укладке.

1.3.5. Динамические характеристики полипропилена марки Penoterm® представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Динамические характеристики полипропилена марки Penoterm®

Материал	Толщина, мм	Динамический модуль упругости (Ед) и относительное сжатие (ε) материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на него в Па				Индекс улучшения изоляции ударного шума ¹ , ΔL _{нв} , дБ	
		2000		5000		Нагрузка 2000 Па	Нагрузка 5000 Па
		Ед, МПа	ε	Ед, МПа	ε		
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	5	0,16	0,034	0,25	0,059	22	20
	6	0,18	0,030	0,28	0,057	24	21
	8	0,21	0,027	0,32	0,054	28	22
	10	0,24	0,024	0,39	0,051	29	23
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	6	0,11	0,029	0,15	0,056	23	20
	8	0,12	0,027	0,31	0,053	26	22
	10	0,14	0,024	0,20	0,051	28	22

Примечание

1 – Индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_{нв} «плавающими» стяжками с поверхностной плотностью 100 кг/м², уложенными по звукоизоляционным прокладкам из вспененного полипропилена марки Penoterm®.

1.3.6. Типоразмеры изделий из полипропилена марки Penoterm®, выпускаемые в рулонах, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Типоразмеры изделий из полипропилена марки Penoterm®

Наименование материала	Геометрические характеристики рулона				Цвет
	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, м	Площадь, м ²	
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	5	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	6	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	8	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	10	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	6	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	8	1300	50	65	серый
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	10	1300	30	39	серый

1.3.7. Физико-механические характеристики материала Penoterm® представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Физико-механические характеристики полипропилена марки Penoterm®

№ п/п	Наименование показателя	Нормативное значение
1	Прочность на сжатие при линейной деформации, МПа	
	10 %	0,019
	25 %	0,058
	50 %	0,183
2	Диапазон рабочих температур, °С	от -40 до +150
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,034
4	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	0,001
5	Водопоглощение за 24 ч при 22 °С, % по объему	0,74
6	Линейная температурная усадка в течение двух суток, %	
	t = 70 °С	-
	t = 100 °С	1,06
	t = 140 °С	3,00
7	Категории пожарной опасности	Г4
		В3
		Д3
		Т3

1.4

1.4. Сравнение характеристик материалов для виброшумоизоляции марки Penoterm® с заменителями и аналогами

1.4.1. Сравнение характеристик материалов для виброшумоизоляции марки Penoterm® с некоторыми заменителями и аналогами представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Сравнение характеристик полипропилена марки Penoterm® с заменителями и аналогами

Наименование материала	Толщина слоя, мм	Индекс улучшения изоляции ударного шума ¹ , ΔL_{nw} , дБ
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	5-10	22-29 ¹
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	6-10	23-28 ¹
Древесноволокнистая плита «Софтборд» (плотностью 220-270- кг/м ³) ГОСТ 4598-86	10	19
Экструдированный пенополистирол (XPS) ГОСТ 32310-2012	20	21
<i>Примечание</i>		
¹ – Индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_{nw} «плавающими» стяжками с поверхностной плотностью 100 кг/м ² , уложенными по звукоизоляционным прокладкам из вспененного полипропилена марки Penoterm®.		

1.5

1.5. Рекомендации по проектированию виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®

1.5.1. Общие сведения.

Шум – воспринимаемые слухом нерегулярные колебания без закономерной зависимости, которые являются помехой (раздражают нервную систему человека).

Причиной возникновения шума в зданиях являются внутренние и внешние источники:

внутренние источники: инженерное и санитарно-техническое оборудование; громкий разговор; громкая музыка; шум от электроинструментов и др.;

внешние источники: транспорт; промышленные предприятия и др.

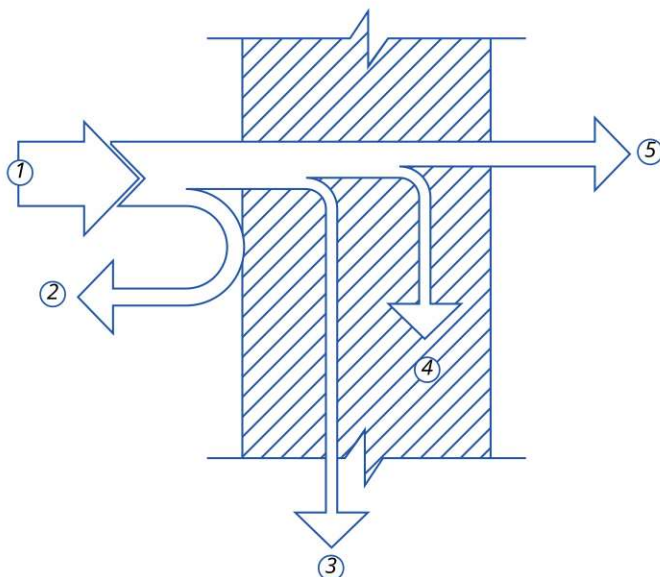
В архитектурно-строительной акустике различают следующие виды шумов:

- воздушный – звуковые колебания в воздушной среде, проходящие через толщу конструкции и через неплотности в соединениях строительных конструкций;
- ударный – звуковые колебания, возникающие при механических воздействиях на ограждающие конструкции (перекрытия, стены);
- структурный – звуковые колебания, распространяющиеся по зданию через вибрирующие конструкции и их жесткие соединения.

Сложность звукоизоляционных расчетов на структурный шум обусловлена тем, что по конструкциям здания могут распространяться различные типы упругих волн (продольные, изгибные, сдвиговые и крутильные), которые при прохождении через стыки трансформируются с различным вкладом в излучение шума. Такое обилие параметров волнового движения затрудняет анализ получаемых решений.

В общем случае при передаче звуковой энергии через ограждающую конструкцию различают (см. рис. 1.1):

Рис. 1.1. Прохождение звуковой энергии через ограждающую конструкцию



- 1 – уровень звукового давления в помещении с источником звука L_1 (падающая энергия);
- 2 – отраженный звук;
- 3 – структурный (корпусной) шум;
- 4 – поглощенный звук (трансформировавшийся в тепловую энергию);
- 5 – уровень звукового давления в защищаемом от шума помещении L_2 (прошедшая энергия).

Одним из широко используемых мероприятий по борьбе с шумом является звукоизоляция – это изоляция шума конструкциями. Задача, решаемая инженерным расчетом.

Изоляция воздушного шума (звукоизоляция) R , дБ – способность ограждающей конструкции уменьшать проходящий через нее звук.

В математическом виде она представляет собой десятикратный десятичный логарифм отношения падающей на ограждение звуковой энергии к энергии, прошедшей через ограждение.

В СП 51.13330.2011 [1] под звукоизоляцией воздушного шума подразумевается обеспечиваемое разделяющим два помещения ограждением снижение уровней звукового давления в дБ, приведенное к условиям равенства площади ограждающей конструкции и эквивалентной площади звукопоглощения в защищаемом помещении:



$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg (S/A); \quad (1.1)$$

$$R = 20 \cdot \lg (p_1/p_0) - 20 \cdot \lg (p_2/p_0) + 10 \cdot \lg (S/A); \quad (2.2)$$

где L_1 – уровень звукового давления в помещении с источником звука, дБ;

L_2 – уровень звукового давления в защищаемом помещении, дБ;

S – площадь ограждающей конструкции, м²;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения в защищаемом помещении, м².

Эквивалентная площадь поглощения (поверхности или предмета) – площадь поверхности с коэффициентом звукопоглощения $\alpha = 1$ (полностью поглощающей звук), которая поглощает такое же количество звуковой энергии, как и данная поверхность или предмет.

Коэффициент звукопоглощения – отношение величины поглощенной (то есть не отраженной от поверхности) звуковой энергии к величине падающей энергии.

Использовать для инженерных расчетов изоляцию воздушного шума R неудобно, так как сложно и трудоемко вычислять уровни звукового давления L (которые представляют собой десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления к квадрату порогового давления в дБ; пороговое давление $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па), а также эквивалентную площадь звукопоглощения A в защищаемом помещении. Поэтому в прикладных расчетах используют другую величину – индекс изоляции воздушного шума.

Индекс изоляции воздушного шума R_{wv} , дБ – величина, служащая для оценки звукоизолирующей способности ограждения одним числом. Она определяется путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума со специальной оценочной кривой в дБ.

1.5.2. Физические величины и единицы измерения

СП 51.13330.2011 [1] установлены следующие нормируемые показатели звукоизоляции:

1) для внутренних ограждающих конструкций:

- индекс изоляции воздушного шума R_{nw} , дБ (для вертикальных и горизонтальных конструкций);
- индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ (только для перекрытий);

2) для наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, витражных остеклений):

- изоляция внешнего шума, производимого потоком городского транспорта $R_{тран}$, дБ.

В соответствии с Приложением СП 51.13330.2011 [1]:

- индекс изоляции воздушного шума, дБ – это величина, служащая для оценки одним числом изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией. Определяется путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума со специальным нормативным спектром;
- индекс приведенного уровня ударного шума, дБ – это величина, служащая для оценки одним числом изоляции ударного шума перекрытием. Определяется путем сопоставления частотной характеристики приведенного уровня ударного шума под перекрытием со специальным нормативным спектром.

Индекс изоляции воздушного шума R_{nw} , дБ, нормируется в зависимости от следующих параметров: функция здания; функция помещения; тип ограждающей конструкции; характер разделяемых ограждением помещений.

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, нормируется в зависимости от следующих параметров: функция здания; функция помещения; тип перекрытия конструкции; характер разделяемых перекрытием помещений.

дБ (dB) – децибел – дольная единица бела, равная одной десятой этой единицы. Бел выражает отношение двух значений энергетической величины десятичным логарифмом этого отношения.

Отношение D_p двух значений энергетической величины P , такой как мощность, энергия, плотность энергии и т. п., выраженное в децибелах, определяется по формуле $D_p = 10 \cdot \lg (P_1/P_0)$. Увеличение энергетической величины на 1 дБ означает ее увеличение в $100,1 \approx 1,259$ раза

1.5.3. Принципы виброшумоизоляции при устройстве «плавающих» полов

Выбор конструкции «плавающего» пола определяется назначением помещений и зданий, в которых предполагается устройство пола, а также типом и толщиной несущей плиты перекрытия в жилых и общественных зданиях.

«Плавающий» пол представляет собой плиту или стяжку из бетона, асфальта или других подобных материалов толщиной не менее 50 мм и поверхностной плотностью не менее 100 кг/м², укладываемую на слой упругого изоляционного материала Penoterm®.

Значения индексов приведенного уровня ударного шума для перекрытий с плитами сплошного сечения следует принимать по табл. 1.5.

Таблица 1.5

Значения индексов приведенного уровня ударного шума для перекрытий с плитами сплошного сечения

Поверхностная плотность плиты перекрытия, кг/м ²	Ориентировочная толщина плиты перекрытия, мм	Значения L_{nw0} , дБ
150	60	86
200	80	84
250	100	82
300	120	80
350	140	78
400	160	77
450	180	76
500	200	75
550	220	74
600	240	73

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое определяется в соответствии с СП 51.13330.2011 [1].

Требуемая толщина звукоизоляционного слоя материала Penoterm® определяется расчетом. Для предварительных расчетов допускается использовать значения толщин материала Penoterm®, представленных в п. 1.11.

Примеры расчета толщин звукоизоляционного слоя представлены в п. 1.10.

Для эффективного использования звукоизоляционного материала Penoterm® необходимо правильно выбрать соотношение между толщиной слоя изоляционного матери-

ала и нагрузкой (стяжкой с покрытием пола) с тем, чтобы резонансная частота колебания пола была минимально низкой.

Применение звукоизоляционных прокладок марки Penoterm® в зависимости от толщины прокладки и поверхностной плотности стяжки обеспечивает снижение индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием ΔL_{nw} на величину от 22 до 29 дБ, что в большинстве случаев позволяет выполнить нормативные требования по изоляции ударного шума.

1.5.4. Расчет виброшумоизоляции в многослойном ограждении

Проверка изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем Penoterm®.

Цель расчета: выполнение проверки обеспечения достаточных звукоизоляционных свойств междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем (Penoterm®) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1].

Проверка разделяется на три этапа:

1. определение изоляции несущей железобетонной плитой R_{w0} , дБ;
2. учет влияния звукоизоляционного слоя (Penoterm®) и определение частоты резонанса конструкции f_p , Гц;
3. определение индекса изоляции конструкцией воздушного шума перекрытием R_w , дБ, и выполнение проверки.

Исходные данные для расчета

1. нормируемый индекс изоляции конструкцией воздушного шума R^n_w , дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
2. тип несущей плиты;
3. плотность материала плиты перекрытия γ , кг/м³ (для железобетона принимается 2500 кг/м³);
4. геометрические параметры плиты перекрытия:
 - толщина h , м;
 - приведенная толщина $h_{пр}$, м;
 - ширина плиты b , м;
 - диаметр пустот в плите D , м (при наличии);
 - количество пустот в плите n , шт (при наличии);
5. конструкция (состав) пола перекрытия;
6. материал слоя (слоев) пола;
7. толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции h_2 (h_{i2}), м;
8. плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции γ_2 (γ_{i2}), кг/м³;
9. толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции h_1 (h_{i1}), м;
10. плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции γ_1 (γ_{i1}), кг/м³;
11. полезная нагрузка на перекрытие p_0 , кг/м² (согласно техническому заданию и СП 20.13330.2011 [2]);
12. толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm®) в необжатом состоянии d_0 , м;
13. плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm®) γ_0 , кг/м³.



Последовательность расчета

Этап 1. Определение изоляции несущей железобетонной плитой R_{w0} , дБ.

Плита сплошного сечения

Индекс изоляции ограждающей конструкцией сплошного сечения с достаточной для практических расчетов точностью может быть определен по формуле:

$$R_{w0} = 37 \cdot \lg m + 55 \cdot \lg K - 43; \quad (1.3)$$

где m – поверхностная плотность конструкции плиты, кг/м²:

$$m = \gamma \cdot h; \quad (1.4)$$

K – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью ($K = 1,0$ для перекрытия со сплошной железобетонной плитой).

Плита с круглыми пустотами

1) Вычислить момент инерции сечения плиты без учета пустот $I_{\text{спл}}$, м⁴:

$$I_{\text{спл}} = (b \cdot h^3) / 12; \quad (1.5)$$

2) Определить момент инерции одной пустоты $I_{\text{пуст}}$, м⁴

$$I_{\text{пуст}} = (\Pi \cdot D^4) / 64; \quad (1.6)$$

3) Найти момент инерции сечения плиты с учетом пустот $I_{\text{пуст}}$, м⁴

$$I = I_{\text{спл}} - n \cdot I_{\text{пуст}}; \quad (1.7)$$

4) Вычислить коэффициент K

$$K = 1,5 [I / (b \cdot h_{\text{пр}}^3)]^{0,25}; \quad (1.8)$$

приведенную толщину плиты $h_{\text{пр}}$ для круглопустотных плит можно принять равной 0,12 м.

5) Определить поверхностную плотность пустотной плиты $m_{\text{п}}$

$$m_{\text{п}} = \gamma \cdot h_{\text{пр}}; \quad (1.9)$$

6) Найти индекс изоляции пустотной плитой R_{w0} по формуле (1.3), подставляя значение K , вычисленное по формуле (1.8) и $m_{\text{п}}$.

Этап 2. Учет звукоизоляционного слоя (Penoterm®)

1) Вычислить нагрузку на звукоизоляционный слой (Penoterm®)

ρ , кг/м². Величина данной нагрузки складывается из полезной нагрузки на перекрытие и нагрузки от собственной массы слоев пола над звукоизоляционным слоем (Penoterm®), для «плавающих» полов:

$$\rho = \rho_0 + m_2; \quad (1.10)$$

где ρ_0 – полезная нагрузка на перекрытие (согласно техническому заданию и СП 20.13330.2011 [2]), кг/м²;

m_2 – величина поверхностной плотности слоев, расположенных выше звукоизоляционного слоя, кг/м²:

для однослойной конструкции (пола) над звукоизоляцией:

$$m_2 = h_2 \cdot \gamma_2; \quad (1.11)$$

для многослойной конструкции (пола) над звукоизоляцией:

$$m_2 = h_2 \cdot \gamma_2 + \dots + h_{i2} \cdot \gamma_{i2}; \quad (1.12)$$

2) Определить величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm®) E_d , Па по табл. 1.1.

3) Найти величину относительного сжатия ε материала звукоизоляционного слоя по табл. 1.1.

4) Вычислить толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm®) в обжатом состоянии d , м:

$$d = d_0 \cdot (1 - \varepsilon); \quad (1.13)$$

5) Аналогично (по формулам 1.11 и 1.12) определить поверхностную плотность слоев, расположенных ниже звукоизоляции m_1 , кг/м². В практических расчетах за m_1 допускается принимать величину поверхностной плотности плиты перекрытия m (m_n).

6) Определить частоту резонанса конструкции f_p , Гц:

$$f_p = 0,16 \cdot [E_d \cdot (m_1 + m_2) / (d \cdot m_1 \cdot m_2)]^{0,5}; \quad (1.14)$$

Этап 3. Определение расчетного индекса звукоизоляции R_w , дБ по табл. 1.6.

Проверить выполнение условия:

$$R_w \geq R_w^n; \quad (1.15)$$

где R_w^n – нормируемый индекс изоляции воздушного шума, дБ, определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1].

Если условие (1.15) выполняется, то данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm®) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1].

Таблица 1.6

Значения индексов изоляции воздушного шума перекрытием R_w

Конструкция пола	Частота резонанса f_p , Гц	Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w , дБ, при индексе изоляции несущей плитой перекрытия R_{w0} , дБ					
		43	46	49	52	55	57
Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	63	-	55	56	57	58	59
	80	53	54	55	56	57	58
	100	52	53	54	55	56	58
	125	51	52	53	54	55	57
	160	50	51	53	54	55	57
	200	47	49	51	53	-	-

1.5.5. Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое

Цель расчета: проверка звукоизоляционных свойств и обеспечения достаточных звукоизоляционных свойств междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем (Penoterm®) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1].

Исходные данные для расчета

- нормируемый индекс изоляции перекрытием приведенного уровня ударного шума L_{nw}^{req} дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
- конструкция (состав) пола перекрытия;
- материал слоя (слоев) пола;
- толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции h_2 (h_{12}), м;
- плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции γ_2 (γ_{12}), кг/м³;
- толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции h_1 (h_{11}), м;
- плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции γ_1 (γ_{11}), кг/м³;
- полезная нагрузка на перекрытие p_0 , кг/м² (согласно техническому заданию и СП 20.13330.2011 [2]);
- толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm®) в необжатом состоянии d_0 , м;
- плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm®) γ_0 , кг/м³.



Последовательность расчета

- Вычислить нагрузку на звукоизоляционный слой перекрытия p , кг/м² по формуле (1.10).

- 2) Определить величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm®) E_d , Па по табл. 1.1.
- 3) Найти величину относительного сжатия ϵ материала звукоизоляционного слоя по табл. 1.1.
- 4) Вычислить поверхностную плотность пола над звукоизоляционным слоем (Penoterm®) m_2 , кг/м² по формулам (1.11) или (1.12).
- 5) Определить толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm®) в обжатом состоянии d , мм по формуле (1.13).
- 6) Найти частоту собственных колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое (Penoterm®) f_0 , Гц по формуле:

$$f_0 = 0,16 \cdot [E_d / (d \cdot m_2)]^{0,5}; \quad (1.16)$$

- 7) Вычислить поверхностную плотность пола под звукоизоляционным слоем (Penoterm®) m_1 , кг/м².
- 8) Определить величину индекса приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия L_{nw0} , дБ по табл. 1.5.
- 9) Найти величину индекса приведенного уровня ударного шума всего перекрытия L_{nw} , дБ по табл. 1.7.
- 10) Проверить выполнение условия:

$$L_{nw} \leq L_{nw}^{req}; \quad (1.17)$$

где L_{nw}^{req} – нормируемый индекс изоляции перекрытием приведенного уровня ударного шум, дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]).

Если условие (1.17) выполняется, то данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm®) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1].

Таблица 1.7

Значения индексов приведенного уровня ударного шума под перекрытием

Конструкция пола	Частота колебаний f_0 , Гц	Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} , дБ при индексе для несущей плиты перекрытия L_{nw0} , дБ						
		86	84	82	80	78	76	74
Покрытие пола на сборных плитах с $m = 30$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	100	60	58	56	54	52	51	50
	125	64	62	60	58	56	55	54
	160	68	66	64	62	60	59	58
	200	70	68	66	64	62	61	60
	250	72	70	68	66	64	63	62

Конструкция пола	Частота колебаний f_0 , Гц	Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием $L_{пв}$, дБ при индексе для несущей плиты перекрытия $L_{пв0}$, дБ						
		86	84	82	80	78	76	74
Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 60$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	60	61	58	56	54	51	49	48
	80	62	59	57	56	53	52	51
	100	64	61	59	57	56	55	54
	125	66	63	61	59	58	57	56
	160	68	65	63	61	60	58	57
	200	70	68	66	64	62	60	59
Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 120$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	60	59	56	54	52	50	48	47
	80	61	58	56	54	52	50	49
	100	63	60	58	57	55	53	52
	125	65	62	60	58	56	54	53
	160	67	64	62	60	58	56	55
	200	68	65	64	62	60	58	57

1.6

1.6. Основные указания по производству работ при устройстве в ограждающих конструкциях виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®

1.6.1. Относительная влажность воздуха в помещениях в процессе устройства покрытия полов не должна превышать 80 %. Температура воздуха на уровне пола при устройстве выравнивающей цементно-песчаной стяжки должна быть не менее +5 °С. Устройство полов должно выполняться после окончания всех строительно-монтажных, электротехнических и отделочных работ.

1.6.2. До начала производства работ по устройству полов, монтажные отверстия в перекрытиях, зазоры между плитами, места примыкания перекрытий к стенам перегородок, трубам должны быть заделаны цементно-песчаным раствором не ниже М100.

1.6.3. В местах пересечения инженерных коммуникаций, а также местах примыкания к оконным витражам, должна быть выполнена негорючая изоляция.

1.6.4. При укладке звукоизоляции Penoterm® в коридорах, следует предусматривать рассечки из негорючих материалов шириной не менее 200 мм, устанавливаемых не реже чем через 600 мм.

1.6.5. При устройстве теплоизоляции пола над вентилируемым подпольем или проездом, толщина материала Penoterm® подбирается теплотехническим расчетом по СП 50.13330.2012 [3]. При этом учитывается, что коэффициент теплопроводности материала $\lambda = 0,034$ Вт/м·К.

Монтаж материала

1.6.7. Очистить от мусора плиты перекрытия по периметру помещения для плотного прилегания и обеспечения целостности вибродемпфирующей прокладки.

1.6.8. После проведения подготовительных работ материал Penoterm® укладывается по всей поверхности перекрытия. Необходимо предотвратить возникновение звуковых мостиков путем отсечки «плавающего» пола от стен, трубопроводов, цоколей и других элементов путем напуска Penoterm®, шириной выше планируемого уровня стяжки на 20-50 мм, на стены, трубопроводы отопления и т.д.

1.6.9. Укладка материала производится «стык в стык». Стыки могут проклеиваться скотчем или другими клеящимися материалами. В помещениях с повышенными требованиями к гидроизоляции стыки проклеиваются армированной клейкой лентой.

1.6.10. Если стяжка, выполняемая поверх слоя звукоизоляции, не содержит специальных упрочняющих добавок, необходимо использовать металлическую сетку с ячейкой не более 150×150 мм. Сетки укладываются по всей площади помещения внахлест (не менее 100 мм) на небольшие прокладки высотой 10-20 мм (в качестве прокладок рекомендуется использовать материал Penoterm®). При необходимости сетки связываются между собой. Для повышения прочности стяжки, изготовленной на гипсовом или цементном вяжущем, при ее устройстве рекомендуется использовать упрочняющие добавки, например, полипропиленовую фибру.

1.6.11. Перед укладкой раствора стяжки необходимо смонтировать направляющие (маяки) для возможности выравнивания под проектную отметку поверхности пола. Раствор равномерно распределяется по площади захватки, исходя из проектной толщины стяжки. После предварительного распределения уложенный раствор тщательно уплотняется, как правило, виброрейкой.

1.6.12. После набора прочности стяжки излишки материала Penoterm® обрезаются (вдоль стен, трубопроводов, цоколей и т.д.).

1.6.13. В соответствии с требованиями (п.п. 4.8) СНиП 3.04.01-87 [4], после укладки стяжки на цементном вяжущем, она должна находиться под слоем постоянно влажного водоудерживающего материала в течение 7-10 дней.

1.6.14. Работы по устройству последующих слоев пола допускаются после набора стяжкой проектной прочности.

1.7

1.7. Применение демпферных лент при устройстве покрытия пола, лежащего на звукоизоляционном слое Penoterm®

1.7.1. Основное назначение демпферной ленты – компенсация сжимающих нагрузок от стяжки, которая выполняется поверх звукоизоляционного слоя Penoterm®, на стены здания, а также компенсация нагрузок, обусловленных температурным расширением стяжки.

1.7.2. Основные характеристики демпферной ленты Penoterm® представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8.

Основные характеристики демпферной ленты Penoterm®

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Количество
1	Диапазон рабочих температур	°С	от -40 до +90
2	Индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_{pw}	дБ	26
3	Геометрия демпферной ленты		
	толщина	мм	8
	ширина	мм	100
4	Длина рулона ленты	м	15

1.7.3. Демпферная лента Penoterm® изготавливается в соответствии с рекомендациями (п.4.17) СНиП 3.04.01-87 [4].

1.7.4. Демпферная лента устанавливается вдоль стены в зазор между стеной (перегородкой) и слоем звукоизоляции Penoterm®.

1.8

1.8. Основные ошибки при проектировании и устройстве виброшумоизоляции и их последствия

1.8.1. Сведения по основным ошибкам при проектировании и устройстве виброшумоизоляции и их последствиям представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Основные ошибки при проектировании и устройстве виброшумоизоляции и их последствия

№ п/п	Ошибки	Последствия ошибки
<i>Проектирование виброшумоизоляции</i>		
1	Ошибочно считается, что звукоизоляция и звукопоглощение – это похожие величины, т.к. они обе имеют размерность дБ.	Слабая звукоизоляция ограждения. Необходимость дополнительных затрат для повышения величины индекса изоляции воздушного шума R_w , дБ.
2	Ошибочно считается, что качество звукоизоляции для всех частот шума определяется, в основном, только величиной индекса изоляции воздушного шума R_w , дБ. Следует помнить, что величина R_w определяется, как интегральная характеристика для диапазона частот от 100 до 3000 Гц. Для низких частот (шумы от домашних кинотеатров, некоторого механического оборудования и т.д.) для обеспечения звукоизоляции ограждения необходимо предусматривать слой из плотного и массивного материала.	Слабая звукоизоляция ограждения.

№ n/n	Ошибки	Последствия ошибки
3	Ошибочно считается, что пенопласт является эффективным звукоизолирующим и звукопоглощающим материалом. Следует помнить, что пенопласт является хорошим теплоизолирующим, но не звукоизолирующим материалом. Пенопласт может умеренно снижать шум (только ударный, но не воздушный) только в качестве материала, укладываемого под стяжку в конструкции «плавающего» пола, толщина слоя при этом должна быть не менее 40 мм (для экструдированного пенополистирола величина меньше).	Слабая звукоизоляция ограждения.
4	При устройстве звукоизоляции не устраивается зазор между конструкцией пола (слоями стяжки и чистового пола) и вертикальной конструкцией (стеной), который заполняется вибродемпфирующей прокладкой.	Слабая звукоизоляция ограждения. Растрескивание стяжки.
5	При подготовке основания перекрытия (заделке имеющихся трещин и выбоин на поверхности, удалении неровностей) используется цементная стяжка, а не виброакустический герметик.	Слабая звукоизоляция ограждения.
6	При устройстве виброшумоизоляции остаются пропуски между расстилаемыми рулонами и участки непокрытия основания. При устройстве вибродемпфирующих прокладок допускаются разрывы.	Слабая звукоизоляция ограждения.

1.9

1.9 Типовые узлы по устройству виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm®

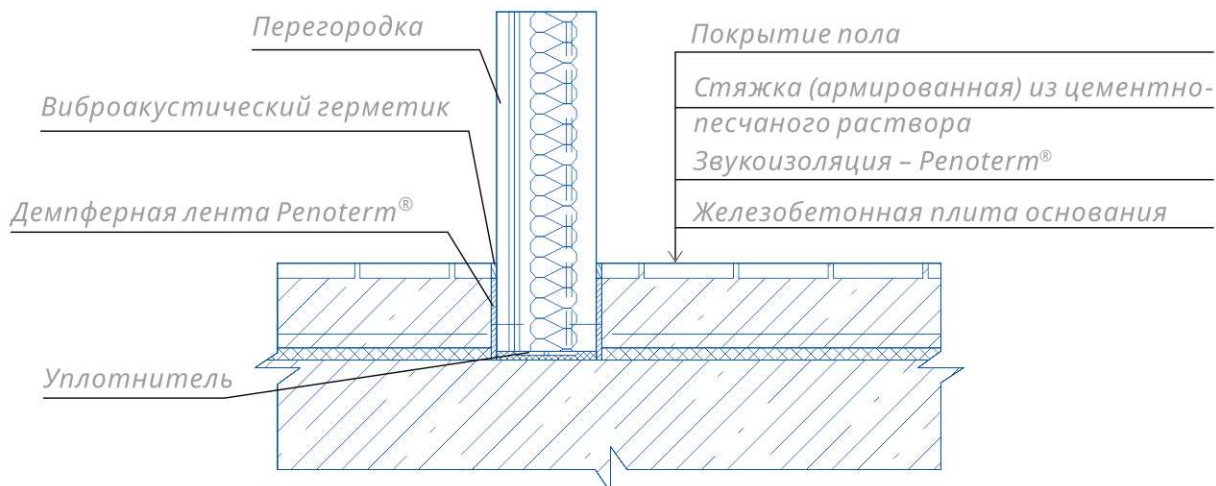


Рис. 1.2.

Узел сопряжения пола с перегородкой

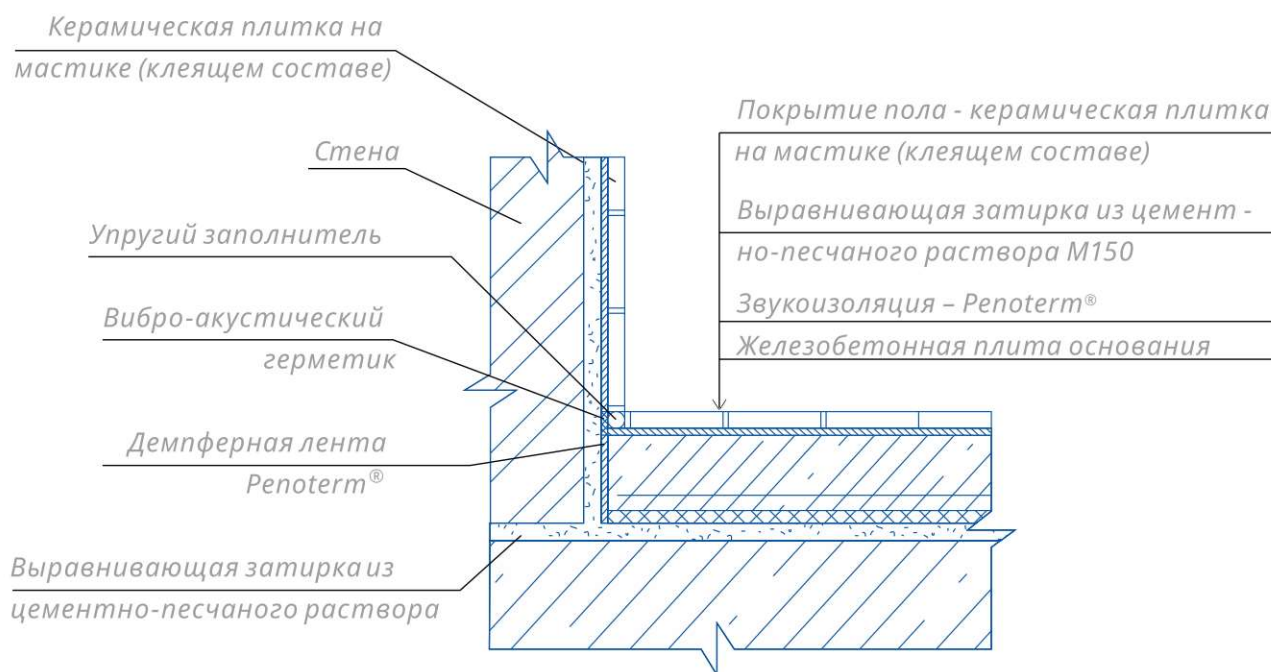


Рис. 1.3.
Узел примыкания пола к стене в ванной комнате

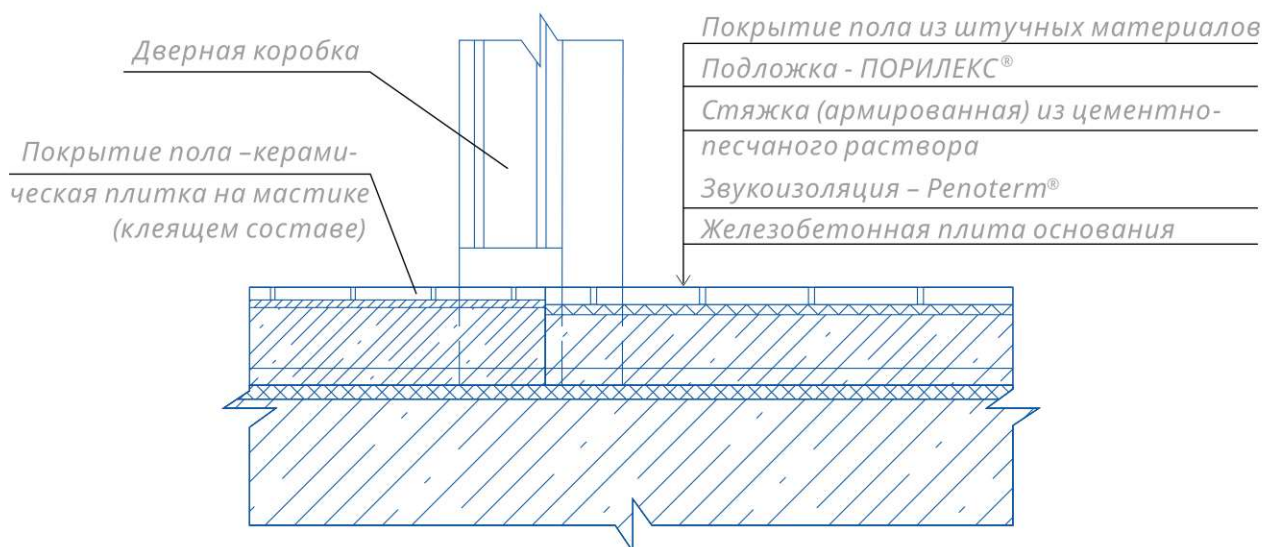


Рис. 1.4.
Узел сопряжения полов из керамической плитки и полов из штучных материалов (паркета, ламината)

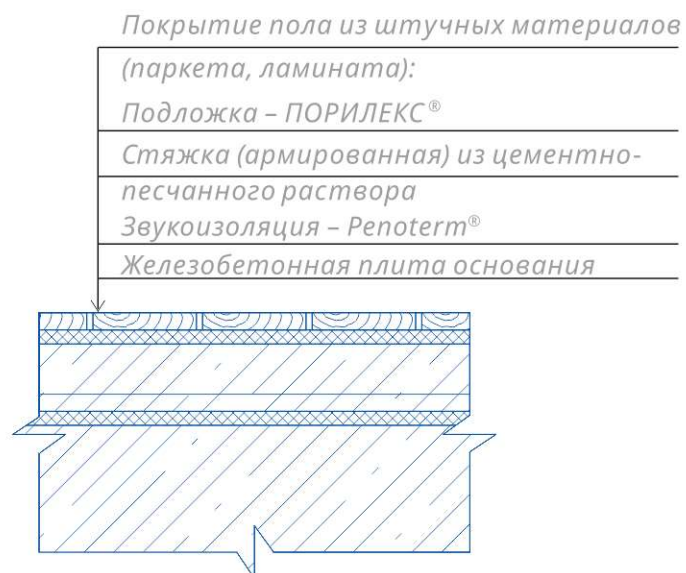


Рис. 1.5.
 Состав пола с покрытием из штучных материалов (паркета, ламината)

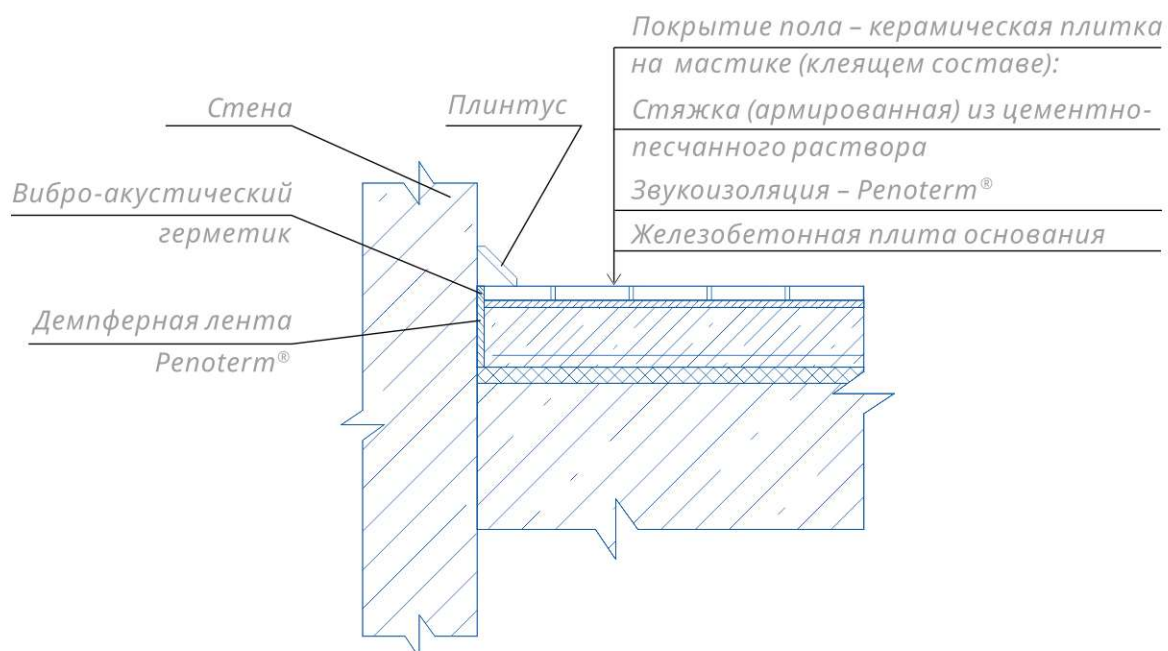


Рис. 1.6.
 Узел примыкания плиточных полов к стене

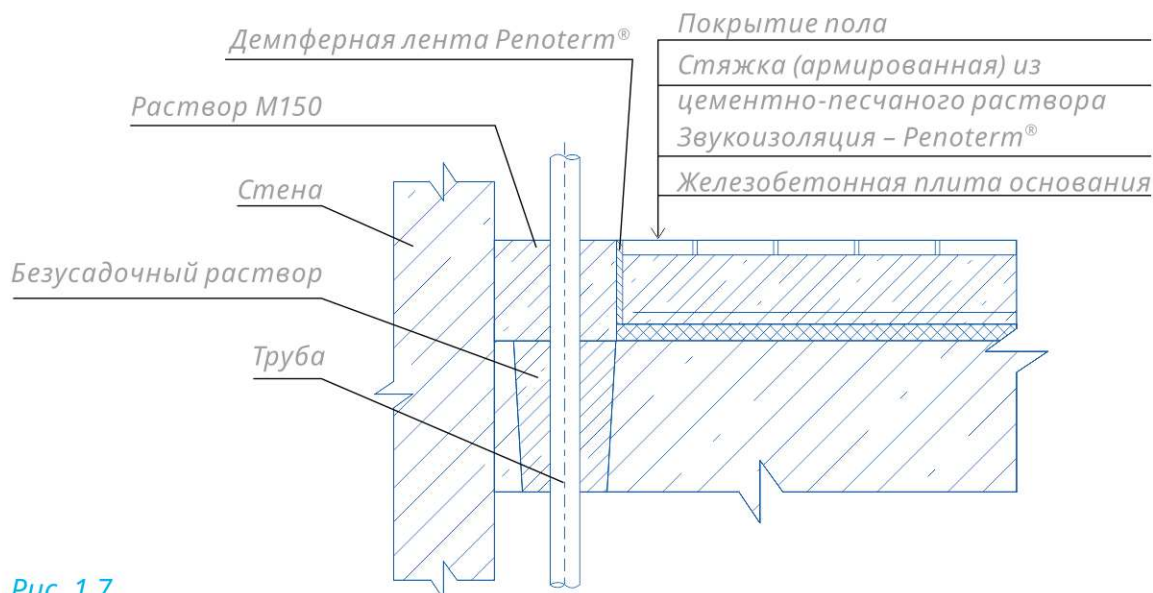


Рис. 1.7.

Узел примыкания вертикальных трубопроводов в междуэтажных перекрытиях

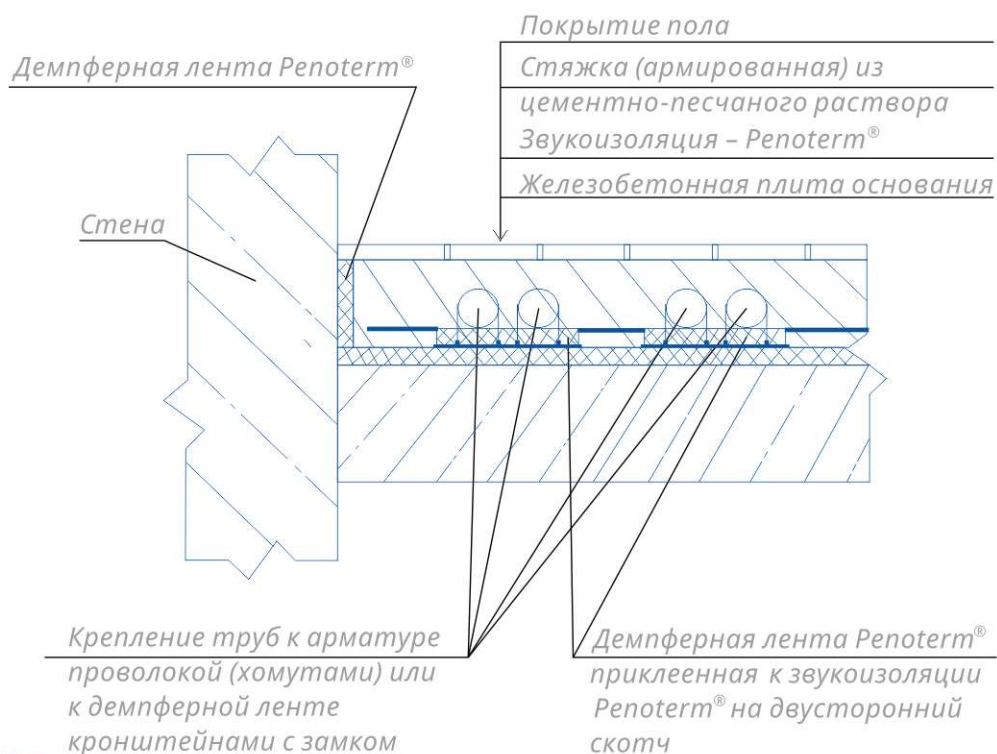


Рис. 1.8.

Узел крепления горизонтальных трубопроводов в междуэтажных перекрытиях

1.10

1.10. Примеры расчета виброшумоизоляции в составе междуэтажных перекрытий гражданских зданий

1.10.1. Междуэтажное перекрытие со сборной многпустотной плитой. Перекрытие относится к типу «Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений».

Проверка изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем Penoterm®

Исходные данные для расчета

Состав перекрытия представлен на рис. 1.9.

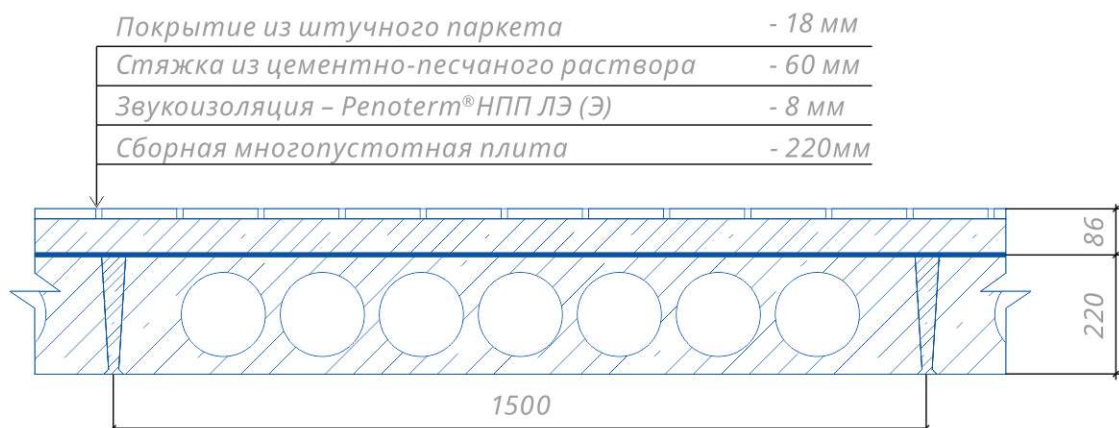


Рис. 1.9.

Состав междуэтажного перекрытия со сборной многопустотной плитой

- 1 . нормируемый индекс изоляции конструкцией воздушного шума
 $R_w^n = 52$ дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
- 2 . тип несущей плиты – сборная многопустотная;
- 3 . плотность материала плиты перекрытия $\gamma = 2500$ кг/м³;
- 4 . геометрические параметры плиты перекрытия:
 - толщина (высота) $h = 0,220$ м;
 - приведенная толщина $h_{пр} = 0,120$ м;
 - ширина плиты (номинальная) $b = 1,5$ м;
 - диаметр пустот в плите (номинальный) $D = 0,16$ м;
 - количество пустот в плите $n = 7$ шт;
- 5 . конструкция (состав) пола перекрытия (см. рис. 1.9);
- 6 . материал слоя (слоев) пола (см рис. 1.9);
- 7 . толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $h_{21} = 0,018$ м;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $h_{22} = 0,06$ м;
- 8 . плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $\gamma_{21} = 600$ кг/м³;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $\gamma_{22} = 1800$ кг/м³;
- 9 . толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – сборная многопустотная плита $h_2 = 0,22$ м (высота плиты);
- 10 . плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – сборная многопустотная плита $\gamma_2 = 2500$ кг/м³;
- 11 . полезная нагрузка на перекрытие $p_0 = 200$ кг/м² (согласно техническому заданию);
- 12 . толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в необжатом состоянии
 $d_0 = 0,008$ м;
- 13 . плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э))
 $\gamma_0 = 40$ кг/м³.

Σ

Этап 1. Определение изоляции несущей железобетонной плитой R_{w0} , дБ.

Плита с круглыми пустотами

1) Вычисляем момент инерции сечения плиты без учета пустот $I_{\text{спл}}$, м⁴ по формуле (1.5):

$$I_{\text{спл}} = (1,5 \cdot 0,22^3) / 12 = 1,331 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

2) Определяем момент инерции одной пустоты $I_{\text{пуст}}$, м⁴ по формуле (1.6):

$$I_{\text{пуст}} = (3,14 \cdot 0,16^4) / 64 = 3,217 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4;$$

3) Находим момент инерции сечения плиты с учетом пустот I , м⁴ по формуле (1.7)

$$I = 1,331 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 3,217 \cdot 10^{-5} = 1,106 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

4) Вычисляем коэффициент K по формуле (1.8)

$$K = 1,5 \cdot [(1,106 \cdot 10^{-3}) / (1,5 \cdot 0,12^3)]^{0,25} = 1,21;$$

5) Определяем поверхностную плотность пустотной плиты m_n , кг/м² по формуле (1.9):

$$m_n = 2500 \cdot 0,12 = 300 \text{ кг/м}^2;$$

6) Находим индекс изоляции пустотной плитой R_{w0} , дБ, по формуле (1.3), подставляя значение K , вычисленное по формуле (1.8) и m_n :

$$R_{w0} = 37 \cdot \lg 300 + 55 \cdot \lg 1,21 - 43 = 53,2 \text{ дБ};$$

Этап 2. Учет звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э))

1) Вычисляем нагрузку на звукоизоляционный слой (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) p , кг/м². Величина данной нагрузки складывается из полезной нагрузки на перекрытие и нагрузки от собственной массы слоев пола над звукоизоляционным слоем по формуле (1.10):

$$p = 200 + (0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800) = 200 + 118,8 = 318,8 \text{ кг/м}^2;$$

2) Определяем величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $E_d = 210\,000$ Па.

3) Находим величину относительного сжатия материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $\varepsilon = 0,027$.

4) Вычислить толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в обжатом состоянии d , м по формуле (1.13):

$$d = 0,008 \cdot (1 - 0,027) = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

5) Определяем поверхностную плотность слоев, расположенных ниже звукоизоляции $m_1 = 300 \text{ кг/м}^2$.

6) Вычисляем частоту резонанса конструкции f_p , Гц по формуле (1.14):

$$f_p = 0,16 \cdot [210000 \cdot (300 + 118,8) / (7,78 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 118,8)]^{0,5} = 90 \text{ Гц};$$

Этап 3. Определяем расчетный индекс звукоизоляции по табл. 1.6, $R_w = 55,5 \text{ дБ}$

Проверка выполнения условия (1.15):

$$R_w = 55,5 \text{ дБ} \geq R_w^n = 52 \text{ дБ};$$

Условие (1.15) выполняется, следовательно, данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1] *по защите от воздушного шума*.

Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое

Исходные данные для расчета

- нормируемый индекс приведенного уровня ударного шума конструкцией воздушного шума $L_{nw}^{req} = 60 \text{ дБ}$ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
- конструкция (состав) пола перекрытия (см. рис. 1.9);
- материал слоя (слоев) пола (см рис. 1.9);
- толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $h_{21} = 0,018 \text{ м}$;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $h_{22} = 0,06 \text{ м}$;
- плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $\gamma_{21} = 600 \text{ кг/м}^3$;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $\gamma_{22} = 1800 \text{ кг/м}^3$;
- толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – сборная многослойная плита $h_2 = 0,22 \text{ м}$ (высота плиты);
- плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – сборная многослойная плита $\gamma_2 = 2500 \text{ кг/м}^3$;
- полезная нагрузка на перекрытие $p_0 = 200 \text{ кг/м}^2$ (согласно техническому заданию);
- толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в необжатом состоянии $d_0 = 0,008 \text{ м}$;
- плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) $\gamma_0 = 40 \text{ кг/м}^3$.



Расчет

1) Вычисляем нагрузку на звукоизоляционный слой (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) p , кг/м². Величина данной нагрузки складывается из полезной нагрузки на перекрытие и нагрузки от собственной массы слоев пола над звукоизоляционным слоем по формуле (1.10):

$$p = 200 + (0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800) = 200 + 118,8 = 318,8 \text{ кг/м}^2;$$

2) Определяем величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $E_d = 210\,000$ Па.

3) Находим величину относительного сжатия материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $\varepsilon = 0,027$.

4) Вычисляем поверхностную плотность пола над звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) m_2 , кг/м² по формуле (1.12):

$$m_2 = 0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800 = 118,8 \text{ кг/м}^2;$$

5) Определяем толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в обжатом состоянии d , мм по формуле (1.13).

$$d = 0,008 \cdot (1 - 0,027) = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

6) Находим частоту собственных колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) f_0 , Гц по формуле (1.16):

$$f_0 = 0,16 \cdot [210000 / (7,78 \cdot 10^{-3} \cdot 118,8)]^{0,5} = 76,3 \text{ Гц}; \quad (1.16)$$

7) Вычисляем поверхностную плотность слоев, расположенных ниже звукоизоляции $m_1 = 300$ кг/м².

8) Определяем величину индекса приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия по табл. 1.5. $L_{nw0} = 80$ дБ

9) Находим величину индекса приведенного уровня ударного шума всего перекрытия по табл. 1.7. $L_{nw} = 54$ дБ

10) Проверяем условие (1.17):

$$L_{nw} = 54 \text{ дБ} \leq L_{nw}^{req} = 60 \text{ дБ};$$

Условие (1.17) выполняется, следовательно, данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного

перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1] защите от ударного шума.

Вывод по расчету: состав междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) толщиной 8 мм соответствует требованиям СП 51.13330.2011 [1].

1.10.2. Междуэтажное перекрытие с монолитной плитой.

Перекрытие относится к типу «Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений».

Проверка изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем Penoterm®

Исходные данные для расчета

Состав перекрытия представлен на рис. 1.10.

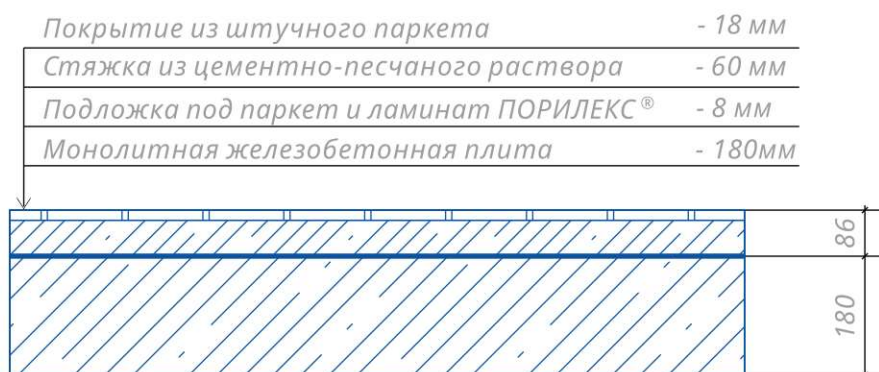


Рис. 1.10.

Состав междуэтажного перекрытия с монолитной железобетонной плитой

- нормируемый индекс изоляции конструкцией воздушного шума $R_w^n = 52$ дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
- тип несущей плиты – монолитная железобетонная;
- плотность материала плиты перекрытия $\gamma = 2500$ кг/м³;
- толщина плиты перекрытия $h = 0,180$ м;
- конструкция (состав) пола перекрытия (см. рис. 1.9);
- материал слоя (слоев) пола (см. рис. 1.9);
- толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $h_{21} = 0,018$ м;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $h_{22} = 0,06$ м;
- плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $\gamma_{21} = 600$ кг/м³;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $\gamma_{22} = 1800$ кг/м³;
- толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – монолитная железобетонная плита $h_2 = 0,18$ м (высота плиты);

10. плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – монолитная железобетонная плита $\gamma_2 = 2500 \text{ кг/м}^3$;
11. полезная нагрузка на перекрытие $p_0 = 200 \text{ кг/м}^2$ (согласно техническому заданию);
12. толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в необжатом состоянии $d_0 = 0,008 \text{ м}$;
13. плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) $\gamma_0 = 40 \text{ кг/м}^3$.



Этап 1. Определение изоляции несущей железобетонной плитой R_{w0} , дБ.

Плита сплошного сечения

Определяем индекс изоляции плитой R_{w0} по формуле (1.3):

$$R_{w0} = 37 \cdot \lg m + 55 \cdot \lg K - 43;$$

где m – поверхностная плотность конструкции плиты, кг/м^2 , определяется по формуле (1.4):

$$m = 2500 \cdot 0,180 = 450 \text{ кг/м}^2;$$

$K = 1,0$ (для сплошных плит).

$$R_{w0} = 37 \cdot \lg 450 + 55 \cdot \lg 1 - 43 = 55,16 \text{ дБ};$$

Этап 2. Учет звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э))

1) Вычисляем нагрузку на звукоизоляционный слой (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) p , кг/м^2 . Величина данной нагрузки складывается из полезной нагрузки на перекрытие и нагрузки от собственной массы слоев пола над звукоизоляционным слоем по формуле (1.10):

$$p = 200 + (0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800) = 200 + 118,8 = 318,8 \text{ кг/м}^2;$$

2) Определяем величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $E_A = 210\,000 \text{ Па}$.

3) Находим величину относительного сжатия материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $\epsilon = 0,027$.

4) Вычислить толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в обжатом состоянии d , м по формуле (1.13):

$$d = 0,008 \cdot (1 - 0,027) = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

5) Определяем поверхностную плотность слоев, расположенных ниже звукоизоляции $m_1 = 450 \text{ кг/м}^2$.

б) Вычисляем частоту резонанса конструкции f_p , Гц по формуле (1.14):

$$f_p = 0,16 \cdot [210000 \cdot (450 + 118,8) / (7,78 \cdot 10^{-3} \cdot 450 \cdot 118,8)]^{0,5} = 64,8 \text{ Гц};$$

Этап 3.

Определяем расчетный индекс звукоизоляции по табл. 1.6, $R_w = 58$ дБ.

Проверка выполнения условия (1.15):

$$R_w = 58 \text{ дБ} \geq R_w^n = 52 \text{ дБ};$$

Условие (1.15) выполняется, следовательно, данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1] по защите от воздушного шума.

Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое

Исходные данные для расчета

1. нормируемый индекс изоляции перекрытием приведенного уровня ударного шума конструкцией воздушного шума $L_{nw}^{req} = 60$ дБ (определяется по табл. 2 СП 51.13330.2011 [1]);
2. конструкция (состав) пола перекрытия (см. рис. 1.9);
3. материал слоя (слоев) пола (см рис. 1.9);
4. толщина слоя (слоев) ограждения (пола) выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $h_{21} = 0,018$ м;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $h_{22} = 0,06$ м;
5. плотность слоя (слоев) ограждения выше слоя звукоизоляции:
 - штучный паркет $\gamma_{21} = 600$ кг/м³;
 - стяжка из цементно-песчаного раствора $\gamma_{22} = 1800$ кг/м³;
6. толщина слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – монолитная железобетонная плита $h_2 = 0,18$ м;
7. плотность слоя (слоев) ограждения ниже слоя звукоизоляции – монолитная железобетонная плита $\gamma_2 = 2500$ кг/м³;
8. полезная нагрузка на перекрытие $p_0 = 200$ кг/м² (согласно техническому заданию);
9. толщина звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в необжатом состоянии $d_0 = 0,008$ м;
10. плотность материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) $\gamma_0 = 40$ кг/м³.



Расчет

1) Вычисляем нагрузку на звукоизоляционный слой (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) p , кг/м². Величина данной нагрузки складывается из полезной нагрузки на перекрытие и нагрузки от собственной массы слоев пола над звукоизоляционным слоем по формуле (1.10):

$$p = 200 + (0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800) = 200 + 118,8 = 318,8 \text{ кг/м}^2;$$

2) Определяем величину динамического модуля упругости материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $E_d = 210\,000$ Па.

3) Находим величину относительного сжатия материала звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) по табл. 1.1, $\varepsilon = 0,027$.

4) Вычисляем поверхностную плотность пола над звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) m_2 , кг/м² по формуле (1.12):

$$m_2 = 0,018 \cdot 600 + 0,06 \cdot 1800 = 118,8 \text{ кг/м}^2;$$

5) Определяем толщину звукоизоляционного слоя (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в обжатом состоянии d , мм по формуле (1.13).

$$d = 0,008 \cdot (1 - 0,027) = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

6) Находим частоту собственных колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) f_0 , Гц по формуле (1.16):

$$f_0 = 0,16 \cdot [210000 / (7,78 \cdot 10^{-3} \cdot 118,8)]^{0,5} = 57,7 \text{ Гц};$$

7) Вычисляем поверхностную плотность слоев, расположенных ниже звукоизоляции $m_1 = 450$ кг/м².

8) Определяем величину индекса приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия по табл. 1.5. $L_{nw0} = 76$ дБ.

9) Находим величину индекса приведенного уровня ударного шума всего перекрытия по табл. 1.7. $L_{nw} = 48$ дБ.

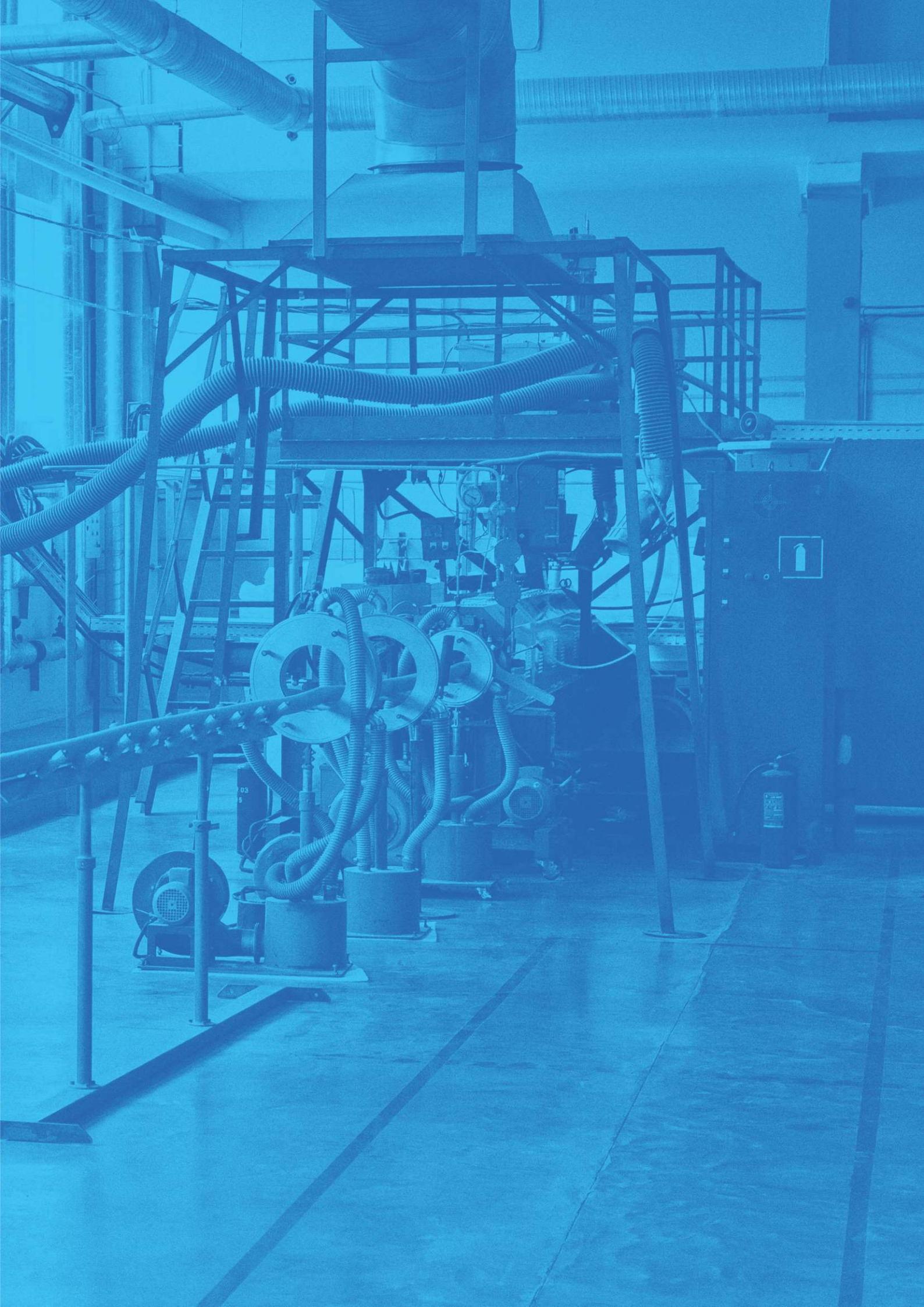
10) Проверяем условие (1.17):

$$L_{nw} = 48 \text{ дБ} \leq L_{nw}^{req} = 60 \text{ дБ};$$

Условие (1.17) выполняется, следовательно, данная конструкция обеспечивает достаточные звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [1] защите от ударного шума.

Вывод по расчету: Состав междуэтажного перекрытия со звукоизоляционным слоем (Penoterm® НПП ЛЭ (Э)) толщиной 8 мм соответствует требованиям СП 51.13330.2011 [1].





1.11

1.11. Рекомендуемые толщины виброшумоизоляции из материалов и изделий марки Penoterm® для обеспечения требуемого индекса звукоизоляции

1.11.1. В таблице 1.10 представлены результаты расчета звукоизоляции междуэтажного перекрытия гражданского здания, в котором применена монолитная плавающая стяжка по звукоизоляционному слою (Penoterm® НПП ЛЭ). Толщина звукоизоляции (Penoterm®) определена из условий удовлетворения требований СП 51.13330.2011 [1] и корректировок, полученных на основании натуральных испытаний материала Penoterm® НПП ЛЭ.

Таблица 1.10

Таблица подбора толщины звукоизоляции Penoterm® НПП ЛЭ
(В скобках указана толщина цементно-песчаной стяжки.)

Расположение перекрытия	Тип основания перекрытия								
	Пустот. плита	Монолитная плита							
		80	100	120	140	160	180	200	220
Жилые здания									
Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений домов	8 (60)	20 (70)	16 (70)	10 (70)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (60)
Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в домах	8 ² (60)	20 ² (70)	16 ² (70)	10 ² (70)	8 ² (60)	8 ² (60)	8 ² (60)	6 ² (60)	6 ² (60)
Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях в домах	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	10 (50)	12 (70)	8 (70)	8 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли и пр.)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)

Расположение перекрытия	Тип основания перекрытия								
	Пустот. плита	Монолитная плита							
		80	100	120	140	160	180	200	220
Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами в домах	8 ³ (60)	20 ³ (70)	16 ³ (70)	10 ³ (70)	8 ³ (60)	8 ³ (60)	8 ³ (60)	6 ³ (60)	6 ³ (60)
Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами в домах	10 (70)	18 (70)	12 (70)	10 (60)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (50)
Гостиницы									
Перекрытия между номерами: - гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды;	12 (70)	- ¹	16 (70)	12 (70)	10 (60)	8 (60)	8 (60)	8 (50)	6 (60)
- гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды;	8 (60)	12 (70)	10 (70)	10 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)
- гостиницы, имеющие по международной классификации менее трех звезд	6 (60)	14 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие номера от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты): - гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды;	16 (70)	- ¹	- ¹	16 (70)	10 (70)	8 (70)	8 (60)	10 (50)	10 (50)
- гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды и менее	8 (70)	18 (70)	12 (70)	14 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие номера от номера от помещений ресторанов, кафе: - гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды;	12 ³ (70)	- ¹	16 ³ (70)	12 ³ (70)	10 ³ (60)	8 ³ (60)	8 ³ (60)	8 ³ (50)	6 ³ (60)
- гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды и менее	8 ³ (60)	12 ³ (70)	10 ³ (70)	10 ³ (60)	8 ³ (60)	8 ³ (60)	6 ³ (60)	6 ³ (60)	6 ³ (60)

Расположение перекрытия	Тип основания перекрытия								
	Пустот. плита	Монолитная плита							
		80	100	120	140	160	180	200	220
Административные здания, офисы									
Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	8 (60)	18 (70)	10 (70)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие рабочие комнаты, кабинеты от помещений с источниками шума (машбюро, теле-тайпные и т.п.)	8 (60)	18 (70)	10 (70)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)
Больницы и санатории									
Перекрытия между палатами, кабинетами врачей	10 (50)	12 (70)	8 (70)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия между операционными и отделяющие операционные от палат и кабинетов	16 ² (70)	- ¹	- ¹	16 ² (70)	16 ² (70)	10 ² (70)	10 ² (70)	8 ² (60)	8 ² (60)
Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	8 (60)	18 (70)	10 (70)	8 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от столовых, кухонь	16 ² (70)	- ¹	- ¹	16 ² (70)	16 ² (70)	10 ² (70)	10 ² (70)	8 ² (60)	8 ² (60)
Учебные заведения									
Перекрытия между классами, кабинетами, аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы)	6 (60)	8 (70)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	20 ² (70)	- ¹	- ¹	16 ² (70)	16 ² (70)	10 ² (70)	10 ² (70)	8 ² (60)	8 ² (60)

Расположение перекрытия	Тип основания перекрытия								
	Пустот. плита	Монолитная плита							
		80	100	120	140	160	180	200	220
Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	20 ³ (70)	- ¹	- ¹	16 ³ (70)	16 ³ (70)	10 ³ (70)	10 ³ (70)	8 ³ (60)	8 ³ (60)
Детские дошкольные учреждения									
Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	6 (60)	10 (50)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)	6 (50)
Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	6 (60)	12 (60)	10 (60)	8 (60)	8 (60)	6 (60)	6 (60)	6 (50)	6 (50)
Примечания:									
В расчетах учитывалась круглопустотная сборная плита толщиной 220 мм, шириной от 1 до 1,5 м и длиной от 2,4 до 9 м.									
¹ Применение материала Penoterm® НПП ЛЭ для виброшумоизоляции при данном типе перекрытия экономически нецелесообразно.									
² К таким перекрытиям предъявляются повышенные требования по изоляции от воздушного шума. Для выполнения нормативных требований по звукоизоляции необходимо устройство звукопоглощающих конструкций потолков с звукоизолирующей способностью не менее 4 дБ.									
³ К таким перекрытиям предъявляются повышенные требования по изоляции от воздушного шума. Для выполнения нормативных требований по звукоизоляции необходимо устройство звукопоглощающих конструкций потолков с звукоизолирующей способностью не менее 7 дБ.									

1.12

1.12. Виброзащита конструкций зданий от воздействий метрополитена, железных дорог и автомобильных магистралей

1.12.1. Опыт проектирования и устройства виброзащиты конструкций гражданских зданий от вибрационного воздействия линии метрополитена в г. Москве показал, что эффективным методом борьбы с вибрацией является устройство по периметру подземных конструкций зданий слоя виброзащиты из вспененного полипропилена (полиэтилена).

1.12.2. Из опыта проектирования определены рекомендуемые минимальные толщины слоев виброзащиты из вспененного полипропилена для подземных конструкций, необходимой для эффективного снижения вибраций от метрополитена:

- наружная стена подвала со стороны метрополитена – 80 мм;
- наружные стены подвала (не со стороны метрополитена) – 20 мм;
- подошва фундамента – 40 мм (для защиты здания от вертикальных колебаний).

1.12.3. При таком составе виброзащиты результирующий эффект для 8 октавных полос (от 2 Гц до 63 Гц – вибрации от железнодорожного транспорта), определенный на уровне фундаментной плиты и пола первого этажа составляет:

- в октавах 2, 4, 8 и 16 Гц – виброзащита обладает незначительной эффективностью – получено улучшение характеристик на 5 дБ (следует отметить, что в октавах до 4 Гц любая виброзащита не эффективна);
- в октаве 31,5 Гц – виброзащита обладает значительной эффективностью – получено улучшение характеристик на 17 дБ;
- в октаве 63 Гц – виброзащита обладает весьма значительной эффективностью – получено улучшение характеристик на 23 дБ, что особенно важно, так как на этой частоте на человека дополнительно воздействует структурный шум, обусловленный вибрацией.

Таким образом, виброзащита строительных конструкций вспененным полипропиленом (марки Penoterm®) обладает достаточной эффективностью и может обеспечить нормативную виброзащищенность.

1.13

1.13. Долговечность материалов Penoterm®

1.13.1. Испытания материалов Penoterm® на долговечность были проведены в испытательной лаборатории ИЛ «СМП «НЕВА»» г. Санкт-Петербург. Испытаниям подвергались образцы материалов Penoterm® НПП ЛЭ (Э) и Penoterm® НПП ЛЭ (К).

1.13.2. Образцы подвергались ускоренному старению в условиях искусственного воздействия температуры 85 °С в течение 1100 ч, что соответствует 50 условным годам эксплуатации (УГЭ).

1.13.3. Результаты испытаний образцов материала Penoterm® НПП ЛЭ (Э) после 50 УГЭ показали незначительное повышение динамического модуля упругости и снижение коэффициента относительного сжатия. Величина индекса улучшения изоляции ударного шума не снизилась (табл. 1.11).

1.13.4. Результаты испытаний образцов материала Penoterm® НПП ЛЭ (К) после 50 УГЭ также показали незначительное повышение динамического модуля упругости и увеличение коэффициента относительного сжатия. Величина индекса улучшения изоляции ударного шума не снизилась (табл. 1.11).

Таблица 1.11

Динамические характеристики полипропилена марки Penoterm® после проведения испытаний по искусственному старению на 50 УГЭ

Материал	Толщина, мм	Динамический модуль упругости (Ед) и относительное сжатие (ε) материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на него в Па				Индекс улучшения изоляции ударного шума ¹ , ΔL _{пв} , дБ	
		2000		5000		Нагрузка 2000 Па	Нагрузка 5000 Па
		Ед, МПа	ε	Ед, МПа	ε		
Penoterm® НПП ЛЭ (Э)	5	0,17	0,039	0,24	0,062	22	21
	6	0,19	0,033	0,31	0,058	24	22
	8	0,23	0,031	0,37	0,056	28	23
	10	0,27	0,029	0,45	0,053	29	24
Penoterm® НПП ЛЭ (К)	6	0,15	0,034	0,18	0,058	23	21
	8	0,10	0,030	0,27	0,056	26	22
	10	0,19	0,029	0,24	0,053	28	23

Примечание
1 – Индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_{пв} «плавающими» стяжками с поверхностной плотностью 100 кг/м², уложенными по звукоизоляционным прокладкам из вспененного полипропилена марки Penoterm®.

1.13.5. Результаты испытаний материалов Penoterm® на долговечность показывают, что основная характеристика материала – индекс улучшения изоляции ударного шума со временем (50 УГЭ) не снизилась, что подтверждает высокую долговечность звукоизоляционных характеристик материалов Penoterm®.

Библиографический список к разделу 1

1. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
4. СНиП 3.04.01-87. Изоляционные и отделочные покрытия.



2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Настоящий раздел рекомендаций разработан в следующем составе:

- 2.1. Общие технические требования к материалам для трубной изоляции;
 - 2.2. Общие технические требования к изделиям для трубной изоляции;
 - 2.3. Технические характеристики материала ПОРИЛЕКС® и изделий для трубной изоляции ПОРИЛЕКС®;
 - 2.4. Сравнение характеристик материалов для трубной изоляции марки Порилекс® с заменителями и аналогами;
 - 2.5. Рекомендации по проектированию трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®:
 - 2.5.1. Основные сведения по трубной изоляции;
 - 2.5.2. Физические величины и единицы измерения;
 - 2.5.3. Расчет теплового потока через теплоизоляционную конструкцию;
 - 2.5.4. Расчет толщины трубной изоляции:
 - расчет для обеспечения требуемой температуры на поверхности изоляции;
 - расчет для предотвращения конденсации влаги из воздуха на наружной поверхности изоляции;
 - расчет для предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях воздухопроводов;
 - расчет для предотвращения замерзания вещества в трубопроводе в течение заданного времени при его остановке;
 - расчет для обеспечения требуемой плотности теплового потока.
 - 2.6. Основные указания по производству работ при устройстве трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®;
 - 2.7. Основные ошибки при устройстве трубной изоляции и их последствия;
 - 2.8. Пример расчета трубной изоляции для системы горячего водоснабжения;
 - 2.9. Рекомендуемые толщины трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® для различных условий эксплуатации трубопроводов.
- Приложение 2.1. Значения функции $x \cdot \ln x$ (в пределах $1 \leq x \leq 5$).

2.1

2.1. Общие технические требования к материалам для трубной изоляции

(извлечение из СП 61.13330.2012 [1])

2.1.1. (4.1. [1]) Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплохолодоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей.

2.1.2. (4.2. [1]) Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

2.1.3. (4.3. [1]) При выборе материалов и изделий, входящих в состав теплоизоляционных конструкций для поверхностей с положительными температурами теплоносителя (20 °С и выше), необходимо учитывать следующий комплекс факторов:

- место расположение изолируемого объекта;
- температуру изолируемой поверхности;
- температуру окружающей среды;
- требования пожарной безопасности;
- агрессивность окружающей среды или веществ, содержащихся в изолируемых объектах;
- коррозионное воздействие;
- материал поверхности изолируемого объекта;
- допустимые нагрузки на изолируемую поверхность;
- наличие вибрации и ударных воздействий;
- требуемую долговечность теплоизоляционной конструкции;
- санитарно-гигиенические требования;
- температуру применения теплоизоляционного материала;
- теплопроводность теплоизоляционного материала;
- температурные деформации изолируемых поверхностей;
- конфигурацию и размеры изолируемой поверхности;
- условия монтажа (стесненность, высотность, сезонность и др.);
- условия демонтажа и утилизации.

2.1.4. (4.3. [1]) При выборе теплоизоляционных материалов и конструкций для поверхностей с температурой теплоносителя 19 °С и ниже и отрицательной температурой дополнительно необходимо учитывать: относительную влажность окружающего воздуха, влажность и паропроницаемость теплоизоляционного материала.

2.1.5. (4.4. [1]) В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с положительной температурой в качестве обязательных элементов необходимо предусматривать: теплоизоляционный слой; покровный слой; элементы крепления.

2.1.6. (4.5. [1]) В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с отрицательной температурой в качестве обязательных элементов необходимо предусматривать: теплоизоляционный слой; пароизоляционный слой; покровный слой; элементы крепления.

2.1.7. (5.1. [1]) В конструкциях теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурами содержащихся в них веществ в диапазоне от 20 до 300 °С для всех способов прокладки, кроме бесканальной, следует применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/(м · К) при средней температуре 25 °С.

2.1.8. (5.4. [1]) Для теплоизоляционного слоя трубопроводов с положительной температурой при бесканальной прокладке следует применять материалы с плотностью не более 400 кг/м³ и теплопроводностью не более 0,07 Вт/(м · К) при температуре материала 25 °С и влажности, указанной в соответствующих государственных стандартах или технических условиях.

2.1.9. (5.5. [1]) Для теплоизоляционного слоя оборудования и трубопроводов с отрицательными температурами следует применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и расчетной теплопроводностью в конструкции не более 0,05 Вт/(м · К) при температуре веществ минус 40 °С и выше и не более 0,04 Вт/(м · К) – при минус 40 °С.

При выборе материала теплоизоляционного слоя поверхности с температурой от 19 до 0 °С следует относить к поверхностям с отрицательными температурами.

2.1.10. (5.10. [1]) При выборе теплоизоляционных материалов и покровных слоев следует учитывать стойкость элементов теплоизоляционной конструкции к химически агрессивным факторам окружающей среды, включая возможное воздействие веществ, содержащихся в изолируемом объекте.

2.1.11. (5.11. [1]) Для оборудования и трубопроводов, подвергающихся ударным воздействиям и вибрации, рекомендуется применять материалы, вибростойкость которых в условиях эксплуатации подтверждена результатами испытаний, выполненных аккредитованными организациями.

2.1.12. (5.13. [1]) В конструкциях тепловой изоляции, предназначенных для обеспечения заданной температуры на поверхности изоляции, в качестве покровного слоя рекомендуется применять материалы со степенью черноты не ниже 0,9 (с коэффициентом излучения не ниже 5,0 Вт/(м² · К⁴).

2.1.13. (5.15. [1]) Покровный слой допускается не предусматривать в теплоизоляционных конструкциях на основе изделий из волокнистых материалов с покрытием (кэшированных) из алюминиевой фольги или стеклоткани (стеклохолста, стеклорогожи) и вспененного синтетического каучука для изолируемых объектов, расположенных в помещениях, тоннелях, подвалах и чердаках зданий, и при канальной прокладке трубопроводов.

2.1.14. (5.17. [1]) При применении теплоизоляционных материалов из вспененных полимеров с закрытыми порами необходимость применения пароизоляционного слоя должна быть обоснована расчетом. При исключении пароизоляционного слоя следует предусматривать герметизацию стыков изделий материалами, не пропускающими водяные пары.

2.1.15. (5.19. [1]) Требования к пожарной безопасности теплоизоляционных конструкций трубопроводов тепловых сетей определяются по СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003».

2.1.16 (5.20. [1]). Для элементов оборудования и трубопроводов, требующих в процессе эксплуатации систематического наблюдения, следует предусматривать сборно-разборные съемные теплоизоляционные конструкции.

Системы водопровода и канализации (извлечение из СП 30.13330.2012 [2])

2.1.17. (5.2.9 [2]) Трубопроводы систем горячего водоснабжения, кроме подводок к приборам, следует изолировать для защиты от потерь тепла. Трубопроводы системы холодного водоснабжения (кроме тупиковых пожарных стояков), прокладываемых в каналах, шахтах, санитарно-технических кабинах, тоннелях, а также в помещениях с повышенной влажностью, следует изолировать для предотвращения конденсации влаги согласно СП 61.13330 [1].

2.1.18. (6.4.15 [2]) При прокладке трубопроводов в каналах следует применять термоизоляцию с использованием синтетических материалов на базе стекловолокна и пенопластов, а также пенобетонов. Допускается применение для этой цели других синтетических материалов, допущенных для использования в порядке, установленном законодательством Российской Федерации в области технического регулирования и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Применять минераловатные термоизоляционные материалы не допускается.

2.1.19. (10.8. [2]) Толщину теплоизоляции трубопроводов следует определять по СП 61.13330 [1]. При проектировании новых и реконструкции старых зданий рациональный выбор эффективных теплоизоляционных материалов следует производить с предпочтением материалов меньшей теплопроводности.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования (извлечение из СП 60.13330.2012 [3])

2.1.20. (4.6 [3]) Тепловую изоляцию отопительно-вентиляционного оборудования, трубопроводов внутренних систем теплоснабжения, воздухопроводов, дымоотводов и дымоходов следует предусматривать для:

- предупреждения ожогов;
- обеспечения потерь теплоты (холода) менее допустимых;
- исключения конденсации влаги;
- исключения замерзания теплоносителя в трубопроводах, прокладываемых в неотапливаемых помещениях или искусственно охлаждаемых помещениях;
- обеспечения взрывопожаробезопасности.

Температура поверхности тепловой изоляции не должна превышать 40 °С.

Горячие поверхности отопительно-вентиляционного оборудования, трубопроводов, воздухопроводов, дымоотводов и дымоходов, размещаемых в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения газов, паров, аэрозолей или пыли, следует изолировать, предусматривая температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции не менее чем на 20 °С ниже температуры их самовоспламенения.

Теплоизоляционные конструкции следует предусматривать согласно СП 61.13330 [1].

2.2

2.2. Общие технические требования к изделиям для трубной изоляции

2.2.1. Изделия для трубной изоляции ПОРИЛЕКС® должны изготавливаться из вспененного полиэтилена в виде полых труб по ТУ 22.21.41-002-82799613-2017, ГОСТ Р 56729-2015.

2.2.2. Изделия для трубной изоляции применяют для оборудования и трубопроводов промышленных предприятий, а также объектов ЖКХ, включая:

- технологические трубопроводы, расположенные в помещениях категории В, Г, Д и на открытом воздухе (при обеспечении защитой от ультрафиолетового излучения, например, применением ламинированных защитных покрытий);
- трубопроводы тепловых сетей с температурой теплоносителя в подающем трубопроводе не более 95 °С¹ при надземной (в помещениях, технических подпольях, чердаках, подвалах и на открытом воздухе) и подземной (в каналах и тоннелях) прокладках;
- трубопроводы систем отопления, горячего¹ и холодного водоснабжения в жилищном и гражданском строительстве, а также на промышленных предприятиях;
- воздуховоды, трубопроводы и оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- трубопроводы производств с технологическими процессами с повышенными требованиями к чистоте воздуха в помещениях (микробиология, радиоэлектроника, пищевая промышленность и т.д.).

2.2.3. Конструкция трубной изоляции с применением изделий ПОРИЛЕКС® для трубопроводов с положительными температурами теплоносителя должна:

- отвечать требованиям энергоэффективности (иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации) или обеспечивать нормированную плотность теплового потока в соответствии с требованиями СП 61.13330.2012;
- обеспечивать безопасную для человека температуру наружной поверхности изоляции;
- обеспечивать требуемые параметры технологического режима.

2.2.4. Конструкция трубной изоляции с применением изделий ПОРИЛЕКС® для трубопроводов с температурами теплоносителя ниже температуры окружающего воздуха должна:

- обеспечивать предотвращение конденсации влаги на поверхности изоляции;
- обеспечивать требуемые параметры технологического режима.

2.2.5. В теплоизоляционных конструкциях с применением изделий марки ПОРИЛЕКС® пароизоляционный слой, как правило, не устраивается.

2.2.6. В теплоизоляционных конструкциях для трубопроводов, расположенных в помещениях, технических подпольях, чердаках, каналах и тоннелях, изделия марки ПОРИЛЕКС® применяются без покрытия.

2.2.7. Изделия для трубной изоляции должны быть герметичными.

Герметизацию продольных и торцевых швов трубной изоляции ПОРИЛЕКС® рекомендуется производить с использованием монтажного клея ПОРИЛЕКС® и крепежных скоб ПОРИЛЕКС®.

Расход клея монтажного при монтаже трубной изоляции ПОРИЛЕКС®:

- для трубок толщиной 6 мм – 240 ÷ 300 м.п. на литр клея;
- для трубок толщиной 9 мм – 160 ÷ 200 м.п. на литр клея;

1 Изделия для трубной изоляции ПОРИЛЕКС® могут применяться для труб горячего водоснабжения, если температура теплоносителя не превосходит 90° С.

- для трубок толщиной 13 мм – 110 ÷ 140 м.п. на литр клея;
- для трубок толщиной 20 мм – 70 ÷ 90 м.п. на литр клея;

Расход крепежных скоб ПОРИЛЕКС® – 3 ÷ 5 шт/м.п.

2.2.8. Технические характеристики монтажного клея ПОРИЛЕКС® приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Основные технические характеристики монтажного клея ПОРИЛЕКС®

<i>Наименование показателя</i>	<i>Значение показателя</i>
Монтажный клей ПОРИЛЕКС® ТУ 2242-002- 96208478-06	
Химическая основа	Полихлоропреновый каучук
Внешний вид	Однородная жидкость светло – желтого цвета
Вязкость по Брукфильду при t (20±0,5)°С, сР	2000 ± 1000
Прочность клеевого соединения при расслоении через 24 часа, Н/см (кгс/см) не менее	27,0 (2,7)
Массовая доля сухого вещества, %, не более	23,0 ± 2
Химическая стойкость	Стоек к воздействию воды, кислот, бензина, масел
Температура эксплуатации, °С	От минус 40 до плюс 100

2.2.9. Химическая стойкость клеевого соединения, выполненного с использованием монтажного клея ПОРИЛЕКС®.

Клеевые соединения имеют хорошую водостойкость, стойкость к воздействию соляного тумана, биологических поражающих факторов, алифатических углеводородов, ацетона, этилового спирта, смазок, слабых кислот и щелочей. Не пригодны для эксплуатации в контакте с ароматическими и хлорированными углеводородами, некоторыми кетонами и сильными окислителями.

2.2.10. Упаковка изделий для трубной изоляции должна обеспечивать их защиту от механических повреждений при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах. Нарушение целостности упаковки не допускается.

2.2.11. Изделия для трубной изоляции должны храниться в упакованном виде в крытых складских помещениях, исключающих попадание прямых солнечных лучей и влаги, на расстоянии не менее 1 метра от нагревательных приборов. Не допускается совместное хранение материалов с кислотами, щелочами, растворителями и другими агрессивными веществами.

23

2.3. Технические характеристики материала ПОРИЛЕКС® и изделий для трубной изоляции ПОРИЛЕКС®

2.3.1. Трубная изоляция ПОРИЛЕКС® – теплоизоляционный материал на основе

вспененного полиэтилена в виде полых трубок различного диаметра. Материал характеризуется гибкостью, широким температурным диапазоном применения (от -60 °С до +90 °С) и стойкостью к агрессивным средам. Материал является экологически безопасным, не содержит фторхлоруглеводородов и поддается 100 % переработке.

2.3.2. Технические характеристики вспененного полиэтилена марки Порилекс® представлены в табл. 2.2.

2.3.3. Типоразмеры изделий для трубной изоляции из вспененного полиэтилена марки ПОРИЛЕКС®, выпускаемой в виде трубок, представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Основные технические характеристики трубной изоляции ПОРИЛЕКС®

Техническая характеристика	Единица измерения	Значение
Вспененный полиэтилен марки ПОРИЛЕКС® (ТУ 22.21.41-001-82799613-2018)		
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии при температуре 25 °С(максимальный ¹)	Вт/(м · °С)	0,038
Коэффициент паропроницаемости	мг/(м · ч · Па)	0,001
Плотность	кг/м ³	25±5
Диапазон рабочих температур	° С	-60 ... +90
Водопоглощение по объему при полном погружении в течение 24 часов	%	0,9
Пожарная опасность материала (показатели по № 123 ФЗ)		
Группа по горючести (ГОСТ 30244)		Г2 (умеренногорючий)
Группа по воспламеняемости (ГОСТ 30402)		В2 (умеренно-воспламеняемый)
Группа по дымообразующей способности (ГОСТ 12.1044)		Д3 (высокая дымообразующая способность)
Трубная изоляция ПОРИЛЕКС®		
Длина изделий	м	2*
<i>Примечание</i>		
* По заказу могут быть изготовлены изделия другой длины.		
¹ – Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии изделий из вспененного полиэтилена марки Порилекс® определен по результатам испытаний, выполненных в лаборатории НИИСФ РААСН в 2014 г. Для трубок с внутренним диаметром 22 мм коэффициент теплопроводности в сухом состоянии при температуре составил 25 °С 0,04 Вт/(м · К); для трубок с внутренним диаметром 42 мм – 0,039 Вт/(м · К).		

Таблица 2.3

Типоразмеры (номенклатура) изделий для трубной изоляции из вспененного полиэтилена марки ПОРИЛЕКС®

Наименование материала изоляции	Геометрические характеристики изделия (трубки)					Цвет
	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм				
		6	9	13	20	
ПОРИЛЕКС®	15	+	+			серый
	18	+	+	+		
	22	+	+	+		
	25	+	+	+		
	28	+	+	+		
	35	+	+	+	+	
	42		+	+	+	
	48		+	+	+	
	54		+	+	+	
	57		+	+	+	
	60		+	+	+	
	64		+	+	+	
	70		+	+	+	
	76		+	+	+	
	89		+	+	+	
	110		+	+	+	
114		+	+	+		
133		+	+			

Примечание
+ - данный типоразмер выпускается.

2.4

2.4. Сравнение характеристик материалов для трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® с заменителями и аналогами

2.4.1. Сравнение характеристик материалов для трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® с заменителями и аналогами представлено в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Сравнение характеристик вспененного полиэтилена марки ПОРИЛЕКС® с заменителями и аналогами

Наименование материала	Вспененный полиэтилен ПОРИЛЕКС® ТУ 22.21.41-001-82799613-2018	Вспененный полиэтилен Энергофлекс ТУ 2244-069-04696843 (марка Блэк Стар)	Вспененный каучук K-FLEX ST ТУ 2535-001-75218277-05	Вспененный пенополиуретан для трубной изоляции ГОСТ 30732-2006	Минеральная вата из каменного волокна для трубной изоляции (навивной цилиндр Rockwool 100, ТУ 5762-050-45757203-15)	Минеральная вата из каменного волокна для трубной изоляции (цилиндр Технониколь 80, ТУ 5762-016-74182181-2014)
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии при температуре 25 °С, Вт/(м · °С)	0,038	0,044	0,038	0,033	0,04	0,036
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м · ч · Па)	0,001	0,002	0,034	0,05 ²	0,32 ²	0,32 ²
Водопоглощение по объему: - при полном погружении в течение 24 часов, %	0,9	2	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹
- при кипячении в течение 90 мин, %	8,46	- ¹		10		
Плотность, кг/м ³	25±5	25±5	40±15	не менее 60	114	не менее 72
Диапазон рабочих температур, °С	-60 ... +90	-40 ... +90	-200 ... +105	-40 ... +140	-180 ... +650	не менее 72
Масса 1 п.м. трубной изоляции без покровного слоя, при толщине слоя изоляции 9 мм (внешний диаметр трубы 76 мм), кг	0,072	0,072	0,132	0,144	0,274	0,173
Примечание: ¹ – данные по водопоглощению отсутствуют в технической информации, распространяемой производителем ² – величина принята по приложению Т из СП 50 13330.2012						

2.5. Рекомендации по проектированию трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС®

2.5.1. Общие указания

Проектирование трубной изоляции из вспененного полиэтилена ПОРИЛЕКС® следует выполнять на основании технического задания на проектирование, которое должно содержать следующие данные:

- линий трубопроводов с указанием геометрических размеров, наружный (или условный) диаметр и длина;
- вид и температуру веществ, находящихся в изолируемом объекте;
- расположение изолируемого объекта (на открытом воздухе, в помещении, канале, тоннеле), расчетную температуру окружающего воздуха (для объектов на открытом воздухе принимать в соответствии с СП 131.13330.2012) и относительную влажность окружающего воздуха;
- если трубопроводы имеют наружный обогрев – указание о его виде, температуре греющих поверхностей;
- указание о назначении теплоизоляционной конструкции:
 - обеспечение экономической эффективности теплоизоляционной конструкции;
 - сохранение заданного значения теплового потока с поверхности тепловой изоляции;
 - обеспечение заданного изменения температуры вещества, транспортируемого трубопроводом;
 - обеспечение заданной температуры на поверхности тепловой изоляции;
 - предотвращение замерзания вещества, содержащегося в изолируемом трубопроводе, при приостановке его движения в течение определенного времени;
 - предотвращение конденсации влаги на поверхности тепловой изоляции;
 - предотвращение конденсации влаги внутри воздухопровода;
 - специальные требования к теплоизоляции, при необходимости (требования экологической или пожарной безопасности, сейсмостойкость, допустимые нагрузки на тепловую изоляцию, стойкость к вибрации и т.п.).

К техническому заданию на проектирование трубной изоляции должны прилагаться схемы трубопроводов и наиболее сложных узлов.

Расчет требуемой толщины теплоизоляции трубопроводов в зависимости от их назначения следует выполнять по методикам, приведенным в подразделе 2.5.4.

Обязательными расчетами являются:

- для трубопроводов тепловых сетей и систем отопления:
 - расчет тепловой изоляции по энергоэффективности;
 - расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре на поверхности теплоизоляции.
- для трубопроводов горячего водоснабжения:
 - расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре на поверхности теплоизоляции.
- для трубопроводов холодного водоснабжения:
 - расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляции;

- расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения замерзания (твердения) вещества в трубопроводе в течение заданного времени в случае приостановки его движения или времени до начала замерзания (твердения) вещества в трубопроводе).
- для трубопроводов систем кондиционирования воздуха:
 - расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляции.
- для воздуховодов систем вентиляции:
 - расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляции;
 - расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях воздуховодов.
- для технологических трубопроводов с температурами вещества 20 °С и выше:
 - расчет толщины тепловой изоляции по заданной температуре на поверхности теплоизоляции.
- для технологических трубопроводов с температурами вещества ниже 20 °С:
 - расчет толщины тепловой изоляции, необходимой для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляции.

За расчетную толщину теплоизоляционного слоя принимают наибольшее из полученных значений.

За проектную толщину теплоизоляционного слоя из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС® следует принимать ближайшую к расчетной большую номенклатурную толщину изделий при расчетах толщины тепловой изоляции для обеспечения:

- предотвращения конденсации влаги на поверхности тепловой изоляции;
- предотвращения конденсации влаги внутри воздуховода;
- предотвращения замерзания вещества, содержащегося в изолируемом трубопроводе, при приостановке его движения в течение заданного времени.
- За проектную толщину теплоизоляционного слоя следует принимать ближайшую к расчетной номенклатурную толщину изделий при расчетах толщины тепловой изоляции для обеспечения:
 - экономической эффективности теплоизоляционной конструкции;
 - заданного значения теплового потока;
 - заданной температуры на поверхности тепловой изоляции;
 - обеспечения заданного изменения температуры вещества, транспортируемого трубопроводом.

Ближайшую к расчетной меньшую номенклатурную толщину изделий допускается принимать, если разность между расчетной и номенклатурной толщиной не превышает 3 мм при толщине теплоизоляции более 9 мм.

2.5.2. Физические величины и единицы измерения

Обозначения физических величин и единицы их измерения, применяемые в расчетных формулах, приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5
Физические величины и единицы измерения

Обозначение физической величины	Единица измерения	Физическая величина
q_l	Вт/м	Линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию
Q_l	Вт	Полный тепловой поток с поверхности теплоизоляции трубопровода
K	-	Коэффициент дополнительных потерь, учитывающий потери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор
t_b	°С	Температура вещества внутри изолируемого объекта (трубопровода)
t_{b1}	°С	Начальная температура вещества внутри изолируемого объекта (трубопровода)
t_{b2}	°С	Конечная температура вещества внутри изолируемого объекта (трубопровода)
t_3	°С	Температура замерзания (твердения) вещества
G_b	кг/ч	Расход вещества, транспортируемого трубопроводом
ρ	кг/м ³	Плотность вещества, находящегося внутри изолируемого объекта (трубопровода)
c_b	кДж/(кг · °С)	Теплоемкость вещества, находящегося внутри изолируемого объекта (трубопровода)
$c_{ст}$	кДж/(кг · °С)	Теплоемкость стенки изолируемого объекта (трубопровода)
r_3	кДж/кг	Скрытая теплота замерзания (плавления) вещества, находящегося внутри изолируемого объекта (трубопровода)
t_o	°С	Температура окружающей среды
φ	%	Относительная влажность окружающего воздуха
p_n	кПа	Парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе
p_H	кПа	Парциальное давление насыщенного водяного пара
$t_{ср}$	°С	Средняя температура теплоизоляционного слоя
t_n	°С	Температура на поверхности теплоизоляционной конструкции
$t_{т.р.}$	°С	Температура точки росы

Обозначение физической величины	Единица измерения	Физическая величина
$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура внутренней поверхности изолируемого объекта (трубопровода)
R'	$(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Полное термическое сопротивление цилиндрической теплоизоляционной конструкции
$R'_{\text{вн}}$	$(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Линейное термическое сопротивление теплоотдаче от вещества к внутренней поверхности стенки цилиндрического изолируемого объекта (трубопровода)
$R'_{\text{н}}$	$(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Линейное термическое сопротивление теплоотдаче от наружной поверхности цилиндрической теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху
$R'_{\text{ст}}$	$(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Линейное термическое сопротивление теплопередаче цилиндрической стенки изолируемого объекта (трубопровода)
$R'_{\text{из}}$	$(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Линейное термическое сопротивление цилиндрического теплоизоляционного слоя
$\delta_{\text{из}}$	м	Толщина теплоизоляционного слоя
$\delta_{\text{ст}}$	м	Толщина стенки изолируемого объекта (трубопровода)
$d_{\text{тр}}$	м	Наружный диаметр трубопровода
$d_{\text{тр}}^{\text{вн}}$	м	Внутренний диаметр трубопровода
$d_{\text{из}}$	м	Наружный диаметр теплоизоляционного слоя (трубной изоляции)
L	м	Длина изолируемого объекта (трубопровода)
$d_{\text{экв}}$	м	Эквивалентный диаметр изолируемого объекта (трубопровода)
$d_{\text{экв}}^{\text{ц}}$	м	Эквивалентный диаметр изолируемого объекта цилиндрической формы
$d_{\text{экв}}^{\text{н}}$	м	Эквивалентный диаметр изолируемого объекта нецилиндрической формы
$v_{\text{в}}$	$\text{м}^3/\text{м}$	Приведенный объем вещества к 1 м длины трубопровода
$v_{\text{ст}}$	$\text{м}^3/\text{м}$	Приведенный объем стенки к 1 м длины трубопровода
$\lambda_{\text{из}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя
$\lambda_{\text{ст}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Коэффициент теплопроводности стенки изолируемого объекта (трубопровода)
$\lambda_{\text{в}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Коэффициент теплопроводности воздуха
$\alpha_{\text{н}}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$	Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляционного слоя
$\alpha_{\text{вн}}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$	Коэффициент теплоотдачи от вещества к внутренней поверхности стенки изолируемого объекта (трубопровода)

2.5.3. Расчет теплового потока через теплоизоляционную конструкцию



Расчет теплового потока с поверхности теплоизоляционной конструкции выполняют, если необходимо определить тепловые потери (или потери холода) при заданной толщине трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®.

Тепловой поток с 1 м длины цилиндрической теплоизоляционной конструкции рассчитывают по формуле:

$$q_l = (t_b - t_o) / (R'_{вн} + R'_{ст} + R'_{из} + R'_н); \quad (2.1)$$

где $R'_{из} = [1/(2\pi \cdot \lambda_{из})] \cdot \ln(d_{из}/d_{тр}); \quad (2.2)$

$$R'_н = 1/(\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_н); \quad (2.3)$$

$$R'_{вн} = 1/(\pi \cdot d_{тр}^{вн} \cdot \alpha_{вн}); \quad (2.4)$$

$$R'_{ст} = [1/(2\pi \cdot \lambda_{из})] \cdot \ln(d_{тр}/d_{тр}^{вн}); \quad (2.5)$$

Наружный диаметр теплоизоляционной конструкции (трубной изоляции) определяют по формуле:

$$d_{из} = d_{тр} + 2\delta_{из}; \quad (2.6)$$

В расчетах допускается пренебрегать термическим сопротивлением стенки трубопровода $R'_{ст}$ (формулы 2.1 и 2.5) вследствие высокой теплопроводности материала стенки трубопровода (по сравнению с теплопроводностью теплоизоляционного слоя) и ее небольшой толщины (по сравнению с толщиной теплоизоляционного слоя).

Полный тепловой поток с поверхности теплоизоляции трубопроводов определяют по формуле:

$$Q_l = q_l \cdot L \cdot K; \quad (2.7)$$

где K – коэффициент дополнительных потерь, который принимается по таблице. 2.6.

Таблица 2.6
Коэффициент дополнительных потерь

Вид изолируемой поверхности	Коэффициент K
Трубопроводы наземной прокладки на открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях и помещениях для:	
- стальных трубопроводов на подвижных опорах с условным проходом до 150 мм;	1,2
- стальных трубопровода на подвесных опорах;	1,05
- неметаллические трубопроводы на подвижных и подвесных опорах.	1,7

Расчетный коэффициент теплопроводности изделий марки Порилекс® $\lambda_{из}$, Вт/(м² · °С) для изоляции труб с положительными температурами тране портируемого вещества следует принимать по формуле:

$$\lambda_{из} = 0,035 + 0,00018 \cdot t_{cp}; \quad (2.8)$$

где t_{cp} – средняя температура теплоизоляционного слоя, °С.

Средняя температура теплоизоляционного слоя определяется:

- для поверхностей, расположенных в помещении $t_{cp} = 0,5(t_b + 40)$;
- для поверхностей, расположенных на открытом воздухе $t_{cp} = 0,5t_b$.

Расчетный коэффициент теплопроводности изделий марки Порилекс® $\lambda_{из}$, Вт/(м² · °С) для изолируемых поверхностей с температурой в диапазоне от 0 °С до +19 °С при определении плотности теплового потока принимается равным $\lambda_{из} = 0,033$ Вт/(м² · °С) (табл. Б.1 СП 61.13330.2012. [1]).

Температуру окружающего воздуха t_o , °С следует принимать равным: на основании технического задания на проектирование или при его отсутствии 20 °С – при расположении трубопровода в отапливаемом помещении. среднюю за год, в соответствии с СП 131.13330.2012 или по данным местной метеостанции для конкретного населенного пункта – при расположении трубопровода на открытом воздухе.

Расчетный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубной изоляции к окружающему воздуху следует принимать:

- 10 Вт/(м² · °С) – для конструкций без покровного материала при расположении трубопровода в помещении;
- 29 Вт/(м² · °С) – для конструкций при расположении трубопровода на открытом воздухе.

2.5.4. Расчет толщины трубной изоляции



1) Расчет толщины изоляции по заданной температуре на поверхности изоляции.

Расчет толщины изоляции по заданной температуре на поверхности изоляции следует производить в случаях, когда тепловой поток с поверхности изоляции не регламентирован, а изоляция необходима как средство, обеспечивающее нормальную температуру воздуха в рабочих помещениях и предохраняющее обслуживающий персонал от ожогов. Расчет выполняется по следующей формуле (как цилиндрической поверхности диаметром менее 2,0 м):

$$(d_{из}/d_{тр}) \cdot \ln(d_{из}/d_{тр}) = [2\lambda_{из} \cdot (t_{в} - t_{п})] / [\alpha_{н} \cdot d_{тр} \cdot (t_{п} - t_{о})]; \quad (2.9)$$

Отношение $d_{из}/d_{тр}$ определяют в соответствии со справочными данными из приложения 2.1.

Толщину теплоизоляционного слоя определяют по формуле:

$$\delta_{из} = 0,5d_{тр} \cdot (d_{из}/d_{тр} - 1); \quad (2.10)$$

Температуру на поверхности тепловой изоляции принимают в соответствии с заданием на проектирование или:

- для изолируемых поверхностей, расположенных в рабочей или обслуживаемой зоне внутри помещений, 35 °С;
- для изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе, 55 °С.

Температуру окружающего воздуха следует принимать:

- среднюю максимальную наиболее жаркого месяца в соответствии с СП 131.1330.2012 или по данным местной метеостанции для конкретного населенного пункта – для изолируемых трубопроводов, расположенных на открытом воздухе;
- в соответствии с заданием на проектирование или, если не указано в задании, 20 °С – для изолируемых поверхностей, расположенных в помещениях.

Расчетный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху рекомендуется принимать равным 10 Вт/(м² · °С) для конструкций без покровного слоя.

2) Расчет для предотвращения конденсации влаги из воздуха на наружной поверхности изоляции.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя с целью предотвращения конденсации влаги из воздуха на поверхности тепловой изоляции необходимо выполнять для трубопроводов, расположенных в помещении и транспортирующих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха.

Для трубопроводов, расположенных на открытом воздухе, указанный расчет не выполняют.

Расчет выполняется по следующей формуле (как цилиндрической поверхности диаметром менее 2,0 м):

$$(d_{из}/d_{тр}) \cdot \ln(d_{из}/d_{тр}) = [2\lambda_{из} / \alpha_n \cdot d_{тр}] \cdot [(t_o - t_v) / (t_o - t_n) - 1]; \quad (2.11)$$

Отношение $d_{из}/d_{тр}$ определяют в соответствии со справочными данными из приложения 2.1.

При расчете толщины теплоизоляционного слоя следует принимать:

- температуру и относительную влажность воздуха в соответствии с заданием на проектирование;
- коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху:
 - для конструкций без покровного слоя – 7 Вт/(м² · °С);
 - для конструкций с покрывным слоем – 5 Вт/(м² · °С).

При расчете необходимо учитывать, что температура поверхности теплоизоляционного слоя должна быть выше температуры точки росы (для предотвращения конденсации влаги из воздуха на поверхности теплоизоляционного слоя).

Для соблюдения указанного условия расчетный перепад температур ($t_o - t_n$) при температуре t_o и относительной влажности φ воздуха в помещении должен быть меньше перепада температур между температурой окружающего воздуха и температурой точки росы ($t_o - t_n \leq (t_o - t_{р.})$). Расчетный перепад ($t_o - t_n$) рекомендуется принимать по табл. 2.7.

Таблица 2.7
Расчетный перепад температур ($t_o - t_n$)

Температура окружающей среды t_o , °С	Относительная влажность воздуха φ , %				
	50	60	70	80	90
	<i>Расчетный перепад температур, °С</i>				
4	8,7	6,5	4,8	3,0	1,4
6	9,0	6,8	5,0	3,1	1,4
8	9,4	7,1	5,0	3,1	1,4
10	9,8	7,2	5,1	3,2	1,4
16	10,2	7,6	5,3	3,3	1,5
18	10,4	7,7	5,4	3,3	1,5
20	10,5	7,8	5,4	3,4	1,5
22	10,7	7,9	5,5	3,4	1,5
24	10,9	8,0	5,6	3,5	1,6
26	11,0	8,2	5,7	3,5	1,6
28	11,2	8,3	5,8	3,6	1,6
30	11,4	8,4	5,9	3,6	1,6

При необходимости температуру точки росы определяют по формуле:

$$t_{т.р.} = (233,77 \cdot \ln P_n + 115,72) / (16,57 - 0,997 \cdot \ln P_n); \quad (2.12)$$

парциальное давление водяного пара определяют по формуле:

$$P_n = (\varphi \cdot P_n) / 100; \quad (2.13)$$

парциальное давление насыщенного водяного пара определяют по формуле:

$$P_n = \exp [(16,57t_o - 115,72) / (223,77 + 0,997t_o)]; \quad (2.14)$$

3) Расчет для предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях воздуховодов.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя из материалов марки ПОРИЛЕКС® необходимо выполнять для воздуховодов, расположенных на открытом воздухе и транспортирующих воздух с температурой выше температуры окружающей среды.

Температура на внутренней поверхности воздуховода должна быть выше температуры точки росы для исключения конденсации влаги из транспортируемого воздуха, определяемого по формуле (2.12).

Толщину теплоизоляционного слоя определяют по формуле (для цилиндрических воздуховодов диаметром менее 2 м):

$$\delta_{из} = (d_{тр} / 2) \cdot (\exp [2\pi\lambda_{из} \cdot \{R' - 1/(\alpha_n \cdot \pi \cdot (d_{тр} + 2\delta_{из}))\} - 1]); \quad (2.15)$$

Величину R' в зависимости от исходных данных определяют по формуле:

$$R' = (t_{вн} - t_o) / [\alpha_n \cdot \pi \cdot d_{тр}^{вн} \cdot (t_{вн} - t_{int})]; \quad (2.16)$$

Коэффициент теплоотдачи от транспортируемого воздуха к внутренней поверхности изолируемого воздуховода определяют по формуле:

$$\alpha_n = 0,018 \cdot (\omega_n \cdot d_{экв} / v_n)^{0,8} \cdot (\lambda_n / d_{экв}); \quad (2.17)$$

Температуру окружающего воздуха следует принимать как среднюю наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,98 в соответствии с СП 131.13330.2012 или по данным местных метеостанций для конкретного населенного пункта.

Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху рекомендуется принимать равным 29 Вт/(м² · °С).

4) Расчет для предотвращения замерзания вещества в трубопроводе в течение заданного времени при его остановке.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя с целью предотвращения замерзания вещества при прекращении его движения проводят для трубопроводов наружным диаметром до 159 мм, имеющих малый запас аккумулированного тепла и расположенных на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях.

Исходными данными для расчета являются:

- температура вещества, определяющая его расчетные параметры (плотность, удельная теплоемкость, температура замерзания, скрытая теплота замерзания);
- температура окружающего воздуха;
- скорость ветра, влияющая на коэффициент теплоотдачи от поверхности тепловой изоляции к окружающему воздуху;
- внутренний диаметр и толщина стенки трубопровода;
- толщина теплоизоляции (трубной изоляции).

Время (в часах) до начала замерзания вещества в трубопроводе при заданной толщине теплоизоляционного слоя определяют по формуле:

$$Z = (3,6K)^{-1} \cdot [1/(2\pi \cdot \lambda_{из}) \cdot \ln(d_{из}/d_{тр}) + 1/(\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_H)] \times \\ \times \{ [2(t_B - t_3) \cdot (v_B \cdot \rho_B \cdot c_B + v_{CT} \cdot \rho_{CT} \cdot c_{CT}) / (t_B + t_3 - 2t_0)] + (0,25v_B \cdot \rho_B \cdot r_B) / (t_3 - t_0) \}; \quad (2.18)$$

Для стального трубопровода с водой – по формуле:

$$Z = (2326/K) \cdot [1/(2\pi \cdot \lambda_{из}) \cdot \ln(d_{из}/d_{тр}) + 1/(\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_H)] \times \\ \times \{ [t_B \cdot (v_B + 0,9 \cdot v_{CT}) / (t_B - 2t_0)] + (10 \cdot v_B) / (t_0) \}; \quad (2.19)$$

Отношение $d_{из}/d_{тр}$ определяют по формуле:

$$\ln\left(\frac{d_{из}}{d_{тр}}\right) = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left\{ \frac{3,6 K \cdot Z}{\frac{2,0(t_B - t_3) \cdot (v_B \cdot \rho_B \cdot c_B + v_{CT} \cdot \rho_{CT} \cdot c_{CT})}{t_B + t_3 - 2t_0} + \frac{0,25 \cdot v_B \cdot \rho_B \cdot r_B}{t_3 - t_0}} - \frac{1}{\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_H} \right\} \quad (2.20)$$

Для стального трубопровода с водой – по формуле:

$$\ln\left(\frac{d_{из}}{d_{тр}}\right) = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left\{ \frac{3,6 K \cdot Z}{\frac{2326 t_B \cdot (v_B + 0,9v_{CT})}{t_B - 2t_0} + \frac{10 \cdot v_B}{t_0}} - \frac{1}{\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_H} \right\} \quad (2.21)$$

Толщину теплоизоляционного слоя определяют по формулам (2.21) и (2.10):

$$\ln(d_{из}/d_{тр}) = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot [(t_B - t_0)/q_l - 1/(\pi \cdot d_{из} \cdot \alpha_H)]; \quad (2.22)$$

5) Расчет для обеспечения требуемой плотности теплового потока

Толщину теплоизоляционного слоя по заданной (требуемой) плотности теплового потока с поверхности теплоизоляции для трубопроводов определяют по формуле (2.22) и (2.10).

Заданную плотность теплового потока определяют исходя из условий технологического процесса или общего баланса тепла всего объекта.

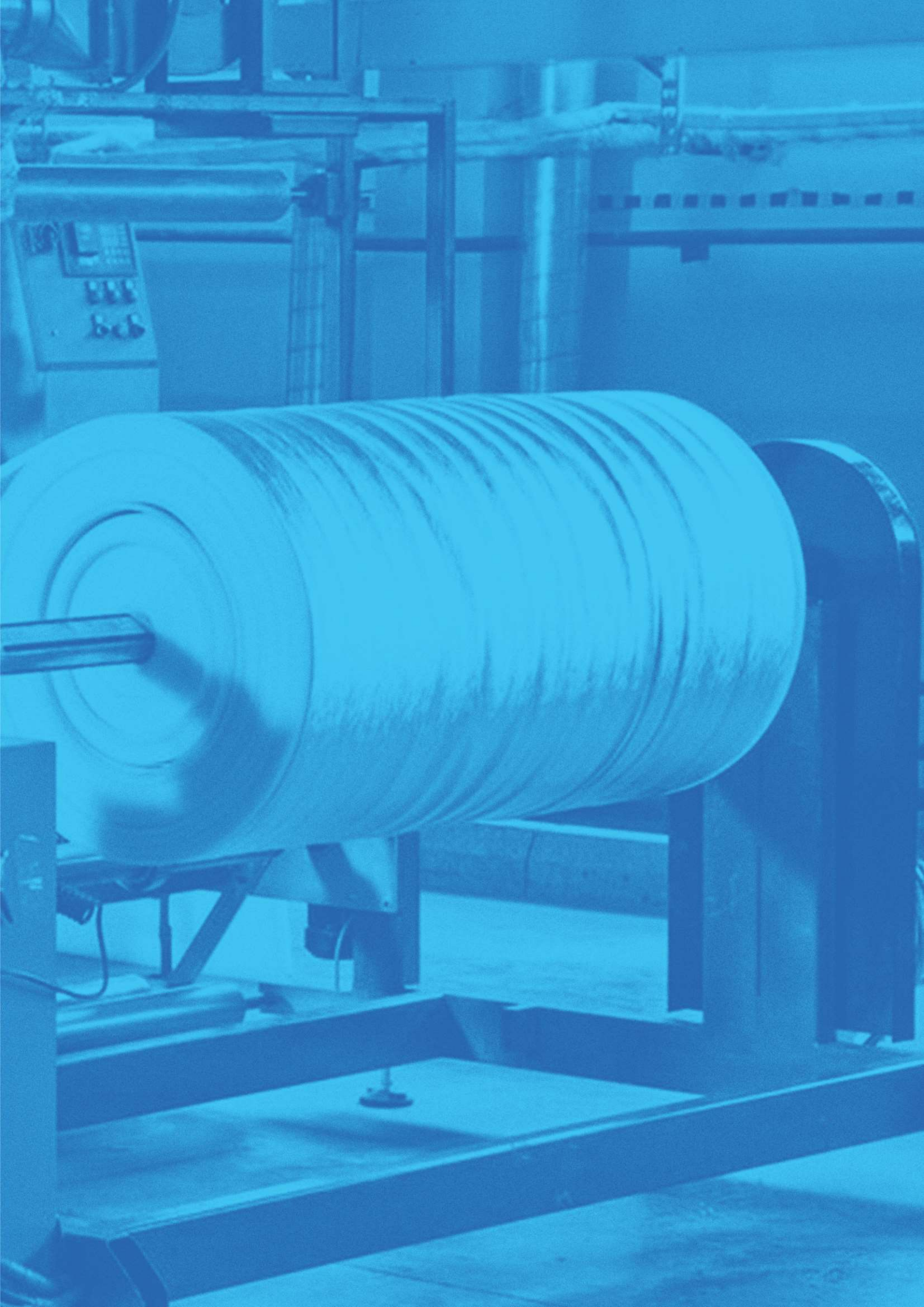
2.6

2.6. Основные указания по производству работ при устройстве трубной изоляции из материалов и изделий марки ПОРИЛЕКС®

2.6.1. При монтаже изделий трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® следует соблюдать следующие основные требования.

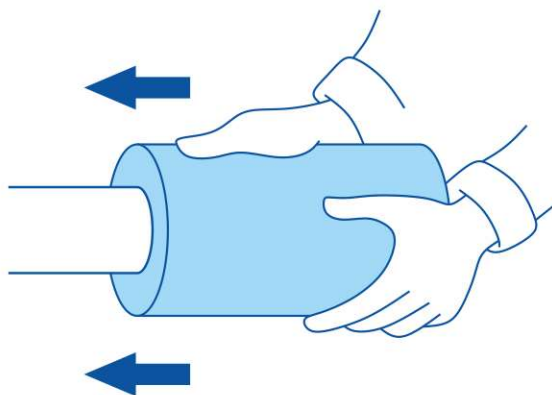
1. Теплоизоляционные работы должны выполняться в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001.
2. Теплоизоляционные работы следует выполнять при температуре окружающего воздуха не ниже минус 5 °С. При работе на открытом воздухе в зимнее время следует устанавливать тепляки для устройства местного обогрева.
3. Антикоррозионное покрытие наносят на поверхность, подлежащую тепловой изоляции, в соответствии с проектной документацией до начала теплоизоляционных работ.
4. Поверхность, подлежащая тепловой изоляции, должна быть очищена от пыли, грязи, ржавчины, масел и т.п.
5. Крепление изделий трубной изоляции следует осуществлять в соответствии с проектной документацией.
6. При выполнении теплоизоляционных работ не допускается сильно деформировать или растягивать изделия марки ПОРИЛЕКС®. Изделия должны быть слегка сжаты, так как в процессе эксплуатации возможна тепловая усадка изделий.
7. При выполнении теплоизоляционных работ до начала монтажа трубопроводов (демонтажная трубная изоляция) края трубопровода следует оставлять неизолированными на длину не менее 250-300 мм для обеспечения безопасного производства сварочных работ. При производстве сварочных работ края трубной изоляции следует закрывать негорючим материалом.





2.6.2. Технологические приемы устройства трубной изоляции

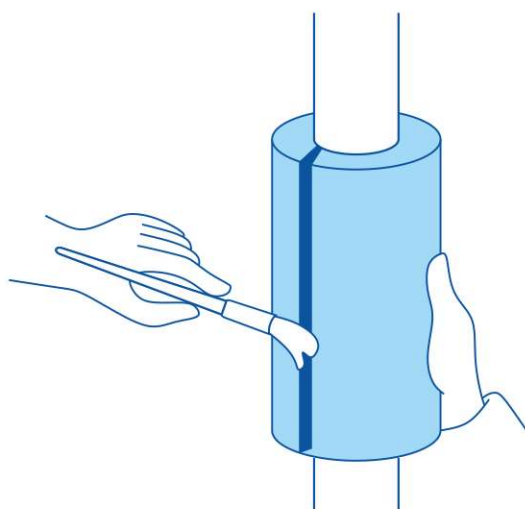
Таблица 2.8
Отдельные трубы



1. Трубки ПОРИЛЕКС® монтируются на отдельные трубы простым натяжением

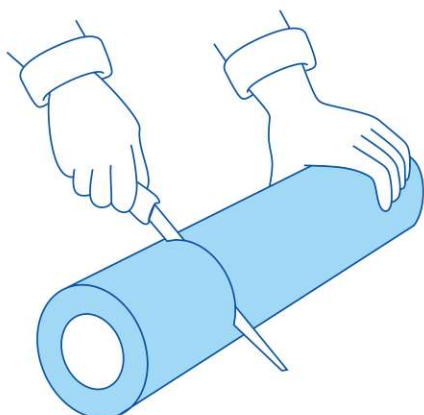


2. При необходимости установки трубной изоляции ПОРИЛЕКС® на готовые трубопроводы трубки разрезаются по специальному продольному разрезу

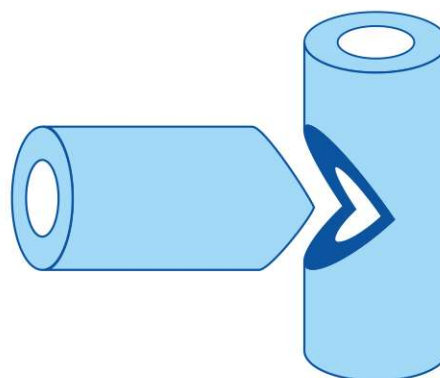


3. После установки трубной изоляции на готовые трубопроводы швы проклеиваются монтажным клеем ПОРИЛЕКС®

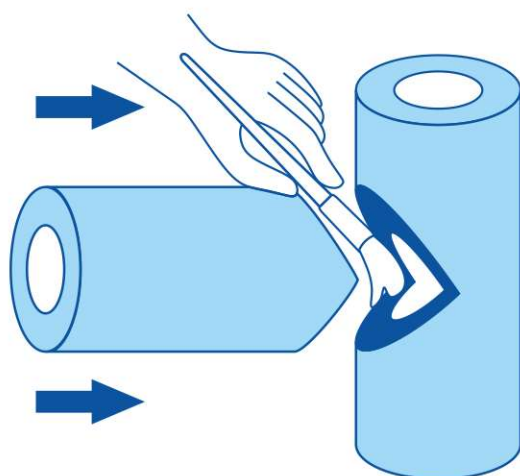
Таблица 2.9
Тройники приварные



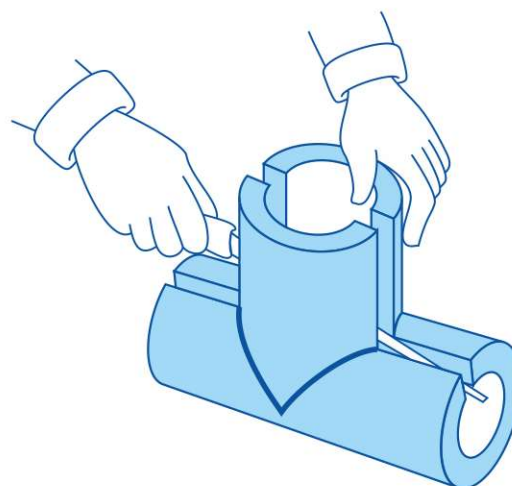
1. Для изоляции каждой из труб тройника необходимо отрезать 2 сегмента трубки. Первый сегмент должен быть равным длине, необходимой для изоляции части трубы. Второй сегмент должен быть длиннее первого в два раза



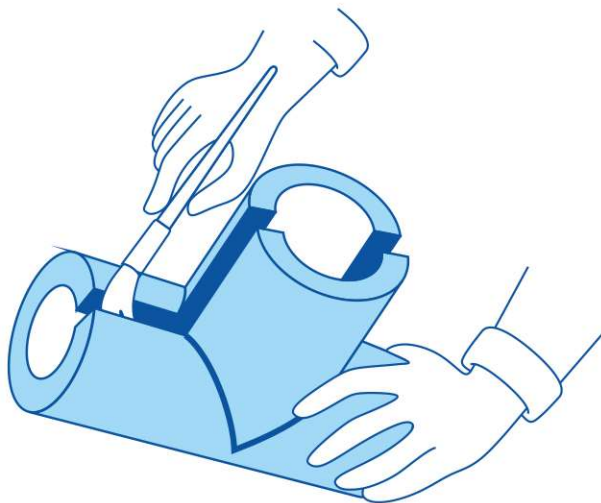
2. В центре более длинной трубки необходимо сделать клиновидный вырез 90° шириной равной внешнему диаметру трубки. У второго сегмента трубки отрезать торец под двойным углом 45°



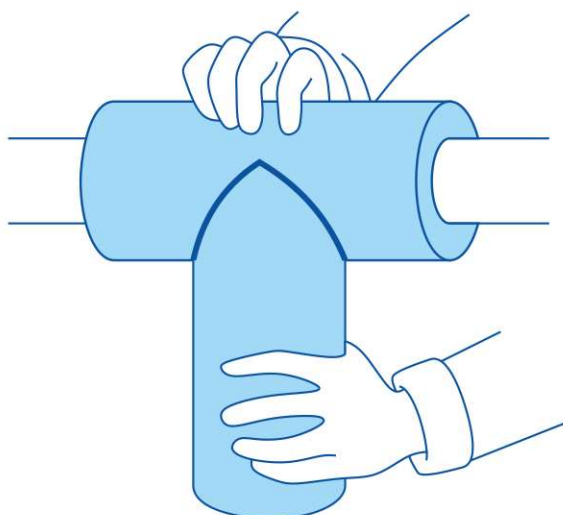
3. Нанести клей ПОРИЛЕКС® на поверхности разрезов двух сегментов. Через 3-5 минут после нанесения клея соединить сегменты и плотно прижать на короткое время



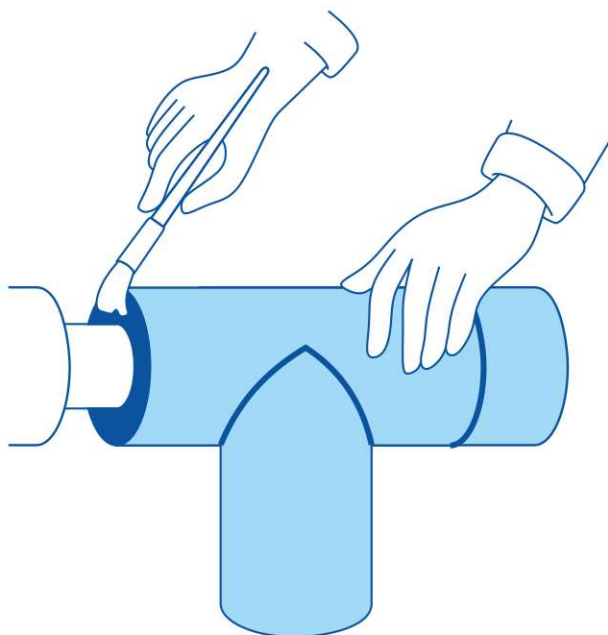
4. После подсыхания клея ПОРИЛЕКС® деталь разрезается вдоль



5. Нанести клей ПОРИЛЕКС® на поверхность разреза

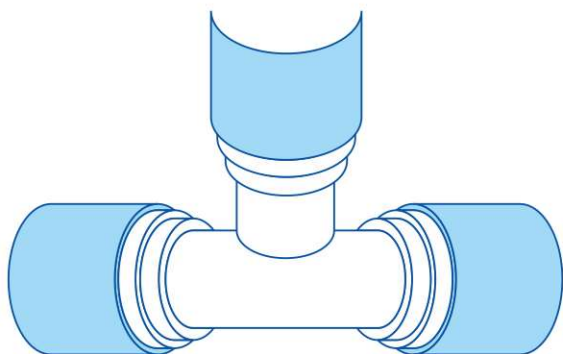


6. Через 3-5 минут надеть тройник на трубопровод и крепко сжать склеиваемые разрезы на короткое время

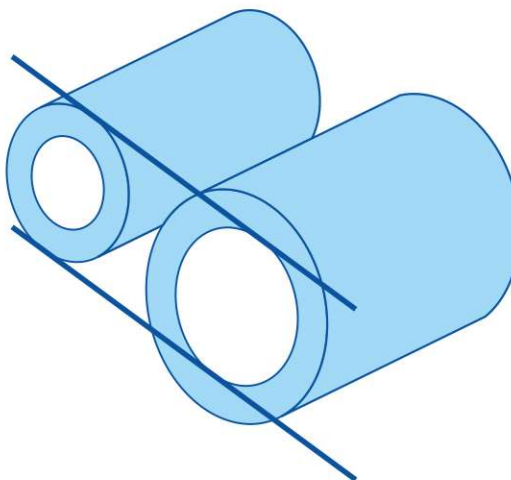


7. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы, армированным скотчем. Приклеить концы тройника к остальной теплоизоляции

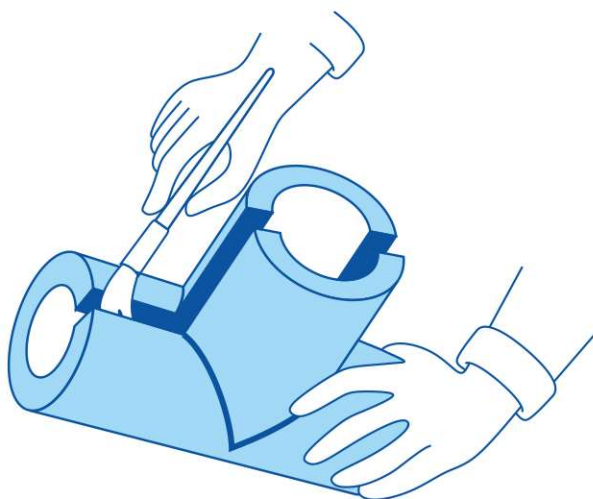
Таблица 2.10
Тройники резьбовые и обжимные



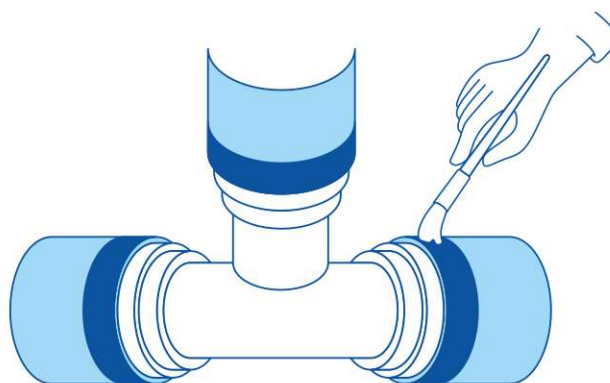
1. Выполнить изоляцию примыкающих к отводу трубопроводов так, чтобы теплоизоляция вплотную примыкала к фитингу



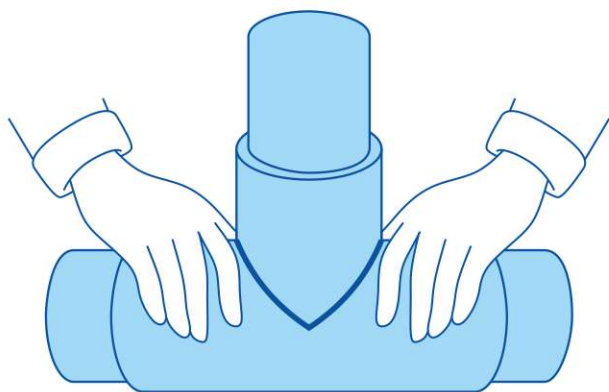
2. Для изоляции фасонной части необходимо взять трубу внутренним диаметром равным внешнему диаметру примыкающей теплоизоляции. Длина трубки должна обеспечивать нахлест 20-25 мм



3. Изготовить тройник для фасонной части (см. табл. 2.9). Нанести клей ПОРИЛЕКС® на поверхность разрезом и основание тройника

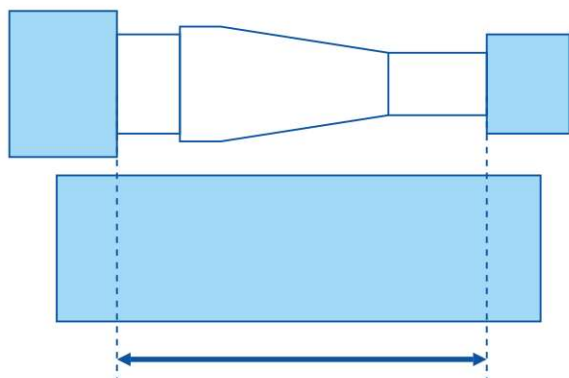


4. Перед тем как установить тройник на трубопровод, нанести клей ПОРИЛЕКС® на края установленной теплоизоляции. Приклеить основание тройника к остальной теплоизоляции



5. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы армированным скотчем

Таблица 2.11
Конусные переходы



1. Отрезать изоляционную трубу, длиной, превышающей длину изолируемого участка



2. Выполнить с торца одной стороны трубки, перпендикулярно технологическому надрезу, два V-образных выреза друг напротив друга. Длина V-образных вырезов должна доходить до середины сегмента



3. На поверхности вырезов необходимо нанести клей ПОРИЛЕКС®



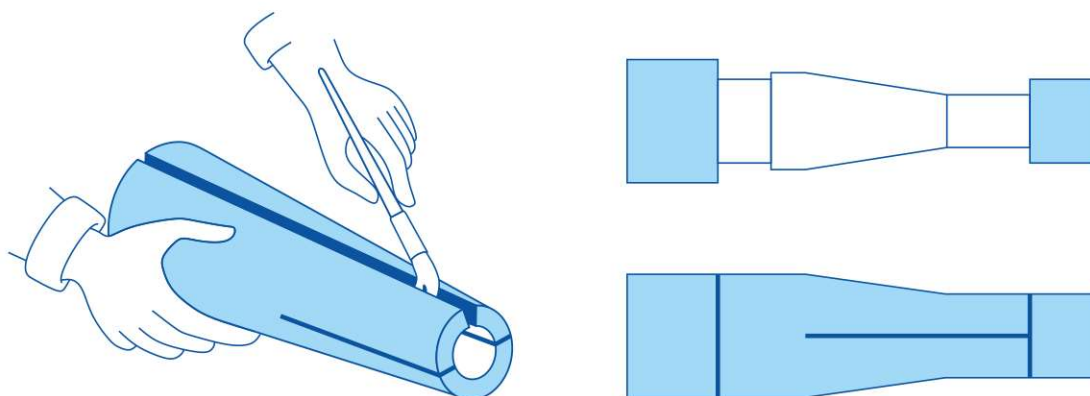
4. Через 3-5 минут после нанесения клея ПОРИЛЕКС® крепко сжать склеиваемые поверхности вырезов на короткое время



5. Когда клей ПОРИЛЕКС® подсохнет, обрезать изоляционный конус так, чтобы полученный при этом диаметр соответствовал диаметру изоляции меньшего трубопровода. Измерить необходимую длину изоляционного конуса. Подрезать конус со стороны большего диаметра до необходимого размера с учетом небольших припусков (2-3 мм)

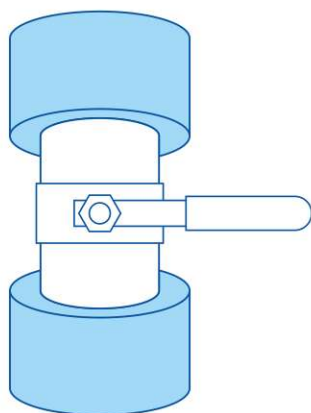


6. Разрезать конус по технологическому надрезу

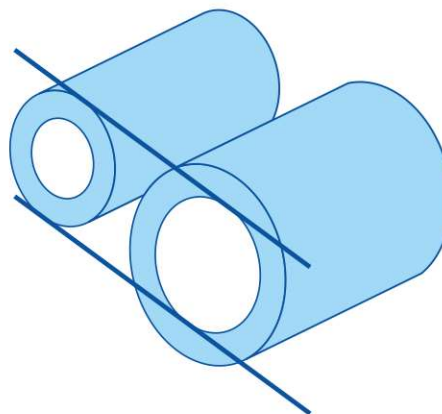


7. Нанести клей ПОРИЛЕКС® на поверхности разрезов. Через 3-5 минут после нанесения клея необходимо установить конусный переход на трубопровод и плотно сжать склеиваемые поверхности на короткое время. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы армированным скотчем

Таблица 2.12
Вентили и запорные краны



1. Выполнить изоляцию примыкающих трубопроводов так, чтобы изоляционный материал вплотную прилегал к крану



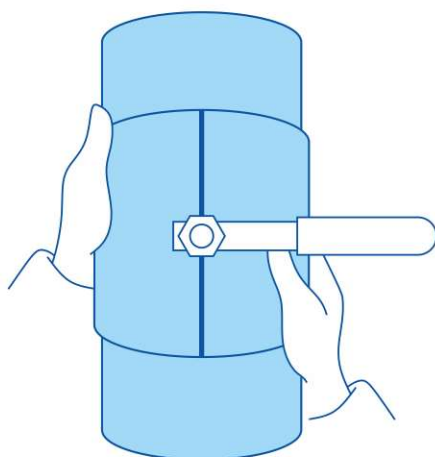
2. Для того чтобы выполнить изоляцию необходимо взять трубу с внутренним диаметром равным внешнему диаметру примыкающей теплоизоляции



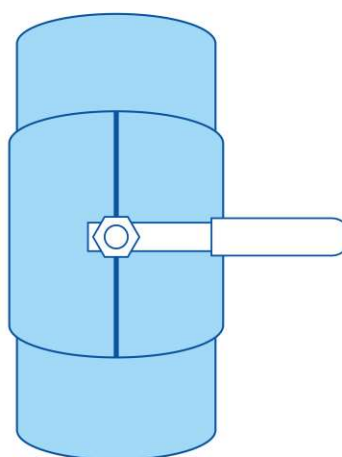
3. Отрезать от этой трубки сегмент, необходимый для изоляции крана и обеспечивающий нахлест изоляции 20-25 мм. В середине трубки вырезать пробойником отверстие диаметром равным диаметру штока крана. Необходимо следить, чтобы центр отверстия проходил через технологический надрез на трубке



4. Разрезать полученный сегмент по технологическому надрезу

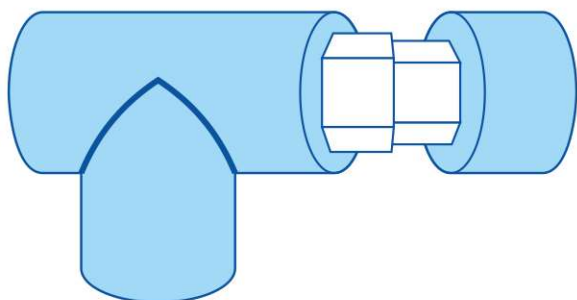


5. Нанести клей ПОРИЛЕКС® на края установленной теплоизоляции и полученный изоляционный сегмент, и выдержав, установить теплоизоляцию крана на трубопровод (при необходимости снять рукоятку крана)

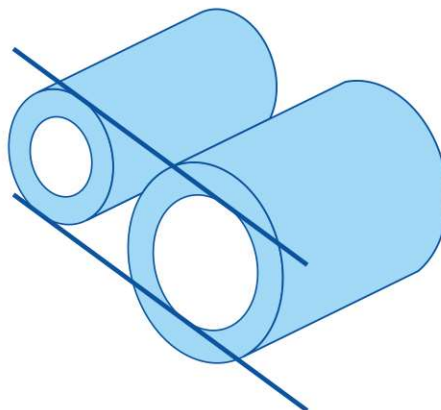


6. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы армированным скотчем

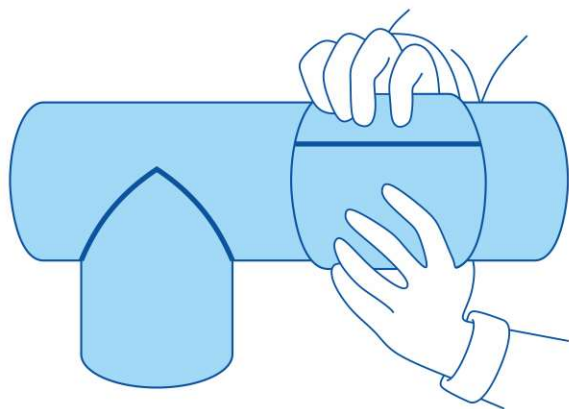
Таблица 2.13
Фитинги



1. Выполнить изоляцию примыкающих к фитингу трубопроводов

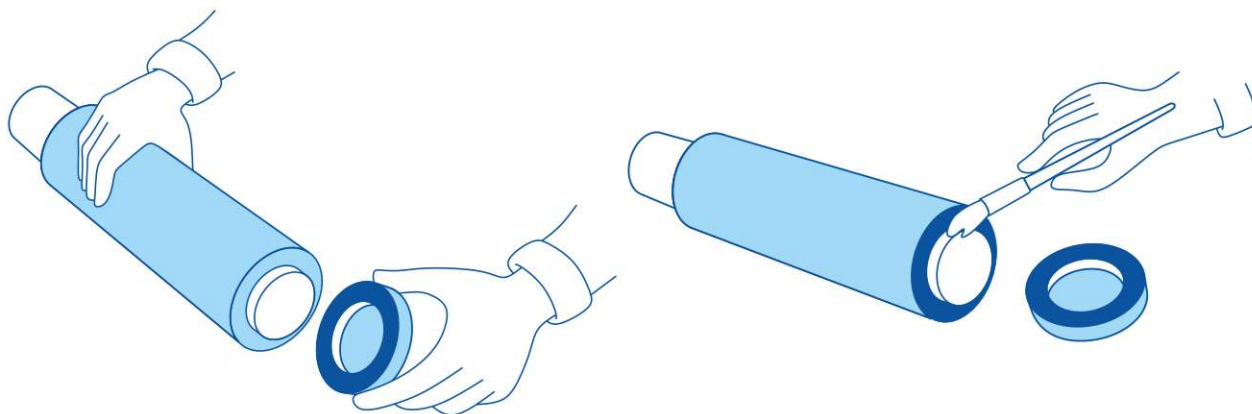


2. Для того чтобы выполнить изоляцию необходимо взять трубу с внутренним диаметром равным наружному диаметру теплоизоляции подходящих к фитингу труб. Отрезать от нее сегмент, необходимый для изоляции фитинга и обеспечивающий нахлест изоляции 20-25 мм



3. Разрезать сегмент трубки по технологическому надрезу. Нанести клей ПОРИЛЕКС® и, выдержав 3-5 минут, установить изготовленную фасонную часть на трубопровод. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы армированным скотчем

Таблица 2.14
Заглушки



1. Вырезать из листа материала диск диаметром равным наружному диаметру установленной теплоизоляции (возможно, изготовить заглушку из трубки соответствующего диаметра и диска диаметром равным внутреннему диаметру трубки). Нанести клей на соединяемые поверхности

2. Через 3-5 минут после нанесения клея ПОРИЛЕКС® установить полученную заглушку на трубопровод



3. Убедиться в качестве клеевых соединений, при необходимости, дополнительно проклеить швы армированным скотчем

2.7

2.7. Основные ошибки при устройстве трубной изоляции и их последствия

2.7.1. Сведения по основным ошибкам при устройстве трубной изоляции и их последствиям представлены в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Основные ошибки при устройстве трубной изоляции и их последствия

№ п/п	Ошибки	Последствия ошибки
1	Монтаж трубной изоляции выполняется при температуре ниже минус 5 °С. При такой температуре адгезионная способность вспененного полиэтилена, а также клея значительно снижается.	Нарушение целостности теплоизоляции трубопровода и снижение ее долговечности
2	Ошибочно считается, что чем толще слой утеплителя, тем лучше будут эксплуатационные качества изоляции трубопровода. При этом ошибочно не учитывается повышенная нагрузка от «улучшенной» теплоизоляции на конструкцию трубопровода.	Увеличение массы изоляции и нагрузки на крепежную систему трубопровода
3	Монтаж трубной изоляции выполняется при неочищенной поверхности трубопровода (поверхность не очищена от пыли, грязи, ржавчины, масел)	Снижение долговечности теплоизоляции трубопровода
4	Низкое качество клеевых соединений в изделиях трубной изоляции	Нарушение целостности теплоизоляции трубопровода и снижение ее долговечности

2.8

2.8. Пример расчета трубной изоляции для системы горячего водоснабжения

Определить толщину трубной изоляции ПОРИЛЕКС® для трубопровода горячего водоснабжения наружным диаметром 76 мм с температурой воды 70 °С (t_b), расположенного в помещении с температурой +5 °С (t_o). Конструкция теплоизоляции без покровного слоя.

Рекомендуемая конструкция трубной изоляции

Для трубопровода диаметром 76 мм в качестве трубной изоляции рекомендуется применить трубки ПОРИЛЕКС® без покрытия с внутренним диаметром 76 мм.

Исходные данные для расчета:

1. Температура на поверхности изоляции из трубок ПОРИЛЕКС® принимается в соответствии с требованиями п. 1 в п.п. 2.5.4 $t_n = 35$ °С.
2. Коэффициент теплопроводности материала изоляции определяется по формуле (2.9)

$$\lambda_{\text{из}} = 0,035 + 0,00018 \cdot t_{\text{cp}};$$

где $t_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + 40) = 0,5 \cdot (70 + 40) = 55$ °С.

$$\lambda_{\text{из}} = 0,035 + 0,00018 \cdot 55 = 0,0449 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)};$$

3. Расчетный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляционной конструкции к окружающему воздуху принимается в соответствии с п.п. 2.5.3 $\alpha_n = 10$ Вт/(м² · °С).

Расчет толщины трубной изоляции

Расчет выполняется по формуле (2.9)

$$\begin{aligned} (d_{\text{из}}/d_{\text{тр}}) \cdot \ln(d_{\text{из}}/d_{\text{тр}}) &= [2\lambda_{\text{из}} \cdot (t_{\text{в}} - t_n)] / [\alpha_n \cdot d_{\text{тр}} \cdot (t_n - t_o)] = \\ &= [2 \cdot 0,0449 \cdot (75 - 35)] / [10 \cdot 0,075 \cdot (35 - 5)] = 0,16 \text{ м}; \end{aligned}$$

По приложению 2.1 значений функций $x \cdot \ln x$ находим значение комплекса

$$x = d_{\text{из}}/d_{\text{тр}} = 1,151;$$

Толщина изоляции $\delta_{\text{из}}$ определяется по формуле (2.10)

$$\delta_{\text{из}} = 0,5d_{\text{тр}} \cdot (d_{\text{из}}/d_{\text{тр}} - 1) = 0,5 \cdot 0,076 \cdot (1,151 - 1) = 0,00574 \text{ м};$$

Расчетная толщина тепловой изоляции из трубок ПОРИЛЕКС® – 5,7 мм.

Принятая конструкция

В соответствии с номенклатурой трубок (табл. 2.3) в качестве трубной изоляции принята трубка толщиной 9 мм (толщина трубки, ближайшая к расчетному значению, имеющаяся в перечне типоразмеров).

2.9. Рекомендуемые толщины трубной изоляции марки ПОРИЛЕКС® для различных условий эксплуатации трубопроводов

2.9.1. Рекомендуемая толщина теплоизоляционного слоя из трубок ПОРИЛЕКС® в теплоизоляционных конструкциях, предназначенных для обеспечения заданной (безопасной для человека) температуры на поверхности теплоизоляционного слоя (см. табл. 2.16).

Толщина теплоизоляционного слоя определялась при следующих исходных условиях:

- температура окружающего воздуха:
20 °С – при расположении объектов в помещении;
25 °С – при расположении объектов на открытом воздухе;
- температура окружающего воздуха:
35 °С – для объектов, расположенных в помещении;
55 °С – для объектов, расположенных на открытом воздухе.

Таблица 2.16

Рекомендуемые толщины теплоизоляционного слоя из трубок Порилекс® НПЭ Т для теплоизоляции, предназначенной для обеспечения заданной (безопасной для человека) температуры на поверхности теплоизоляции

Наружный диаметр трубопровода, мм	Местоположение трубопровода					
	В помещении					На открытом воздухе
	Температура теплоносителя, °С					
	50	60	70	80	90	до 90
15-32	6	6	9	13	13	6
35-60	6	6	9	13	13	6
64	9	9	9	13	20	9
70	9	9	9	13	20	9
76-160	9	9	13	13	20	9

2.9.2. Рекомендуемая толщина теплоизоляционного слоя из трубок ПОРИЛЕКС® в теплоизоляционных конструкциях, предназначенных для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляционного слоя трубопроводов, расположенных в помещении (см. табл. 2.17).

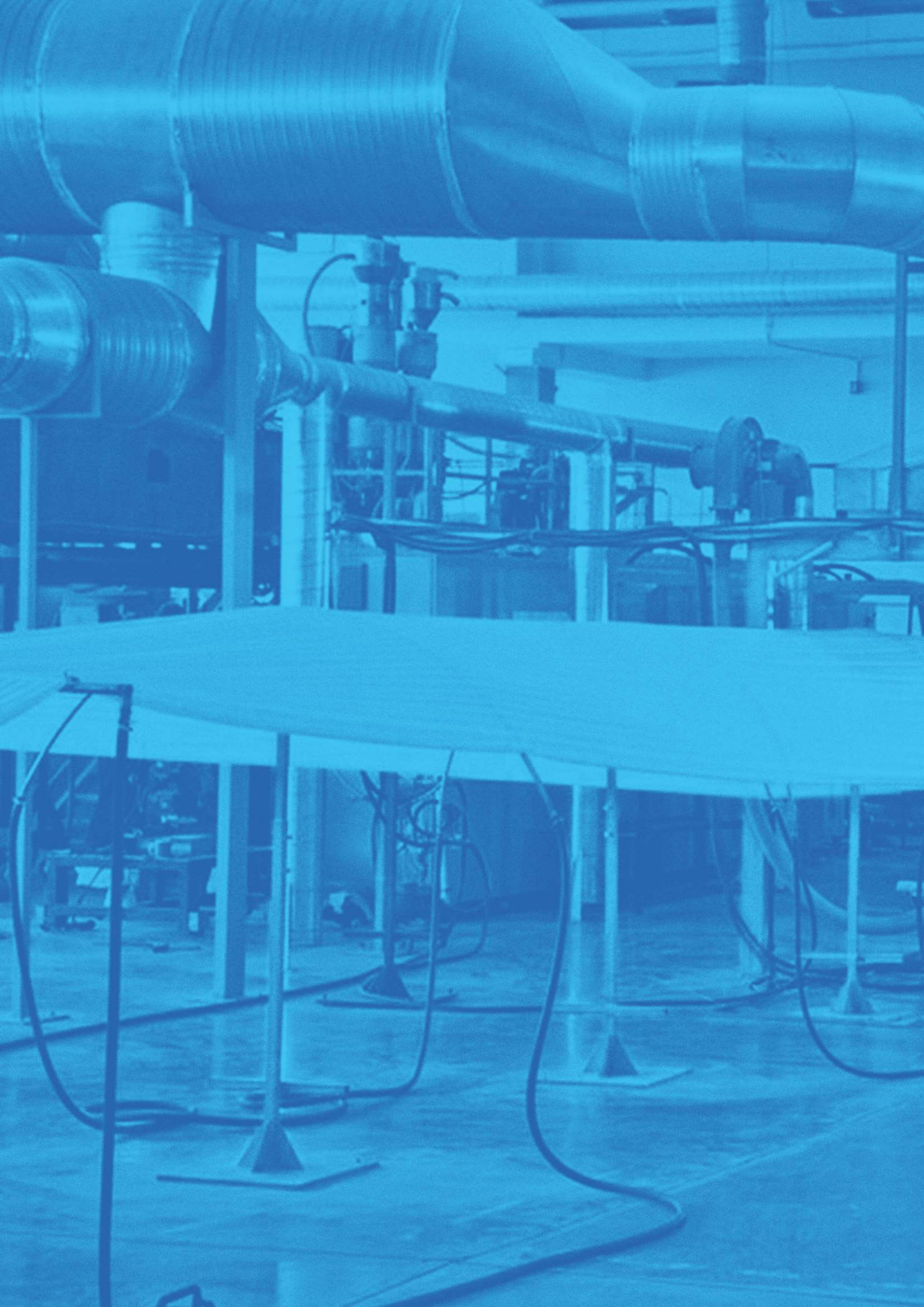
Толщина теплоизоляционного слоя определялась при следующих исходных условиях:

- расчетная температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С;
- коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции $\lambda_{из}$ по формуле (2.8);
- относительная влажность воздуха 50 %, 60 %, 70 % и 80 %.
- Если влажность превосходит 80 % расчет выполняется в соответствии с п. 2 в подразделе 2.5.4 или если заданы другие условия, отличающиеся от приведенных выше, толщину теплоизоляционного слоя из материала Порилекс® следует определять в соответствии с рекомендациями подраздела 2.5.4.

Таблица 2.17

Рекомендуемые толщины теплоизоляционного слоя из трубок ПОРИЛЕКС® для теплоизоляции, предназначенной для предотвращения конденсации влаги на поверхности теплоизоляции

Наружный диаметр трубопровода, мм	Температура теплоносителя, °С		
	≥ 10	5	0
	Толщина теплоизоляционного слоя, мм		
Относительная влажность воздуха 50 %			
15 – 114	теплоизоляция по расчету не требуется	6	6
133	теплоизоляция по расчету не требуется	9	9
Относительная влажность воздуха 60 %			
15 – 64	6	6	6
70 – 133	9	9	9
Относительная влажность воздуха 70 %			
15 – 28	6	6	13
35 – 133	9	9	13
Относительная влажность воздуха 80 %			
15 – 18	9	13	20
22 – 57	9	13	20
60 – 114	9	20	20
133	9	20	20 + 6





Приложение 2.1.

Значения функции $x \cdot \ln x$ (в пределах $1 \leq x \leq 5$), $x = d_{\text{из}}/d_{\text{тр}}$

x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx
1,000	0,0000	1,185	0,2011	1,45	0,5388	1,80	1,0580
1,005	0,0050	1,190	0,2070	1,46	0,5525	1,81	1,0739
1,010	0,0100	1,195	0,2129	1,47	0,5663	1,82	1,0899
1,015	0,0151	1,200	0,2188	1,48	0,5802	1,83	1,1059
1,020	0,0202	1,205	0,2247	1,49	0,5942	1,84	1,1220
1,025	0,0253	1,210	0,2307	1,50	0,6082	1,85	1,1381
1,030	0,0304	1,215	0,2366	1,51	0,6223	1,86	1,1543
1,035	0,0356	1,220	0,2426	1,52	0,6364	1,87	1,1705
1,040	0,0408	1,225	0,2486	1,53	0,6507	1,88	1,1868
1,045	0,0460	1,230	0,2546	1,54	0,6649	1,89	1,2031
1,050	0,0512	1,235	0,2607	1,55	0,6793	1,90	1,2195
1,550	0,6793	1,240	0,2667	1,56	0,6937	1,91	1,2360
1,060	0,0618	1,245	0,2728	1,57	0,7082	1,92	1,2525
1,065	0,0671	1,250	0,2789	1,58	0,7227	1,93	1,2690
1,070	0,0724	1,255	0,2851	1,59	0,7373	1,94	1,2856
1,075	0,0777	1,260	0,2912	1,60	0,7520	1,95	1,3023
1,080	0,0831	1,265	0,2974	1,61	0,7667	1,96	1,3190
1,850	1,1381	1,270	0,3036	1,62	0,7815	1,97	1,3357
1,090	0,0939	1,280	0,3160	1,63	0,7964	1,98	1,3525
1,095	0,0994	1,285	0,3222	1,64	0,8113	1,99	1,3694
1,100	0,1048	1,290	0,3285	1,65	0,8263	2,00	1,3863
1,105	0,1103	1,295	0,3348	1,66	0,8413	2,01	1,4033
1,110	0,1158	1,30	0,3411	1,67	0,8564	2,02	1,4203
1,115	0,1214	1,31	0,3537	1,68	0,8716	2,03	1,4373
1,120	0,1269	1,32	0,3665	1,69	0,8868	2,04	1,4544
1,125	0,1325	1,33	0,3793	1,70	0,9021	2,04	1,4544
1,130	0,1381	1,34	0,3922	1,71	0,9174	2,06	1,4888
1,135	0,1437	1,35	0,4051	1,72	0,9328	1,07	0,0724

x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx
1,140	0,1494	1,36	0,4182	1,73	0,9483	2,08	1,5233
1,145	0,1550	1,37	0,4313	1,74	0,9638	2,09	1,5407
1,150	0,1607	1,38	0,4445	1,75	0,9793	2,10	1,5581
1,155	0,1664	1,39	0,4577	1,76	0,9950	2,11	1,5755
1,160	0,1722	1,40	0,4711	1,77	1,0106	2,12	1,5930
1,165	0,1779	1,41	0,4845	1,78	1,0264	2,13	1,6105
1,170	0,1837	1,42	0,4979	1,79	1,0422	2,14	1,6281
1,175	0,1895	1,43	0,5115	1,78	1,0264	2,15	1,6458
1,180	0,1953	1,44	0,5251	1,79	1,0422	2,16	1,6634
2,17	1,6812	2,54	2,3677	3,01	3,3168	3,38	4,1164
2,18	1,6989	2,55	2,3870	3,02	3,3379	3,39	4,1386
2,19	1,7167	2,56	2,4064	3,03	3,3589	3,4	4,1608
2,20	1,7346	2,57	2,4258	3,04	3,3800	3,41	4,1831
2,21	1,7525	2,58	2,4453	3,05	3,4012	3,42	4,2054
2,22	1,7705	2,59	2,4648	3,06	3,4223	3,43	4,2277
2,23	1,7885	2,6	2,4843	3,07	3,4436	3,44	4,2500
2,24	1,8065	2,61	2,5039	3,08	3,4648	3,45	4,2724
2,25	1,8246	2,62	2,5235	3,09	3,4860	3,46	4,2948
2,26	1,8427	2,63	2,5432	3,1	3,5073	3,47	4,3172
2,27	1,8609	2,64	2,5629	3,11	3,5287	3,48	4,3397
2,28	1,8791	2,65	2,5826	3,12	3,5500	3,49	4,3622
2,29	1,8974	2,66	2,6023	3,13	3,5714	3,5	4,3847
2,30	1,9157	2,67	2,6221	3,14	3,5929	3,51	4,4072
2,31	1,9340	2,68	2,6420	3,15	3,6143	3,52	4,4298
2,32	1,9524	2,69	2,6619	3,16	3,6358	3,53	4,4524
2,33	1,9709	2,7	2,6818	3,17	3,6573	3,54	4,4750

x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx
2,34	1,9894	2,71	2,7017	3,18	3,6789	3,55	4,4977
2,35	2,0079	2,72	2,7217	3,19	3,7005	3,56	4,5203
2,36	2,03678	2,73	2,7417	3,2	3,7221	3,57	4,5431
2,37	2,0450	2,74	2,7618	3,21	3,7437	3,58	4,5658
2,38	2,0637	2,75	2,7819	3,22	3,7654	3,59	4,5886
2,39	2,0824	2,76	2,8020	3,23	3,7871	3,6	4,6114
2,40	2,1011	2,77	2,8222	3,24	3,8089	3,61	4,6342
2,41	2,1199	2,78	2,8424	3,25	3,8306	3,62	4,6570
2,42	2,1387	2,79	2,8627	3,26	3,8524	3,63	4,6799
2,43	2,1576	2,8	2,8829	3,27	3,8743	3,64	4,7028
2,44	2,1765	2,81	2,9032	3,28	3,8961	3,65	4,7258
2,45	2,1954	2,82	2,9236	3,29	3,9180	3,66	4,7487
2,46	2,2144	2,83	2,9440	3,3	3,9399	3,67	4,7717
2,47	2,2334	2,84	2,9644	3,31	3,9619	3,68	4,7947
2,48	2,2525	2,85	2,9849	3,32	3,9839	3,69	4,8178
2,49	2,2716	2,86	3,0053	3,33	4,0059	3,7	4,8408
2,50	2,2907	2,87	3,0259	3,34	4,0279	3,71	4,8639
2,51	2,3099	2,88	3,0464	3,35	4,0500	3,72	4,8871
2,52	2,3291	2,89	3,0670	3,36	4,0721	3,73	4,9102
3,76	4,9798	4,43	6,5936	4,5	6,7683	4,87	7,7097
3,77	5,0031	4,14	5,8817	4,51	6,7934	4,88	7,7355
3,78	5,0264	4,15	5,9059	4,52	6,8185	4,89	7,7614
3,79	5,0497	4,16	5,9301	4,53	6,8436	4,9	7,7873
3,8	5,0730	4,17	5,9544	4,54	6,8687	4,91	7,8132
3,81	5,0964	4,18	5,9787	4,55	6,8938	4,92	7,8391
3,82	5,1198	4,19	6,0030	4,56	6,9190	4,93	7,8650
3,83	5,1432	4,2	6,0274	4,57	6,9442	4,94	7,8910
3,84	5,1666	4,21	6,0517	4,58	6,9694	4,95	7,9170
3,85	5,1901	4,22	6,0761	4,59	6,9946	4,96	7,9430
3,86	5,2136	4,23	6,1005	4,6	7,0199	4,97	7,9690
3,87	5,2371	4,24	6,1249	4,61	7,0451	4,98	7,9950
3,88	5,2606	4,25	6,1494	4,62	7,0704	4,99	8,0211
3,89	5,2842	4,26	6,1739	4,63	7,0957	5,00	8,0472

x	x·lnx	x	x·lnx	x	x·lnx
3,9	5,3078	4,27	6,1984	4,64	7,1211
3,91	5,3314	4,28	6,2229	4,65	7,1464
3,92	5,3551	4,29	6,2475	4,66	7,1718
3,93	5,3788	4,3	6,2720	4,67	7,1972
3,94	5,4025	4,31	6,2966	4,68	7,2226
3,95	5,4262	4,32	6,3213	4,69	7,2481
3,96	5,4499	4,33	6,3459	4,7	7,2735
3,97	5,4737	4,34	6,3706	4,71	7,2990
3,98	5,4975	4,35	6,3953	4,72	7,3245
3,99	5,5213	4,36	6,4200	4,73	7,3501
4,00	5,5452	4,37	6,4447	4,74	7,3756
4,01	5,5691	4,38	6,4695	4,75	7,4012
4,02	5,5930	4,39	6,4943	4,76	7,4268
4,03	5,6169	4,4	6,5191	4,77	7,4524
4,04	5,6408	4,41	6,5439	4,78	7,4780
4,05	5,6648	4,42	6,5687	4,79	7,5037
4,06	5,6888	4,43	6,5936	4,8	7,5294
4,07	5,7128	4,44	6,6185	4,81	7,5551
4,08	5,7369	4,45	6,6434	4,82	7,5808
4,09	5,7609	4,46	6,6684	4,83	7,6065
4,1	5,7850	4,47	6,6933	4,84	7,6323
4,11	5,8092	4,48	6,7183	4,85	7,6580

Библиографический список к разделу 2

1. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003.
2. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*.
3. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
5. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
6. СТО НОСТРОЙ 2.12.69-2012 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Теплоизоляционные работы для внутренних трубопроводов зданий и сооружений.





ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛА
«RENOTHERM® ЕВРОБЛОК»

3. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛА «PENOTERM® ЕВРОБЛОК»

Настоящий раздел рекомендаций разработан в следующем составе:

- 3.1. Количественная мера звука;
- 3.2. Звукоизоляция и звукопоглощение;
- 3.3. Воздушный и структурный шум;
- 3.4. Нормирование шума;
- 3.5. Результаты измерений звукоизолирующей способности слоистых образцов изоляционных материалов марки Penoterm® ЕВРОБЛОК;
- 3.6. Основные характеристики материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК;
- 3.7. Основные преимущества блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК;
- 3.8. Основные области применения блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК;
- 3.9. Типовые узлы по применению блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК;
- 3.10. Монтаж блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК.

3.1

3.1. Количественная мера звука

3.1.1. Звук (с физической точки зрения) можно определить, как колебательные движения частиц в упругой среде, вызванные каким-либо источником или, другими словами – упругие волны. Скорость звука зависит от свойств среды, в которой он распространяется: в газах скорость звука растет с ростом температуры и давления, в жидкостях при росте температуры наоборот снижается (исключением является вода, в которой скорость звука достигает максимума при 74 °С и начинает снижаться только при увеличении данной температуры).

3.1.2. Человек воспринимает звуковые волны в диапазоне от 16 Гц до 20 кГц, упругие волны с частотой ниже называют инфразвуком, а выше – ультразвуком. Считается, что инфразвук негативно влияет на человека, а при длительном воздействии может нанести непоправимый вред его здоровью.

3.1.3. Звуковое давление, соответствующее нулевому порогу слышимости человеческого уха на частоте 1000 Гц, равно $2 \cdot 10^{-5}$ Па, а максимальное значение звукового давления, которое воспринимает ухо, равно $2 \cdot 10^3$ Па, таким образом, минимальное и максимальное значение звукового давления отличается в 10^9 раз.

Математические действия с числами такого порядка будут не очень удобны, поэтому основной мерой звука в акустике является децибел (дБ) (отношение двух одноименных физических величин).

дБ (dB) – децибел – доляная единица бела, равная одной десятой этой единицы. Бел выражает отношение двух значений энергетической величины десятичным логарифмом этого отношения.

Для определения уровней звукового давления и уровня звука используется следующая формула:

$$L = 20 \cdot \lg(p / p_0); \quad (3.1)$$

где p – среднеквадратичное значение звукового давления, Па;

p_0 – нулевой порог слышимости (соответствует $2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Система измерения звука в децибелах позволяет легко сравнивать величины звука, соизмеримые с чувствительностью человеческого уха, не используя для этого числа с большим количеством нулей. Область восприятия звука человеком в шкале децибел – от 0 дБ (нулевой порог) до 130–140 дБ (болевого порог).

3.1.5. В акустике используют восемь диапазонов частот, называемых октавными полосами частот, в составе каждой из которых выделяют три частотных диапазона, которые называют третьоктавными полосами частот, в каждой третьоктавной полосе выбрана среднегеометрическая частота, по которой ведется измерение уровней звукового давления (табл. 3.1).

Таблица 3.1
Среднегеометрические и граничные частоты октавных и третьоктавных полос

Средне-геометрические частоты	Граничные частоты для полос, Гц		Средне-геометрические частоты	Граничные частоты для полос, Гц	
	октавных	треть октавных		октавных	треть октавных
50	45-90	45-56	800	710-1400	710-900
63		56-71	1000		900-1120
80		71-90	1250		1120-1400
100	90-180	90-112	1600	1400-2800	1400-1800
125		112-140	2000		1800-2240
160		140-180	2500		2240-2800

Средне-геометрические частоты	Граничные частоты для полос, Гц		Средне-геометрические частоты	Граничные частоты для полос, Гц	
	октавных	треть октавных		октавных	треть октавных
200	180-355	180-224	3150	2800-5600	2800-3540
250		224-280	4000		3540-4500
315		280-355	5000		4500-5600
400	355-710	355-450	6300	5600-11200	5600-7100
500		450-560	8000		7100-9000
630		560-710	10000		9000-11200

Так как чувствительность уха зависит как от частоты, так и от интенсивности звука, замеры уровней звука шумомером, производят по частотным характеристикам А, В, С, D (ГОСТ 17187). Обязательной в шумомерах является характеристика А, остальные характеристики являются дополнительными, поэтому для измерения уровня звука в акустике используется специальная величина дБА.

3.2

3.2. Звукоизоляция и звукопоглощение

3.2.1. В общем случае при передаче звуковой энергии через ограждающую конструкцию различают (см. рис. 1.1):

- 1 – уровень звукового давления в помещении с источником звука L_1 (падающая энергия);
- 2 – отраженный звук;
- 3 – структурный (корпусной) шум;
- 4 – поглощенный звук (трансформировавшийся в тепловую энергию);
- 5 – уровень звукового давления в защищаемом от шума помещении L_2 (прошедшая энергия).

Одним из широко используемых мероприятий по борьбе с шумом является звукоизоляция – это изоляция шума конструкциями.

Одним из широко используемых мероприятий по борьбе с шумом является звукоизоляция – это изоляция шума конструкциями.

3.2.2. Изоляция воздушного шума (звукоизоляция) R , дБ – способность ограждающей конструкции уменьшать проходящий через нее звук, является обратной величиной к коэффициенту звукопроводности (τ).

В математическом виде R представляет собой десятикратный десятичный логарифм отношения падающей на ограждение звуковой энергии к энергии, прошедшей через ограждение.

В СП 51.13330.2011 [1] под звукоизоляцией воздушного шума подразумевается обеспечиваемое разделяющим два помещения ограждением снижение уровней звукового давления в дБ, приведенное к условиям равенства площади ограждающей конструкции и эквивалентной площади звукопоглощения в защищаемом помещении (см. формулы 1.1 и 1.2):

3.2.3. Коэффициент звукопоглощения – отношение величины поглощенной (то есть

не отраженной от поверхности) звуковой энергии к величине падающей энергии.

Использовать для инженерных расчетов изоляцию воздушного шума R неудобно, так как сложно и трудоемко вычислять уровни звукового давления L (которые представляют собой десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления к квадрату порогового давления в дБ; пороговое давление $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па), а также эквивалентную площадь звукопоглощения A в защищаемом помещении. Поэтому в прикладных расчетах используют другую величину – индекс изоляции воздушного шума.

3.2.4. Отношение интенсивности прошедшего звука к интенсивности падающего называется коэффициентом звукопроводности τ , который определяют по формуле:

$$\tau = I_{\text{пр}} / I_{\text{пад}}; \quad (3.2)$$

где $I_{\text{пр}}$ – интенсивность прошедшего звука, Вт/м²;

$I_{\text{пад}}$ – интенсивность падающего звука Вт/м².

3.2.5. Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ – величина, служащая для оценки звукоизолирующей способности ограждения одним числом, показывает зависимость звукоизоляции от коэффициента звукопроводности, может быть определена по следующей формуле:

$$R_w = 10 \cdot \lg (1 / \tau); \quad (3.3)$$

Например, если конструкция обладает показателем $R_w = 50$ дБ, это означает, что интенсивность звука при прохождении через нее снижается в 10^5 раз.

3.3

3.3. Воздушный и структурный шум

3.3.1. Шум – воспринимаемые слухом нерегулярные колебания без закономерной зависимости, которые являются помехой (раздражают нервную систему человека).

3.3.2. Причиной возникновения шума в зданиях являются внутренние и внешние источники:

- внутренние источники: инженерное и санитарно-техническое оборудование; громкий разговор; громкая музыка; шум от электроинструментов и др.;
- внешние источники: транспорт; промышленные предприятия и др.

В архитектурно-строительной акустике различают следующие виды шумов:

- воздушный – звуковые колебания в воздушной среде, проходящие через толщу конструкции и через неплотности в соединениях строительных конструкций;
- ударный – звуковые колебания, возникающие при механических воздействиях на ограждающие конструкции (перекрытия, стены);
- структурный – звуковые колебания, распространяющиеся по зданию через вибрирующие конструкции и их жесткие соединения.

3.3.3. Воздушный шум распространяется следующим образом: источники шума

вызывают колебания частиц воздуха, которые распространяются в виде продольных звуковых волн. Ударный шум распространяется за счет того, что механическое воздействие на конструкцию вызывает в ней изгибные колебания, которые приводят в колебательное движение частицы воздуха в смежных помещениях. Таким образом, ударный шум может распространяться на большие расстояния, чем воздушный.

3.3.4. Для однослойных массивных ограждений существует зависимость – чем оно массивнее, тем лучше оно изолирует помещение от шума. При большой массе однородной конструкции значительная часть звуковой энергии уходит на преодоление внутренних сил трения плотно соприкасающихся частиц, за счет чего звукоизоляция конструкции повышается. На частотах более 100 Гц звукоизоляция подчиняется следующей зависимости («закону масс»):

$$R_w = 20 \cdot \lg (m \cdot f) - 47,5; \quad (3.4)$$

где m – поверхностная плотность конструкции, кг/м²;

f – частота звука, Гц.

В соответствии с этой зависимостью, удвоение массы конструкции приводит к улучшению звукоизоляции в среднем на 6 Дб.

3.3.5. В соответствии с СП 23-103-2003 [2], индекс изоляции воздушного шума массивных однослойных конструкций (стен) допускается определять по формуле:

$$R_w = 37 \cdot \lg m + \lg K - 43; \quad (3.5)$$

где m – поверхностная плотность конструкции, кг/м²;

K – коэффициент, принимаемый по табл. 10 СП 23-103-2003 [2].

3.3.6. Различают акустически однородные (однослойные) конструкции и акустически неоднородные (многослойные) конструкции. Однородные конструкции состоят из одного или нескольких слоев, жестко связанных между собой по всей поверхности и колеблющихся как одно целое (оштукатуренные кирпичные стены, сплошные плиты перекрытий со стяжкой и т.п.). Многослойные конструкции состоят из нескольких слоев, не связанных жестко друг с другом, способных колебаться с разными для каждого слоя амплитудами. Звукоизоляционные свойства неоднородных конструкций выше, чем однородных.

3.4

3.4. Нормирование шума

3.4.1. В соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 [3], для жилых и общественных помещений, расположенных на территории жилой застройки, определены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, дБ (эквивалентные

уровни звукового давления, дБ), а также допустимые эквивалентные и максимальные уровни звука на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях, на площадках промышленных предприятий (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, дБ (эквивалентные уровни звукового давления, дБ), допустимые эквивалентные и максимальные уровни звука на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях, на площадках промышленных предприятий, в помещениях жилых и общественных зданий и на территориях жилой застройки.

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука L_{Aeq}), дБА	Максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1. Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
2. Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	-	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	80
3. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	-	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90
4. Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1 - 3)	-	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука L_{Aeq}), дБА	Максимальный уровень звука L_{max} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
5. Палаты больниц и санаториев	7.00 - 23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23.00 - 7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
6. Операционные больницы, кабинеты врачей больниц, поликлиник, санаториев	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
7. Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов, залы судебных заседаний, культовые здания, зрительные залы клубов с обычным оборудованием	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
8 Музыкальные класс		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
9 Жилые комнаты квартир	7.00 - 23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00 - 7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
10. Жилые комнаты общежитий	7.00 - 23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23.00 - 7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
11. Номера гостиниц: гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	7.00 - 23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды	7.00 - 23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00 - 7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
гостиницы, имеющие по международной классификации менее трех звезд	7.00 - 23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23.00 - 7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука L_{Aeq}), дБА	Максимальный уровень звука L_{max} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
12. Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов	7.00 - 23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00 - 7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
13. Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
14. Залы кафе, ресторанов	-	89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
15. Фойе театров и концертных залов	-	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	*
16. Зрительные залы театров и концертных залов	-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	*
17. Многоцелевые залы	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	*
18. Кинотеатры с оборудованием «Долби»	-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
19. Спортивные залы	-	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	*
20. Торговые залы магазинов, пассажирские залы вокзалов и аэровокзалов	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75
21. Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	7.00 - 23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23.00 - 7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
22. Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	7.00 - 23.00	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23.00 - 7.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука L_{Aeq}), дБА	Максимальный уровень звука L_{max} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
23. Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов	-	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70	

* Максимальные уровни звука в данных помещениях не нормируются.

Примечания:

1. Допустимые уровни шума в помещениях, приведенные в поз. 1, 5 – 13, относятся только к шуму, проникающему из других помещений и извне.
2. Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях, приведенные в поз. 5 – 12, установлены при условии обеспечения нормативного воздухообмена, т.е. при отсутствии принудительной системы вентиляции или кондиционирования воздуха, - должны выполняться при условии открытых форточек или иных устройств, обеспечивающих приток воздуха. При наличии систем принудительной вентиляции или кондиционирования воздуха, обеспечивающих нормативный воздухообмен, допустимые уровни внешнего шума у зданий (15 – 17) могут быть увеличены из расчета обеспечения допустимых уровней в помещениях при закрытых окнах.
3. Допустимые уровни шума от оборудования систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, а также от насосов систем отопления и водоснабжения и холодильных установок встроенных (пристроенных) предприятий торговли и общественного питания следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 1, **за исключением поз. 9 - 12 (для ночного времени суток)**. При этом поправку на тональность шума не учитывают.

3.4.2. СП 51.13330.2011 [3] также определяет требования к значениям индексов изоляции воздушного шума ограждающих конструкций и индексов приведенного уровня ударного шума для перекрытий (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Требуемые нормативные индексы изоляции воздушного шума ограждающих конструкций и приведенные уровни ударного шума перекрытий при передаче звука сверху вниз

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w дБ	L_{nw} дБ*
Жилые здания		
1. Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений	52	60
2. Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами	55	60
3. Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях	45	63
4. Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	50	60
5. Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами	57	63**
6. Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами	52	63
7. Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и офисами; между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	52	-
8. Стены между помещениями квартир и магазинами	55	-
9. Стены и перегородки, отделяющие помещения квартир от ресторанов, кафе, спортивных залов	57	-
10. Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	43	-
11. Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	-
12. Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	-
13. Входные двери квартир, выходящие на лестничные клетки, в вестибюли и коридоры	32	-
Гостиницы		
14. Перекрытия между номерами: гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	53	55
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды	51	58
гостиницы, имеющие по международной классификации менее трех звезд	50	60
15. Перекрытия, отделяющие номера от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты):		
гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	53	55
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды и менее	51	58
16. Перекрытия, отделяющие номера от помещений ресторанов, кафе:		

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w дБ	L_{nw} дБ*
гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	60	58
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды и менее	57	60
17. Стены и перегородки между номерами:		
гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	53	-
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды	51	-
гостиницы, имеющие по международной классификации менее трех звезд	50	-
18. Стены и перегородки, отделяющие номера от помещений общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, холлы, буфеты):		
гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	53	-
гостиницы имеющие по международной классификации три звезды и менее	51	-
19. Стены и перегородки, отделяющие номера от ресторанов, кафе:		
гостиницы, имеющие по международной классификации пять и четыре звезды	60	-
гостиницы, имеющие по международной классификации три звезды и менее	57	-
Административные здания, офисы		
20. Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	45	63
21. Стены и перегородки между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат	45	-
22. Стены и перегородки между офисами различных фирм, между кабинетами различных фирм	48	-
Больницы и санатории		
23. Перекрытия между палатами, кабинетами врачей	48	60
24. Перекрытия между операционными и отделяющие операционные от палат и кабинетов	54	60
25. Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	50	63
26. Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от столовых, кухонь	54	63
27. Стены и перегородки между палатами, кабинетами врачей	48	-
28. Стены и перегородки между операционными и отделяющие операционные от других помещений	54	-
Учебные заведения		
29. Перекрытия между классами, кабинетами, аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы)	47	63

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w , дБ	L_{nw} , дБ*
30. Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	55	58
31. Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	57	55
32. Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	48	-
33. Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	55	-
34. Стены и перегородки между музыкальными классами высших учебных заведений	57	-
Детские дошкольные учреждения		
35. Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	47	63
36. Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	63
37. Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами	47	-
38. Стены и перегородки, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	52	-
<p><i>Примечания:</i></p> <p>* Требования относятся также к передаче ударного шума в защищаемое от шума помещение при ударном воздействии на пол лестничной площадки и лестничный марш в помещении лестничной клетки (в том числе и находящейся на том же этаже).</p> <p>** При использовании в указанных помещениях громкой музыки необходимо выполнение акустического расчета требуемой звукоизоляции.</p>		

3.4.3. Определение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции происходит путем сравнения ее частотной характеристики (полученной или измеренной) с нормативным спектром.

3.4.4. Для определения индекса изоляции воздушного шума R_w необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от нормативного спектра (табл. 3.4).

Таблица 3.4
Нормативный спектр изоляции воздушного шума

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500
Изоляция воздушного шума R_w , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52
Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Изоляция воздушного шума R_w , дБ	53	54	55	56	56	56	56	56

Неблагоприятными считаются отклонения вниз от нормативного спектра. Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, значение индекса R_w составляет 52 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, нормативный спектр смещается вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, нормативный спектр смещается вверх на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенного нормативного спектра максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

За величину индекса R_w принимают ординату смещенного вверх или вниз нормативного спектра в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.

3.4.5. Определение индекса приведенного уровня ударного шума L_{nw} происходит путем сравнения ее частотной характеристики (полученной или измеренной) с нормативным спектром (табл. 3.5).

Таблица 3.5
Нормативный спектр приведенного уровня ударного шума

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500
Приведенный уровень ударного шума $L_{r'}$, дБ	62	62	62	62	62	62	61	60
Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Приведенный уровень ударного шума $L_{r'}$, дБ	59	58	57	54	51	48	45	42

Для вычисления индекса L_{nw} необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от нормативного спектра. Неблагоприятными считают отклонения вверх от нормативного спектра.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, то величина индекса L_{nw} составляет 60 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, нормативный спектр смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенного нормативного спектра не превышала указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, нормативный спектр смещается вниз (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенного нормативного спектра максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

За величину индекса L_{nw} принимают ординату смещенного вверх или вниз нормативного спектра в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.

3.5

3.5. Результаты измерений звукоизолирующей способности слоистых образцов изоляционных материалов марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

3.5.1. Измерения звукоизолирующей способности слоистых образцов изоляционных материалов марки Penoterm® ЕВРОБЛОК выполнены в соответствии с ГОСТ 27296-2012 [4] на поверенном лабораторном оборудовании ОАО «Научно-исследовательский институт безопасности труда в металлургии» (г. Челябинск) в 2014 г.

3.5.2. Были проведены измерения звукоизоляции многослойных образцов: два листа ГКЛ толщиной 16 мм каждый, между ними воздушный промежуток глубиной 20 мм и блок из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК. Образцы различались между собой толщиной блока из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК, которые равны 20, 30, 40 и 50 мм. Блок из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК примыкает к тому листу ГКЛ, который установлен со стороны помещения низкого уровня, при этом мягкая сторона блока, плотно прилегала к ГКЛ, а твердая сторона была обращена к воздушному зазору.

3.5.3. Результаты измерений звукоизолирующей способности многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 20 мм в третьоктавных полосах частот представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты измерения звукоизоляции образца с блоком толщиной 20 мм

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500
Звукоизоляция _n , дБ	25	25	23	26	30	37	41	42
Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Звукоизоляция _n , дБ	47	49	52	56	53	48	52	64

Индекс изоляции воздушного шума многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 20 мм $R_w = 43$ дБ.

3.5.4. Результаты измерений звукоизолирующей способности многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 30 мм в третьоктавных полосах частот представлены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Результаты измерения звукоизоляции образца с блоком толщиной 30 мм

<i>Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц</i>	100	125	160	200	250	315	400	500
<i>Звукоизоляция, дБ</i>	25	26	24	28	31	37	40	43
<i>Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц</i>	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<i>Звукоизоляция, дБ</i>	48	50	52	56	55	51	54	65

Индекс изоляции воздушного шума многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 30 мм $R_w = 44$ дБ.

3.5.5. Результаты измерений звукоизолирующей способности многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 40 мм в третьоктавных полосах частот представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Результаты измерения звукоизоляции образца с блоком толщиной 40 мм

<i>Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц</i>	100	125	160	200	250	315	400	500
<i>Звукоизоляция, дБ</i>	26	26	23	27	31	36	40	42
<i>Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц</i>	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<i>Звукоизоляция, дБ</i>	47	49	52	57	56	53	56	67

Индекс изоляции воздушного шума многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 40 мм $R_w = 44$ дБ.

3.5.6. Результаты измерений звукоизолирующей способности многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 50 мм в третьоктавных полосах частот представлены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Результаты измерения звукоизоляции образца с блоком толщиной 50 мм

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500
Звукоизоляцияп, дБ	27	26	25	28	33	38	40	44
Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Звукоизоляцияп, дБ	48	51	55	60	60	56	60	69

Индекс изоляции воздушного шума многослойного образца с блоком из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 50 мм $R_w = 45$ дБ.

3.5.7. Звукоизоляция многослойных образцов с блоками из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной от 20 до 50 мм удовлетворяет требования СП 51.13330.2011 [3] (табл. 3.3) по звукоизоляции перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире ($R_{w\text{тр.}} = 43$ дБ).

3.6

3.6. Основные характеристики материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

3.6.1. Материал марки Penoterm® ЕВРОБЛОК – листовой тепло-звукоизоляционный слоистый материал, содержащий полимерные слои из вспененного полиэтилена различной плотности (желтый слой – менее плотный, серый слой – более плотный). Материал изготовлен в соответствии с ТУ 22.21.41-002-82799613-2017, ГОСТ Р 56729-2015

3.6.2. Физико-механические характеристики материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК и блоков, изготовленных из этого материала, представлены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Основные физико-механические характеристики материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК и блоков

№ п/п	Физико-механические характеристики	Значение
1	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ² ·°С	0,048
2	Индекс изоляции воздушного шума блок в конструкции с двумя листами ГКЛ (R_w), дБ	
	- ЕВРОБЛОК 20	43
	- ЕВРОБЛОК 30	43
	- ЕВРОБЛОК 40	44
	- ЕВРОБЛОК 50	45
3	Водопоглощение за 24 часа, %	0,94
4	Коэффициент паропроницаемости, мг/м ² ·ч·Па	0,001

5	Плотность, кг/м ³	
	- серый слой	70
	- желтый слой	25
6	Диапазон рабочих температур, °С	от -60 до +90*
7	Относительная остаточная деформация при сжатии при 25 % линейной деформации	10
8	Линейная температурная усадка в течение двух суток, %	
	t = 70 °С	2,2
	t = 100 °С	12,33
9	Пожарные характеристики	Г3
10	Срок службы, лет	50
11	Цвет	желтый /серый
<i>Примечание:</i> Материал допускается эксплуатировать при +90 °С только в кратковременном режиме		

3.6.3. Типоразмеры блоков, изготовленных из материала Penoterm® ЕВРОБЛОК, представлены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Типоразмеры блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

Наименование блока	Геометрические характеристики блока				Количество в упаковке, шт.	Площадь блоков в упаковке, м ²
	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Площадь, м ²		
ЕВРОБЛОК 20	20	600	1000	0,6	20	12
ЕВРОБЛОК 30	30	600	1000	0,6	13	7,8
ЕВРОБЛОК 40	40	600	1000	0,6	10	6
ЕВРОБЛОК 50	50	600	1000	0,6	8	4,8

3.7

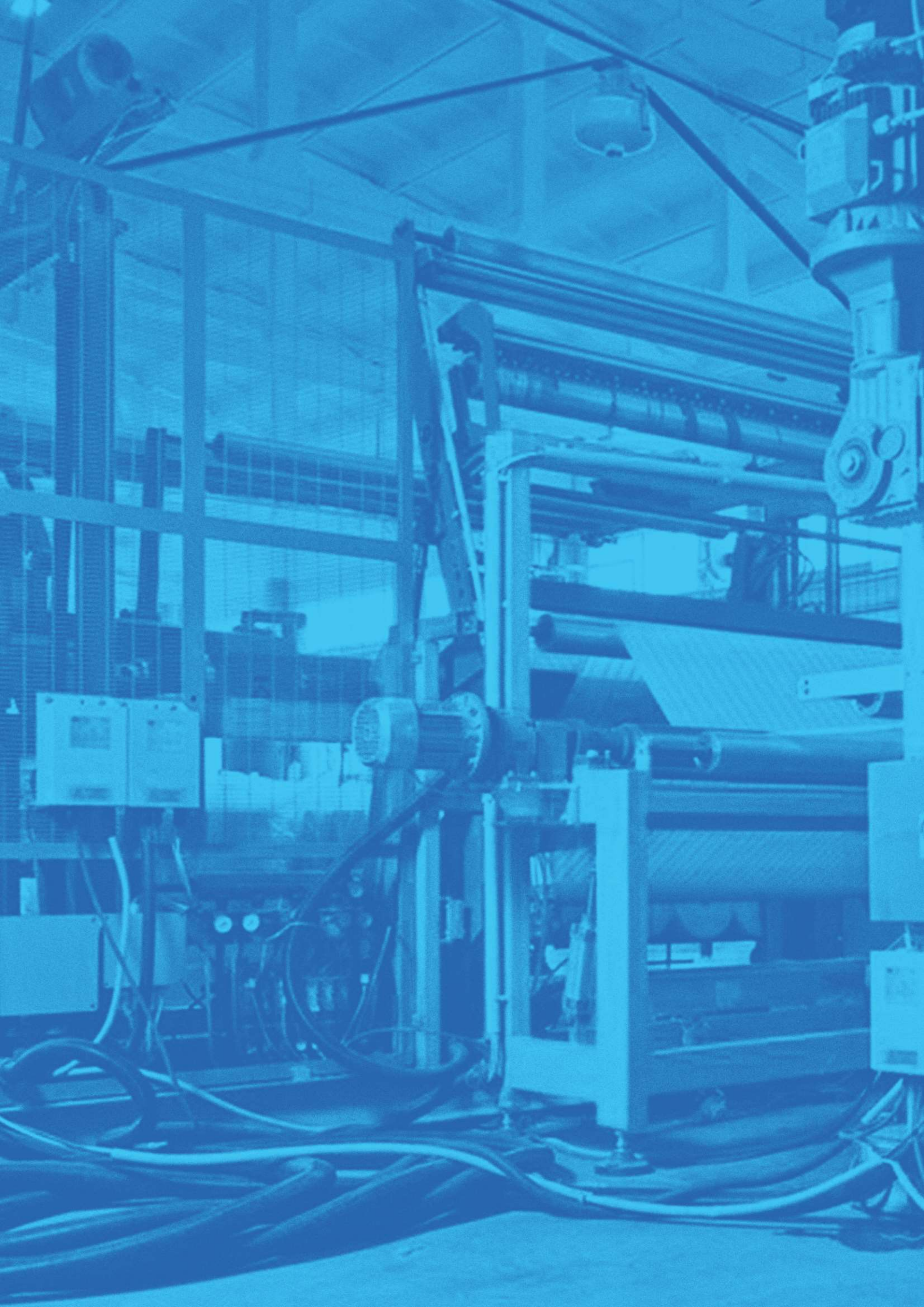
3.7. Основные преимущества блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

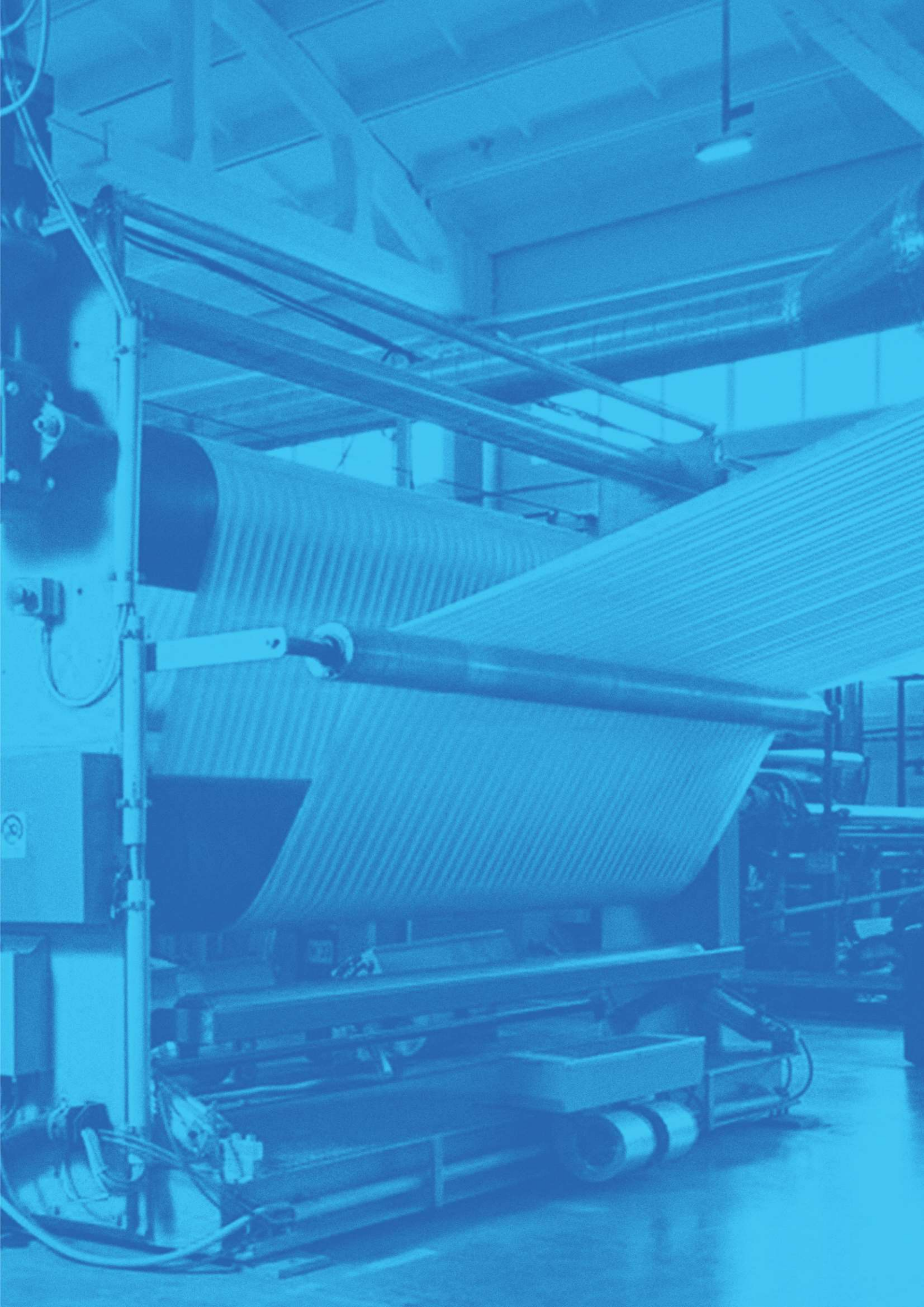
3.7.1. Основные преимущества блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК, сведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Основные преимущества блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

Основные преимущества	Комментарии
1. Высокая звукоизоляция	Звукоизоляция ограждений, содержащих два листа ГКЛ толщиной 16 мм каждый, между ними воздушный промежуток глубиной 20 мм и блок из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК толщиной 20 мм и более удовлетворяет требованиям СП 51.13330.2011 (табл. 3.3) по звукоизоляции перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире ($R_{w,тр.} = 43$ дБ).
2. Высокая химическая стойкость	Синтетическая составляющая материала обеспечивает масло- и бензоустойчивость.
3. Высокая долговечность материала	Нормативный срок эксплуатации материала (согласно лабораторным исследованиям) составляет 50 лет.
4. Безопасность для здоровья человека	Материал марки Penoterm® ЕВРОБЛОК производится из полиэтилена, предназначенного для пищевой упаковки. Продукция сертифицирована.
5. Высокое звукопоглощение	Высокое звукопоглощение обеспечивается за счет использования в конструкции блока материалов с различной поверхностной плотностью, создающих значительное удельное акустическое сопротивление. Акустические колебания, проходя через каждый слой, частично отражаются от них и частично поглощаются ими, снижая энергию акустических колебаний. Применение слоев различной толщины приводит к ослаблению резонансных явлений на частотах собственных колебаний этих слоев.
6. Низкое водопоглощение	Почти нулевое водопоглощение вспененного полиэтилена не требует во многих случаях устройства гидроизоляции.
7. Высокая эластичность	Эластичность вспененного полиэтилена обеспечивает технологичность его использования при устройстве слоев звукоизоляции (теплоизоляции).





3.8

3.8. Основные области применения блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

3.8.1. Основные области применения блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК (рекомендованные производителем) представлены в табл. 3.13.

Таблица 3.13

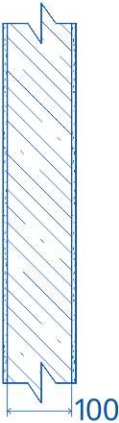
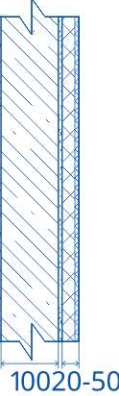
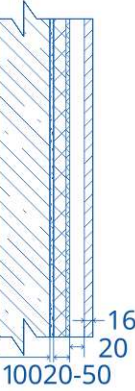
Основные области применения блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

Наименование блока	Область применения	Применение, в зависимости от конструкции
ЕВРОБЛОК 20	Тепло- гидро и звукоизоляция: - фундамента*; - утепленного балкона (лоджии). Звукоизоляция внутренних перегородок.	1. Средний слой в трехслойных наружных стенах из кирпича, легкобетонных панелей или блоков. 2. Тепло- и звукоизоляция ненесущих конструкций стен, межкомнатных перегородок, межэтажных перекрытий, мансард, скатных крыш
ЕВРОБЛОК 30	Тепло- гидро и звукоизоляция фасадных стен. Звукоизоляция внутренних перегородок.	и кровельных конструкций, полов, чердачных перекрытий, перекрытий над неотапливаемым подвалом или проездом.
ЕВРОБЛОК 40	Тепло, звукоизоляция скатной кровли. Звукоизоляция внутренних перегородок.	3. Применение в качестве внутреннего пароудерживающего слоя в сочетании с другими эффективными утеплителями
ЕВРОБЛОК 50	Звукоизоляция внутренних перегородок. Тепло- гидро и звукоизоляция утепленного балкона (лоджии).	

Пример увеличения индекса звукоизоляции ограждения при использовании блока из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК представлен в табл. 3.14.

Таблица 3.14

Увеличение индекса звукоизоляции ограждения при использовании блока из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК (пример)

№ п/п	Эскиз ограждения	Характеристики слоев ограждения	Индекс изоляции воздушного шума (принято по данным фирмы Cellecta, США)
1. Базовый слой ограждения (с отделкой и без отделки)		Материал слоя: - каменная кладка; - ячеистый бетон ($\gamma > 600 \text{ кг/м}^3$); - железобетон. Толщина слоя – 100 мм	$R_{w'} = 37 \text{ дБ}$ (без отделочных слоев)
		Отделочный слой: плотность 10 кг/м^2 , минимальная общая толщина отделочных слоев 13 мм	$R_{w'} = 40 \text{ дБ}$ (с отделочными слоями)
2. Базовый слой ограждения (с отделкой) + звукоизоляция – Penoterm® ЕВРОБЛОК		Звукоизоляция – блок Penoterm® ЕВРОБЛОК®	
		ЕВРОБЛОК 20 (t = 20 мм)	$R_{w'} = 51 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 30 (t = 30 мм)	$R_{w'} = 52 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 40 (t = 40 мм)	$R_{w'} = 52 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 50 (t = 40 мм)	$R_{w'} = 53 \text{ дБ}$
3. Базовый слой ограждения (с отделкой) + звукоизоляция – Penoterm® ЕВРОБЛОК + воздушный зазор и слой гипсокартона		Воздушный зазор (t = 20 мм). Гипсокартон (t = 16 мм).	
		ЕВРОБЛОК 20 (t = 20 мм)	$R_{w'} = 59 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 30 (t = 30 мм)	$R_{w'} = 60 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 40 (t = 40 мм)	$R_{w'} = 60 \text{ дБ}$
		ЕВРОБЛОК 50 (t = 40 мм)	$R_{w'} = 61 \text{ дБ}$

3.9

3.9. Типовые узлы по применению блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК

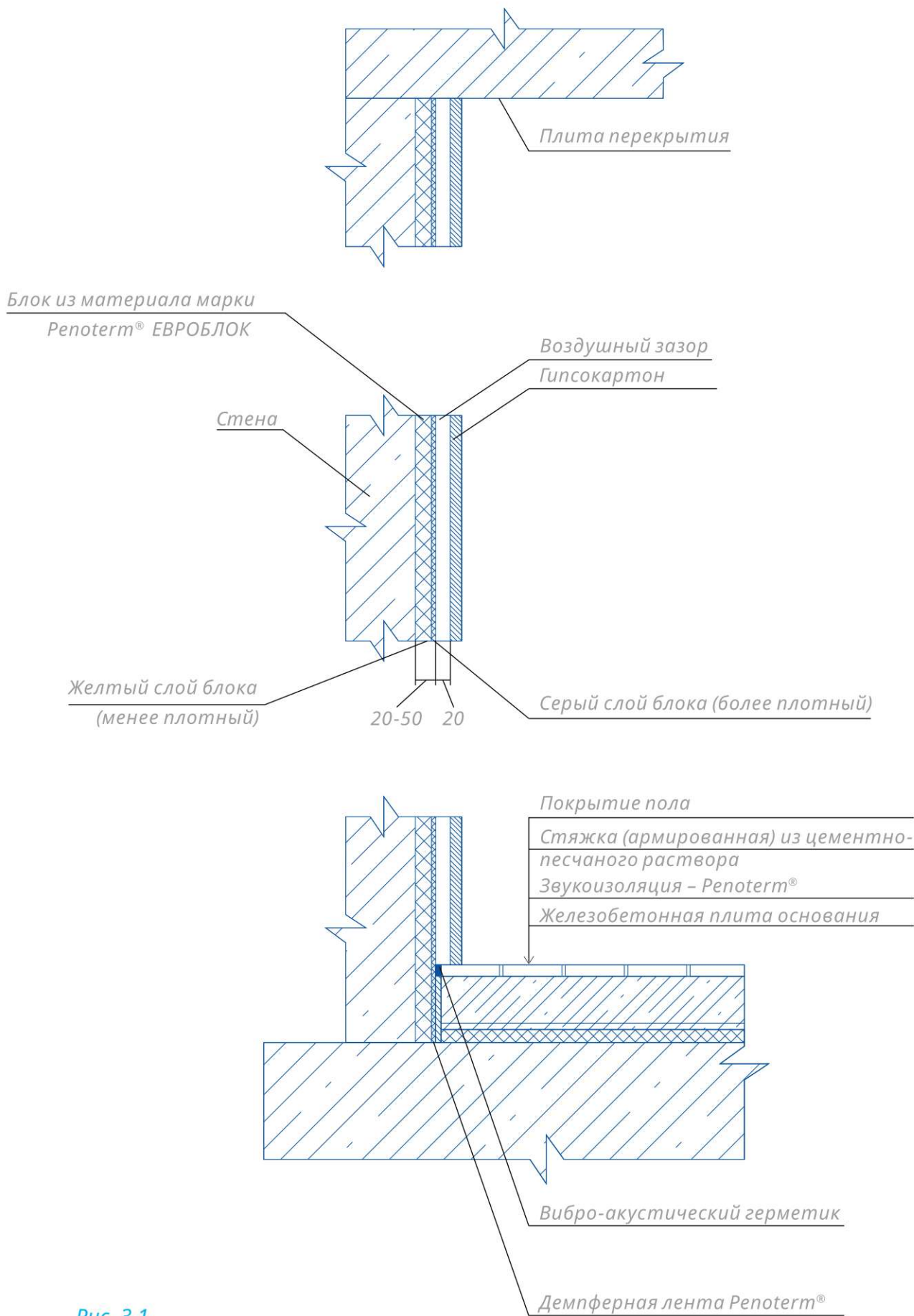


Рис. 3.1.
 Расположение блока в составе стены в качестве звукоизоляции (теплоизоляции)

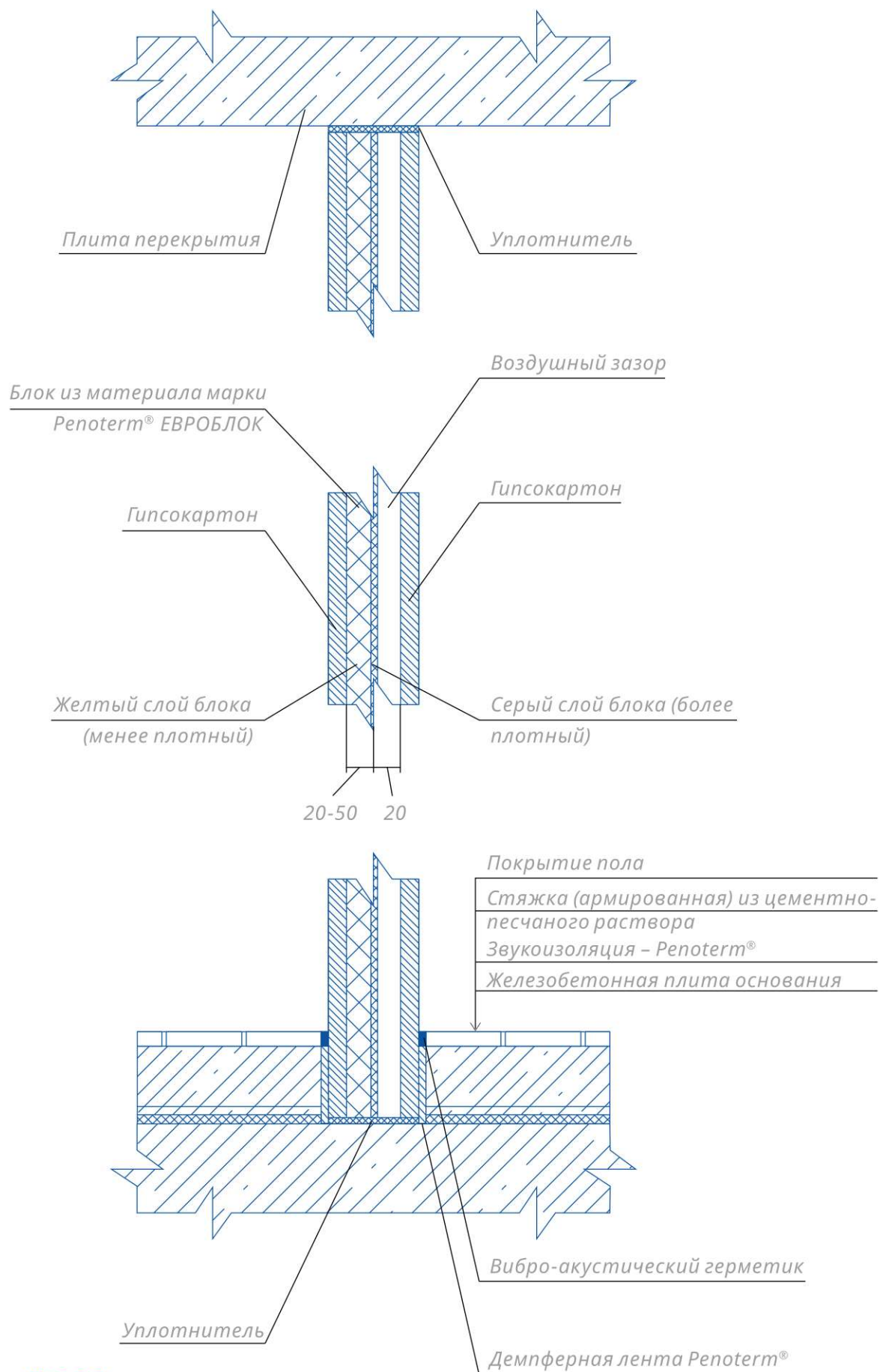


Рис. 3.2.

Расположение блока в составе перегородки в качестве звукоизоляции (теплоизоляции)

Рис. 3.3.

Состав стены между помещениями квартир и коридором общего пользования (лестничной клеткой, вестибюлем, офисами)

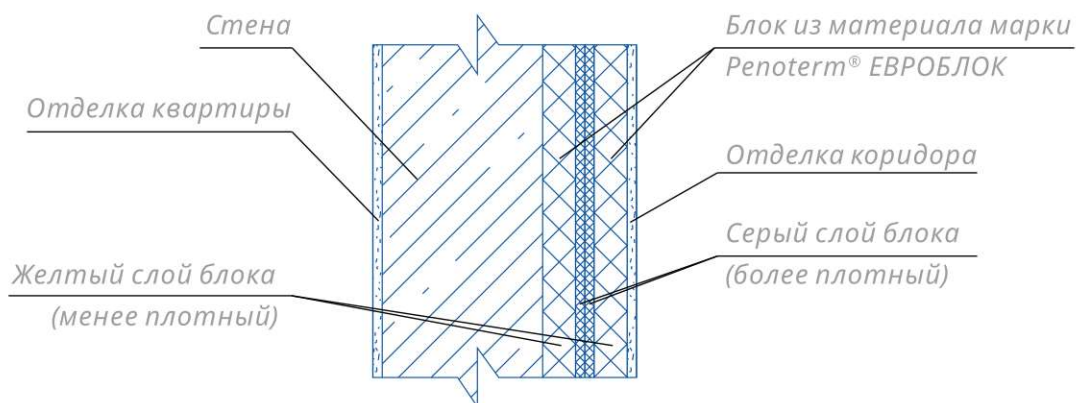


Таблица 3.14

Характеристики стены по рис. 3.3

Вариант ограждения	Наименование материалов стены	Расчетные характеристики стены при условиях эксплуатации ограждения Б	
		Термическое сопротивление стены R_{σ} м ² ·°С/Вт	Индекс изоляции воздушного шума R_w дБ
Стена из железобетона	1. Внутренняя отделка – штукатурка – 8 мм 2. Стена из железобетона – 160 мм 3. ЕВРОБЛОК 50 2 шт – 100 мм 4. Наружная отделка – штукатурка – 8 мм	2,755	не менее 52 дБ
	Общая толщина ограждения – 276 мм		
Стена из кирпичной кладки	1. Внутренняя отделка – штукатурка – 8 мм 2. Стена из кирпичной кладки (пустотный керамический кирпич на цементно-песчаном растворе) – 250 мм 3. ЕВРОБЛОК 50 2 шт – 100 мм 4. Наружная отделка – штукатурка – 8 мм	3,067	не менее 52 дБ
	Общая толщина ограждения – 366 мм		

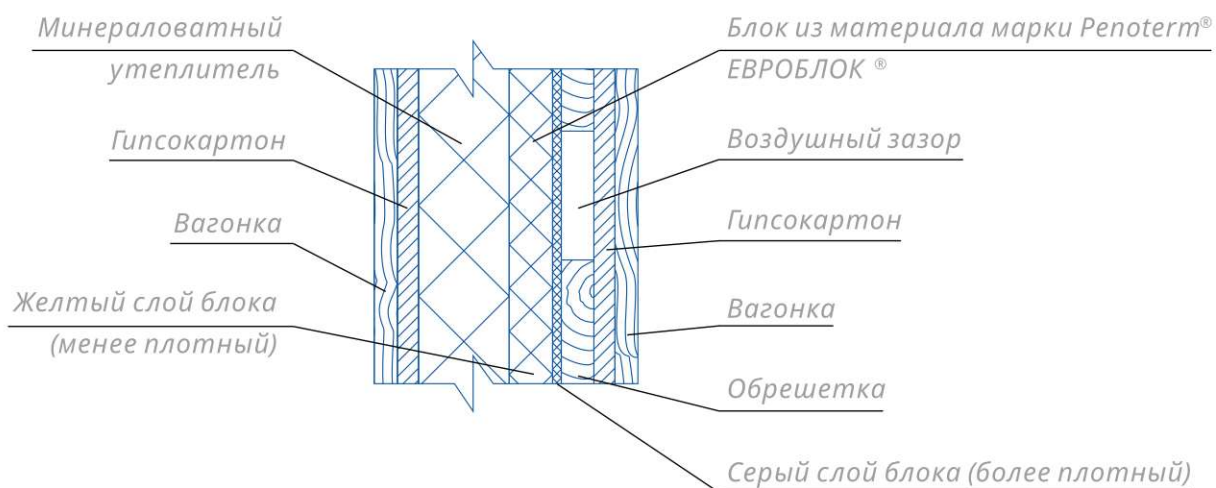


Рис. 3.4.

Состав перегородки с деревянным каркасом (условно не показан)

Таблица 3.15

Характеристики стены по рис. 3.4

Вариант ограждения	Наименование материалов стены	Расчетные характеристики стены при условиях эксплуатации ограждения Б	
		Термическое сопротивление стены R_{σ} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ
Деревянный каркас толщиной 100 мм	1. Внутренняя отделка – вагонка – 12 мм 2. Гипсокартонный лист – 12 мм 3. Минераловатная плита из каменного волокна ($\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$) – 50 мм 4. ЕВРОБЛОК 50 – 50 мм 5. Воздушный зазор – 20 мм 6. Гипсокартонный лист – 12 мм 7. Наружная отделка – вагонка – 12 мм Общая толщина ограждения – 168 мм	2,282 учтен коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,8$	не менее 43 дБ
Деревянный каркас толщиной 150 мм	1. Внутренняя отделка – вагонка – 12 мм 2. Гипсокартонный лист – 12 мм 3. Минераловатная плита из каменного волокна ($\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$) – 50 мм 4. ЕВРОБЛОК 50 2 шт – 100 мм 5. Воздушный зазор – 20 мм 6. Гипсокартонный лист – 12 мм 7. Наружная отделка – вагонка – 12 мм Общая толщина ограждения – 218 мм	3,282 учтен коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,8$	не менее 43 дБ

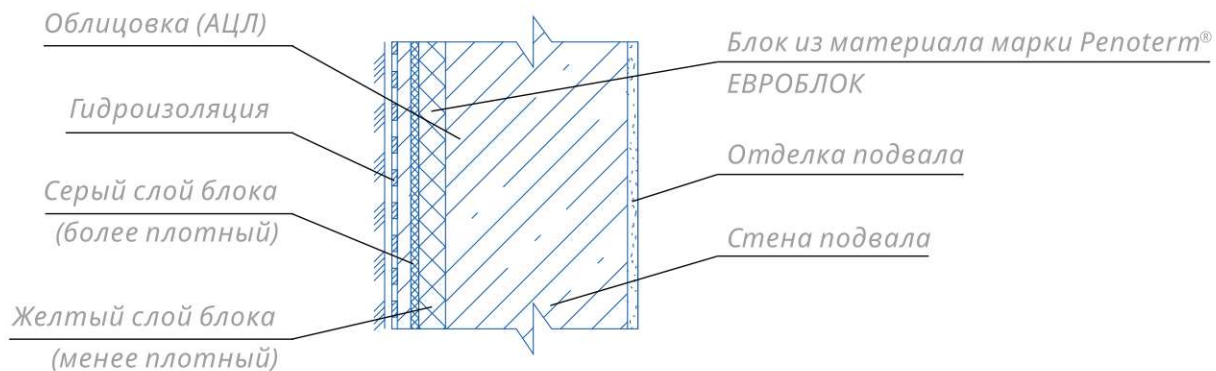


Рис. 3.5.
Состав стены подвала с наружным утеплением

Таблица 3.16
Характеристики стены по рис. 3.5

Вариант ограждения	Наименование материалов стены	Расчетные характеристики стены при условиях эксплуатации ограждения Б	
		Термическое сопротивление стены R_{σ} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ
Утепление толщиной 50 мм	1. Гидроизоляция – 5 мм 2. Асбестоцементный плоский лист – 10 мм 3. ЕВРОБЛОК 50 – 50 мм 4. Железобетонная стена подвала – 200 мм 5. Внутренняя отделка – штукатурка – 8 мм Общая толщина ограждения – 273 мм	1,564	-
Утепление толщиной 100 мм	1. Гидроизоляция – 5 мм 2. Асбестоцементный плоский лист – 10 мм 3. ЕВРОБЛОК 50 2 шт – 100 мм 4. Железобетонная стена подвала – 200 мм 5. Внутренняя отделка – штукатурка – 8 мм Общая толщина ограждения – 323 мм	2,814	-

3.10

3.10 Монтаж блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК®

3.10.1. Монтаж блоков из материала марки Penoterm® ЕВРОБЛОК осуществляется в следующей последовательности:

- подготовка поверхности к изоляции (как правило, требуется только заделка щелей, отверстий и трещин; выравнивание поверхности может потребоваться при наклейке блока);
- установка блока в проектное положение;
- эластичность материала блока позволяет устанавливать его в распор между элементами каркаса (деревянного или металлического);
- при невозможности установки блока в распор его рекомендуется приклеить к поверхности монтажным клеем марки ПОРИЛЕКС® (ТУ 2242-002-96208478-06) по следующей технологии: очистка изолируемой поверхности от воды (пыли, грязи, масла и др.), для улучшения адгезии поверхность рекомендуется обезжирить; клей наносится ровным слоем на обе склеиваемые поверхности; через 3-5 минут после нанесения клея на поверхности они соединяются (минимальная температура нанесения клея +5 °С).
- Проектным положением блока считается такое, когда блок желтым слоем ориентирован к изолируемой поверхности стены (перегородки), а серым слоем – к воздушному зазору или источнику шума. Блоки следует устанавливать без зазоров и щелей.
- проклейка стыков блоков монтажным скотчем.

3.10.2. При необходимости повышения тепловой изоляции ограждения рекомендуется после установки блока смонтировать отражательную изоляцию марки ПОРИЛЕКС®, толщина отражательной изоляции определяется расчетом, отражательный слой изоляции должен быть ориентирован в сторону источника тепла. Максимальный эффект отражения достигается при наличии воздушного пространства 10 – 20 мм между стеной (перегородкой) и наружными облицовочными слоями.

Библиографический список к разделу 3

1. ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Технические требования.
2. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция.
4. СНиП 23-03-2003.
5. ГОСТ 27296-2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций.

