

Промышленная изоляция

Каталог продукции
с рекомендациями по монтажу



Содержание

15

Теория изоляции
Свойства продукции.
Методы определения

27

Тепловой расчет, подбор
толщины изоляции

34

Решения
Изоляция труб

66

Изоляция аппаратов

72

Изоляция колонн

77

Изоляция резервуаров

84

Изоляция котлов

92

Изоляция газоходов



100

Продукты. Цилиндры навивные
ROCKWOOL 100, ProRox PS
960^{RU} / ProRox PS 970^{RU}

104

TEX MAT

105

LAMELLA MAT L

106

WIRED MAT 50 / 80 / 105

109

TEX БАТТС 50 и TEX БАТТС 75

110

TEX БАТТС 100, TEX БАТТС 125,
TEX БАТТС 150

111

Шумопоглощающая изоляция
INDUSTRIAL BATTS 80

114

Информация.
Таблицы мер и величин

117

Свойства продукции
и защитных материалов

128

Полезные справочные данные

131

Использованные документы
и литература

133

Рекомендации по хранению
продукции

136

Правила применения

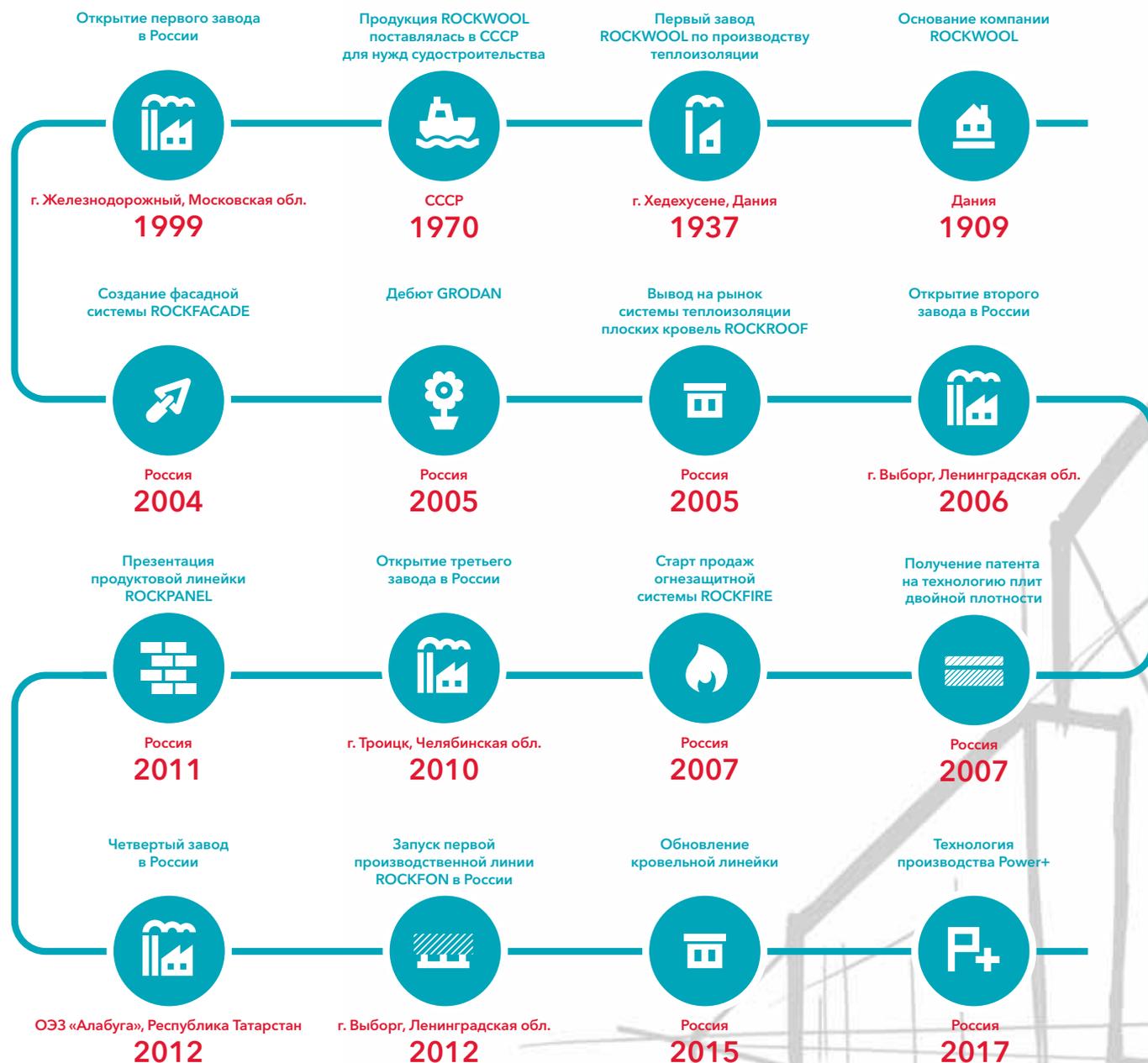
137

Товар сертифицирован

138

Сервисы ROCKWOOL

История компании ROCKWOOL



Компания ROCKWOOL в Мире

45
производственных площадок в 39 странах мира

Более
11 000
специалистов в штате

 **Rockpanel**[®]

облицовочные плиты для декорирования вентилируемых фасадов

 **Grodan**[®]

субстрат для овощеводства и цветоводства

 **Rockfon**[®]

акустические подвесные потолки

7 преимуществ камня



Негорючесть

Выдерживает температуру выше 1000 °С.



Теплоизоляция

Экономия энергии и оптимальный микроклимат.



Звукоизоляция

Защита от шума и акустический комфорт.



Долговечность

Улучшенные эксплуатационные характеристики и повышенная стабильность при меньших затратах.



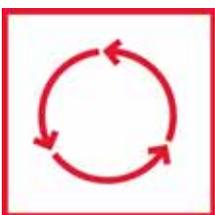
Эстетика

Гармоничное сочетание эксплуатационных и эстетических качеств.



Взаимодействие с водой

Наши продукты предназначены для поглощения или отталкивания воды в зависимости от сферы применения.



Подлежит вторичной переработке

Материал допускает повторное использование и переработку.



Введение

Изоляционные материалы в промышленности играют отнюдь не последнюю роль. Что же подразумевает под собой отлаженный производственный цикл? Это технологическая схема из операций и установок, тщательно продуманная и сбалансированная от сырья до конечного продукта, имеющая цель – получить этот самый продукт с высоким качеством и ожидаемыми характеристиками.

Для большинства товаров и продуктов индивидуального производства и мануфактуры давно ушли в прошлое и их заменили высокопроизводительные промышленные комплексы. Представим себе ситуацию, когда на одном из участков производства с некой технологической целью трубчатый теплообменник должен подогревать определенные порции масла до заданной в технологии температуры за определенное же время. Пар, поступающий от собственной котельной завода, проходит по паропроводу определенное расстояние

и выполняет эту задачу. Но, чем будет длиннее его путь, тем сильнее пар остынет вплоть до нарушения всего технологического процесса (не успеет подогреть масло за отведенное время или его температура будет ниже требуемой).

Использование изоляции в данном контексте позволяет не только сократить потери, как энергии, так и финансовых средств в итоге, но и в общей перспективе сохранять высокую конкурентоспособность производства и низкую себестоимость конечного продукта.

Сложно перечислить все возможные области использования технической изоляции из каменной ваты ROCKWOOL, сложно описать все процессы, имеющие место на производстве. Обобщая, следует отметить, что материалы из каменной ваты ROCKWOOL способны в разы снизить теплотери как подогреваемых емкостей, так и трубопроводов, транспортирую-



щих вещества в нагретом состоянии. Предотвратить конденсацию влаги, а впоследствии коррозию, и нагрев хладагентов при расположении установок в теплой среде. Обеспечить безопасность обслуживающему персоналу, находящемуся рядом с высокотемпературным оборудованием и трубопроводами. Не допустить замерзания жидкостей и, как следствие, разрушения оборудования и трубопроводов в холодном климате.

Самое разнообразное применение теплоизоляции из каменной ваты ROCKWOOL также обусловлено свойствами материала и сырья – горных пород габбро-базальтовой группы. Каменная вата ROCKWOOL негорюча и допустимая температура применения находится в диапазоне от -180 до $+700$ °С, а сами волокна способны не плавиться до температуры $+1000$ °С. Она биостойка и не является питательной средой для птиц, грызунов, насекомых, плесеней и бактерий. Химически

инертна к маслам, растворителям и щелочам. Имеет одни из самых низких коэффициентов теплопроводности, что характеризует продукт как эффективный утеплитель. Гидрофобна и паропроницаема, а также благодаря своей структуре обладает отличными звукопоглощающими характеристиками.

Более подробную информацию о нормативных требованиях выполнения промышленной изоляции, продуктах и конструкциях можно найти в следующих главах этого издания.



Коррозия металла

Коррозия сегодня самая затратная проблема, с которой сталкивается промышленность.

Из-за коррозии трубопроводов и оборудования под изоляцией подлежат ремонту или замене их важные части при значительных финансовых и временных затратах. Это существенно сокращает потенциальный срок службы про-

мышленных объектов. Но чаще вынужденные приостановки работы и капитальные ремонты сказываются на эффективности объектов, повышая эксплуатационные расходы.

Коррозия – извечная проблема человечества с тех пор, как люди научились обрабатывать металл. С древних времен придумывают и испытывают способы, которые снижают этот экономический и экологический ущерб.

Куда утекают деньги

Любое изделие из металла подвержено коррозии с разной степенью интенсивности в зависимости от марки и условий эксплуатации. В среднем годовые затраты промышленно развитых стран на борьбу с коррозией и ее последствиями составляют 2-4% ВВП. По данным NACE (международной ассоциации инженеров-коррозионистов), в США ущерб составил 3,1% от ВВП (276 млрд долларов), в Германии – 2,8% от ВВП. Владельцы трубопроводов несут расходы на ежегодные восстановительные работы, связанные с коррозией, незапланированные

отключения оборудования, аварии, простои целых предприятий, снижение добычи.

В России ежегодно из-за коррозии теряется 12% металла от общей массы металлофонда. Каждая седьмая тонна стали предназначена для ликви-

“ Каждая седьмая тонна стали предназначена для ликвидации последствий коррозии, а не для строительства объектов ”

Замена прокорродировавшей трубы нефтеперегонной установки обходится в несколько сотен долларов. При этом час недовыработки за время простоя может стоить

20 000 \$ в час

Более 2 трлн \$

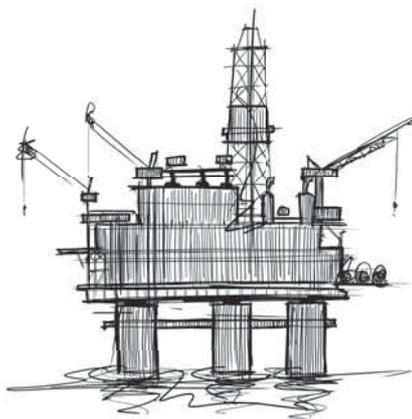
обходится мировой экономике коррозия ежегодно. Почти половину этих трат несет нефтехимическая отрасль

Около 60%

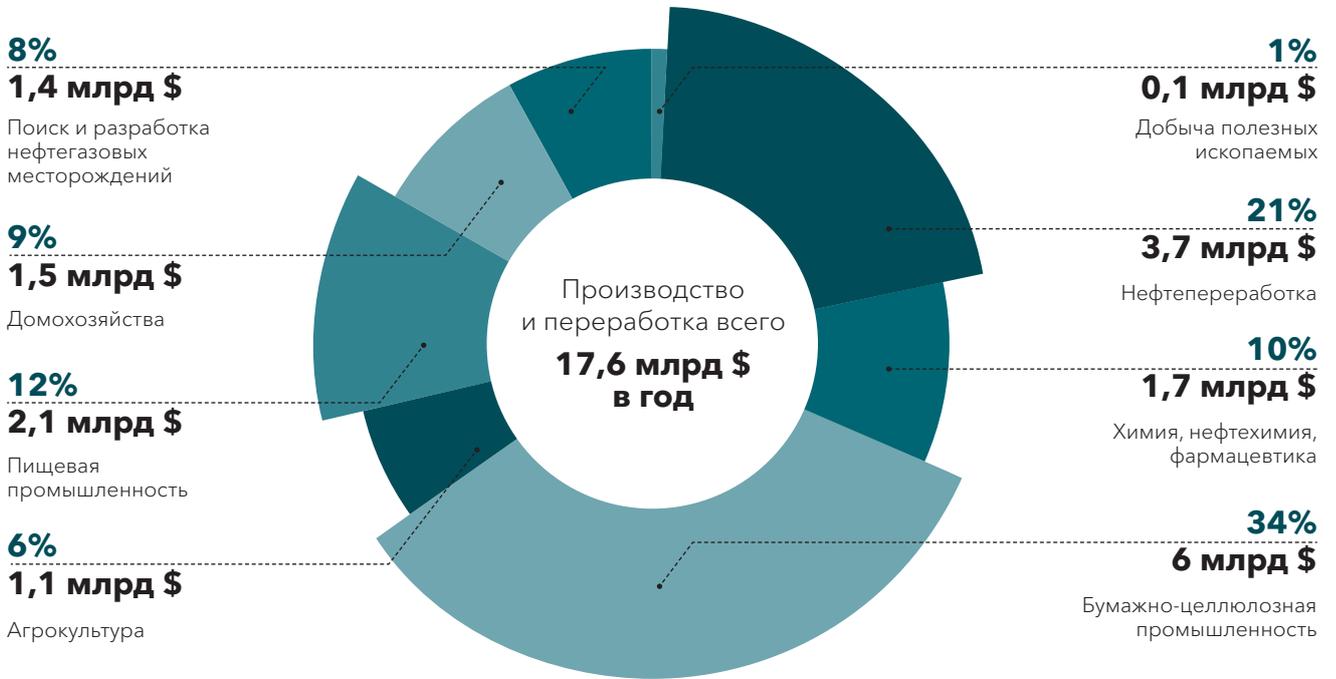
утечек в трубах происходит из-за коррозии



дации последствий коррозии, а не для строительства новых объектов. Эти потери увеличиваются год от года, в том числе из-за интенсивного развития трубопроводной сферы, нефтяной, химической и нефтехимической промышленности. Эксперты считают, что убытки, вызванные коррозией, можно снизить на 20-25%.



Если рассмотреть отраслевую структуру влияния коррозии на промышленность, то мы увидим следующую картину:



Источник: How To Prevent Corrosion by RTI (reprint from http://events.nace.org/publicaffairs/images_cocorr/ccsupp.pdf)

Матчасть

Коррозию можно классифицировать несколькими методами:

- по типу агрессивных сред, в которых протекает процесс разрушения;
- по условиям протекания коррозионного процесса;
- по характеру разрушения;
- по механизму протекания процесса.

Чаще всего используют последнюю классификацию и рассматривают методы предотвращения и борьбы именно исходя из механизмов коррозионных процессов.

Выделяют четыре вида коррозионных процессов:

1. электрохимическая,
2. водородная,
3. кислородная
4. химическая коррозия.

Электрохимическая коррозия

Разрушение металла под воздействием возникающих в коррозионной среде гальванических



элементов называют электрохимической коррозией. Это наиболее часто встречающаяся форма коррозии. При электрохимической коррозии всегда требуется наличие электролита (конденсат, дождевая вода и т. д.), с которым соприкасаются электроды – либо различные элементы

структуры материала, либо два различных соприкасающихся материала с различающимися окислительно-восстановительными потенциалами.

При соприкосновении двух металлов с различными окислительно-восстановительными потенциалами и погружении их в раствор электролита, например дождевой воды с растворенным углекислым газом (CO_2), образуется гальванический элемент, так называемый коррозионный элемент. Особо подвержены риску места соприкосновения металлов с различными потенциалами, например, сварочные швы или заклепки. Если растворяющийся электрод коррозионно стоек, процесс коррозии замедляется.

Водородная и кислородная коррозия

Если происходит восстановление ионов H_3O^+ или молекул воды H_2O , говорят о водородной коррозии, или коррозии с водородной деполяризацией. Если водород не выделяется, что часто происходит в нейтральной или сильно щелочной среде, происходит восстановление кислорода, и здесь говорят о кислородной коррозии, или коррозии с кислородной деполяризацией.

«Водородная коррозия – достаточно распространенное явление. Ее наблюдают в парогенерирующих трубах котлов ТЭС, находящихся под давлением пара и возникающего в результате диссоциации паров воды водорода. Этот водород, адсорбированный металлом, в ряде случаев интенсивно образует метан, который обезуглероживает внутренние слои труб паро-

перегревателя и, формируя газовые пузыри, вызывает разрушение труб».

«Кислородная коррозия является самым распространенным видом разрушения металла водогрейных котлов. Этому виду коррозии подвергаются все элементы котла, изготовленные из углеродистых и низколегированных сталей, которые контактируют с водой практически с любым содержанием в ней кислорода.

Кислородная язвенная коррозия развивается вглубь металла. Значительные язвы коррозии встречаются под влажным шламом (в торцах барабанов и в коллекторах).

При эксплуатации котлов кислородная коррозия наблюдается в основном на входных участках экономайзеров, и при содержании кислорода более 0,3 мг/кг она появляется на остальной части экономайзера, в барабане котла и даже в опускных трубах».

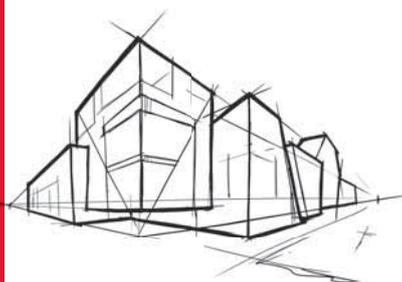
Водородная и кислородная коррозия – это необратимые процессы, повлиять на которые невозможно.

Химическая коррозия

Химическая коррозия – взаимодействие поверхности металла с коррозионно-активной средой, не сопровождающееся возникновением электрохимических процессов на границе фаз. В этом случае взаимодействия окисления металла и восстановления окислительного компонента коррозионной среды протекают в одном акте. Например, образование окалина при взаимодействии материалов на основе железа при высокой температуре с кислородом.²

Совсем избежать коррозии невозможно, но можно говорить о достаточно эффективных средствах ее замедления. Положительный экономический эффект от такого стратегического шага будет ощущаться десятилетиями. Разработка таких средств связана с выявлением факторов влияния на коррозионные процессы, чему и посвящена работа международных ассоциаций (NACE и др.) и компаний-производителей.

Компания ROCKWOOL Russia проводит исследование проблематики возникновения коррозии под изоляцией с 2015 года, в том числе с учетом европейской практики и международного научно-технического опыта. Первые результаты работы над поиском решения проблемы коррозии под изоляцией уже использованы при изменении производственной формулы технической изоляции ROCKWOOL.



Предотвращение коррозии

Распространено ошибочное убеждение, что изоляция из материала с закрытыми порами защищает от коррозии. Однако если стальная металлоконструкция не имеет соответствующего покрытия, а изоляция устанавливалась не в сухих условиях и не была защищена подходящей

погодоустойчивой обшивкой, то очень высока вероятность появления коррозии под изоляцией (КПИ) – наружной коррозии трубопроводов или оборудования, которая появляется под обшитой снаружи изоляцией вследствие проникновения воды или влаги.

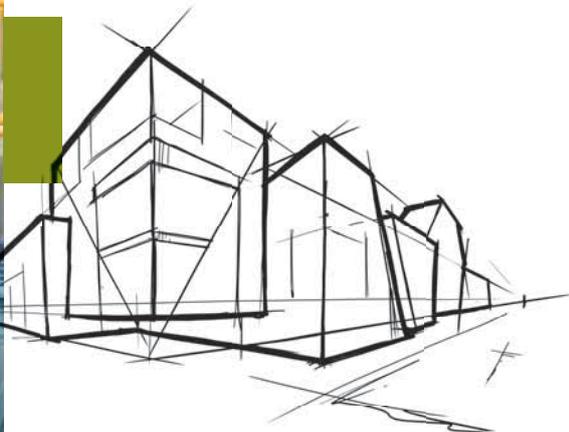
От 10 до 30%
наружной изоляции
в отрасли повреждается
или теряется в течение
1-3 лет

Фактическое снижение
уровня потерь тепла
может оказаться на 40%
ниже ожидаемого

Особенно часто
КПИ имеет место
в диапазоне температур
от 50 до 200 °С либо
в случае циклического
режима работы
оборудования

Предотвращение коррозии нужно рассматривать как серьезную задачу, которая должна решаться на этапе проектирования.

- Трубопроводы и оборудование должны проектироваться только таким образом, чтобы положение опор, фитингов и прочего максимально способствовало отведению воды, насколько это возможно.
- На трубопроводы и оборудование необходимо наносить подходящее антикоррозионное покрытие и регулярно проверять его состояние в рамках продуманного плана техобслуживания.
- Необходимо выбрать подходящий изоляционный слой, который будет соответствовать назначению и не станет источником дополнительной коррозии.
- Необходимо также выбрать подходящую систему защиты от атмосферных воздействий. Она должна соответствовать назначению, сочетаться с установленной под ней изоляцией и регулярно проверяться в рамках продуманного плана техобслуживания.



При выборе изоляции, важно учитывать не только очевидные свойства продукта, такие как теплопроводность или максимальная температура эксплуатации. Для снижения риска КПИ также важно, чтобы изоляция не воздейст

ла на стальную конструкцию, не впитывала воду и не задерживала пар, чтобы влага легко выходила сквозь изоляцию.



Химическая инертность

Коррозия стали сильно ускоряется, если из изоляционного материала можно выделить кислотные соединения. Для снижения риска коррозии незащищенной стали водная вытяжка из изоляционного материала должна быть слегка щелочной.

Содержание хлоридов

Хлориды в изоляции могут выщелачиваться и приводить к растрескиванию под внешним напряжением. Уровень содержания подверженных водному выщелачиванию хлоридов в изоляционном материале должен быть ниже 10 мг/кг.

Водоотталкивающее свойство

Концентрация выделяемых хлоридов и кислотных соединений в воде существенно влияет на степень коррозионного поражения стальных конструкций. Водопоглощение должно быть ниже 1 кг/м².



Почему стоит выбрать каменную вату ROCKWOOL?

- 1** Изоляция ROCKWOOL ProRox гидрофобизирована, что обеспечивает эффективную защиту от проникновения влаги по всей толщине слоя изоляции.
- 2** По сопротивлению проходу пара продукты ROCKWOOL ProRox близки к воздуху. Благодаря этому изоляция снижает риск образования конденсата и создает условия для естественного высыхания конструкций, отводя влагу.
- 3** Продукты ProRox не имеют капилляров, а потому не поглощают воду. Они не всасывают воду в систему изоляции. Водная вытяжка из наших материалов слегка щелочная, поэтому риск коррозии незащищенной стали крайне мал. Продукты ProRox инертны к стали.
- 4** Изоляция ProRox инертна к стальным металлоконструкциям. Она удовлетворяет требованиям новейших европейских и американских стандартов на использование с нержавеющей и углеродистой сталью.

ROCKWOOL предлагает большой ассортимент высококачественных продуктов из каменной ваты для изоляции промышленных установок. Все они входят в нашу линейку продуктов ProRox для промышленной изоляции. Каждый продукт создан в соответствии с конкретным назначением (трубопроводы, котлы, резервуары):

- Формованные навивные цилиндры ProRox
- Прошивные маты ProRox
- Формованные плиты ProRox

Продукты ROCKWOOL ProRox для промышленного применения отвечают всем стандартам промышленной изоляции и многими признаны самыми экономичными и эффективными теплоизоляционными материалами, которые к тому же отличаются экологической безопасностью.

Источники:

¹ Сборник «Научная дискуссия: вопросы технических наук».

² В. М. Горицкий «Диагностика металлов», 2004 г.

1. Теория ИЗОЛЯЦИИ



1.1. Свойства продукции.

Методы определения

1.1.1. Пожарная безопасность

Вопрос пожарной безопасности является, пожалуй, одним из основных применительно к теплоизоляции. Безопасность применяемых материалов влияет на риски возникновения очагов возгорания, распространения опасных факторов пожара, способность конструкции противостоять воздействию огня.

Именно поэтому при проектировании объектов промышленности и спецификации материалов стоит особое внимание уделять классу пожарной опасности строительных материалов. Сегодня в России основным законом, регулирующим область пожарной безопасности, является Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Согласно данному регламенту все строительные материалы разделены на шесть классов опасности. К классу пожарной опасности строительного материала относят совокупность свойств пожарной опасности материала: горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения, распространение пламени по поверхности (для некоторых видов покрытий).

Из приведенной ниже таблицы нетрудно догадаться, что самыми безопасными с пожарной точки зрения являются материалы класса КМ0, относящие к группе НГ.

Фактически классификация строительных материалов по классам пожарной опасности до сих пор не внедрена в нормативную документацию по проектированию промышленной изоляции. Основным понятием, которым оперируют своды правил, СНиПы, ведомственные указания по проектированию, является горючесть материала.

Горючесть

Согласно ФЗ-123 теплоизоляционные материалы делятся на две группы: горючие и негорючие. Горючие материалы имеют еще 4 подгруппы:

- Г1 – слабогорючие;
- Г2 – умеренно горючие;
- Г3 – нормально горючие;
- Г4 – сильно горючие.

Определение горючести материалов происходит по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть». Данным стандартом предусмотрено 2 метода испытаний материалов:

- Метод испытаний I (раздел 6 ГОСТа 30244-94) предназначен для отнесения строительных материалов к негорючим или горючим;
- Метод испытания II (раздел 7 ГОСТа 30244-94) предназначен для испытания горючих строительных материалов в целях определения их групп горючести.

Испытаниям по методу I могут быть подвергнуты однородные строительные материалы. К таким относят материалы, состоящие из одного вещества или равномерно распределенной смеси различных веществ (например, древесина, минеральная вата, полистиролбетон). Для слоистых материалов, к которым относятся материалы, изготовленные из двух и более слоев однородных материалов (например, гипсокартонные листы, бумажно-слоистые пластики), применим метод испытаний II. Если же производитель материала решает провести оценку слоистого материала по методу I, то испытания проводятся для каждого слоя в отдельности.

Оценка материалов по классам пожарной безопасности

Свойства строительных материалов	Класс опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность продуктов горения	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени по поверхности для покрытия полов	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4



Метод I. Установка для испытаний строительных материалов на горючесть по методу I

По методу I для каждого испытания изготавливают пять образцов цилиндрической формы следующих размеров: диаметр 45 мм, высота 50 мм.

Если толщина материала составляет менее 50 мм, образцы изготавливают из соответствующего количества слоев, обеспечивающих необходимую толщину. Слои материала с целью предотвращения образования между ними воздушных зазоров плотно соединяют при помощи тонкой стальной проволоки максимальным диаметром 0,5 мм.

В верхней части образца следует предусматривать отверстие диаметром 2 мм для установки термопары в геометрическом центре образца.

Образец помещают в печь, стабилизированную в температурном диапазоне 745-755° С и держат там в течение 30 минут. Во время испытания в печи также должен быть достигнут температурный баланс, т. е. показания термопар не должны изменяться более чем на 2°С в течение 10 минут.

При испытании фиксируют все наблюдения, касающиеся поведения образца, и регистрируют следующие показатели:

- массу образца до испытания;
- массу образца после испытания;
- начальную температуру печи;
- максимальную температуру печи;
- конечную температуру печи;
- максимальную температуру в центре образца;
- конечную температуру в центре образца;
- максимальную температуру поверхности образца;
- конечную температуру поверхности образца;
- продолжительность устойчивого пламенного горения образца.

Строительные материалы, подвергнутые такому испы-

танию относят к негорючим при следующих значениях параметров горючести:

- прирост температуры в печи не более 50°С;
- потеря массы образца не более 50%;
- продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

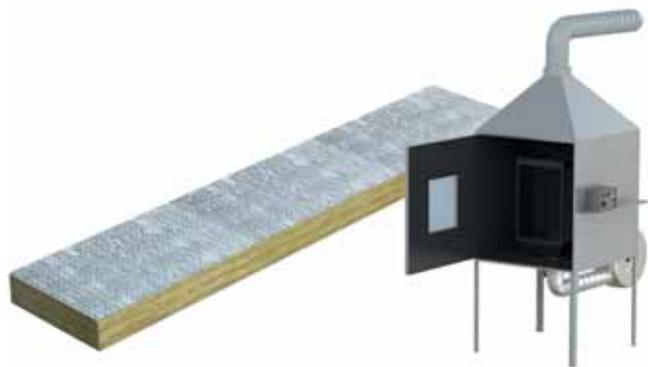
Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим.

Горючие материалы испытывают по методу II, который применяется как для однородных, так и для слоистых материалов. И если метод I предназначен для выявления является ли материал горючим или нет, то метод II призван установить, а насколько материал горюч.

Для каждого испытания по методу II изготавливают 12 образцов длиной 1000 мм, шириной 190 мм. Толщина образцов должна соответствовать толщине материала, применяемого в реальных условиях. Если толщина материала составляет более 70 мм, то толщина образцов должна быть 70 мм.

Для каждого материала проводят 3 испытания, которые заключаются в одновременном испытании сразу 4 образцов.

Установка для испытаний представляет собой шкаф с подведенными снизу газовыми горелками. С помощью вентилятора в камеру сжигания подают воздух со скоростью 10 м³/мин., также установка оборудована системой удаления газов. В камере сжигания устанавливают держатель образцов, источник зажигания, диафрагму. Переднюю стенку камеры сжигания оборудуют дверцей с остекленными проемами. В центре боковой стенки камеры следует предусмотреть отверстие с заглушкой для введения термопар.



Метод II. Установка для испытаний строительных материалов на горючесть по методу II

Держатель образца состоит из четырех прямоугольных рам, расположенных по периметру источника зажигания и должен обеспечивать стабильность положения каждого из четырех образцов до конца испытания. Держатель образца следует устанавливать на опорной раме, обеспечивающей его свободное перемещение в горизонтальной плоскости.

Продолжительность воздействия на образец пламени от источника зажигания должна составлять 10 мин. По истечении 10 мин. источник зажигания выключают. При наличии пламени или признаков тления фиксируют продолжительность самостоятельного горения (тления).

Испытание считают законченным после остывания образцов до температуры окружающей среды.

Для каждого испытания определяют следующие показатели:

- температуру дымовых газов;
- продолжительность самостоятельного горения и (или) тления;
- длину повреждения образца;

- массу образца до и после испытания.

При испытании фиксируют также следующие наблюдения:

- время достижения максимальной температуры дымовых газов;
- переброс пламени на торцы и необогреваемую поверхность образцов;
- сквозное прогорание образцов;
- образование горящего расплава;
- внешний вид образцов после испытания: осаждение сажи, изменение цвета, оплавление, спекание, усадка, вспучивание, коробление, образование трещин и т. п.;
- время до распространения пламени по всей длине образца;
- продолжительность горения по всей длине образца.

Результаты испытаний сводят в таблицу. Материалы следует относить к определенной группе горючести при условии соответствия всех значений параметров, установленных для этой группы.

Оценка группы горючести позволяет понять реакцию материала на воздействие огня и вероятный риск при его применении на том или ином объекте.

Группы горючести

Группа горючести материалов	Параметры горючести			Продолжительность самостоятельного горения $t_{c,ri}$ с
	Температура дымовых газов T_d , °C	Степень повреждения по длине S_L , %	Степень повреждения по массе S_m , %	
Г1	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Г2	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Г3	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Г4	> 450	> 85	> 50	> 300

Примечание: для материалов групп горючести Г1-Г3 не допускается образование горящих капель расплава при испытании.

Воспламеняемость

Показатели воспламеняемости определяются по ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Методы испытаний на воспламеняемость». Сущность метода данного стандарта состоит в определении параметров воспламеняемости материала при заданных уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

Параметрами воспламеняемости материала являются критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП) и время воспламенения.

Горючие строительные материалы (по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть») в зависимости от величины КППТП подразделяют на три группы воспламеняемости.

Оценка материалов по классам пожарной безопасности

Группа воспламеняемости материала	КППТП, кВт/м ²
V1	35 и более
V2	От 20 до 35
V3	Менее 20

Дымообразующая способность, токсичность продуктов горения, распространение пламени

Показатели токсичности, дымообразующей способности и индекс распространения пламени определяются по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

Коэффициент дымообразования – показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний. Значение коэффициента дымообразования применяют для классификации материалов по дымообразующей способности.

Различают три группы материалов:

- с малой дымообразующей способностью (Д1) – коэффициент дымообразования до 50 м²·кг⁻¹ включительно;
- с умеренной дымообразующей способностью (Д2) – коэффициент дымообразования свыше 50 до 500 м²·кг⁻¹ включительно;
- с высокой дымообразующей способностью (Д3) – коэффициент дымообразования свыше 500 м²·кг⁻¹.

Сущность метода определения коэффициента дымообразования заключается в определении оптической плотности дыма, образующегося при горении или тлении известного количества испытуемого вещества или материала, распределенного в заданном объеме.

Индекс распространения пламени – условный безразмерный показатель, характеризующий способность веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло.

Значение индекса распространения пламени применяется для классификации материалов:

- не распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени равен 0;
- медленно распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени свыше 0 до 20 включительно;
- быстро распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени свыше 20.

Сущность метода определения индекса распространения пламени заключается в оценке способности материала воспламеняться, выделять тепло и распространять пламя по поверхности при воздействии внешнего теплового потока.

Токсичность продуктов горения – отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных.

Значение показателя токсичности продуктов горения применяют для сравнительной оценки полимерных материалов, а также включают в технические условия и стандарты на отделочные и теплоизоляционные материалы.

Сущность метода определения показателя токсичности заключается в сжигании исследуемого материала в камере сгорания при заданной плотности теплового потока и выявлении зависимости летального эффекта газообразных продуктов горения от массы материала, отнесенной к единице объема экспозиционной камеры.

Таким образом, получив полную оценку материала с точки зрения горючести, способности к воспламенению, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения можно произвести его классификацию по пожарной опасности от класса КМ0 до КМ5.

Классификация материалов по значению показателя токсичности продуктов горения

Класс опасности	HCL50 (г·м ⁻³) при времени экспозиции в мин.			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасные (Т4)	До 25	До 17	До 13	До 10
Высоко опасные (Т3)	25-70	17-50	13-40	10-30
Умеренно опасные (Т2)	70-210	50-150	40-120	30-90
Малоопасные (Т1)	Свыше 210	Свыше 150	Свыше 120	Свыше 90

1.1.2. Теплопроводность

Теплообмен может осуществляться тремя путями: теплопроводность, конвекция и лучистый теплообмен.

Лучистый теплообмен – это теплообмен, при котором энергия переносится различными лучами. Это могут быть солнечные лучи, а также лучи, испускаемые нагретыми телами, находящимися вокруг нас.

Отличительной особенностью этого вида теплообмена является возможность осуществления через вакуум.

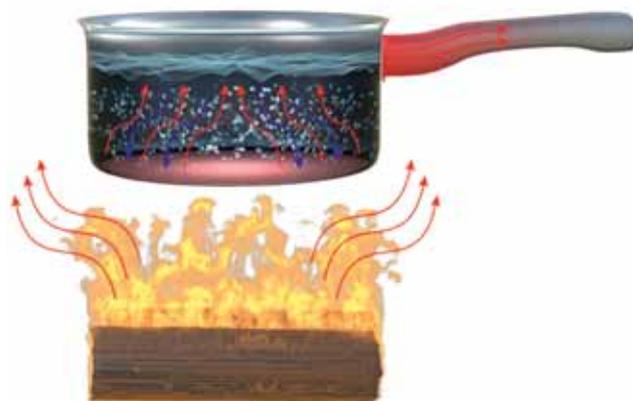
Тепловое излучение испускают все тела: электрическая плитка, лампа, земля, стакан с чаем, тело человека и т. д. Но у тел с низкой температурой оно слабое. И наоборот, чем выше температура тела, тем больше энергии оно передает путем излучения.

Именно поэтому в промышленности, где присутствуют оборудование или процессы, имеющие высокие температуры (свыше 400 °С) необходимо учитывать лучистый теплообмен при изоляции. С этой ролью, как правило, справляется слой из алюминиевой фольги, т.к. светлые блестящие поверхности отражают тепло эффективней и в результате меньше подвергаются нагреву.

Конвекция – это теплообмен в жидких и газообразных средах, осуществляемый потоками (или струями) вещества.

Наиболее наглядно конвективная составляющая теплообмена иллюстрируется работой радиатора, установленного в помещении у пола под окном.

Но о конвективной составляющей стоит также не забывать при работе с изоляционными материалами. Так как основным изолятором в минераловатных теплоизоляционных материалах является воздух, находящийся между волокнами, то при работе с высокотемпературным оборудованием и изоляцией плоских вертикальных поверхностей конвективная составля-



- 1 лучистый теплообмен (излучение), 2 конвекция, 3 теплопроводность

ющая теплообмена приобретает весомое значение. Именно поэтому при изоляции парогенераторов (котел Бенсона), вертикальных аппаратов и колонн стоит применять конвекционные барьеры, которые существенно снижают восходящие токи нагретого воздуха.

Теплопроводность – это вид теплообмена, при котором происходит непосредственная передача энергии от частиц более нагретой части тела к частицам его менее нагретой части, т.е. теплопроводность имеет атомно-молекулярный характер (само тело никуда не перемещается, а перемещается лишь энергия). Если в твердом теле существует градиент температур, то происходит передача тепла от более нагретой поверхности к менее нагретой поверхности.

Коэффициент теплопроводности показывает интенсивность теплового потока, проходящего через 1 м² поверхности при температурном градиенте 1 °С/м, при толщине материала 1 м. Измеряется в Вт/м·°С.

Из всех трех видов теплообмена теплопроводность вносит самый существенный вклад в передачу тепла, а значит, от теплопроводности напрямую зависят теплотери и вопрос их контроля.

Сегодня в строительной отрасли действует 3 стандарта, позволяющих определить теплопроводность строительного материала:

- ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме»;
- ГОСТ 30256-94 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом»;
- ГОСТ 32025-2012 «Тепловая изоляция. Метод определения характеристик теплопереноса в цилиндрах заводского изготовления при стационарном тепловом режиме».

Методика ГОСТа 7076-99 используется для измерения коэффициента теплопроводности плит и матов. Сущность метода измерений заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно лицевым (наибольшим) граням образца.

Во время тестов измеряют плотность теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца.

Аппараты для испытаний по ГОСТ 7076 могут быть трех видов:

- Рисунок 1. Аппарат с асимметричной схемой, где тепломер расположен между испытываемым образцом и холодной плитой или между образцом и горячей плитой прибора.
- Рисунок 2. Аппарат с симметричной схемой расположения тепломеров (между холодной плитой и образцом и между горячей плитой и образцом).
- Рисунок 3. Аппарат с т.н. охранной зоной, где плотность теплового потока, проходящего через испытываемый образец, определяют путем измерения электрической мощности, подаваемой на нагреватель зоны измерения горячей плиты прибора.

Методы измерения теплопроводности, изложенные в ГОСТ 7076, распространяются на строительные материалы, а также на материалы, предназначенные для изоляции промышленного оборудования. Данный стандарт позволяет определить эффективную теплопроводность, а также термическое сопротивление материалов в диапазоне температур от -40°C до $+200^{\circ}\text{C}$.

ГОСТ 30256-94 предлагает несколько иной способ измерения коэффициента теплопроводности строи-

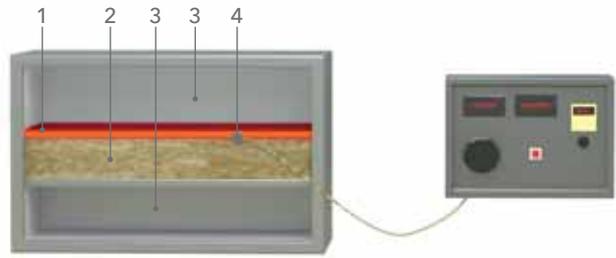


Рисунок 1. 1) нагреватель (горячая плита), 2) теплоизоляционная плита, 3) холодильник (холодная плита), 4) тепломер

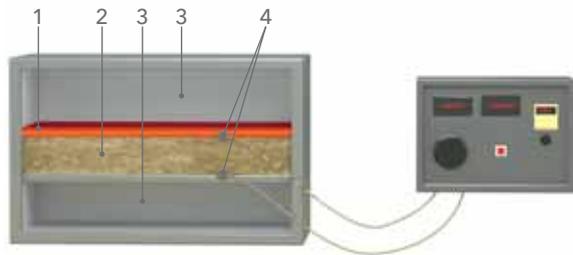


Рисунок 2. 1) нагреватель (горячая плита), 2) теплоизоляционная плита, 3) холодильник (холодная плита), 4) тепломер

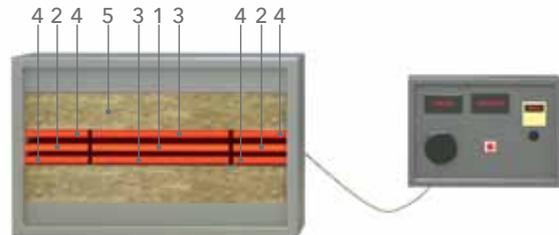


Рисунок 3. 1) нагреватель, 2) нагреватели охранной зоны, 3) плиты нагревателя зоны измерения, 4) плиты нагревателя охранной зоны, 5) теплоизоляционная плита

тельных материалов. Данный ГОСТ описывает измерение теплопроводности с помощью цилиндрического зонда при нестационарном тепловом режиме, при диапазоне температур $90-573\text{ K}$. Для теплоизоляционных материалов применяют цилиндрический зонд диаметром 1 мм и длиной 200 мм .

Измерения производятся на образцах теплоизоляционного материала в виде бруска размером $50 \times 50 \times 200\text{ мм}$ или цилиндра диаметром не менее 50 мм и длиной не менее 200 мм .

Зонд вводят в образец или изделие путем их прокалывания или в предварительно подготовленное отверстие диаметром 1 мм .

Образцы с введенными в них зондами размещают в термокамере, устанавливая каждый образец на две неметаллические опоры.

Образцы и изделия с зондами должны быть выдержаны при заданной температуре измерений не менее 2 часов.

Теплопроводность определяют не менее чем на двух образцах или изделиях и на одном изделии в случае размещения в нем двух зондов.

Универсальность метода измерений теплопроводности цилиндрическим зондом (измерениям может подвергнуться широкий спектр строительных материалов, в том числе бетон, дерево и т.д.) имеет существенный недостаток.

При попытке измерить теплопроводность готовых формованных теплоизоляционных изделий (например, цилиндр) нам необходимо изготовить брусок или цилиндр из стенки изделия. Таким образом, мы получаем сведения о теплопроводности не всего формованного изделия, а лишь о свойстве его фрагмента.

Для измерения теплопроводности готовых формованных изделий, применяемых в качестве теплоизоляционного слоя трубопроводов, используют ГОСТ 32025-2012 «Тепловая изоляция. Метод определения характеристик теплопереноса в цилиндрах заводского изготовления при стационарном тепловом режиме». Указанный ГОСТ по сути является гармонизированной версией европейского стандарта EN ISO 8497:1996 «Thermal insulation – Determination of



steady-state thermal transmission properties of thermal insulation for circular pipes».

Требования к образцам в данном методе испытаний достаточно просты – они должны иметь форму цилиндра.

Испытания проводятся на трубе. Термопары располагают на трубе, а также на изоляции. На изоляционном изделии равномерно размещается минимум 4 термопары по винтовой линии с целым числом полных оборотов и со смещением друг относительно друга в промежутке от 45° до 90°.

Испытания по данному методу позволяют определить коэффициенты теплопроводности в диапазоне температур от 50° до 350 °С с шагом 50 °С. Измерения таким образом показывают, как тепловой поток распределяется по всему изделию, а не его отдельному фрагменту.

1.1.3. Максимальная температура применения

Температура, при которой используется изоляционный материал, должна быть в пределах диапазона температур, заданных для материала, при которых обеспечивается его долгосрочная служба.

Такая температура определена как максимальная температура применения.

Максимальная температура применения – предельно допустимая температура изолируемого объекта, при которой изоляционный материал сохраняет заявленные теплоизоляционные характеристики и целостность.

При выборе изоляционного материала для применения на высоких температурных режимах, должны учитываться следующие факторы:

- Способность выдерживать нагрузки и вибрацию;
- Потеря прочности на сжатие после нагрева;
- Линейная усадка при нагреве;
- Изменение толщины после нагрева и нагрузки;
- Феномен внутреннего самонагрева (эзотермическая реакция);
- Тип покрытия изоляции;
- Опорные конструкции для изоляции;
- Опорные конструкции для облицовки.

В 2015 году в действие были введены ГОСТ 32313-2011 и ГОСТ EN 14707-2011, которые являются адаптацией EN 14706:2005 «Thermal insulating products for building equipment and industrial installations – Determination of maximum service temperature» (Изделия теплоизоляционные для инженерного оборудования зданий и промышленных установок. Метод определения максимальной рабочей температуры) для плоских изделий и EN 14707, воспроизводящий методику измерения для цилиндров.

Сущность метода ГОСТ 32312-2011 (EN 14706:2005) сводится к тому, что при одностороннем термическом воздействии при заданной скорости подъема температуры до максимальной рабочей температуры в течение заданного времени измеряют толщину образца в процессе термического воздействия, длину и ширину – до термического воздействия и после остывания образца до температуры окружающей среды.

Предварительно подготовленные образцы теплоизоляционных изделий толщиной 100 мм (или максимально возможной толщиной в случае, если таковая меньше 100 мм) помещают на прямоугольную или круглую пластину, которая впоследствии будет нагреваться.

К образцу прикладывают нагрузку 500 Па и фиксируют толщину образца с точностью до $\pm 0,1$ мм. После

этого начинается последовательный нагрев образца. Температуру нагрева образца повышают со скоростью 50 °С/ч или 300 °С/ч. По достижении ожидаемой максимальной рабочей температуры нагрев прекращают и поддерживают достигнутую температуру нагревательной пластины в течение 72 часов с точностью +10 °С или +2% достигнутой температуры (выбирают меньшее значение).

В процессе испытаний непрерывно фиксируют толщину образца с точностью до $\pm 0,1$ мм и через 72 часа после установления максимальной рабочей температуры.

Через 72 часа образец охлаждают, не вынимая из устройства, до температуры не выше 35 °С и измеряют его толщину с точностью до $\pm 0,1$ мм.

По окончании испытаний результаты обрабатываются и сводятся в график. Максимальной температурой применения изделия будет считаться температура, при которой произошла деформация образца на величину, заданную стандартом или технической документацией на продукт. В технической изоляции для изделий из каменной ваты максимальная рабочая температура, как правило, считается достигнутой при 5% или 10% деформации.



Применение максимальной рабочей температуры

Практическое применение методов тестирования варьируется в зависимости от страны и завода. В случае особых условий, где изоляция постоянно подвержена воздействию высоких динамических нагрузок и температур (например электростанции), которые не могут быть включены в измерения, необходим более продуманный выбор изоляции. Он может быть сделан на основе экспертного мнения или с использованием понижающих коэффициентов (f_a). Примером использования понижающих коэффициентов может служить немецкий стандарт AGI Q101 «Изоляционные работы на узлах электростанций». Согласно данному стандарту расчетная температура

применения (Obere Anwendungstemperatur) обычно ниже максимальной температуры применения (Anwendungsgrenztemperatur).

При выборе подходящих изоляционных материалов с точки зрения максимальной температуры применения, необходимо учитывать внешние воздействия, влияющие на систему изоляции, например:

- статические нагрузки (например, покрытие/кожух)
- динамические нагрузки (например, колебания)
- тип конструкции (с или без прокладки)

В таблице ниже отражены общие понижающие факторы (fa) для определения рабочей температуры, взятые из AGI Q101. В этом отношении, максимальная температура применения должна быть помножена на fa.

Понижающие коэффициенты (fa) для определения рабочей температуры

Понижающие факторы	Максимальная температура применения	С прокладкой и поддерживающей конструкцией	Без прокладки и поддерживающей конструкции	С прокладкой и поддерживающей конструкцией + воздушное пространство
Трубы ≥ DN 500	400	1,0	0,9	0,9
	580	0,9	0,9	0,9
	710	0,9	0,8	0,9
Трубы ≤ DN 500	400	0,9	0,8	0,9
	580	0,9	0,8	0,9
	710	0,9	0,8	0,9
Воздуховоды дымовых газов, трубопроводы горячего воздуха, стальные трубы, газотурбинные каналы	400	0,9	0,8	0,9
	580	0,9	0,8	0,9
	710	0,9	0,8	0,8
Стенки котла	0,8	0,8	0,8	0,8
Крышка котла	0,9	0,9	0,9	0,9
Мертвые зоны	0,8	0,8	0,8	0,8

1.1.4. Водопоглощение

Водопоглощение – это способность материала впитывать в себя воду и удерживать ее. Существует два стандарта определения водопоглощения теплоизоляционных материалов:

- при **кратковременном частичном погружении** (ГОСТ EN 1609-2011. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения водопоглощения при кратковременном частичном погружении);
- при **полном длительном и частичном длительном погружении** (ГОСТ EN 12087-2011 Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения водопоглощения при длительном погружении).

Метод определения водопоглощения при кратковременном частичном погружении

Метод позволяет оценить водопоглощение изделий, подвергаемых воздействию дождя продолжительностью 24 часа при проведении строительных работ.

При неполном краткосрочном погружении есть два метода определения водопоглощения – методы А и В (при методе А излишнюю, но непоглощенную воду удаляют, давая ей возможность стечь; при методе В непоглощенную воду учитывают путем вычитания массы первоначально поглощенной воды).

Применяемый метод испытания А или В указывают в стандарте или технических условиях на изделие.

Метод В применяют в случае, если первоначальное водопоглощение менее или равно 0,5 кг/м.

Для испытания требуется образец с квадратным поперечным сечением и размерами стороны 200 мм и толщиной, равной толщине изделия, из которого этот образец вырезан. Образцы вырезают так, чтобы их боковые грани не совпадали с боковыми гранями изделия, не допускается нарушение структуры. Вырезанный образец выдерживают перед испытанием не менее 6 суток (23 ± 5)°С, при такой же температуре проводят испытания. Далее образцы взвешивают для определения первоначальной массы и помещают в пустую емкость на подставку, при помощи пригруза удерживают образец в состоянии частичного погружения, затем добавляют в емкость воду до тех пор, пока нижняя грань образца не будет погружена на 10 мм ниже уровня воды, этот уровень воды должен быть постоянным во время испытания.

При методе А образец извлекают из воды через 24 часа и удаляют лишнюю воду, поместив образец

на 10 минут в вертикальном положении на сетку. Затем образец взвешивают, определяя массу.

Водопоглощение определяют по формуле:

$$w_p = \frac{m_{24} - m_0}{A_p}$$

m_0 – первоначальная масса образца, определенная при испытании, кг

m_{24} – масса образца после частичного погружения в воду в течение 24 часов, кг

A_p – площадь нижней грани образца, м

При методе В, после погружения образца в воду на заданный уровень, образец извлекают через 10 секунд, помещают на пластмассовый поддон известной массы и взвешивают поддон с образцом.

Таким образом определена масса образца с учетом первоначально поглощенной воды. Затем образец вторично помещают в емкость с водой на тот же уровень и извлекают через 24 часа, взвешивают на пластмассовом поддоне для определения общей массы.

После определения массы определяется водопоглощение по формуле:

$$w_p = \frac{m_{24} - m_1}{A_p}$$

m_1 – масса образца с учетом первоначально поглощенной воды, кг

Метод определения водопоглощения при длительном полном и частичном погружении

Испытание изделий по определению водопоглощения при длительном частичном погружении моделирует водопоглощение изделий при длительном воздействии воды в условиях строительной площадки.

Водопоглощение при длительном полном погружении не является характеристикой изделий в условиях строительной площадки, однако может применяться для некоторых изделий при их конкретном применении.

Такие испытания проводят аналогично определению водопоглощения при кратковременном погружении, только время испытания составляет 28 суток. Превосходные водоотталкивающие свойства теплоизоляции на основе каменной ваты ROCKWOOL вместе с отличной паропроницаемостью дают возможность легко и эффективно выводить пары из помещений и конструкций на улицу.

Вода, проникшая в поры теплоизоляционного материала значительно ухудшает его теплоизоляционные и другие свойства (такие, как прочность).

Для того, чтобы минеральная вата смогла «дышать», оставаться паропроницаемой и пропускать избыточные водяные пары, не скапливая в толще утеплителя,

в утеплитель при его производстве добавляется синтетическое связующее.

Благодаря такой гидрофобизирующей пропитке каменная вата обладает низким водопоглощением, а теплоизоляционные свойства остаются прежними долгие годы.

1.1.5. Прочность, сжимаемость, монтажное уплотнение

При эксплуатации теплоизоляционных материалов предполагаются различные внешние нагрузки (ветровые нагрузки, человеческий фактор, воздействие покрытых конструкций и пр.), которые могут оказывать на них влияние.

В связи с этим существует несколько характеристик, которые обязательно учитываются:

1. Прочность на сжатие
2. Сжимаемость
3. Монтажное уплотнение

Прочность на сжатие – величина, показывающая, какая нагрузка может быть приложена к материалу до того момента, когда начнется его разрушение под ее воздействием.

Прочность на сжатие определяют только у материалов высокой плотности и с мелкой пористой структурой.

Предел прочности на сжатие определяется при 10% относительной деформации, по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}$$

P – нагрузка, при которой происходит разрушение образца, кг

F – площадь первоначального поперечного сечения образца, см² (ГОСТ 17177-94)

Для материалов с меньшей плотностью, более мягких, проводят испытания на сжимаемость, поскольку они не способны выдерживать механические нагрузки без уплотнения.

Сжимаемость – способность материала под действием внешней нагрузки изменять свой объем и после прекращения действия нагрузки восстанавливать

его. Сжимаемость измеряется в процентах и определяется по формуле (при отсчете по миллиметровой шкале):

$$C_{ж} = \frac{h - h_1}{h} 100$$

h – толщина образца под удельной нагрузкой (500±7,5 Па), мм

h₁ – толщина образца после деформации под удельной нагрузкой (2000±30 Па), мм (ГОСТ 17177-94)

Учитывая коэффициент сжимаемости материала, в строительных конструкциях всегда предусматриваются различные разгружающие и опорные конструкции, которые помогают предохранить материал от уплотнения в процессе эксплуатации.

Уплотнение теплоизоляционных материалов – монтажная характеристика, определяющая плотность теплоизоляционного материала после его установки в проектное положение в конструкции. Уплотнение материалов характеризуется коэффициентом монтажного уплотнения, значение которого определяется отношением объема материала или изделия к его объему в конструкции.

Коэффициент монтажного уплотнения учитывается для всех изделий из минеральной ваты при укладке их на оборудование и трубопроводы.

Коэффициент монтажного уплотнения – величина, которая показывает, на сколько необходимо уплотнить материал при монтаже на оборудование или трубопровод, чтобы получить оптимальные характеристики теплопроводности, заявленные изготовителем теплоизоляционного материала. Толщину теплоизоляционного изделия из уплотняющихся материалов следует определять до установки на изолирующую поверхность, при этом обязательно учитывая коэффициент монтажного уплотнения.

Расчет производится по методике, изложенной в одной из статей сотрудников «НТП Трубопровод», где приведена формула расчета объема материала в конструкции и материала для заказа.

Согласно формуле получаем объем с учетом уплотнения (на 1 м.п.):

$$V_1 = K_c \pi \cdot \frac{(d_H - 2\delta_k) - d_H^2}{4}$$

K_c – коэффициент монтажного уплотнения

d_H – наружный диаметр трубопровода, м
 δ_k – толщина изоляционного слоя в конструкции, м

После того как рассчитан объем изоляции с учетом коэффициента уплотнения, K_c , выразим из него требуемую толщину.

$$\delta = \sqrt{\frac{d_H^2 + \frac{4 \cdot V_1}{\pi} - d_H^2}{2}}$$

δ – искомая толщина изоляции, для заказа, м

1.1.6. Плотность

Плотность измеряется в соответствии с ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний».

Плотность минераловатных продуктов считается по количеству волокнистых материалов в 1 метре кубическом. Особое внимание необходимо уделять при измерении чистой плотности изоляционных материалов без учета покровного слоя (например, кашировка).

Для проведения испытания берутся образцы, имеющие длину более 500 мм. При этом длина образца должна быть не менее 500 мм, ширина – не менее 500 мм или равна ширине изделия.

Отобранное для испытания изделие или образец взвешивают с погрешностью не более 0,5%. Затем измеряют размеры изделия или образца (длину, ширину, толщину, диаметр) и вычисляют его объем.

Если изделие (образец) имеет покровной материал, масса которого превышает 2% массы изделия (образца), то ее необходимо вычесть из массы изделия (образца). Объем изделия (образца) вычисляют без учета толщины покровного материала, если его номинальная толщина превышает 1 мм.

Для рыхлых и волокнистых материалов применяют также толщиномер, позволяющий измерить толщину изделий под нагрузкой 2000 Па.

По результатам измерений производится расчет плотности (ρ) по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V(1 + 0,01W)}$$

m – масса изделия (образца), кг
 W – влажность изделия (образца), определенная в соответствии с разделом 8, %
 V – объем изделия (образца)

Для изделий и образцов с покровным материалом используют следующую формулу:

$$\rho = \frac{m_2 - m_3}{V(1 + 0,01W)}$$

m_2 – масса изделия (образца) с покровным материалом, кг
 m_3 – масса покровного материала после отделения от него теплоизоляционного слоя, кг

Плотность влияет на несколько характеристик ваты, но не изделия в целом. В частности, чем выше плотность, тем выше способность материала сопротивляться сжатию, выше максимальная температура применения и выше способность проводить тепло (как правило, для низких температур теплоизоляционная эффективность менее плотных материалов выше). Поэтому для высоких температур лучше использовать продукты с высокой плотностью. На температурах же ниже 150 °С, кондуктивный перенос тепла более важен, таким образом предпочтительней будет меньшая плотность и, наоборот, для высоких температур предпочтительны материалы более высокой плотности.

1.2. Тепловой расчет, подбор толщины изоляции

1.2.1. Расчет толщины изоляции по нормированной плотности теплового потока

Данный тип расчета позволяет определить толщину теплоизоляции, исходя из условий минимизации тепловых потерь. Таблицы норм тепловых потерь, которые являются допустимыми для трубопроводов с положительными и отрицательными температурами, с прокладкой на открытом воздухе и в помещении, с круглогодичным циклом работы и периодическим¹, приводятся в СП 61.13330.2012.

Нормы тепловых потерь измеряются в Вт/м для трубопроводов и для плоской стенки в Вт/м², они были определены Госстроем на основе практических измерений и представляют собой максимально возможную тепловую защиту с учетом экономической целесообразности.

Эта методика расчета наиболее распространенная, и как правило, наибольшая толщина изоляции получается именно данным способом, то есть иные цели, определяемые другими методами расчета, также будут достигнуты при данном типе расчета. Расчет ведется согласно методике раздела В 2.1 СП 61.13330.2012.

Для плоских поверхностей и цилиндрических с диаметром более 1420 мм:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_B - t_H)}{q_F^H} \right] - R_H$$

$\delta_{\text{из}}$ – толщина изоляции, мм

K – коэффициент дополнительных потерь по табл. В1 СП 61.13330.2012

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

t_B – средняя температура теплоносителя, °С

t_H – температура окружающего воздуха, принимается +20°С для помещений; для открытого воздуха как среднегодовая или как средняя за отопительный период для систем отопления по по таблице 3.1 СП 131.13330.2012

q_F^H – нормированная плотность теплового потока, Вт/м², согласно необходимой таблице раздела 6.1 СП 61.13330.2012

α_H – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С, выбирается по табл. В.2 СП 61.13330.2012

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H}$$

Если поверхность цилиндрическая:

$$\ln B = 2\pi\lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_B - t_H)}{q_L^H} - R_H^L \right]$$

K – коэффициент дополнительных потерь по табл. В1 СП 61.13330.2012

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

t_B – средняя температура теплоносителя, °С

t_H – температура окружающего воздуха, принимается +20°С для помещений; для открытого воздуха как среднегодовая или как средняя за отопительный период для систем отопления по таблице 3.1 СП 131.13330.2012

q_L^H – нормированная плотность теплового потока, Вт/м, согласно необходимой таблице раздела 6.1 СП 61.13330.2012

R_H^L – линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной поверхности изоляции, м·°С/Вт, ориентировочные значения подбираются по таблице В.3 СП 61.13330.2012

$$B = \frac{d_H^{CT} + 2\delta_{\text{из}}}{d_H^{\text{из}}}; e = 2,718; \delta_{\text{из}} = \frac{d_H^{CT}(B - 1)}{2}$$

Расчет требуемой толщины тепловой изоляции по нормативной плотности теплового потока может быть выполнен методом последовательных приближений. Последовательность расчета для однослойной цилиндрической конструкции следующая.

Задаваясь начальным значением толщины изоляции, δ_0 , м, определяемой требуемой точностью расчета, например, 0,001 м, с помощью последовательных шагов 1, 2, 3, 4, ..., i для толщины изоляции: $\delta_1 = \delta_0 \cdot 1$; $\delta_2 = \delta_0 \cdot 2$; $\delta_3 = \delta_0 \cdot 3$, ..., $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ производят вычисление линейной плотности тепловых потоков q_L^1 ; q_L^2 ; ...; q_L^i по уравнению

$$q_L^i = \frac{\pi(t_B - t_H)}{\frac{1}{\alpha_H(d_H^{CT} + 2\delta_0 i)} + \frac{1}{2\lambda_{\text{из}} \ln \frac{d_H^{CT} + 2\delta_0 i}{d_H^{CT}}}}$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение q_L^i с заданным значением нормативного удельного потока q_L^H . При выполнении условия

$$q_L^i - q_L^H \leq 0$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta = \delta_0 i$ является искомой, обеспечивающей заданную величину тепловых потерь.

1.2.2. Расчет толщины изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами

Данный тип расчета наиболее востребован при определении толщины теплоизоляции технологических трубопроводов, так как в производстве зачастую предъявляются требования к температуре используемых веществ или теплоносителей.

Расчет проводится по методике раздела В.2 СП 61.13330.2012 и учитывает как длину участка транспортировки, так и расход вещества в кг/ч, а также его удельную теплоемкость в кДж/кг·°С.

Расчет толщины изоляции по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами

$$\frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H} \geq 2, \quad R_1^L = \frac{3,6Kl}{GC \ln \frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H}}$$

$$\frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H} < 2, \quad R_2^L = 3,6Kl \frac{\left(\frac{t'_B + t''_B}{2} - t_H\right)}{GC(t'_B - t''_B)}$$

t'_B – начальная температура вещества, °С

t''_B – конечная температура вещества, °С

t_H – температура окружающего воздуха (при расположении в помещении +20 °С; при расположении на открытом воздухе – средняя температура наиболее холодной пятидневки по таблице 3.1 СП 131.13330.2012)

K – коэффициент дополнительных потерь по табл. В.1 СП 61.13330.2012

C – удельная теплоемкость транспортируемого вещества, кДж/кг·°С

G – расход вещества, кг/ч

L – длина трубопровода, м

R_H^L – линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной поверхности изоляции, м·°С/Вт, ориентировочные значения подбираются по таблице В.3 СП 61.13330.2012

$$\ln B_{1,2} = 2\pi\lambda_{из}(R_{1,2}^L - R_H^L)$$

$$\delta_{из1,2} = \frac{d_H^{CT}(B_{1,2} - 1)}{2}$$

1.2.3. Расчет толщины изоляции по заданной температуре наружной поверхности

Данный тип расчета используют для обеспечения заданной температуры на поверхности изолированной конструкции с целью обеспечения безопасного касания теплоизоляционной конструкции обслуживающим персоналом.

Температуру на поверхности внутри помещений принимают не более:

- 55 °С – для температуры изолируемой поверхности более 500 °С
- 45 °С – для температуры поверхности от 150 до 500 °С

- 40 °С – для веществ с температурой вспышки паров не более 45 °С
- 35 °С – для температуры изолируемого вещества 100 °С и ниже, а также для веществ с температурой вспышки паров не более 45 °С

Для изолируемых объектов на открытом воздухе в рабочей или обслуживаемой зоне:

- 55 °С – при металлическом покровном слое
- 60 °С – для других видов покровного слоя

Расчет ведется согласно методике раздела В 2.3
СП 61.13330.2012.

Для плоских поверхностей и цилиндрических с диаметром более 1420 мм:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}(t_B - t_{п})}{\alpha_H(t_{п} - t_H)}$$

$\delta_{из}$ – толщина изоляции, мм

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

α_H – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С

t_B – средняя температура теплоносителя, °С

t_H – температура окружающего воздуха, принимается +20°С для помещений; для открытого воздуха – средняя максимальная наиболее жаркого месяца, по таблице 4.1 СП 131.13330.2012

$t_{п}$ – требуемая температура на поверхности, °С

Для цилиндрических

$$\ln B = \ln \frac{d_H^{CT} + 2\delta_{из}}{d_H^{CT}} = 2\pi\lambda_{из}R_H^L \frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}$$

где ориентировочное значение R_H^L принимается по таблице В.3.

$$\delta_{из} = \frac{d_H^{CT}(B - 1)}{2}$$

Рассмотренный метод является приближенным. Более точные результаты могут быть получены методом последовательных приближений.

Расчет выполняется по формуле

$$\left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_i = \frac{\ln \frac{d_H^{CT} + 2\delta_{0i}}{d_H^{CT}} \alpha_H (d_H^{CT} + 2\delta_{0i})}{2\lambda_{из}}$$

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0 , м, определяемым требуемой точностью расчета, например, 0,001 м, последовательными шагами 1, 2, 3, ..., i для толщин изоляции: $\delta_1 = \delta_0 \cdot 1$; $\delta_2 = \delta_0 \cdot 2$; $\delta_3 = \delta_0 \cdot 3$, ..., $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ производится вычисление величин:

$$\left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_1; \left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_2; \left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_3; \dots \left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_i$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение

$$\left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_i \text{ с заданным значением } \left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_p$$

При выполнении условия

$$\left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_i - \left(\frac{t_B - t_{п}}{t_{п} - t_H}\right)_p \geq 0$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ является с точностью до 1 мм заданной, обеспечивающей требуемую температуру поверхности изоляции.

1.2.4. Расчет толщины изоляции, предотвращающей конденсацию влаги из воздуха на ее поверхности

Данный расчет может выполняться только для оборудования, воздухопроводов или трубопроводов, находящихся в помещении и содержащих вещества с температурой ниже окружающего воздуха.

Расчет ведется по методике раздела В 2.4

СП 61.13330.2012 для обеспечения требуемого температурного перепада между температурой наружного воздуха t_H и температурой поверхности изоляции $t_{п}$, при которой при заданной относительной влажности воздуха не образуется конденсат.

Метод напоминает расчет по заданной температуре на поверхности, только в данном случае температуру подбирают, ориентируясь на температуру точки росы.

Для плоских поверхностей и цилиндрических с диаметром более 1420 мм:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}(t_{п} - t_B)}{\alpha_H(t_{п} - t_H)}$$

$\delta_{из}$ – толщина изоляции, мм

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

α_H – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С

t_B – температура внутренней среды, °С

t_H – температура внешней среды (+20°С для помеще-

ния или согласно заданию)

t_{Π} – температура поверхности изоляции, определяемая по таблице В.4 СП 61.13330.2012

Если поверхность цилиндрическая:

$$\ln B = 2\pi\lambda_{\text{из}}R_H^L \frac{t_{\Pi} - t_B}{t_H - t_{\Pi}}$$

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

α_H – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С

t_B – температура внутренней среды, °С

t_H – температура внешней среды (+20°С для помещения или согласно заданию)

t_{Π} – температура поверхности изоляции, определяемая по таблице В.4 СП 61.13330.2012

R_H^L – линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной поверхности изоляции, м·°С/Вт, ориентировочные значения подбираются по таблице В.3 СП 61.13330.2012

Расчет толщины изоляции, предотвращающей конденсацию влаги из воздуха на ее поверхности

$$B = \frac{d_H^{CT} + 2\delta_{\text{из}}}{d_H^{\text{из}}}; e = 2,718; \delta_{\text{из}} = \frac{d_H^{CT}(B - 1)}{2}$$

1.2.5. Расчет толщины изоляции трубопроводов с целью предотвращения замерзания содержащейся в них жидкости при остановке ее движения

$$\ln B = \ln \frac{d_H^{\text{из}}}{d_H^{\text{CT}}} = 2\pi\lambda_{\text{из}}(R_{\text{из}}^L - R_H^L) = 2\pi\lambda_{\text{из}} \left(\frac{3,6 \cdot K \cdot Z}{\frac{2(t_B - t_3)(V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot c_{\text{ж}} - V_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}})}{t_B + t_3 - 2t_H} - \frac{1}{\alpha_H \cdot \pi \cdot d_H^{\text{из}}}} \right)$$

t_B – температура жидкости до остановки ее движения, °С

t_3 – температура замерзания жидкости, °С

t_H – температура окружающего воздуха, °С

Z – заданное время остановки движения жидкости, ч

$V_{\text{ж}}$ – объем жидкости, м³

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³

$c_{\text{ж}}$ – удельная теплоемкость жидкости, кДж/(кг·°С)

$V_{\text{ст}}$ – объем материала стенки трубопровода, м³

$\rho_{\text{ст}}$ – плотность материала стенки, кг/м³

$c_{\text{ст}}$ – удельная теплоемкость материала стенки, кДж/(кг·°С)

0,25 – допустимая доля замерзания жидкости (25% от объема)

$\gamma_{\text{ж}}$ – скрытая теплота замерзания жидкости, кДж/кг

K – коэффициент, учитывающий потери тепла через опоры

Данный расчет выполняется только для трубопроводов при остановке движения вещества в нем. Как правило, он выполняется на определенное время в часах до замерзания вещества. С целью увеличения времени простоя увеличивают толщину теплоизоляции, в разумных пределах, или используют подогревающее оборудование.

Наиболее часто подобный расчет проводят для трубопроводов холодного водоснабжения, конденсаторов. Его проводят по методике раздела В.2.7 СП 61.13330.2012.

Объем вещества стенки трубопровода:

$$V_{CT} = \pi (0,001 \cdot D - 2 \cdot 0,001 \cdot \delta_{CT}) 0,001 \cdot \delta_{CT}$$

δ_{CT} – толщина стенки трубопровода, мм

D – диаметр трубопровода, мм (далее будет обозначен как d)

Объем вещества:

$$v_B = \pi \cdot \left(\frac{0,001 \cdot D - 2 \cdot 0,001 \cdot \delta_{CT}}{2} \right)^2 \cdot \frac{V}{100}$$

V – заполнение трубопровода, %

$$r_T = \pi \cdot \frac{\ln \frac{0,001 \cdot d}{0,001 \cdot d - 2 \cdot 0,001 \cdot \delta_{CT}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из}}$$

d – диаметр трубопровода, мм

$$\ln B = 2\pi\lambda_{из} \left[r_{tot} - r_T - \frac{1}{\alpha_H \pi (0,001 \cdot d + 0,1)} \right]$$

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°C

$$\delta_{из} = \frac{d \cdot 0,001 \cdot (B - 1)}{2}$$

1.2.6. Расчет толщины изоляции трубопроводов при подземной прокладке в непроходных каналах

Данный тип расчета используется для трубопроводов, уложенных ниже уровня земли в непроходных каналах.

Теплоизоляционные изделия ROCKWOOL могут быть использованы для подземной прокладки труб только в канале. Для бесканальной прокладки материалы с открытой пористостью не могут быть использованы.

Расчет ведется по методике раздела В.3.2 СП 61.13330.2012.

Тепловые потери через изолированную поверхность двух трубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале, определяются по формуле

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L = \frac{(t_{кан} - t_H)K}{R_{кан} + R_{гр}^K}$$

Температура воздуха в канале определяется по формуле

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{B1}}{R_{из1}^L + R_{H1}^L} + \frac{t_{B2}}{R_{из2}^L + R_{H2}^L} + \frac{t_H}{R_{кан} + R_{гр}^K}}{\frac{1}{R_{из1}^L + R_{H1}^L} + \frac{1}{R_{из2}^L + R_{H2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{гр}^K}}$$

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1}$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}$$

$$R_{H1}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_K(d_1 + 2\delta_{из1})}$$

$$R_{H2}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_K(d_2 + 2\delta_{из2})}$$

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi\alpha_K \frac{2bh}{b+h}}$$

здесь q_1^L, q_2^L – линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопроводов, Вт/м

d_1, d_2 – наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м

t_{B1}, t_{B2} – температуры подающего и обратного трубопроводов, °C

K – коэффициент дополнительных потерь (таблица В.1)

$R_{из1}^L, R_{из2}^L$ – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°C/Вт

R_{H1}^L, R_{H2}^L – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°C/Вт

$R_{кан}$ – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м·°C/Вт

h, b – высота и ширина канала, соответственно, м

α_K – коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным 11 Вт/(м·°C)

$\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляции в конструкции, Вт/(м·°C)

$\delta_{из1}, \delta_{из2}$ – толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м

$R_{гр}^K$ – термическое сопротивление грунта, Вт/(м·°C), определяется по формуле

$$R_{\text{гр}}^K = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{\text{гр}}}$$

$\lambda_{\text{гр}}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·°С), таблица В.6

H – глубина заложения, расстояние от оси трубы до поверхности земли, м

1.2.7. Расчет толщины изоляции по заданной величине охлаждения (нагрева) вещества в емкости

Данный расчет используется для предотвращения избыточного охлаждения или нагрева вещества, хранящегося в емкости за заданное время. Для увеличения времени хранения или следует увеличить толщину теплоизоляции в разумных пределах, или использовать подогревающее/охлаждающее оборудование.

Расчет основан на методике СНиП 2.04.14-88, так как в заменившем его СНиП 41-03-2003 подобной методики нет.

$$R_{\text{tot}} = \frac{3,6 \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right) \cdot Z \cdot F \cdot K}{(v_B \cdot c_B \cdot \rho_B + v_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}}) \cdot (t_1 + t_2)}$$

K – коэффициент дополнительных потерь, = 1,15

t_1 – начальная температура вещества, °С

t_2 – конечная температура вещества, °С

t_0 – температура окружающего воздуха (температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,98 по таблице 3.1 СП 131.13330.2012 или средняя температура наиболее жаркого месяца по таблице 4.1 СП 131.13330.2012), °С

Z – заданное время хранения вещества в емкости, ч

ρ_B – плотность вещества, кг/м³

$\rho_{\text{ст}}$ – плотность стенки емкости, кг/м³

c_B – удельная теплоемкость вещества, кДж/кг·°С

$c_{\text{ст}}$ – удельная теплоемкость стенки емкости, кДж/кг·°С

F – площадь теплоотдающей поверхности, м²

$$F = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \pi \cdot D \cdot L$$

L – длина/высота емкости, м

D – диаметр емкости, м

$$V_{\text{ст}} = \pi D L \cdot 0,001 \cdot \delta_{\text{ст}} + 2\pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot 0,001 \cdot \delta_{\text{ст}}$$

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки емкости, мм

$$V_B = \left(\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot L - V_{\text{ст}} \right) \cdot \frac{V}{100}$$

V – заполнение емкости, %

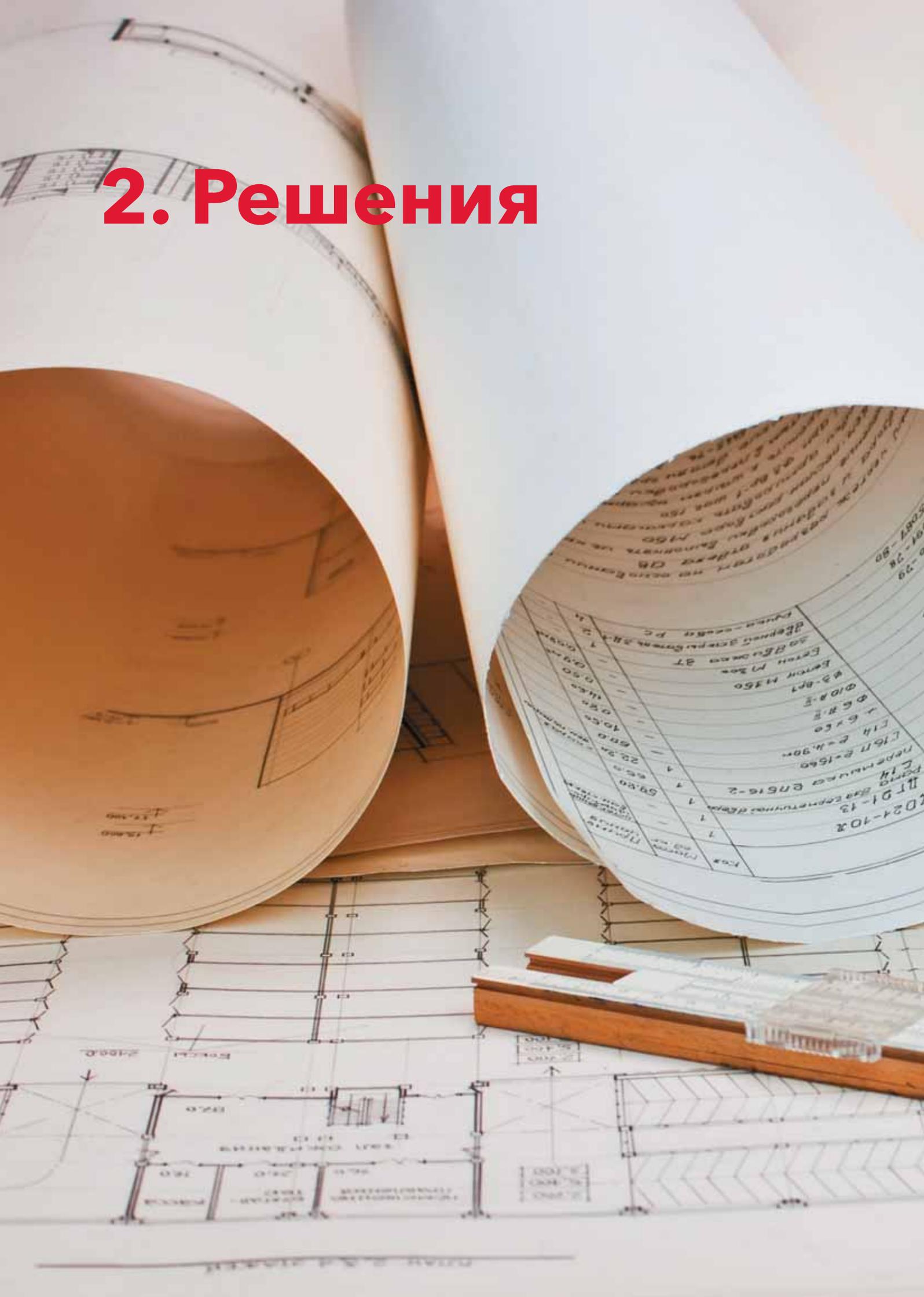
$$R_k = R_{\text{tot}} - \frac{1}{\alpha_H}$$

α_H – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С, выбирается по табл. В.2 СП 61.13330.2012

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м·°С

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \cdot R_k$$

2. Решения



2.1. Изоляция труб

2.1.1. Трубопроводы

На производственных предприятиях различных отраслей промышленности (химической, нефтехимической, топливно-энергетического комплекса) трубопроводы играют одну из центральных ролей. Трубы соединяют между собой важнейшие компоненты производственных циклов: колонны, аппараты, резервуары, котлы, турбины и прочее, являясь проводниками при транспортировке продуктов, воды, пара, топлива.

С целью обеспечения стабильной работы, сохранения характеристик транспортируемых сред в трубах должны поддерживаться необходимые для этого ус-

ловия (например, температура, вязкость, давление и др.). Наряду с правильной изометрической конструкцией, выбором правильного крепления трубопроводов изоляция также имеет важное значение.

Предсказуемый уровень теплопотерь позволяет производственному объекту окупать затраты на энергию и функционировать в заданном режиме. Что в свою очередь делает возможным проработку максимально эффективного промышленного цикла на весь запроектированный срок службы, а также позволяет избежать поломок – как результата сделанных ошибок.

2.1.2. Подготовка трубопроводов

Смонтированные трубопроводы перед изоляцией должны подвергнуться антикоррозионной обработке.

Подготовка к антикоррозионной обработке должна осуществляться в соответствии с ГОСТ 9.402-2004 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию».

В качестве антикоррозионного покрытия для металлических труб можно применить грунтовку ГФ-021 (ГОСТ 25129-82).

Также для огрунтовки металлических труб можно применить кремний-органические лаки, лаки на битумной основе (типа БТ-577), железосодержащие, цинкосодержащие, слюдосодержащие грунтовочные составы.

В случае высокой ответственности объекта рекомендуется применить многокомпонентные комплексы материалов для защиты трубопроводов от корро-

зии. Как правило, для защиты от коррозии в таких комплексах применяют двухкомпонентные грунты на основе эпоксидных смол. Для усиления барьерного эффекта и достижения высокой прочности покрытия составы на основе эпоксидных смол могут быть пигментированы фосфатом цинка или слюдой оксида железа.

При выборе конкретной марки необходимо учитывать металл, из которого изготовлены трубопроводы, условия эксплуатации (температурный режим, воздействие агрессивных сред и т. д.) и окружающей среды (например, соленый морской воздух прибрежных зон и т. д.). В случае недостаточной прочности грунтовочного слоя может понадобиться дополнительный защитный слой из полиуретанового лака или полисилоксановое покрытие с высоким сухим остатком.

При работе с грунтовочным составом необходимо строго следовать рекомендациям производителя конкретной марки продукта.

Степень агрессивного воздействия нефти и нефтепродуктов на элементы конструкций резервуаров

Элементы конструкций резервуаров	Степень агрессивного воздействия на стальные конструкции резервуаров				
	сырой нефти	мазута	дизельного топлива	бензина	керосина
Внутренняя поверхность днища и нижний пояс	средне	средне	средне	слабо	средне
Средние пояса и нижние части понтонов и плавающих крыш	слабо	слабо	слабо	слабо	слабо
Верхний пояс (зона периодического смачивания)	средне	слабо	слабо	средне	слабо
Кровля и верх понтонов и плавающих крыш	слабо	средне	средне	слабо	средне

Примечания:

1. Степень агрессивного воздействия мазута принимается для температуры хранения до 90 °С.
2. При содержании в сырой нефти сероводорода в концентрации свыше 10 мг/л или сероводорода и углекислого газа в любых соотношениях степень агрессивного воздействия на внутреннюю поверхность днища, нижний пояс, кровлю и верх понтонов и плавающих крыш повышается на один уровень.

2.1.3. Тепловая изоляция трубопроводов

Функции правильно выполненной тепловой изоляции:

- Снижение теплотерь до допустимого уровня;
- Защита от замерзания в случае остановки жидкости в трубе;
- Обеспечение стабильной технологической температуры;
- Звукоизоляция;
- Предотвращение выпадения конденсата и, как следствие, коррозии;
- Безопасность персонала при работе с высокотемпературным оборудованием.

Продукция ROCKWOOL для изоляции трубопроводов

Компания ROCKWOOL предлагает широкий выбор продуктов для изоляции трубопроводов в промышленности. Наиболее востребованными продуктами являются:

- Цилиндры навивные ROCKWOOL;
- Прошивные маты WIRED MAT;
- Легкие маты TEX MAT.

Данные изоляционные продукты разработаны для промышленной изоляции с учетом высоких требований к эффективности, функциональной стабильности и требования снижения теплотерь. Все продукты имеют опыт эксплуатации на объектах всех отраслей промышленности.

Ниже приведены типовые примеры использования изоляции ROCKWOOL на объектах.

К сожалению, мы не можем включить в один каталог все многообразие конструкций и областей применения изоляции, поэтому выбор продуктов необходимо осуществлять индивидуально для каждого случая с учетом требований, предъявляемых к объекту. В случае затруднений специалист ROCKWOOL в вашем регионе готов оказать вам возможную помощь.

При работе с изоляцией необходимо учитывать существующие нормы и стандарты, вот основные из них:

- СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (актуализированная редакция СНиП 41-01-2003);
- СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (актуализированная редакция СНиП 41-03-2003);
- СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» (актуализированная редакция СНиП 41-02-2003);
- СП 28.13330 «Защита строительных конструкций от коррозии. Лакокрасочные покрытия для защиты стальных и алюминиевых конструкций от коррозии»;
- ГОСТ 31311-2005 «Шум. Планирование мероприятий по управлению шумом установок и производств, работающих под открытым небом»;
- ГОСТ Р ИСО 15665-2007 «Руководство по акустической изоляции труб и арматуры трубопроводов».

Решения для изоляции трубопроводов

Теплоизоляционная конструкция трубопровода состоит из непосредственно тепловой изоляции (теплоизоляционное изделие, смонтированное в один или

несколько слоев), элементов крепления, защитного покрытия (защита может осуществляться от воздействия окружающей среды или механических воздействий), элементов крепления защитного покрытия. В состав теплоизоляционной конструкции может также входить пароизоляционный слой. В случае использования изоляции из матов TEX MAT, WIRED MAT или ProRox WM^{RU}, которая не может нести нагрузку от покровного слоя или внешнего воздействия, необходимо применять разгружающие конструкции (опорные кольца, опорные скобы). Данные изделия снимают нагрузку с ограждающей конструкции и переносят ее на объект в целом. При изоляции вертикальных трубопроводов разгружающие устройства используются для снятия нагрузки от изоляции и покровного слоя. Стоит помнить, что разгружающие и опорные устройства образуют тепловые мостики.

Выбор подходящей изоляционной системы зависит от многих параметров, которые подробно рассмотрены в части 1.2. Рассмотрим различные формы изоляционных конструкций и выявим различия между ними.

Теплоизоляция цилиндрами

С точки зрения снижения теплопотерь и достижения безопасной температуры на поверхности изоляции навивные цилиндры являются оптимальным продуктом. Эффект достигается благодаря низкой теплопроводности и формостабильности изделий. Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} и цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}, имеющие высокую плотность, могут применяться без опорных колец и разгружающих устройств. Это позволяет избежать образования мостиков тепла, которые снижают эффективность изоляционной конструкции. Кроме того, стоимость всей изоляционной конструкции снижается за счет экономии на материалах и работах, связанных с производством и монтажом опорных колец. Цилиндры изготавливаются под необходимый диаметр трубопровода и позволяют минимизировать риск возникновения дефектов в теплоизоляции вследствие некачественного монтажа. Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} и ProRox PS 970^{RU} предлагаются диаметрами от 18 до 273 мм.

Преимущества работы с цилиндрами:

- Нет необходимости использовать опорные конструкции на горизонтальных трубах;
- Цилиндры монтируются быстрее без использования опорных колец и разгружающих конструкций;
- Цилиндры обеспечивают ровную плотную поверхность для установки покровного слоя;
- Отсутствие опорных колец снижает количество теплопотерь;
- Обеспечивает равномерную температуру на всей поверхности ограждающей конструкции;
- Все это позволяет при работе с цилиндрами снизить стоимость операционных расходов на монтаж и избежать ошибок, связанных с квалификацией монтажников.

Теплоизоляция прошивными матами

Изоляция трубопроводов прошивными матами – проверенное временем универсальное решение на протяжении многих десятилетий. Благодаря их гибкости. Они универсальны и устойчивы к высоким температурам. Маты легко поддаются нарезке и просты в монтаже. Это актуально при использовании на трубопроводах с большим количеством крутоизогнутых отводов и Т-образных соединений. Особенно актуально применение прошивных матов WIRED MAT и ProRox WM^{RU} на трубопроводах с высокими рабочими температурами. Так как прошивные маты имеют сравнительно низкое сопротивление давлению, рекомендуется при монтаже использовать разгружающие устройства. В следствие мостиков тепла, образующихся в данном случае при температуре до 300 °С, предпочтительно использовать цилиндры навивные ROCKWOOL.

Теплоизоляция легкими матами

Пожалуй, самая требовательная к качеству монтажных работ продукция. Маты TEX MAT имеют сравнительно невысокую плотность – 43 кг/м³, вследствие чего изделия должны подвергаться уплотнению при монтаже. Коэффициент монтажного уплотнения по толщине продукции TEX MAT составляет 1,35 при диаметре изолируемого трубопровода ≤108 мм и 1,2 при диаметре изолируемого трубопровода >108 мм. Обязательным является применение в изоляционной конструкции опорных колец, а в случае монтажа матов в 2 или 3 слоя системы подвесов с разгружающими пластинами, которые предотвращают сжатие и провисание матов. При работе в легких матами TEX MAT следует помнить, что качество выолненной теплоизоляции может сильно зависеть от квалификации и практических навыков работы монтажника.

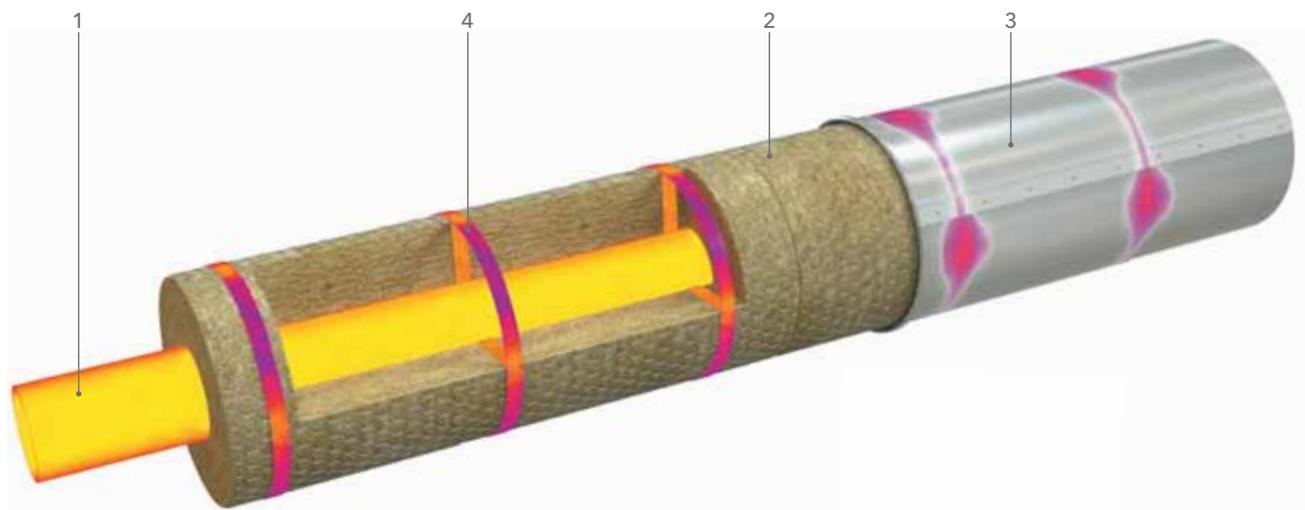
Таким образом, изоляция трубопроводов цилиндрами навивными имеет ряд существенных преимуществ

ществ, например отсутствие необходимости применять опорные конструкции, высокая скорость и простота монтажа. Такая продукция идеальна для изоляции протяженных прямых участков трубопроводов, отводов и тройников небольших диаметров. В то же время изоляция прошивными матами позволяет работать на более высоких температурах

и со сложными конфигурациями изолируемых поверхностей.

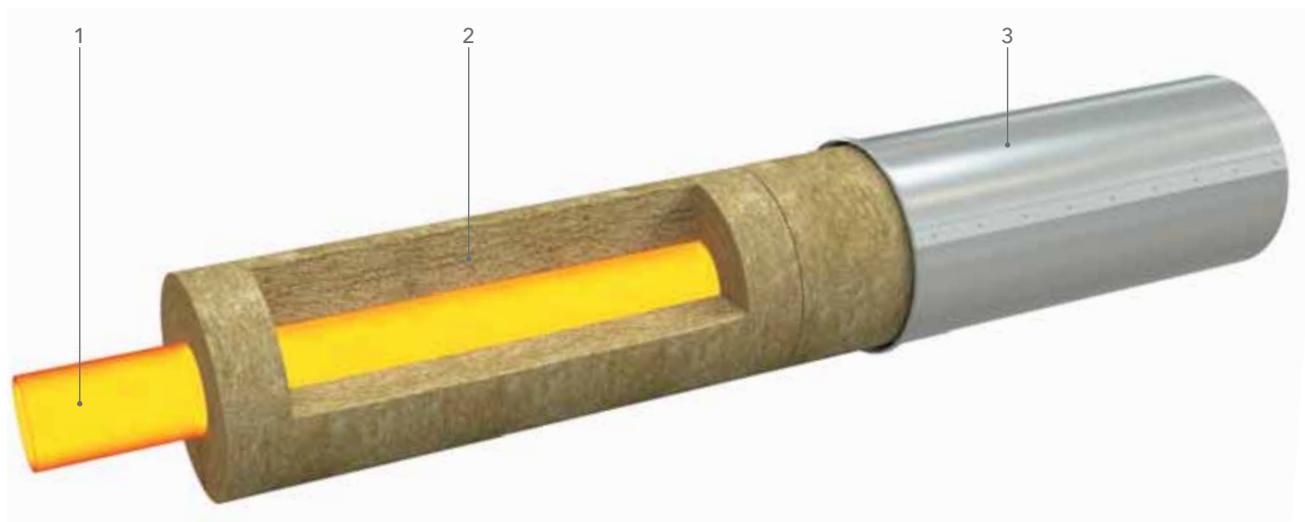
Температуры свыше 300°C, трубы большого диаметра с крутоизогнутыми отводами – наиболее подходящая область применения для матов WIRED MAT и ProRox WM^{RU}.

Влияние опорных колец на теплотерию через изоляционную конструкцию



Изоляционная система с опорным кольцом

1 труба, 2 изоляция WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 защитное покрытие, 4 распорное кольцо



Изоляционная система без опорного кольца

1 труба, 2 изоляция – цилиндр навивной ROCKWOOL, 3 защитное покрытие

Выбор оптимальной продукции для изоляции трубопроводов

Область применения	Температура	Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960 ^{RU}	Цилиндры навивные ProRox PS 970 ^{RU}	WIRED MAT 50	WIRED MAT 80, ProRox WM 950 ^{RU}	WIRED MAT 105, ProRox WM 960 ^{RU}	TEX MAT
Технологические трубопроводы с протяженными прямыми участками диаметром до 219 мм	>300°C	•••••	••••	•••	••	•	•
	300-500°C	•••	••••	••	•••	•••	•
	500-640°C			•	••••	••••	
	640-680°C		•••••		•••	••••	
Короткие участки с большим количеством фланцев, отводов, заглушек и др. Трубопроводы диаметром свыше 273 мм	>300°C			••••	••••	•	•
	300-500°C			•••	•••••	••••	
	500-640°C			••	•••••	•••••	
	640-680°C					•••••	
Трубопроводы с обогревом							
Кабельные системы обогрева	Диаметр < 273 мм	•••	•••••		••	••	
	Диаметр > 273 мм						
Пароспутники					•••	•••••	

• - наименее подходящий продукт, ••••• - наиболее подходящий продукт

2.1.4. Изоляция цилиндрами навивными ROCKWOOL

Рассматривая параметр уменьшения теплопотерь и снижения температуры на поверхности, лучшего результата среди изоляционных систем можно достигнуть используя навивные цилиндры. Это достигается благодаря низкой теплопроводности цилиндров в сравнении с прошивными и легкими матами. Более того, цилиндры имеют высокую плотность и могут использоваться без дополнительных разгружающих устройств. Как результат, в изоляции отсутствуют мощности тепла, которые негативно влияют на теплопроводность. При температурах свыше 300°C необходимо в каждом случае рассматривать необходимость применения разгружающих конструкций.

Цилиндры изготавливаются точно под необходимый диаметр с целью минимизировать риск конвекции и механических повреждений. Цилиндры навивные ROCKWOOL выпускаются диаметрами от 18 до 273 мм.

Изоляция с целью обеспечения безопасной температуры на поверхности

Таблица ниже предназначена для правильного расчета толщины изоляции с целью обеспечения безопас-

ности персонала промышленных предприятий. Данный расчет произведен при следующих условиях:

- Температура окружающей среды 20°C, место расположения – рабочая или обслуживаемая зона промышленных помещений;
- Движение воздуха не превышает 0,5 м/с;
- Покрытие: оцинкованная сталь;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя >500°C – 55°C;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя 150 > 500°C – 45°C;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя ≤150°C – 40°C;
- Изоляция: цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} и цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}.

В случае возникновения сомнений в правильности подбора толщины просим вас связаться с Центром проектирования ROCKWOOL или техническим специалистом в вашем регионе.

Примечание

Вследствие низкой теплопроводности лучшие теплоизоляционные характеристики могут быть достигнуты при использовании цилиндров по сравнению, например, с прошивными матами.

В случае изоляции прямых участков не рекомендуются комбинации из разных продуктов одинаковой толщины. Если данная комбинация является необходимостью, например, фасонные элементы или фитинги, выбор правильной толщины изоляции является чрезвычайно важным. Только в этом случае можно гарантировать, что никакой неожиданной, потенциально опасной температуры на поверхности не возникнет.

Результаты расчета для цилиндров навивных ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU}

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина изоляции (мм) при температуре теплоносителя, °С										
	≤100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
32	20	20	20	30	40	50	70	90	110	80	120
45	20	20	20	30	40	60	80	120	170	120	180
60	20	20	30	30	40	60	80	110	150	110	160
89	20	20	30	40	50	70	90	120	160	120	170
114	20	20	30	40	60	70	100	120	160	120	160
159	20	30	30	40	60	80	100	120	140	110	150
219	20	30	30	50	60	80	100	130	160	130	170
273	20	30	30	50	60	80	100	130	170	140	180

■ двуслойная изоляция

Результаты расчета для цилиндров навивных ProRox PS 970^{RU}

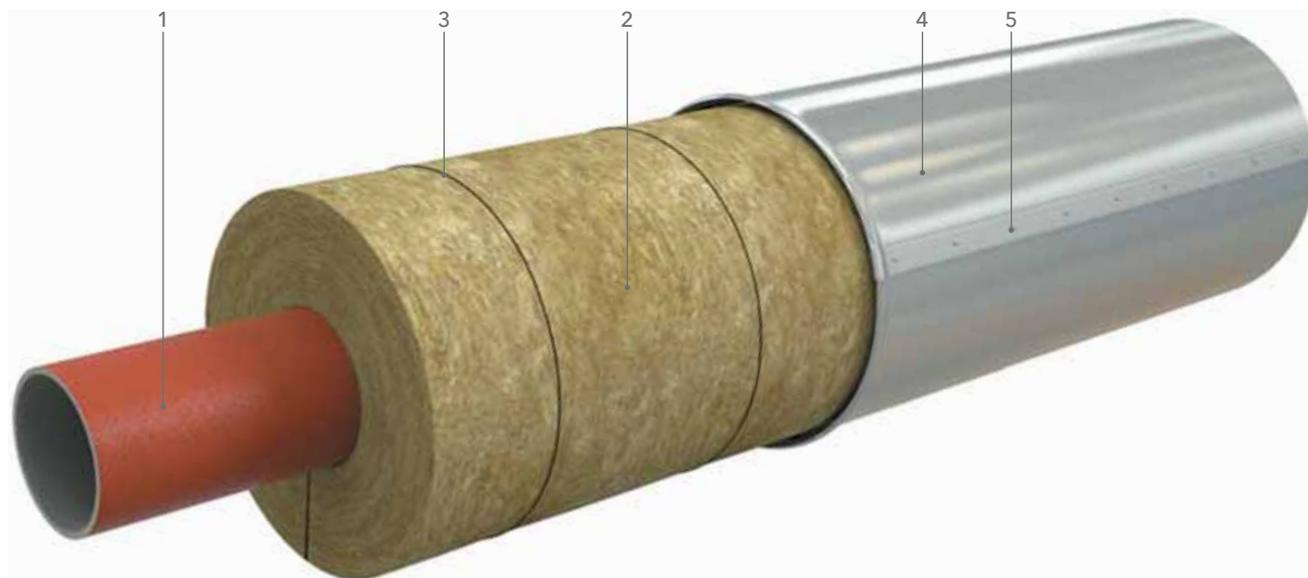
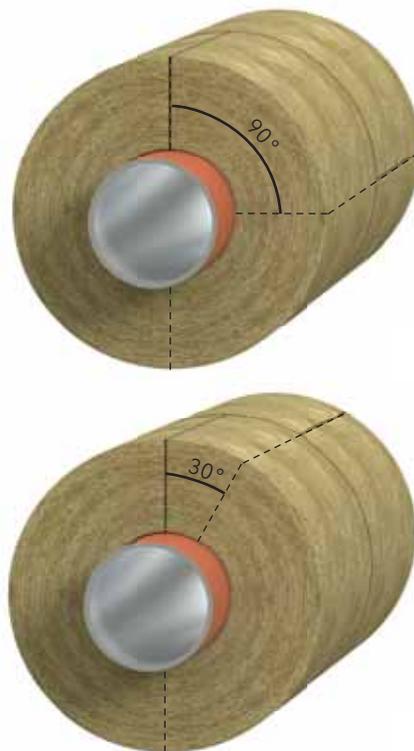
Наружный диаметр трубы, мм	Толщина изоляции (мм) при температуре теплоносителя, °С										
	≤100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
32	20	20	20	30	40	50	70	90	110	80	120
45	20	20	20	30	40	60	80	120	170	120	180
60	20	20	30	30	40	60	80	110	150	110	160
89	20	20	30	40	50	70	90	120	160	120	170
114	20	20	30	40	50	70	100	120	160	120	160
159	20	30	30	40	60	80	100	120	140	110	150
219	20	30	30	50	60	80	100	130	160	130	170
273	20	30	30	40	60	80	100	130	170	140	180

■ двуслойная изоляция

Монтаж

Перед рассмотрением изоляционных работ, следует выполнить работы по подготовке объекта, так как описано в разделе 2.1.2.

- Цилиндры навивные ROCKWOOL монтируются точно под размер трубопровода, плотно прилегая к стенке трубопровода с обязательным соблюдением разбежки продольных швов;
- На горизонтальных трубопроводах разбежку продольных швов следует производить на 90-180 градусов от плоскости предыдущего шва;
- В случае вертикального расположения продольный разрез каждого следующего цилиндра располагается с отклонением не менее 30 градусов от плоскости предыдущего шва;
- Цилиндры фиксируются вязальной проволокой или бандажной лентой, пластиковой или стальной. На один навивной цилиндр (длина 1000 мм) должно приходиться не менее 3 витков вязальной проволоки или не менее 2 бандажей с расстоянием между ними 500 мм;
- В случаях, когда толщина изоляции превышает 120 мм или температура применения свыше 300°C, изоляция должна монтироваться как минимум в два слоя. При многослойном решении следует соблюдать разбежку как горизонтальных, так и поперечных швов.



- 1 труба, 2 цилиндр навивной ROCKWOOL, 3 бандажная лента или вязальная проволока, 4 защитное покрытие, 5 крепление: винт-саморез или заклепка

Опорные и разгружающие конструкции

В большинстве случаев в изоляционных системах с цилиндрами применение разгружающих конструкций не требуется.

Для трубопроводов, которые подвержены сильным механическим нагрузкам (например, сильная вибрация) и/или температура свыше 300 °С, необходимо рассматривать каждый конкретный случай в отдельности, чтобы определить необходимость исполь-

зования распорного кольца. Говоря о вертикально расположенных трубопроводах высотой более 4 метров, необходимо предусмотреть поддерживающие устройства с целью снижения нагрузки от изоляции на трубопровод.

Первое распорное кольцо необходимо устанавливать в нижней точке вертикального трубопровода. Расстояние между распорными кольцами не должно превышать 4 метра.

2.1.5. Изоляция прошивными матами WIRED MAT и ProRox WM^{RU}

Система изоляции трубопроводов с прошивными матами зарекомендовала себя достаточно давно. Благодаря гибкости и высокой температуростойчивости прошивные маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU} могут быть применены в широком спектре промышленных решений. Маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU} легко раскраиваются и монтируются на трубу. Изоляционную систему с прошивными матами рекомендуется использовать на трубопроводах диаметром свыше 250 мм и температурой теплоносителя 300 °С и выше, также маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU} хорошо подходят для изоляции фланцевых соединений, отводов и тройников, а также оборудования со сложной конфигурацией поверхности.

Продукты WIRED MAT и ProRox WM^{RU} подвержены сжатию в случае оказания на них давления, поэтому система изоляции с прошивными матами обязательно должна иметь разгружающие конструкции, такие как опорные кольца. В связи с тем, что опорные конструкции являются мостиками тепла на температурах до 300 °С, для достижения лучшего эффекта лучше применять цилиндры навивные ROCKWOOL.

Изоляция с целью обеспечения безопасной температуры на поверхности

Таблица ниже предназначена для правильного расчета толщины изоляции с целью обеспечения безопасности персонала промышленных предприятий. Данный расчет произведен при следующих условиях:

- Температура окружающей среды 20 °С, место расположения – рабочая или обслуживаемая зона промышленных помещений;

- Движение воздуха не превышает 0,5 м/с;
- Покрытие: оцинкованная сталь;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя >500 °С – 55 °С;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя 150 < 500 °С – 45 °С;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя ≤150 °С – 55 °С;
- Изоляция: маты прошивные WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU}.

В случае возникновения сомнений в правильности подбора толщины просим вас связаться с Центром проектирования ROCKWOOL или техническим специалистом в вашем регионе.

Монтаж

Перед началом изоляционных работ необходимо произвести подготовительные работы, как это описано в Главе 1.2.

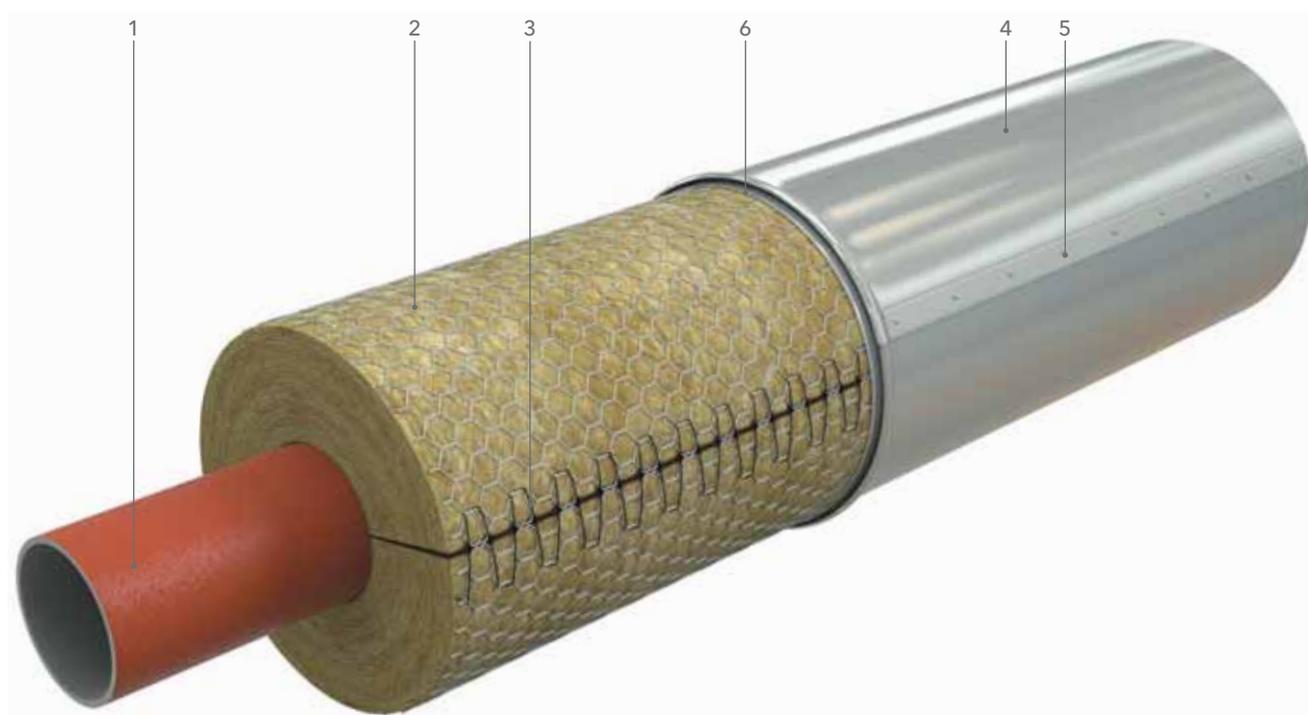
- Маты нарезаются необходимой длины, чтобы в слегка натянутом состоянии полностью покрывать трубопровод;
- Продольные и поперечные стыки сшиваются между собой стальной проволокой (0,5 мм) или зажимаются при помощи крючков;
- Трубы из нержавеющей стали и трубопроводы с рабочей температурой более 400 градусов могут изолироваться только прошивными матами, покры-

Результаты расчета для WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU}

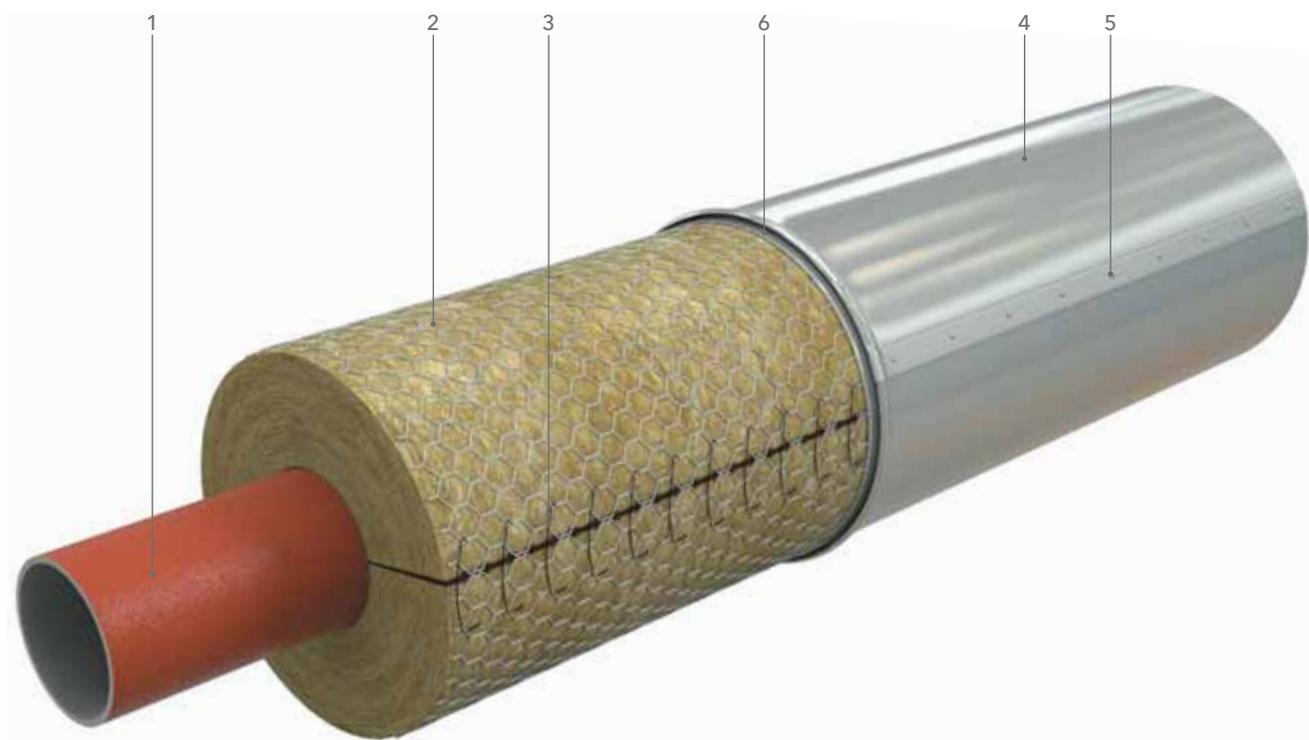
Наружный диаметр трубы, мм	Температура теплоносителя, °C										
	≤100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
18	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	50
32	40	40	40	40	40	60	70	90	100	70	100
45	40	40	40	40	40	60	80	110	150	100	140
60	40	40	40	40	50	60	80	110	140	100	130
89	40	40	40	40	50	70	90	120	150	110	140
114	40	40	40	40	60	80	100	120	150	110	140
159	40	40	40	40	60	80	100	120	140	100	130
219	40	40	40	50	60	80	110	130	160	120	150
273	40	40	40	50	60	80	100	130	160	130	160

■ двуслойная изоляция

- тыми нержавеющей сеткой и прошитыми нержавеющей проволокой, с целью предотвращения образования межкристаллических трещин;
- В случае если толщина изоляции превышает 120 мм (либо температура теплоносителя свыше 300°C), необходимо использовать многослойное решение;
- При многослойной изоляции обязательно соблюдение разбежки продольных и поперечных швов;
- При возможных механических нагрузках обязательно предусматривать применение разгружающих конструкций.



- 1 трубопровод, 2 прошивной мат WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 сшивка краев швов вязальной проволокой, 4 защитное покрытие, 5 крепление: винт-саморез или заклепка, 6 распорное кольцо



1 трубопровод, 2 прошивной мат WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 сшивание матов фиксирующими крючками, 4 защитное покрытие, 5 крепление: винт-саморез или заклепка, 6 распорное кольцо

2.1.6. Изоляция матами TEX MAT

Изоляция легкими матами является отличным решением для изоляции трубопроводов (например, при реконструкции продуктопроводов и запуске продукта по временной магистрали и т. д.). Маты TEX MAT имеют широкий диапазон температур применения. Нескрепленная структура мата позволяет его использовать в качестве набивки сложных фасонных элементов или уплотнителя при изоляции стыков и ремонте поврежденной изоляции. Также маты TEX MAT хорошо подходят для изоляции фланцевых соединений, отводов и тройников, а также оборудования со сложной конфигурацией поверхности.

Стоит помнить, что при работе с материалом TEX MAT в качестве изоляции трубопроводов необходимо соблюдать монтажное уплотнение продукта на 1,2-1,35. Качество выполненных работ сильно будет зависеть от квалификации монтажника и требует определенной подготовки и опыта.

В системе изоляции TEX MAT обязательно должны применяться опорные кольца и разгружающие кон-

струкции (система подвесов при 2-3-слойном решении).

В связи с тем, что опорные конструкции являются мостиками тепла на температурах до 300 °С, для достижения лучшего эффекта следует применять цилиндры навивные ROCKWOOL.

Изоляция с целью обеспечения безопасной температуры на поверхности

Таблица ниже предназначена для правильного расчета толщины изоляции с целью обеспечения безопасности персонала промышленных предприятий. Данный расчет произведен при следующих условиях:

- Температура окружающей среды – 20 °С, место расположения – рабочая или обслуживаемая зона промышленных помещений;
- Движение воздуха не превышает 0,5 м/с;
- Покрытие: оцинкованная сталь;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя >500 °С – 55 °С;

- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя $150 < 500^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$;
- Максимальная температура на поверхности для температуры теплоносителя $\leq 150^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$;
- Изоляция: маты TEX MAT.

В случае возникновения сомнений в правильности подбора толщины просим вас связаться с Центром проектирования ROCKWOOL или техническим специалистом в вашем регионе.

Монтаж

Перед началом изоляционных работ необходимо произвести подготовительные работы, как это описано в Главе 1.2.

- Маты нарезаются необходимой длины, чтобы в слегка натянутом состоянии полностью покрывать трубопровод;
- Возможны 2 варианта крепления матов TEX MAT при изоляции систем трубопроводов:

- 1) Крепление бандажми и подвесками для одно-, двух- и трехслойных конструкций;
- 2) Крепление на проволочном каркасе для одно- и двухслойных конструкций.

Первый вариант. Крепление бандажми и проволокой используется для матов, монтируемых на горизонтальные трубопроводы диаметрами от 45 до 159 мм включительно:

- Для матов толщиной 50-90 мм применяются бандажми из ленты 0,7 x 20 мм. Рекомендуется устанавливать не менее 3 бандажми на 1 м длины трубопровода;
- Для многослойных конструкций от 100 мм толщиной крепление матов осуществляется проволочными кольцами из стальной вязальной проволоки диаметром 2 мм. Рекомендуется устанавливать

не менее 3 проволочных колец на 1 метр длины трубопровода. Бандажми из ленты 0,7 x 20 мм устанавливаются по наружному слою так же, как и в однослойной конструкции.

Крепление бандажми, проволокой и подвесками используется для матов, монтируемых на горизонтальные трубопроводы диаметрами от 169 до 530 мм:

- Для матов толщиной 50-90 мм применяются бандажми из ленты 0,7 x 20 мм и подвески из проволоки 1,2 мм. Рекомендуется устанавливать не менее 3 бандажми на 1 м длины трубопровода. Подвески монтируются равномерно между бандажми и крепятся на трубопроводе. Под подвески устанавливаются подкладки из стеклопластика;
- Для многослойных конструкций от 100 мм толщиной крепление матов осуществляется проволочными кольцами из стальной вязальной проволоки диаметром 2 мм. Подвески 2-го и 3-го слоев крепятся к подвеске 1-го слоя снизу. Бандажми из ленты 0,7 x 20 мм устанавливаются по наружному слою так же, как и в однослойной конструкции.

Второй вариант. Крепление на проволочном каркасе используется для матов, монтируемых на горизонтальные трубопроводы диаметрами свыше 530 мм и вертикальные трубопроводы:

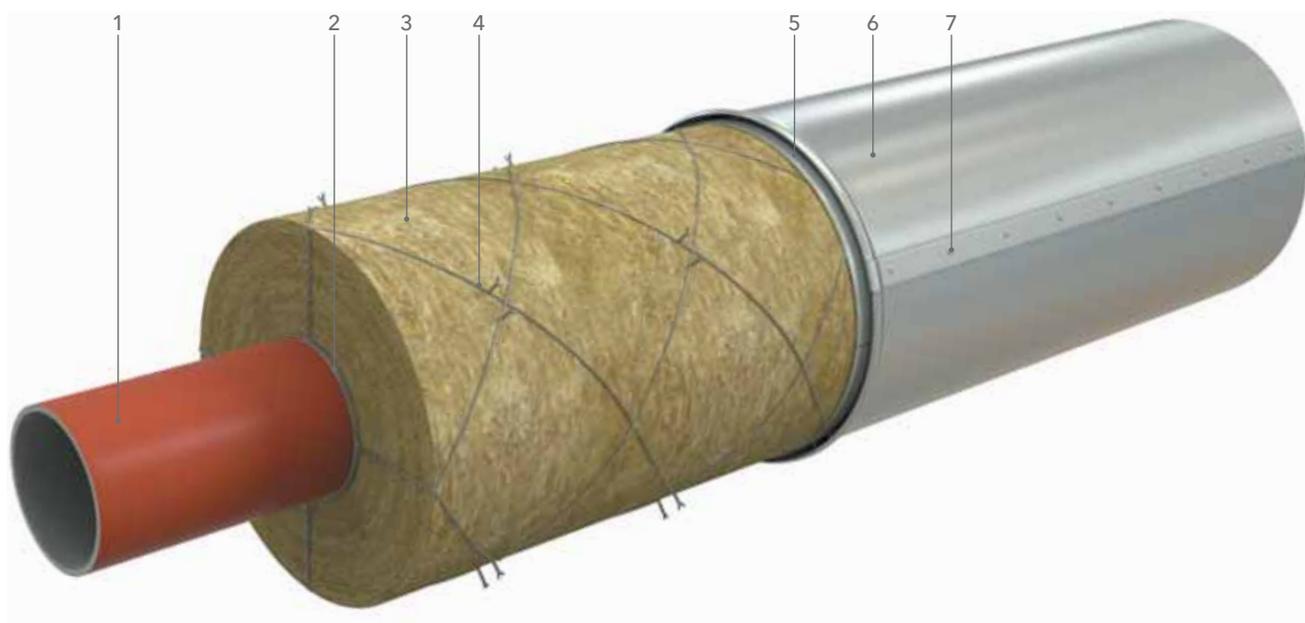
- На всю длину трубопровода с шагом 500 мм устанавливаются кольца из проволоки диаметром 2-3 мм;
- К кольцам прикрепляются пучки стяжек из проволоки 1,2 мм с шагом 500 мм по дуге кольца;
- В одном пучке должно быть 4 стяжки при изоляции в 1 слой и 6 стяжек при изоляции в 2 и более слоев;
- Стяжки прокалывают слои матов TEX MAT и закрепляют крест-накрест;

Результат расчета толщины изоляции TEX MAT

Наружный диаметр трубы, мм	Температура теплоносителя, °C							
	≤ 100	150	200	250	300	350	400	450
18	50	50	50	50	50	60	80	100
32	50	50	50	50	70	100	140	190
45	50	50	50	50	70	100	160	240
60	50	50	50	50	70	100	150	210
89	50	50	50	60	80	110	160	220
114	50	50	50	60	80	120	160	210
159	50	50	50	60	90	120	150	190
219	50	50	50	60	90	120	160	210
273	50	50	50	60	80	120	160	200

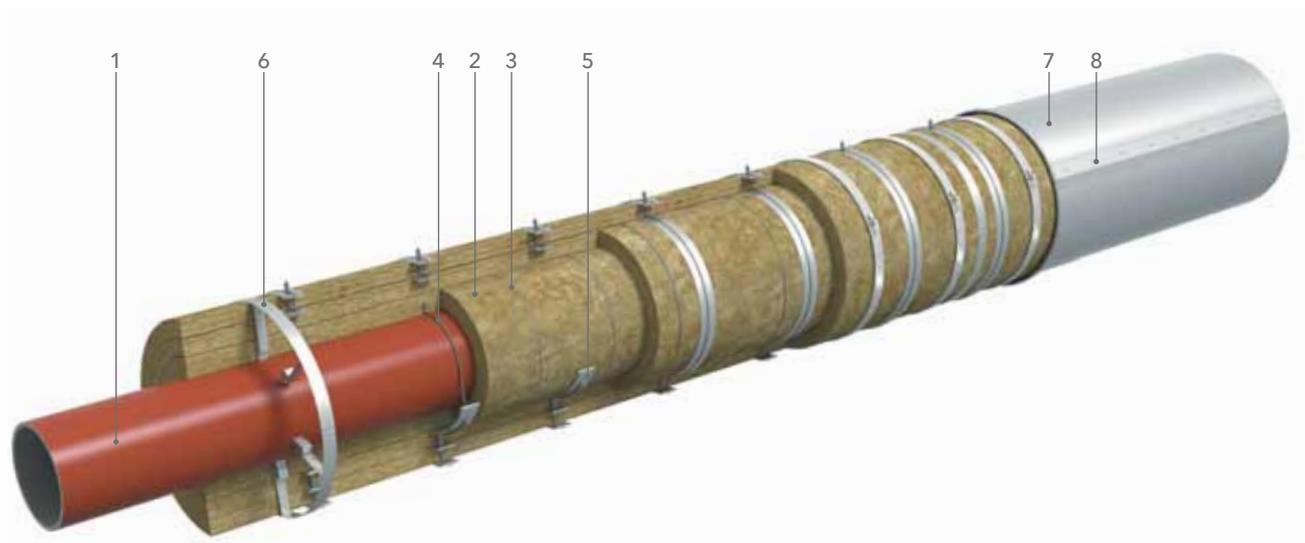
■ двуслойная изоляция

- Бандаж из ленты 0,7 x 20 мм устанавливается по наружному слою с шагом 500 мм как в однослойной, так и в многослойной конструкции;
- Для внутренних слоев изоляции в многослойных конструкциях применяют проволочные кольца из проволоки диаметром 2 мм;
- При многослойной изоляции обязательно соблюдение разбежки продольных и поперечных швов;
- Обязательно предусматривать применение разгружающих конструкций в виде опорных колец или скоб с установкой через каждые 3-4 метра длины трубопровода.



Изоляция горизонтального трубопровода матами TEX MAT в один слой с креплением проволочными стяжками

- 1 труба, 2 проволочное кольцо, 3 мат TEX MAT, 4 проволочная стяжка, 5 опорное кольцо, 6 защитное покрытие, 7 крепление винт-саморез



Изоляция горизонтального трубопровода матами TEX MAT в три слоя с креплением бандажими и подвесками

- 1 труба, 2 маты теплоизоляционные TEX MAT (в 3 слоя), 3 проволочные кольца, 4 подвеска, 5 подкладка, 6 опорное кольцо, 7 защитное покрытие, 8 крепление винт-саморез

2.1.7. Несущие конструкции: опорные кольца, опорные скобы

Так как изоляция из матов не имеет необходимого сопротивления весу ограждающей конструкции, то обязательно использование данного вида изоляции на трубопроводах в комбинации с распорными кольцами или опорными скобами. В отношении трубопроводов, расположенных вертикально более чем на 4 метра, необходимо применять разгружающие

устройства с целью предотвращения сползания изоляции под собственным весом.

Первое опорное кольцо следует расположить в самой низкой точке вертикального трубопровода. Расстояние между опорными кольцами должно составлять 3–4 метра.

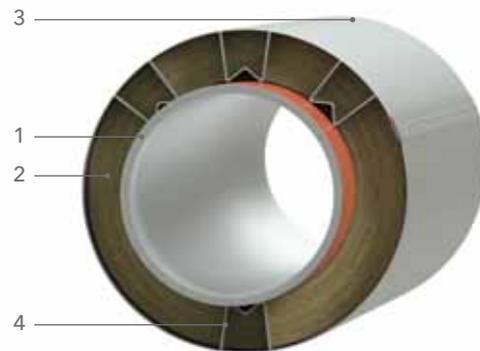
2.1.8. Опорные скобы

Опорной скобой называется элемент, изготовленный из листовой стали или алюминия и предназначенный для удержания покровного слоя на определенном расстоянии от трубопровода, в случае если изоляция не может нести нагрузку от покровного слоя самостоятельно. Опорные скобы переносят только нагрузку, которая перпендикулярна покрытию объекта. Как правило, скобы изготавливаются из металла и образуют термический мостик.

Опорные скобы необходимы, когда изоляция не в состоянии обеспечить сопротивление давлению и нагрузкам со стороны ограждающей конструкции (например в случае с прошивными матами). Рекомендуется применять опорные скобы при изоляции трубопроводов диаметрами до 219 мм и при толщине изоляции до 80 мм. Также опорные конструкции необходимы в случае использования цилиндров плотностью менее 75 кг/м³ и температурой свыше 200 °С. В случае работы оборудования в специальных условиях, например вибрация, необходимо в каждом случае определять необходимость использования опорных конструкций с цилиндрами или матами.

Размеры и расстояния для опорных скоб

Опорные скобы вставляются в распор между поверхностью трубопровода и защитным покрытием на расстоянии ≤500 мм по длине трубопровода. Расстояние между скобами по сечению трубы определяется углом в 45°. Скоба, монтируемая снизу, располагается на одной линии с верхней. Изготавливают скобы по месту монтажа из стальной или алюминиевой ленты, подгоняя под нужную толщину теплоизоляционного слоя.



- 1 трубы, 2 изоляция ROCKWOOL, 3 защитное покрытие,
- 4 опорная скоба

2.1.9. Опорные кольца

Опорные кольца предназначены для распределения нагрузки изоляционной системы и сил, действующих на изолируемый объект. Применяются опорные кольца как на горизонтальных, так и на вертикальных трубопроводах (с небольшой разницей в конструктиве) диаметром от 219 мм и при толщине изоляции свыше 80 мм.

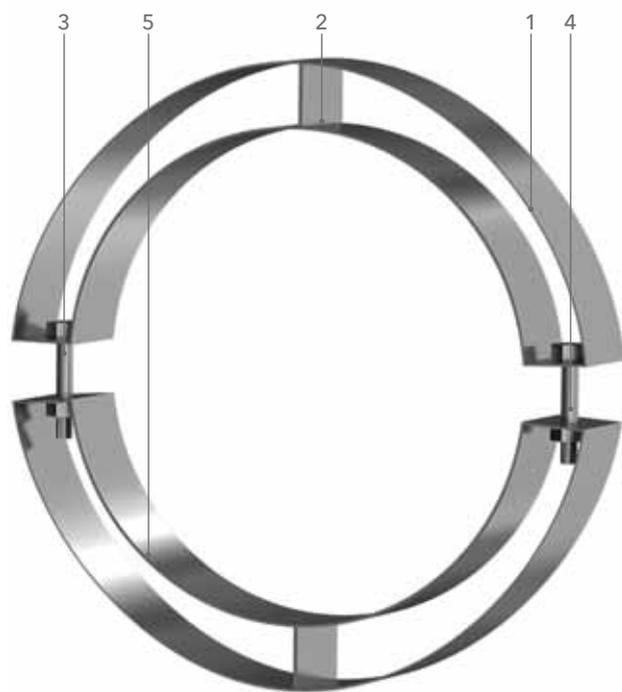
В дополнение к статической и динамической нагрузке размеры трубопровода и опорных конструкций мо-

гут меняться под действием высоких температур, что необходимо учитывать при проектировании объектов, выборе размеров элементов и расстояний между ними. В случае, если температура свыше 350 градусов, следует применять опорные конструкции из высокотемпературной стали.

Конструкции опорных колец могут быть различными. Приведем некоторые из них.

Опорное кольцо с двойным зажимным кольцом

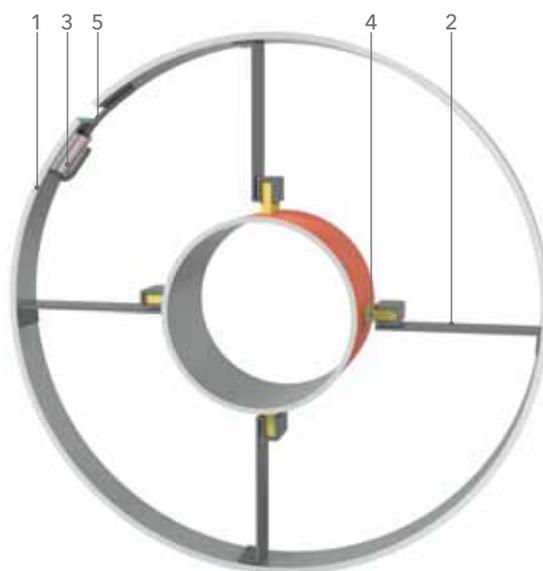
Опорная конструкция устанавливается на смонтированные крепления, которые привариваются к трубе заранее, либо монтируется прямо на трубопровод.



1 опорное кольцо, 2 лапка, 3 зажимной винт, 4 болт с гайкой, 5 внутреннее зажимное кольцо

Опорное кольцо с штыревым замком

Как правило, применяется на горизонтальных трубопроводах диаметром от 219 до 476 мм и при толщине изоляции 100 мм и более.



1 бандаж (стальная лента 2 x 30), 2 лапка (стальная лента 2 x 30), 3 скоба (стальная лента 2 x 30), 4 опора (картон асбестовый КАОН-3-8), 5 штырь (проволока 3-О-Ч ГОСТ 3282-74)

Стяжной бандаж

Используется данная разгружающая конструкция для вертикальных трубопроводов и аппаратов диаметрами от 219 мм до 1420 мм. Бандаж состоит из элементов, стягиваемых между собой болтами и гайками. Для трубопроводов диаметрами от 45 мм до 159 мм

стяжной бандаж представляет собой единое кольцо с одной стяжкой. Ребра бандажа могут быть использованы для опирания диафрагмы с навесными скобами (элементы поддержки защитного покрытия).

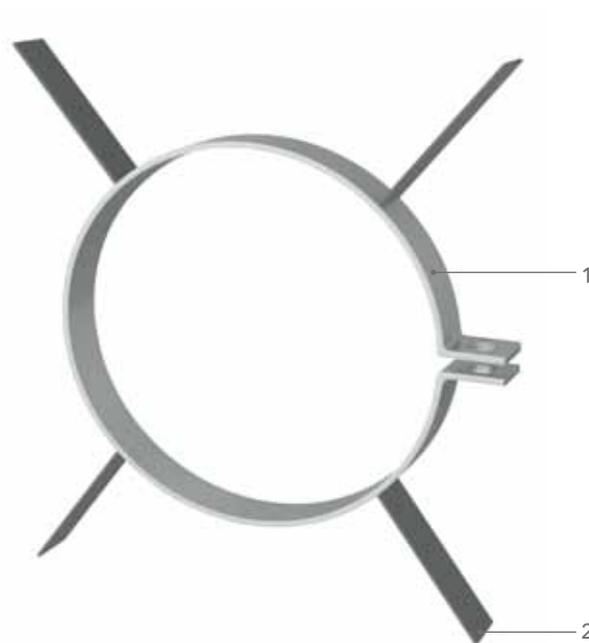
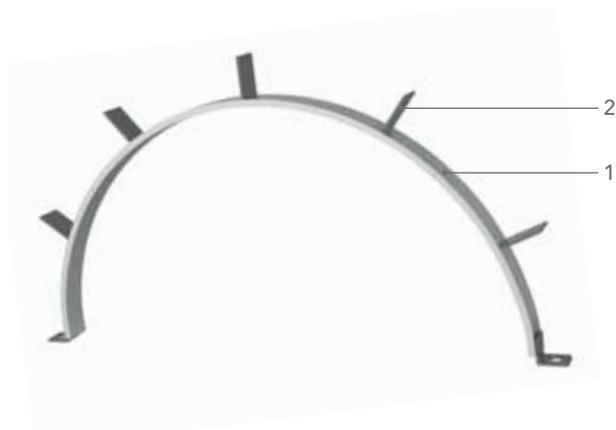


Таблица ниже поможет определить вес изоляционной конструкции в отношении к диаметру трубы и толщине изоляции. Толщина рассчитана для изоляционного

материала с условной плотностью $100 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$, включая опорные конструкции и 1,00 мм гальванизированный стальной покрывной лист ($11 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$).

Масса изоляции (кг/пг. м трубы)

Диаметр трубы			Масса изоляции (кг/пг. м трубы) при толщине изоляции, мм							
ДУ	дюймы	мм	30	40	50	60	80	100	120	140
15	½	21,3	4	5	6	8	11	15	19	24
25	1	33,7	4	5	7	8	12	15	20	25
50	2	60,3	5	7	8	10	13	17	22	27
65	2 ½	76,1	6	7	9	10	14	18	23	28
80	3	88,9	7	8	10	11	15	19	24	29
100	4	114,3	8	9	11	12	16	21	26	31
200	8	219,1	12	14	16	18	23	28	33	39
300	12	323,9	17	19	21	24	29	35	41	47
500	20	508,0	25	28	31	34	40	47	54	62
700	28	711,0	34	37	41	44	52	60	69	78
Плоские поверхности (ДУ > 1400 мм)			15	16	17	18	20	22	24	26

2.1.10. Покрывной материал (защитное покрытие)

С целью защиты изоляционного материала от механического повреждения и атмосферных явлений либо иных воздействий окружающей среды, следует использовать покрывной материал. Выбор подходящего покрывного материала зависит от различных факторов, таких как рабочая нагрузка, срок службы, защита от ветровых и снеговых нагрузок, окружающих температур и условий.

При выборе подходящего покрывного материала необходимо учитывать следующее:

- Как правило, внутри помещений используется гальванизированная сталь, это обусловлено механической стойкостью, огнезащитными свойствами и низкой температурой на поверхности гальванизированной стали (в сравнении с алюминиевым покрытием);
- Простой алюминий используется на открытом воздухе, так как его легче монтировать, он дешевле нержавеющей стали и также не корродирует под воздействием погодных условий;
- В агрессивной среде алитированная сталь (кислотоупорный плав), нержавеющая сталь либо сложный полиэфир используются в качестве покрывного материала. В случае высокого риска возникновения огня рекомендуется использовать нержавеющую сталь;

- Температура на поверхности покровного слоя зависит от типа материала. Необходимо помнить следующее правило: чем больше блеска, тем выше температура на поверхности (при равной толщине теплоизоляции одним и тем же материалом температура на поверхности оцинкованного кожуха будет выше, чем на поверхности кожуха из окрашенного алюминия);
- С целью избегания риска электрохимической коррозии необходимо применять материалы, не имеющие слабый потенциал при контакте;
- С целью улучшения звукоизоляционных свойств конструкции шумопоглощающие материалы устанавливаются с соответствующим покровным слоем (битумное покрытие, лавсановая пленка – ПЭТФ). В таком случае необходимо учитывать, что максимальная температура применения покровного материала должна быть не ниже температуры звукоизоляционного материала.

Толщина металлического покрывного листа обычно зависит от диаметра трубопровода и типа металла. В случае особых акустических требований обычно используется большая толщина (более 1 мм).

Примечание

Долговечная изоляционная система не предназначена для прогулок человека весом в 100 кг вместе с инструментом. Долговечная изоляционная система не предназначена для несения дополнительных нагрузок, таких как склад тяжелых фитингов. Из соображений безопасной эксплуатации, долговечный изоляционный материал – это не место для прогулок!

Взаимодействие металлов при использовании в покровных слоях

Металл	Соотношение объемов контактирующих материалов*	Контактирующий материал					
		Цинк	Алюминий	Ферритная нержавеющая сталь	Свинец	Аустенитная нержавеющая сталь	Медь
Цинк	меньше	-	С	С	В	В	В
	больше	-	Н	Н	Н	Н	Н
Алюминий	меньше	Н	-	Н	В	В	В
	больше	Н	-	Н	С	Н	В
Ферритная нержавеющая сталь	меньше	Н	Н	-	В	В	Н
	больше	Н	Н	-	Н	Н	Н
Свинец	меньше	Н	Н	Н	-	В	В
	больше	Н	Н	Н	-	С	С
Аустенитная (сложнолегированная) нержавеющая сталь	меньше	Н	Н	Н	Н	-	С
	больше	Н	Н	Н	Н	-	Н
Медь	меньше	Н	Н	Н	Н	Н	-
	больше	Н	Н	Н	Н	Н	-

* Например, цинк → меньше → алюминий (показывает вероятность "С" коррозии при взаимодействии малого количества металла (сетка теплоизоляционного материала, опорный элемент конструкции, крепеж) с большим количеством контактирующего металла (покровной слой)).

Н – низкая скорость коррозии, слабое взаимодействие материалов;

С – скорость коррозии может увеличиться за счет изменения условий окружающей среды (например, высокая влажность воздуха или соленый морской воздух);

В – высокая скорость коррозии, сильное взаимодействие металлов при непосредственном контакте.

Выбор покровного слоя с учетом условий эксплуатации

Покровной материал	Агрессивная среда	Максимальная температура на поверхности		
		< 50 °С	< 60 °С	> 60 °С
Алюминий листовой	-			+
Алюминий / оцинкованная сталь	-			+
Гальванизированная сталь	-			+
Аустенитная сталь	+			+
Алюминизированная сталь	+			+
Композитное покрытие пластик + сталь или пластик + алюминий	-		+	
Сложный полиэфир	+			90 °С
Герметик/мастика	-			80 °С
Фольга	-		+	

Рекомендованные толщины покрывных материалов и нахлестов из мягких покрывных материалов (в соответствии с DIN 4140)

Диаметр окружности, мм	Минимальная номинальная толщина покрывного материала			Нахлест	
	Сталь покрытая: - цинк - алюминий - алюм-цинк - пластик	Аустенитная сталь в соответствии с DIN EN 10028-7 и DIN EN 10088-3	Алюминий	Продольное соединение	Соединение по окружности
До 400	0,5	0,5	0,6	30	50
400-800	0,6	0,5	0,8	40	50
800-1200	0,7	0,6	0,8	50	50
1200-2000	0,8	0,6	1	50	50
2000-6000	1	0,8	1	50	50
Более 6000	1	0,8	1,2	50	50

а) Возможно применение меньшей толщины. Обратитесь к производителям покрывных материалов.

б) Нахлест по окружности не требуется на покрытиях, где предварительно произведена зиговка.

Структурный анализ может потребоваться в случае использования тяжелого покрывного материала и высоких ветровых нагрузок.

В этом случае следует применять крепежные элементы, согласованные надзорным органом.

Рекомендации ОАО «Теплопроект» по выбору толщины металла по TP 12328-ТИ.2018

Материал защитного покрытия	Толщина листа, мм, при диаметре изоляции			
	≤ 350 мм	350 < 600	600 < 1600	1600 <
Листы и ленты из нержавеющей стали ГОСТ 4986-79, ГОСТ 5582-75	0,35-0,5	0,5	0,5-0,8	0,5-0,8
Листы из тонколистовой стали ГОСТ 14918-80	0,35-0,5	0,5-0,8	0,8	1,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов* ГОСТ 21631-76 Лист АД1. Н-δ	0,3-0,5	0,5-0,8	0,8	1,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов* ГОСТ 13726-97, Лист АД1. Н-δ	0,25-0,3	0,3-0,8	0,8	1,0

* Листы и ленты толщиной 0,3 применять гофрированными.

Примечание

Для снижения риска электрохимической коррозии очень важно, чтобы применялись правильные винты, бандажи и др. См. таблицу взаимодействия металлов.

Основные правила применения крепежа

- Покрывной материал необходимо крепить на продольном нахлесте, используя как минимум 6 металлических винтов либо глухих заклепок на каждый метр;
- Крепеж следует располагать на одинаковом расстоянии друг от друга; если винты или заклепки установлены в два ряда, не следует их крепить в шахматном порядке;
- Покрывной материал можно закрепить коррозионностойким бандажом вместо/вместе с винтами и заклепками;
- Алюминиевые винты использовать нельзя.

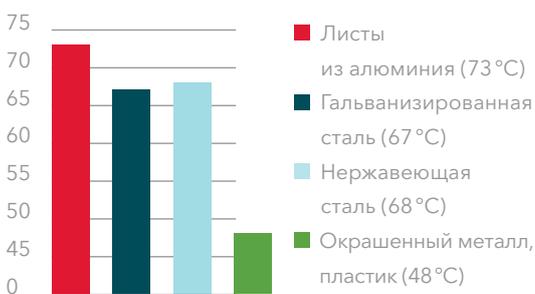
Влияние покрывного материала на температуру на поверхности

В дополнение к толщине изоляции, коэффициенту теплопроводности изоляции и окружающим условиям (например, температура и сила ветра), температура на поверхности зависит также от способности к теплообмену покрытия. Чем ниже способность к теплообмену (тепловыделению) у материала, тем выше температура на его поверхности.

Следующие примеры показывают различные температуры на поверхности, зависящие от покрывного материала:

- Диаметр: DN 100 (114 мм);
- Температура среды: 500 °С;
- Месторасположение: внутри (движение воздуха 0,5 м/с);
- Изоляционный материал: WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU} толщиной 100 мм;
- Различные типы покрытия:
 - Алюминий;
 - Гальванизированная сталь;
 - Нержавеющая сталь;
 - Окрашенный металл, пластик.

Температура на поверхности покрытия, °С



2.1.11. Трубные подвесы и опоры

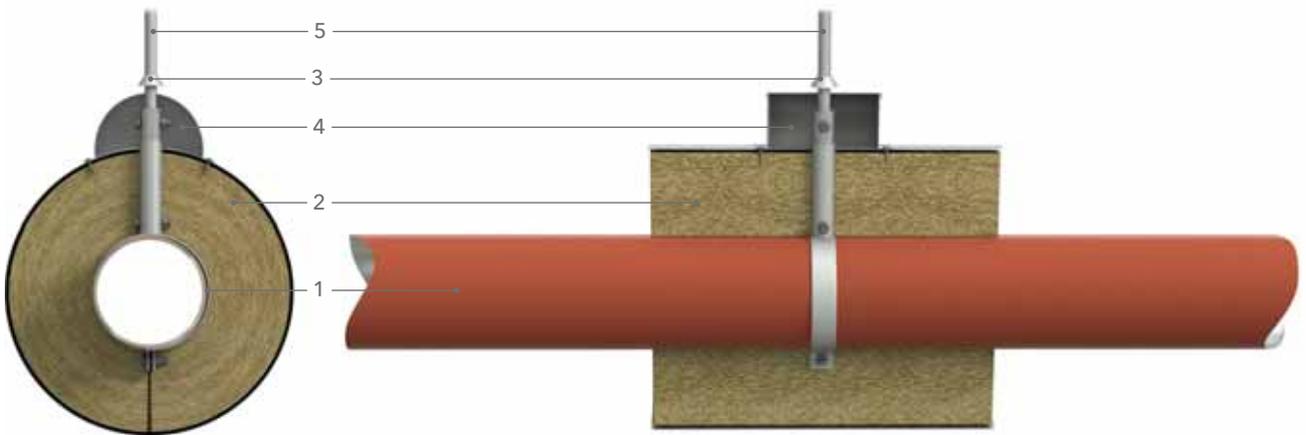
На рынке предлагается широкий выбор трубных подвесов и опор. Ниже рассмотрим способы монтажа крепежных элементов и изоляционной системы:

- трубные подвесы в соприкосновении с трубопроводом;
- трубные опоры в соприкосновении с трубопроводом;
- трубные опоры, не соприкасающиеся с трубопроводом (обычно используется в системе с хладагентом).

Покрывной материал в агрессивной среде

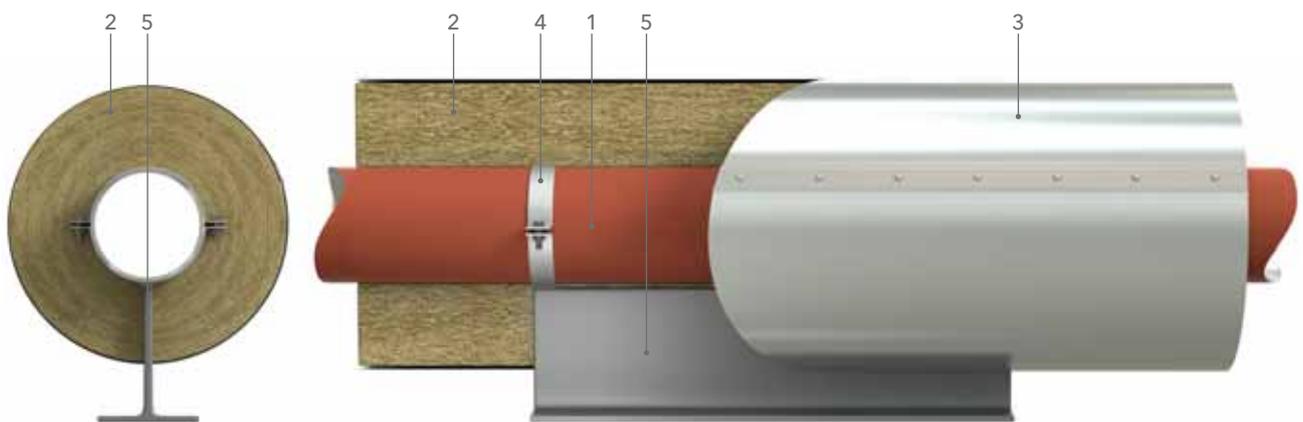
Для обеспечения выполнения функции технической изоляции важно защитить ее от атмосферного влияния, в частности, чтобы влага не попала в изоляцию. Влага в изоляционной системе увеличивает коэффициент теплопроводности, таким образом снижая эффективность теплоизоляции и увеличивая риск возникновения коррозии компонентов.

В некоторых областях применения покрывной материал должен быть химически устойчивым, также быть устойчив к различным методам очистки, например обработка паром под высоким давлением, дезактивация – обработка кислотными растворами и т. д. Кроме изоляции и конструктива, выбор подходящего покрывного материала также играет определенную роль, т. к. формирует базу для продолжительной эксплуатации, низких расходов на эксплуатацию и низкие теплотери.



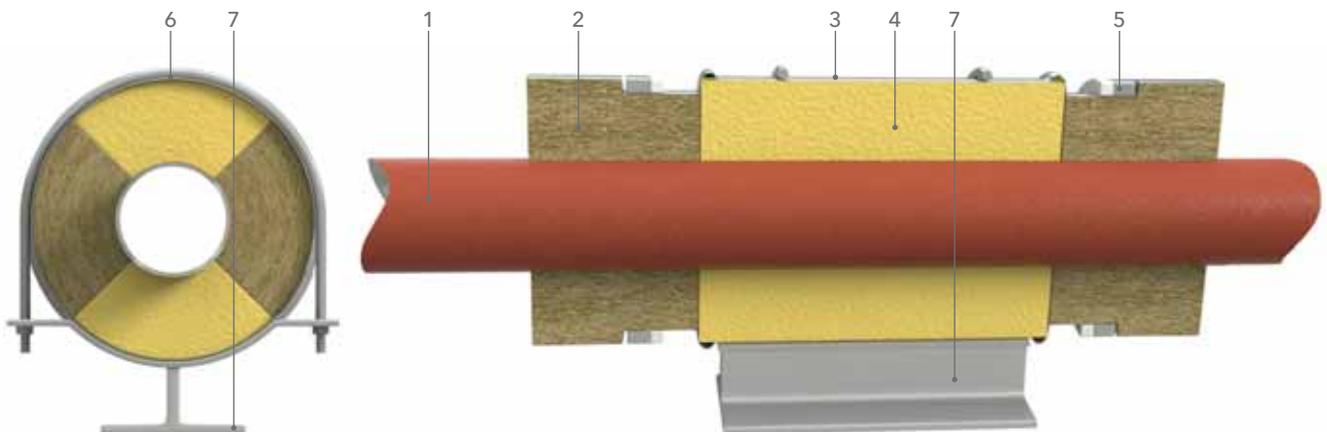
Трубные подвесы в соприкосновении с трубопроводом

1 трубопровод, 2 изоляция, 3 воротник, 4 покрывной материал, 5 трубный подвес



Трубные опоры в соприкосновении с трубопроводом

1 трубопровод, 2 изоляция, 3 покрывной материал, 4 трубный зажим, 5 хомутная опора для труб



Трубные опоры, не соприкасающиеся с трубопроводом

1 трубопровод, 2 изоляция, 3 покрывной материал, 4 нагружаемая конструкция, 5 уплотнитель, 6 приспособление U-образной формы, 7 опора с изоляционным рукавом и зажимами

2.1.12. Изоляция трубной арматуры и фланцев

Теплопотери вызванные отсутствием изоляции таких элементов, как трубная арматура и фланцы, в том числе и на низких температурах, существенны. Например, неизолированные элементы арматуры одного здания теряют столько же тепла, сколько с 20 метров трубопровода с температурой в 100 градусов. Более того, температура жидкости в неизолированной арматуре может уменьшиться до критической отметки, когда, например, может начаться ее кристаллизация.

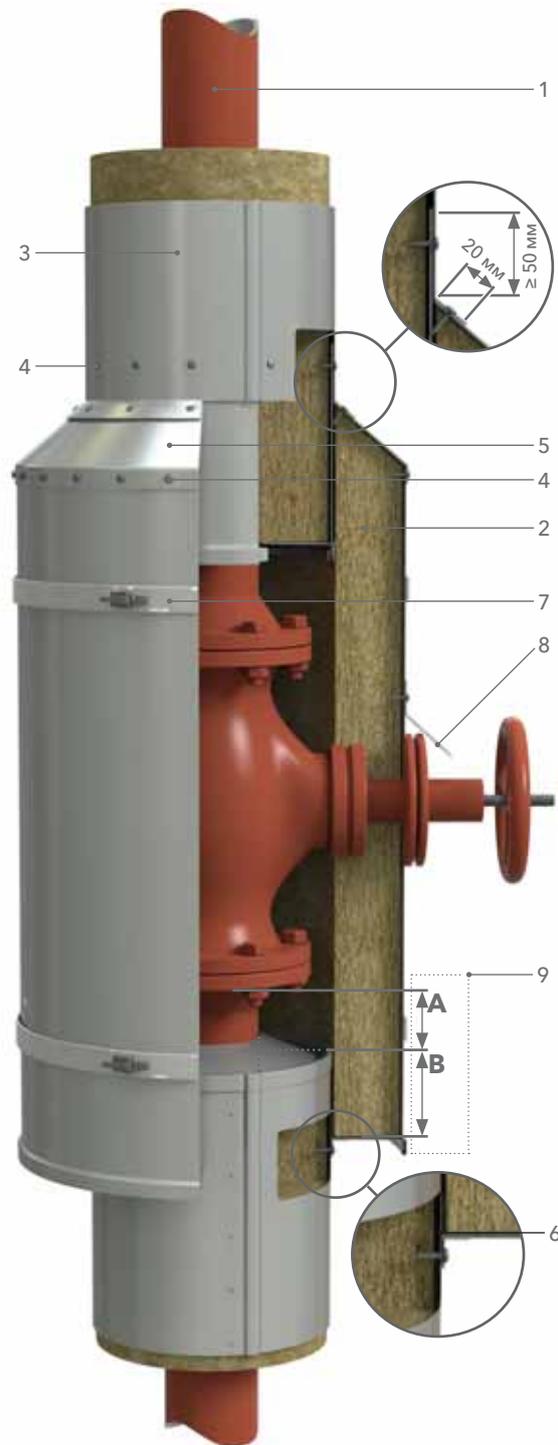
Фланцы и трубную арматуру следует по возможности утеплять одинаковой толщиной изоляции с трубопроводом.

Зачастую для оборудования предусматривается съемная изоляционная система, это позволяет оперативно производить ремонтные работы по текущему ремонту. Съемное покрытие или чехлы обычно изолируются изнутри прошивными матами. Покрывной материал фиксируется к объекту на штифты или зажимные устройства (шплинты).

Следующие граничные условия следует учитывать при разработке изоляционного покрытия для арматуры и фланцев:

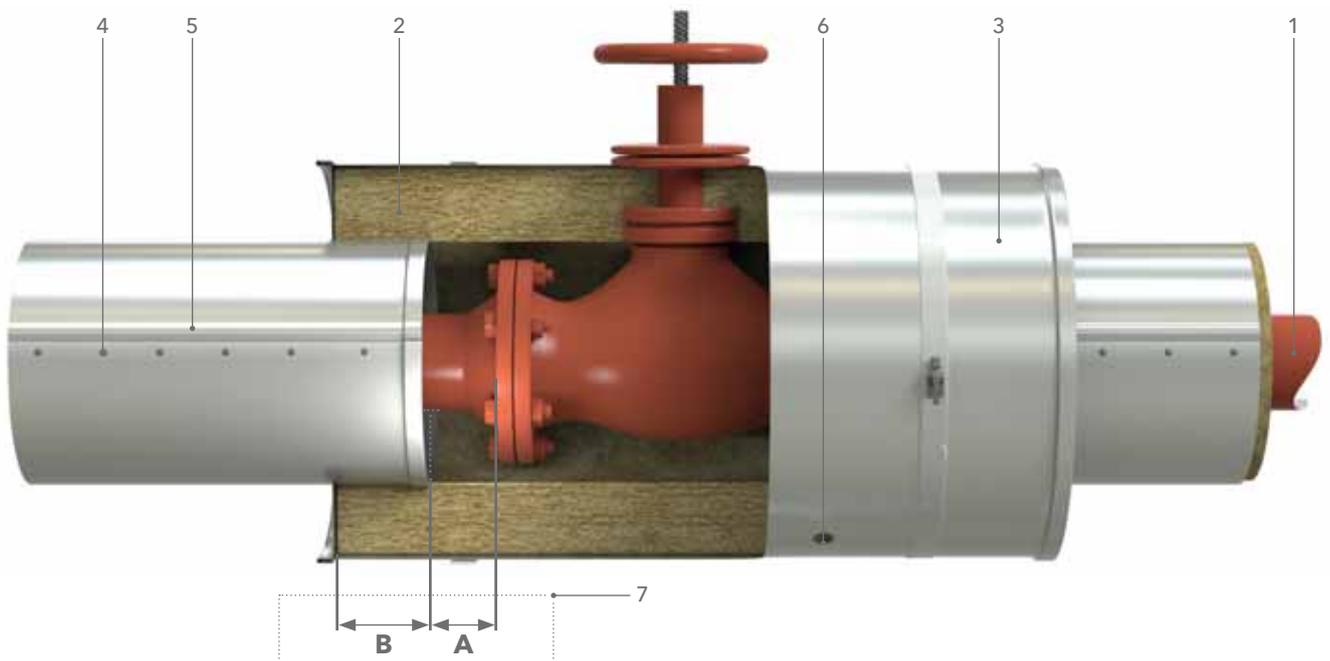
- нахлест покрывного слоя должен быть не менее 50 мм;
- изоляция трубопровода должна оканчиваться у арматуры, оставляя расстояние для крепежных элементов (болты и гайки) + 30 мм, и должны быть заблокированы стопорной шайбой (диафрагмой), чтобы давать возможность проводить работы без повреждения изоляции;
- при изоляции запорной арматуры шпindel рекомендуется расположить горизонтально либо внизу трубы, чтобы исключить протечки вдоль оси шпинделя;
- защитный слой следует монтировать таким образом, чтобы влага не проникла в изоляцию. Чтобы достичь этого на наклонной или вертикальной трубе, можно установить поверх покрывного слоя водоотводящий козырек. Если попадание влаги в изоляционный материал неизбежно, следует предусмотреть дренажные отверстия в съемном покрывном слое диаметром в 10 мм.

Далее приведены возможные варианты изоляционных систем для арматуры и фланцев.

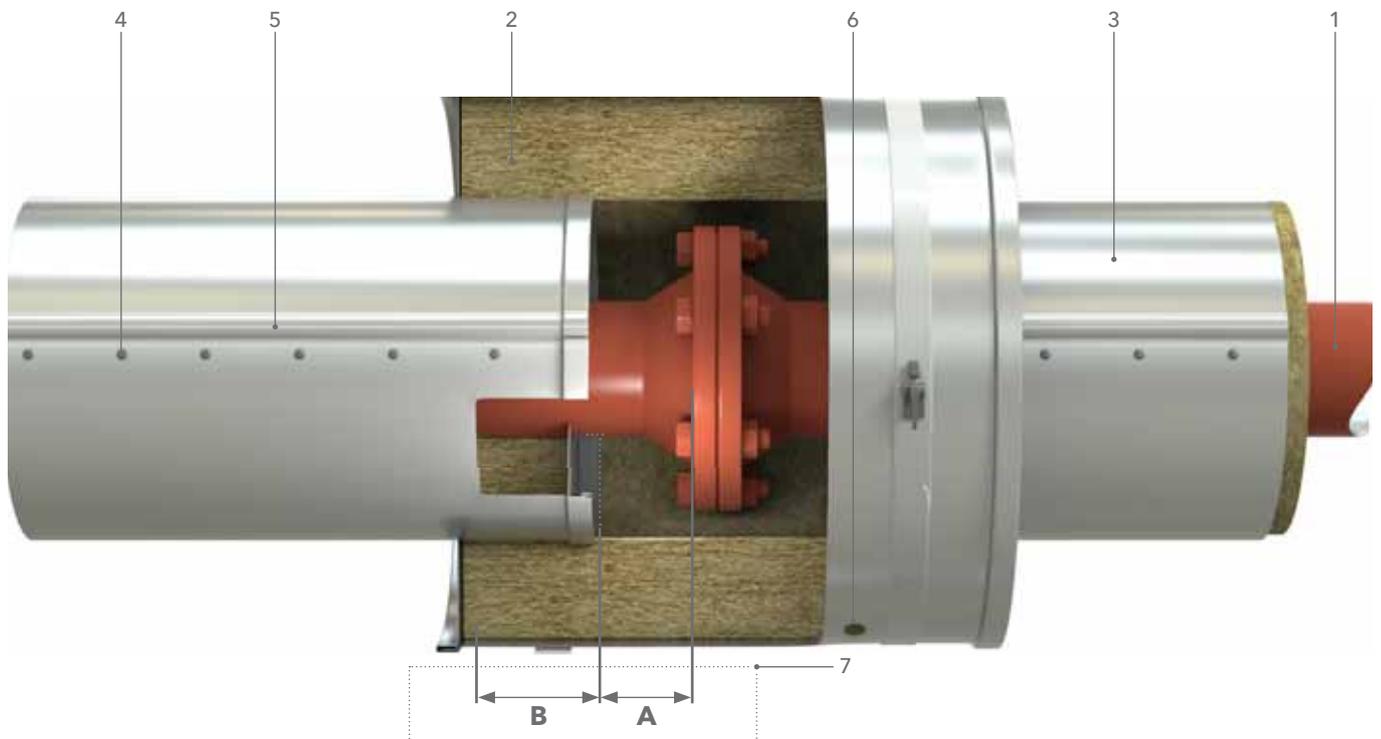


Изоляция вертикально расположенной арматуры

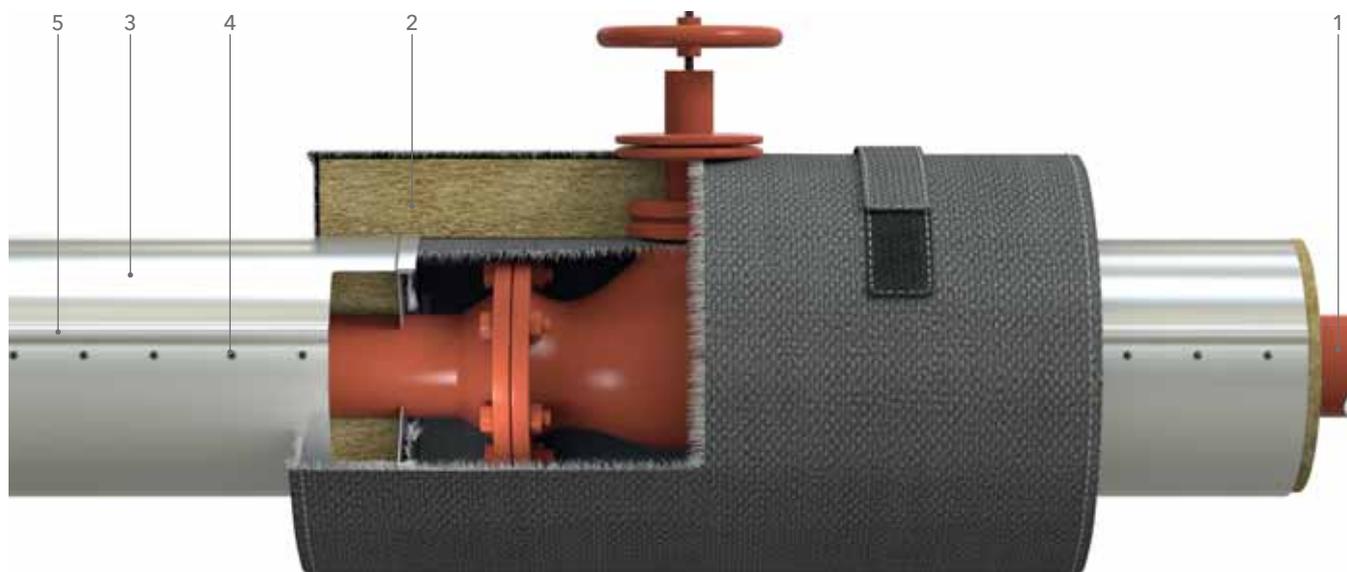
- 1 труба, 2 изоляционный материал WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 покрывной материал, 4 саморез или клепка, 5 водоотводящий козырек, 6 диафрагма, 7 бандаж, 8 водоотводящий козырек, 9 B ≥ 50 мм - A = длина винта + 30 мм



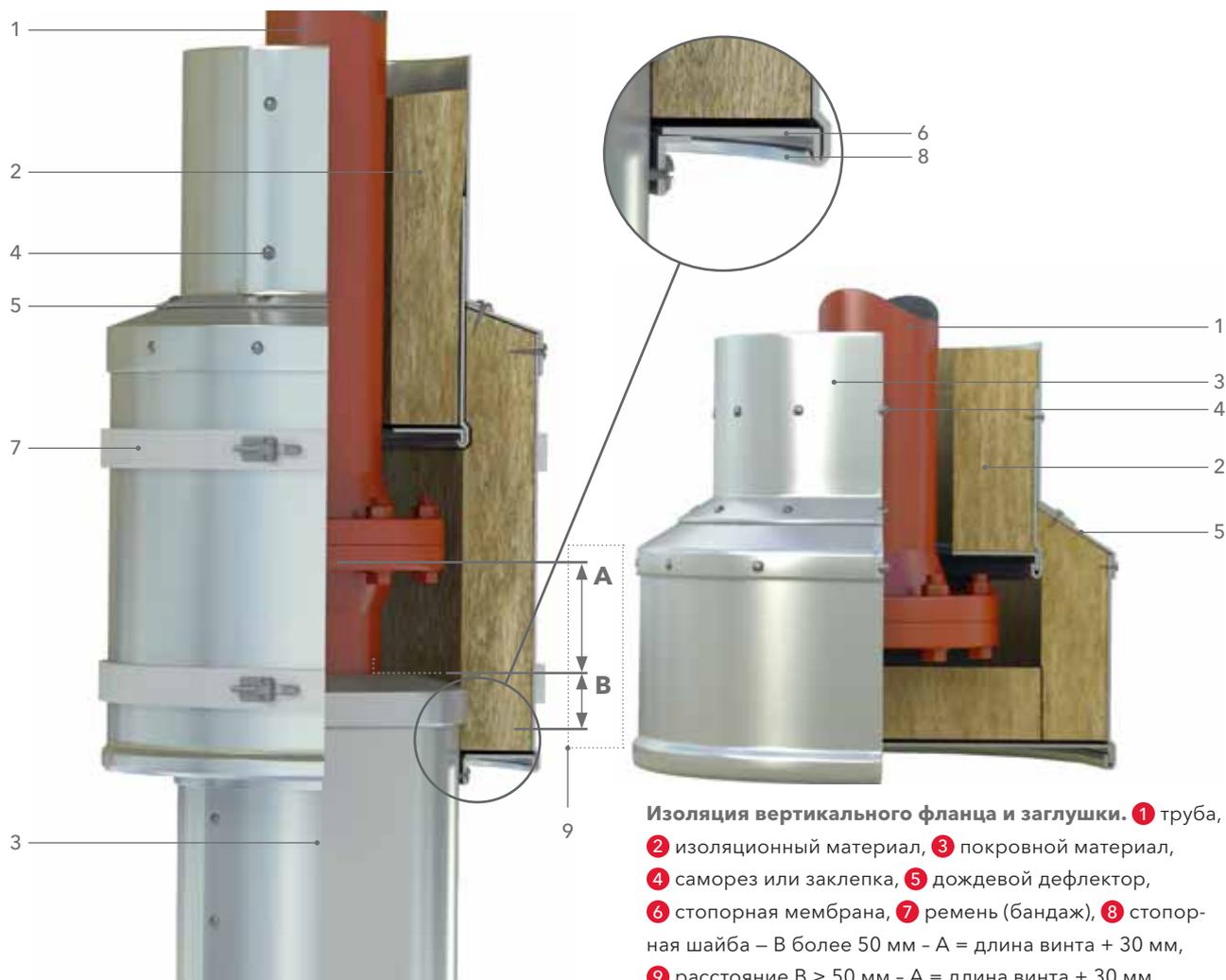
Изоляция горизонтально расположенной арматуры. 1 труба, 2 изоляционный материал, 3 покрывной материал, 4 саморез или заклепка, 5 зиг, 6 дренажное отверстие, 7 расстояние $B \geq 50$ мм - $A = \text{длина винта} + 30$ мм



Изоляция фланцевого соединения. 1 труба, 2 изоляционный материал WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 покрывной материал, 4 саморез или заклепка, 5 зиг, 6 дренажное отверстие, 7 расстояние $B \geq 50$ мм - $A = \text{длина винта} + 30$ мм



Изоляция арматуры термочехлом. 1 труба, 2 изоляционный материал WIRED MAT, ProRox WM^{RU} в стеклотканевом чехле, 3 покровной материал, 4 саморез или клепка, 5 зиг

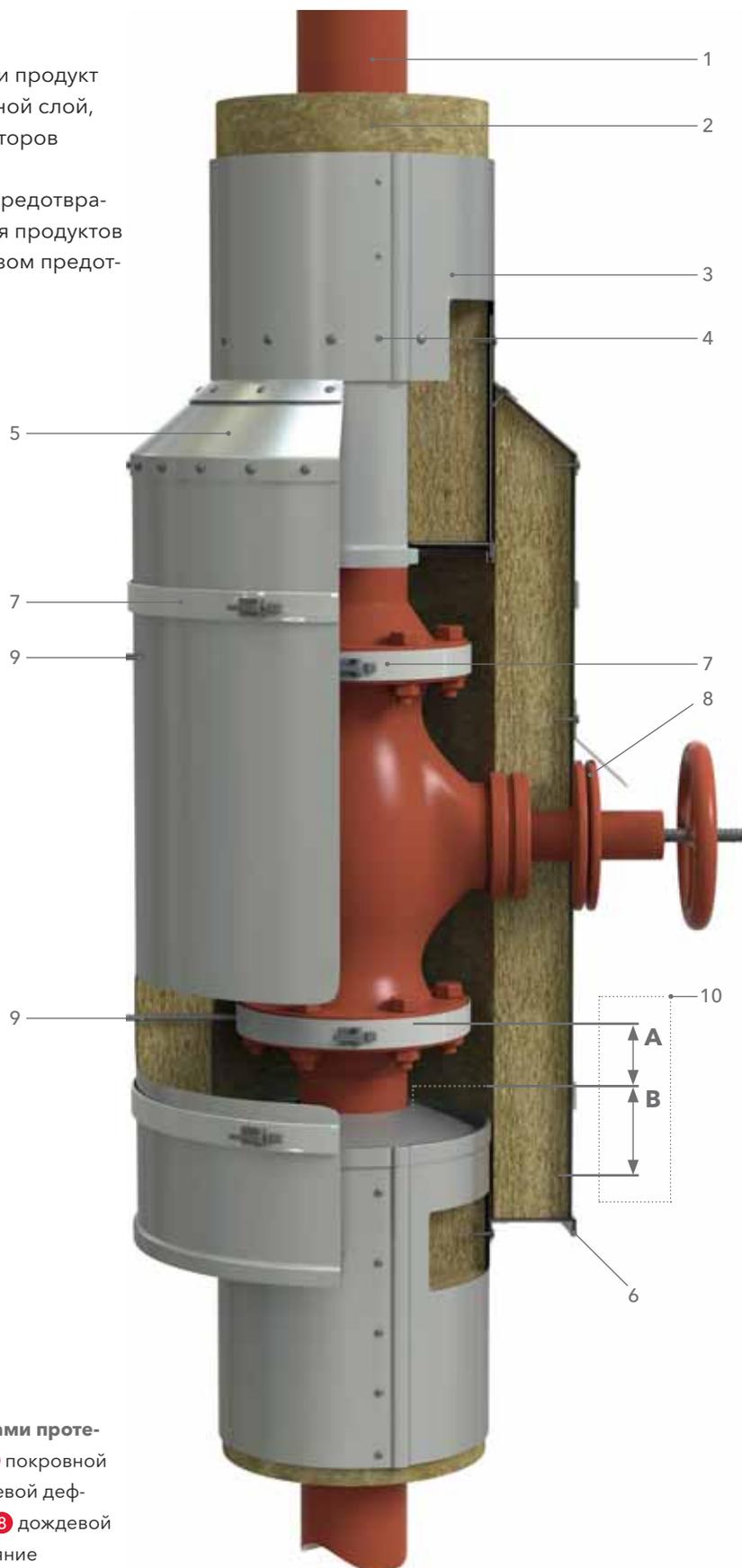


Изоляция вертикального фланца и заглушки. 1 труба, 2 изоляционный материал, 3 покровной материал, 4 саморез или заклепка, 5 дождевой дефлектор, 6 стопорная мембрана, 7 ремень (бандаж), 8 стопорная шайба – В более 50 мм – А = длина винта + 30 мм, 9 расстояние В ≥ 50 мм – А = длина винта + 30 мм

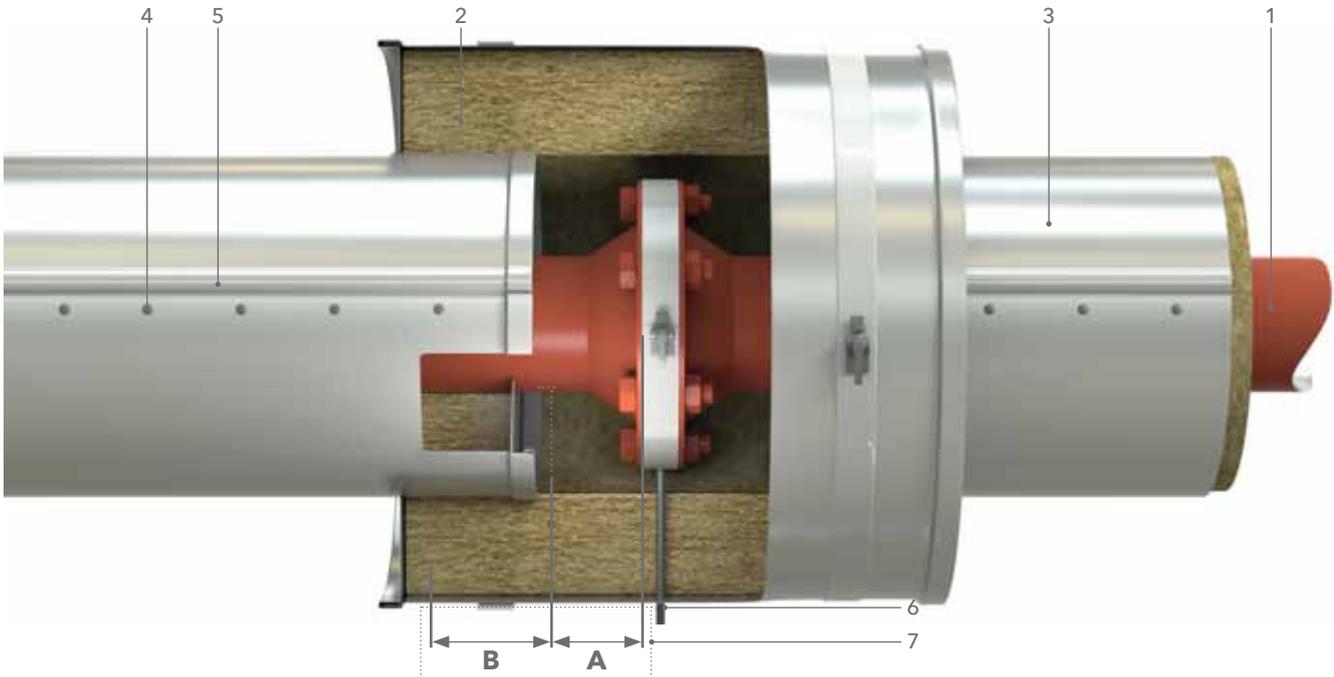
Предотвращение протечек

На трубопроводах, где в случае протечки продукт может повредить изоляцию или покровной слой, рекомендуется создавать систему детекторов из ремней и т. н. «маяков».

В то же время фланцевые ремни могут предотвратить попадание легковоспламеняющихся продуктов в изоляционный материал и таким образом предотвратить возгорание.



Изоляция вертикальной арматуры с маяками протечек. 1 труба, 2 изоляционный материал, 3 покровной материал, 4 саморез или заклепка, 5 дождевой дефлектор, 6 стопорная мембрана, 7 бандаж, 8 дождевой дефлектор, 9 детектор протечки, 10 расстояние $B \geq 50$ мм - $A =$ длина винта + 30 мм



Изоляция фланца с детектором протечек. 1 труба, 2 изоляционный материал WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 покрывной материал, 4 саморез или клепка, 5 зиг, 6 детектор протечек, 7 расстояние $B \geq 50$ мм - A = длина винта + 30 мм

2.1.13. Изоляция трубных отводов и тройниковых соединений

Изоляция (покрытие) отводов и тройников (тройниковых соединений) зачастую восприимчива к разрушениям вследствие увеличения вибрации в данных элементах.

Таким образом, существует определенный риск проникновения влаги в щели, возникающие в местах соединения листов покрытия, при расположении объекта на открытом воздухе.

Рекомендуется применять для изоляции указанных конструкций ту же толщину изоляции, что и для трубопровода.

Изоляция трубных отводов минераловатными цилиндрами

В случае изоляции отводов цилиндрами цилиндры нарезаются сегментами и надежно фиксируются на тройник, располагая продольный разрез направлением вниз.

Общий угол разреза должен соответствовать углу поворота тройника. Сегменты фиксируются к отводу хомутом или вязальной проволокой. Стыки меж-

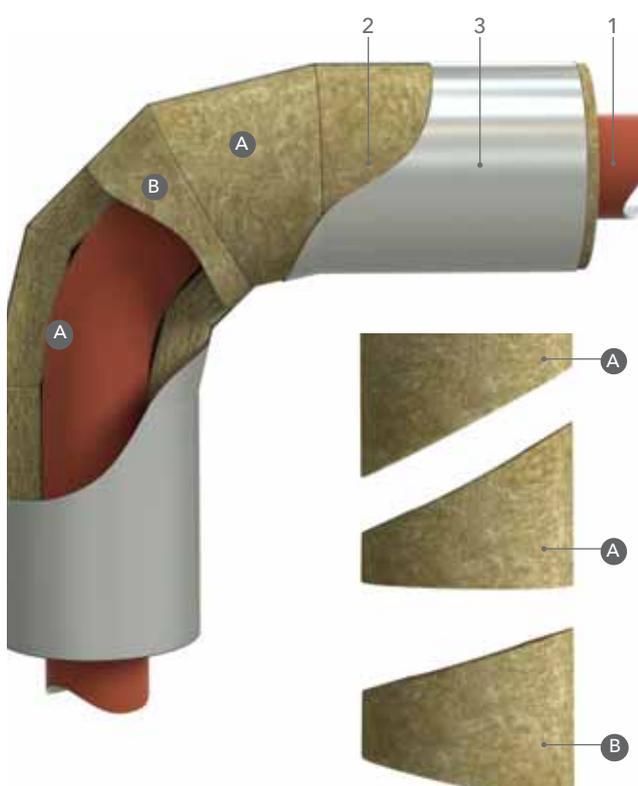
ду сегментами уплотняются тем же материалом ROCKWOOL или легкими матами TEX MAT, которые идеально подходят для уплотнения стыковых соединений.

Изоляция трубных отводов минераловатными матами

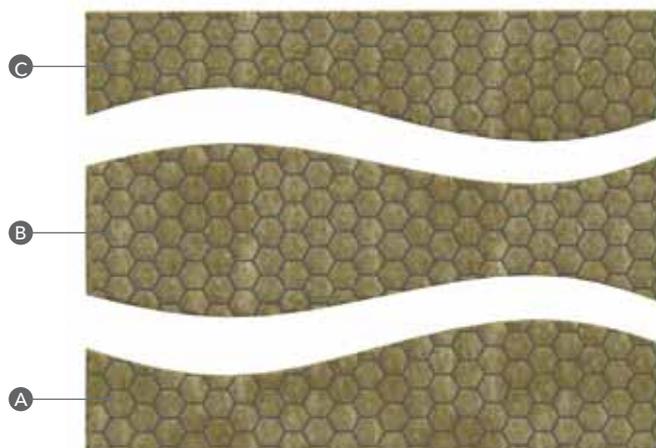
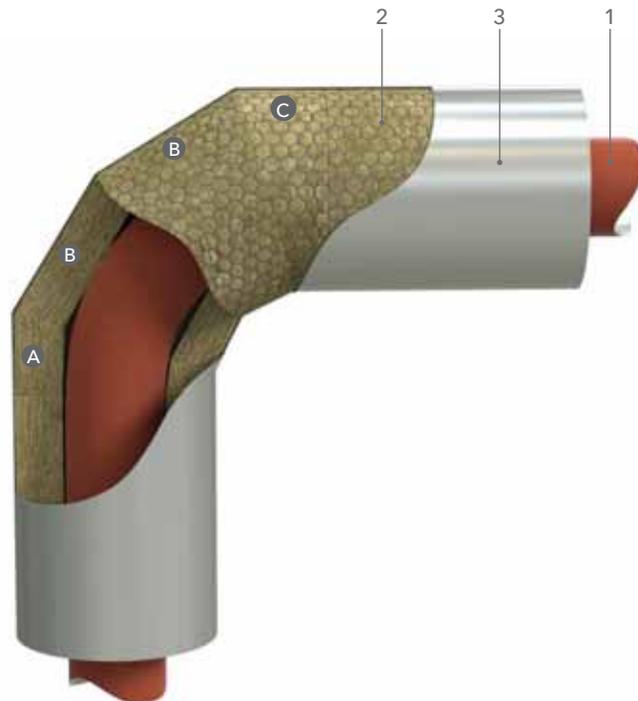
В случае утепления трубопровода прошивными матами или легкими матами отводы или тройниковые соединения обычно изолируются аналогичными продуктами. В этом случае маты нарезаются в так называемые отводные сегменты, которые принимают форму «рыбы». Таким образом, мат будет монтироваться, полностью закрывая отвод.

В случае прошивного мата все отводы (продольные и поперечные швы) сшиваются вязальной проволокой или крючками. Опорные конструкции необходимо устанавливать в начале и в конце отвода (более подробно см. стр. 40).

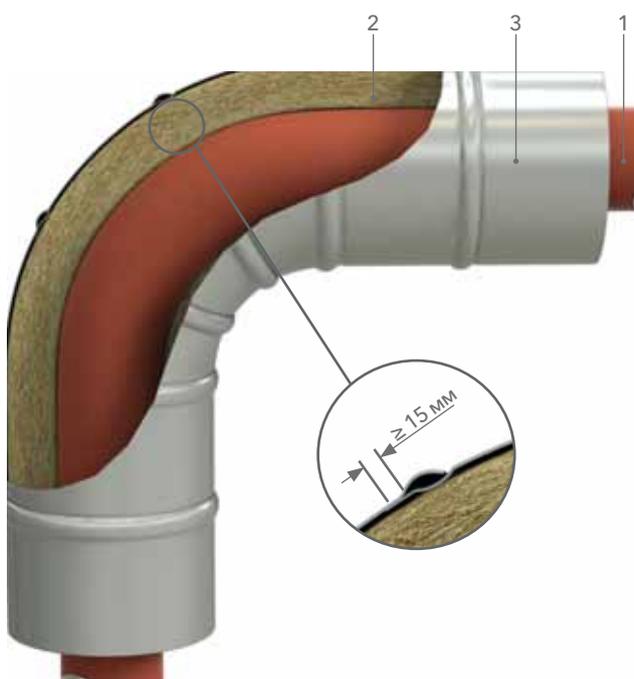
Преимущество матов при изоляции отводов заключается в том, что они достаточно хорошо уплотняются на стыках.



1 труба, 2 изоляция, 3 покрывной слой - A - B = сегмент цилиндра



1 трубопровод, 2 изоляция, 3 покрывной слой, A, B, C – отводные сегменты мата



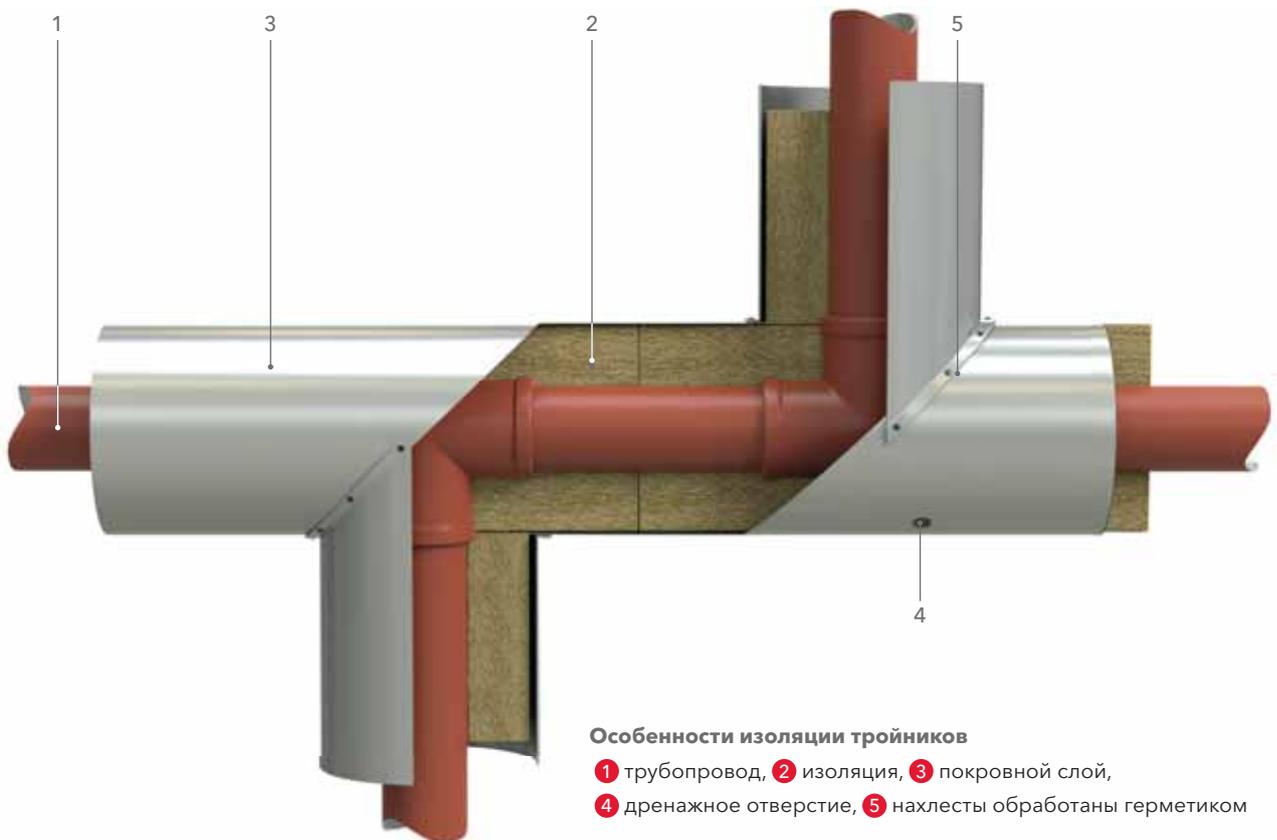
Особенности монтажа покрывного слоя. 1 трубопровод, 2 изоляция, 3 покрывной слой

Число секторов отвода 90° при радиусе R = 1,5 d

$\delta_{из}, \text{ мм}$	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	240
32	2	2										
42	3	3	2									
45	3	3	2									
57	3	3	2	2								
76	3	3	3	3								
89	3	3	3	3	3							
108	4	4	4	4	4	3						
133	4	4	4	4	4	4	3					
159	4	4	4	4	4	4	4	4				
219	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
273	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
325	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
426	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
530	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
630	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
720	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
820	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1020	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1220	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Число секторов отвода 90° при радиусе R ≤ 2,5 d

$\delta_{из}, \text{ мм}$	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	240
32	4	4										
42	4	4	4									
45	4	4	4	4								
57	4	4	4	4	4							
76	4	4	4	4	4	4	4					
89	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
108	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
133	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
159	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
219	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
273	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
325	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
426	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
530	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
630	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
720	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
820	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1020	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1220	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14



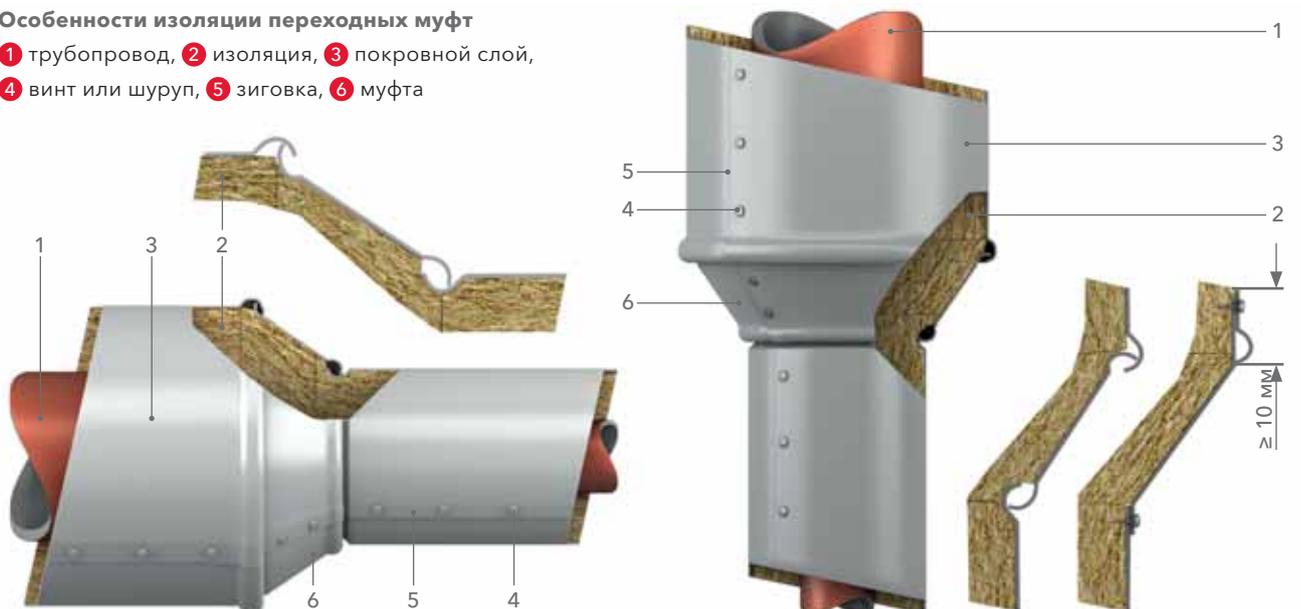
2.1.14. Изоляция трубных отводов и тройниковых соединений

Трубопроводы с большим количеством отводов зачастую имеют изменения диаметров.

Далее рассмотрены примеры изоляции переходных муфт.

Особенности изоляции переходных муфт

- ① трубопровод, ② изоляция, ③ покровной слой,
- ④ винт или шуруп, ⑤ зиговка, ⑥ муфта



2.1.15. Компенсаторы тепловых расширений

В высокотемпературных теплоизоляционных системах большие перепады температур могут возникать между изоляционной системой и покрывным слоем. Материалы трубопровода и изоляционной системы имеют различный коэффициент теплового расширения. Это приводит к разному термическому расширению различных компонентов изоляционной системы, которые следует предусмотреть в технических решениях. Расширение « Δl » может быть рассчитано как:

$$\Delta l = l \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

l – длина трубопровода

Δt – показывает разницу между холодной и горячей трубой

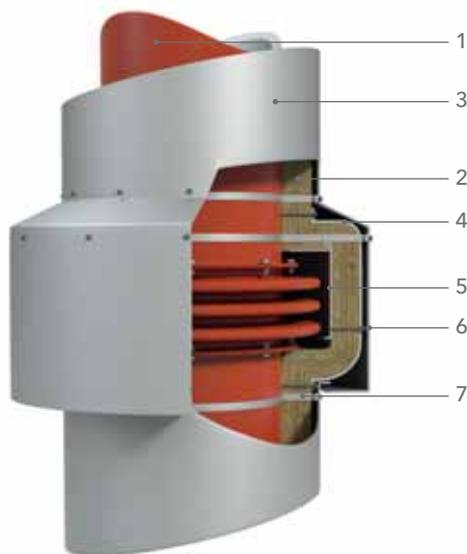
α – коэффициент линейного теплового расширения

Примеры теплового расширения стали

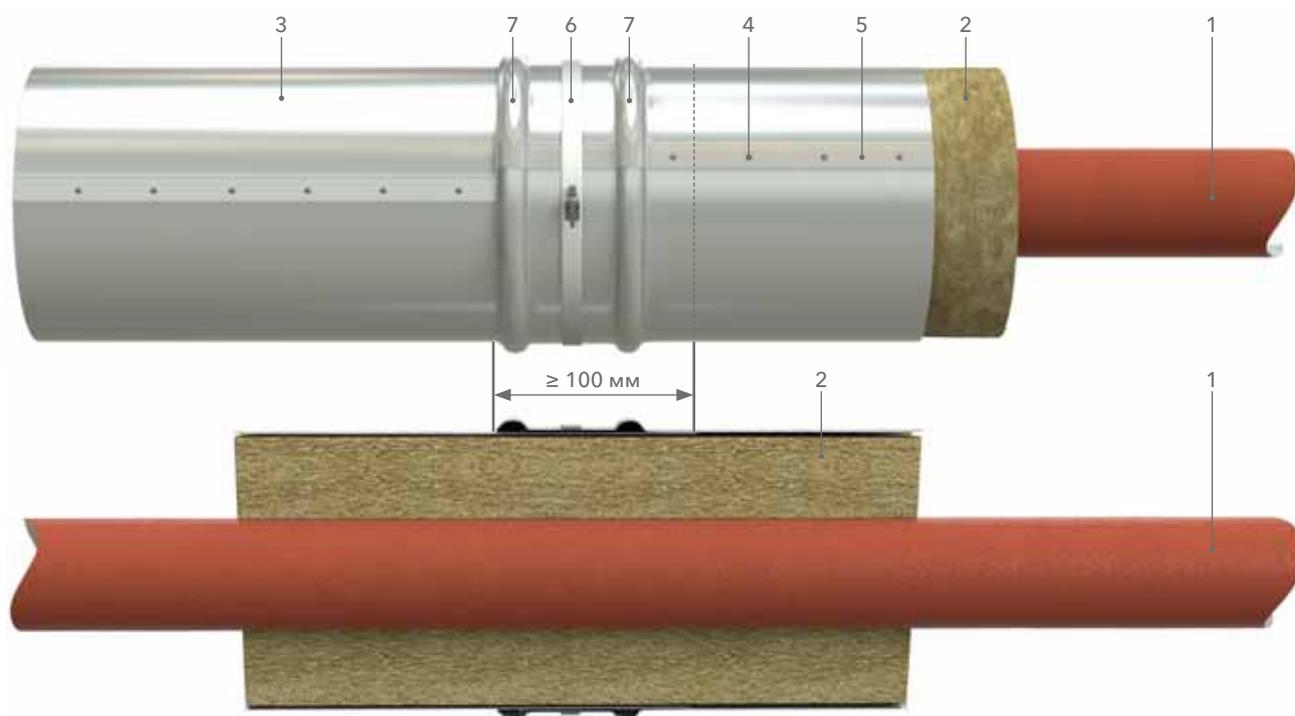
Δl (mm/m)	Δt
0,55	50
1,1	100
1,65	150
2,2	200

Компенсаторы тепловых расширений необходимо монтировать таким образом, чтобы изоляция заходила в компенсационные швы, снижая подвижность компенсатора. Рекомендуется закрыть компенсатор кожухом и только потом смонтировать изоляцию

(пример показан на схеме). В случае, если температура теплоносителя превышает 300 °С, не следует использовать гальванизированную сталь в связи с риском образования межкристаллических трещин. Для компенсации термического расширения защитного слоя можно создавать компенсатор с использованием нахлеста на металлических листах.



- 1 труба, 2 изоляции (прошивной мат), 3 укрывной материал, 4 алюминиевая фольга, 5 покрывной материал, 6 скрепка с зажимом, 7 спейсер



Компенсация тепловых расширений покровного слоя. 1 труба, 2 изоляция, 3 покровной слой, 4 саморез или заклепка, 5 зиговка, 6 бандаж, 7 деформационный шов

2.1.16. Обогрев

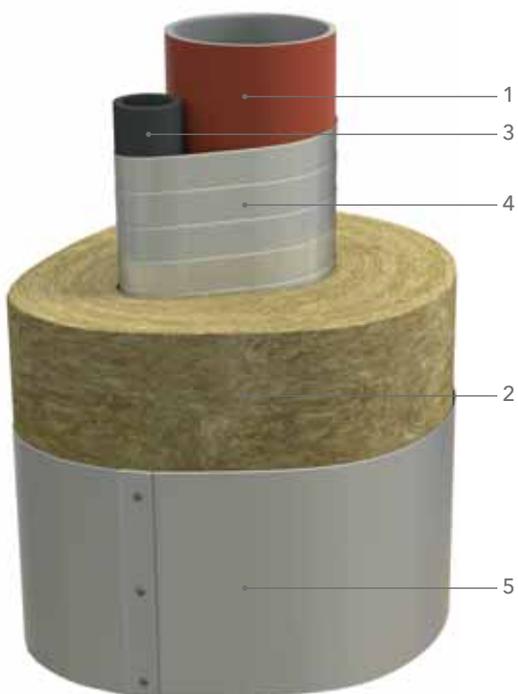
При транспортировке на длительные расстояния продукт в трубопроводе может изменить агрегатное состояние ввиду остывания или замерзания (в зимнее время). Изоляция поможет сократить тепловые потери и отсрочит момент начала преобразования продукта. Тем не менее изоляция сама по себе не может полностью прекратить остывание. Именно поэтому требуется установка систем обогрева между изоляцией и поверхностью продуктопровода.

Выделим два вида систем обогрева трубопроводов: спутник и электрообогрев. Пар, горячая вода или масло циркулируют по трубе и являются спутниками – веществами, передающими тепло. Электрообогрев представляет собой кабель, помещенный на трубу и обогревающий ее.

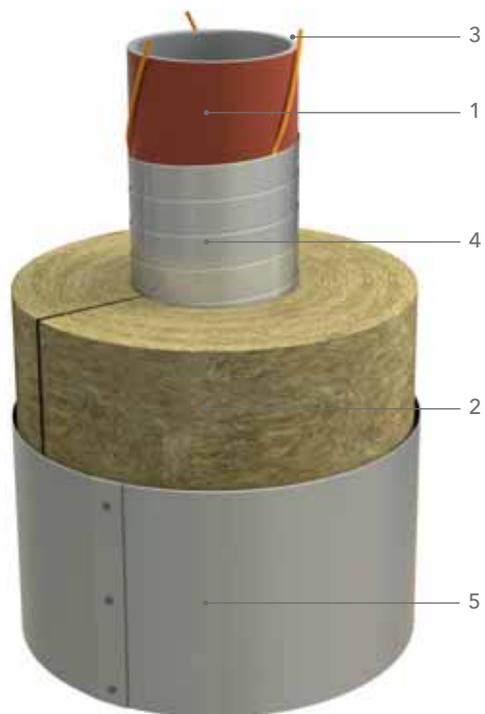
Трубы со спутниками могут быть заизолированы цилиндрами и матами. При изоляции необходимо убедиться, что вата не находится между обогреваю-

щим элементом и поверхностью трубы, иначе обогрев будет затруднен. Поэтому трубы с обогревом часто оборачивают алюминиевой фольгой. В случае использования для изоляции цилиндра из каменной ваты следует выбирать внутренний диаметр цилиндра соответственно диаметру трубы и размерам обогревающего элемента. При изоляции вертикальных участков труб с высокотемпературным обогревом стыки цилиндров из каменной ваты рекомендуется уплотнять материалом с горизонтально ориентированными волокнами. Хорошо для этой цели подойдет TEX MAT – для предотвращения конвекции вдоль волокон цилиндров (эффект дымохода).

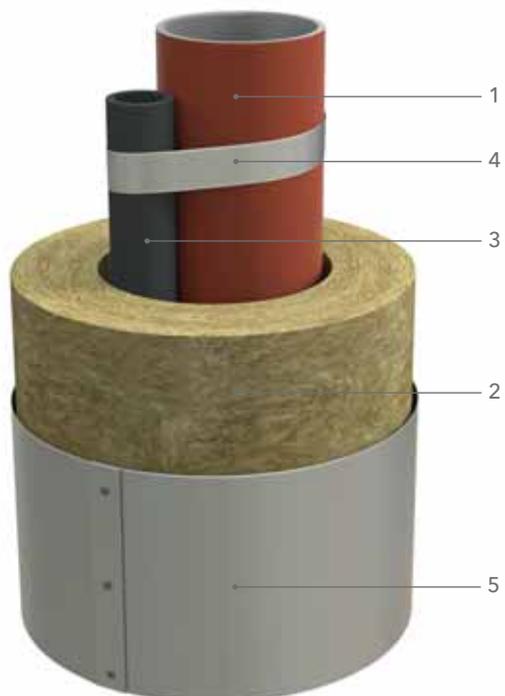
На рисунках далее показаны варианты использования изоляции из каменной ваты на трубах с системами обогрева.



- 1 труба, 2 изоляция: WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU},
- 3 спутник: паропровод/маслопровод,
- 4 алюминиевая фольга, 5 защитное покрытие



- 1 труба, 2 изоляция: цилиндр навивной ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU},
- 3 греющий кабель, 4 алюминиевая фольга,
- 5 защитное покрытие



- 1 труба, 2 изоляция: цилиндр навивной ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU},
- 3 спутник: паропровод/маслопровод,
- 4 бандажная лента, 5 защитное покрытие

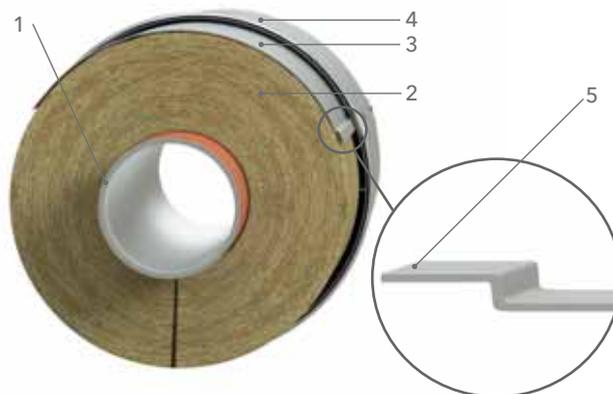
2.1.17. Пешеходные трапы

Следует избегать хождения по заизолированным трубам, так как это может повредить изоляционный слой. Повреждения также наносятся покровному слою, приводя к образованию вмятин и зазоров на стыках. Через образовавшиеся зазоры в изоляционный слой может проникать вода, что приводит к устойчивому повреждению всей изоляционной конструкции. Результатами становятся увеличение теплотерь и коррозия.

В особых случаях рекомендуется применять усиленное покрытие, например усиленный стальной лист. Система изоляции, способная выдержать перемещение по ней персонала, требует применение материалов с высокой механической прочностью (например, цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}).

Не рекомендуется использовать материалы, которые не устойчивы к высокому давлению (WIRED MAT, ProRox WM^{RU} или TEX MAT), так как покровной слой

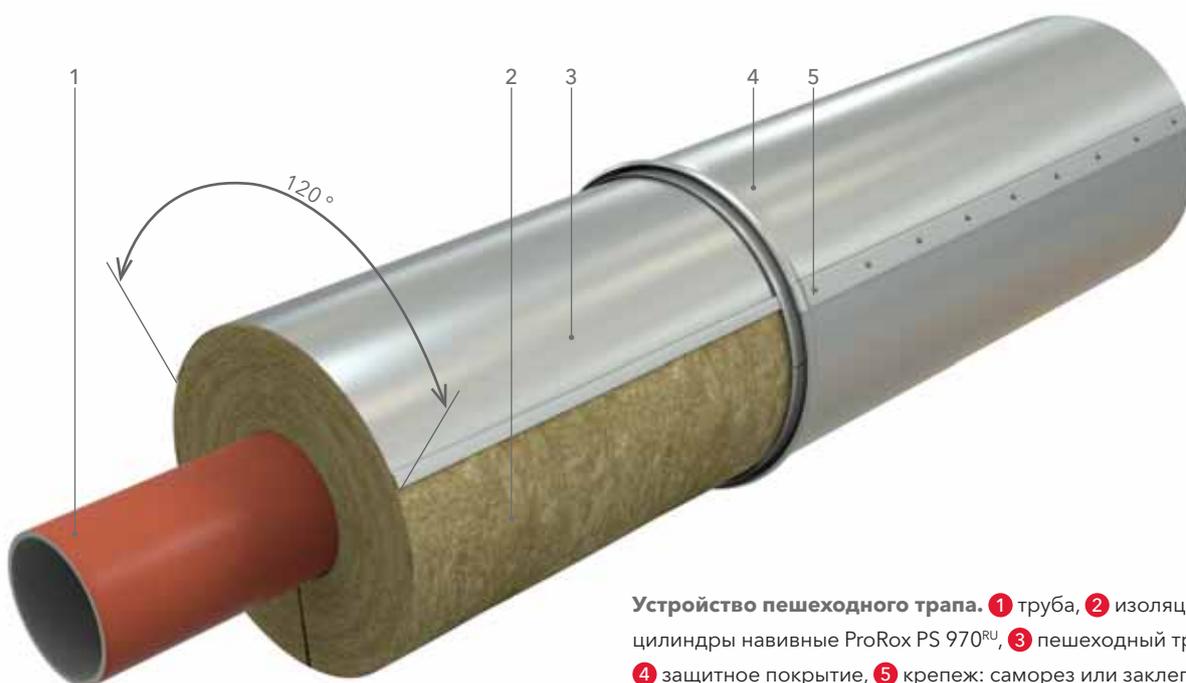
опирается только на систему распорных колец и будет оказывать давление на изоляционный материал при прохождении по нему персонала.



1 труба, 2 изоляция: цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}, 3 пешеходный трап, 4 защитное покрытие, 5 компенсатор нагрузки

Примечание

Изоляционная система с пешеходными трапами не должна повреждаться при прохождении по ней человека массой 100 кг (масса включает переносимое снаряжение). Данная система не предназначена для постоянных высоких нагрузок, таких как размещение тяжелого оборудования и др. С целью соблюдения правил безопасности стоит помнить, что, какая бы прочная ни была изоляция, она не предназначена для постоянного хождения по ней.



Устройство пешеходного трапа. 1 труба, 2 изоляция: цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}, 3 пешеходный трап, 4 защитное покрытие, 5 крепеж: саморез или заклепка

2.2. Изоляция аппаратов

Аппарат – один из главных компонентов, участвующих в производственных процессах в различных отраслях промышленности.

Многие производственные процессы используют аппараты для хранения жидкостей, их подготовки, накопления и дальнейшего использования. Как правило, аппараты содержат вещества в жидком, вязком или газообразном состоянии при подаче в производственный процесс или сборе после него. Хранение же сырья, топлива, готовых продуктов, как правило, осуществляется в резервуарах.

Чаще всего важно поддержать в емкости рабочую температуру того или иного вещества. В случае если температура будет слишком высокой или слишком низкой, вещество может испортиться, фазировать или загустеть, что приведет к невозможности перекачки и освобождения емкости. Таким образом, изоляция является одним из главных факторов в сохранении рабочих свойств в производственном процессе.

Изоляция аппаратов также преследует следующие цели:

- Сокращение теплопотерь;
- Обеспечение безопасной температуры на поверхности;
- Предотвращение охлаждения для поддержания агрегатного состояния (некоторые вещества становятся вязкими при охлаждении);
- Предотвращение замерзания (с применением систем обогрева);
- Предотвращение нагревания хранимого вещества (например, от солнечного излучения).

Аппараты используются в промышленности настолько часто и в таких больших количествах, что мы не сможем охватить все случаи применения в приведенных примерах.

Только рассмотрев объект в каждом отдельном случае, можно определить, является ли подходящим тот

или иной вид изоляционного материала и конструкции для применения. В случае затруднений рекомендуем обратиться за технической поддержкой к представителям ROCKWOOL в вашем регионе или в Центр проектирования компании ROCKWOOL по телефону +7 495 995 7755 или электронной почте design.centre@rockwool.com.

Также должны быть рассмотрены нормы и стандарты, регулирующие применение изоляционных материалов в конструкциях оборудования и нормы проектирования самого оборудования. Несколько примеров:

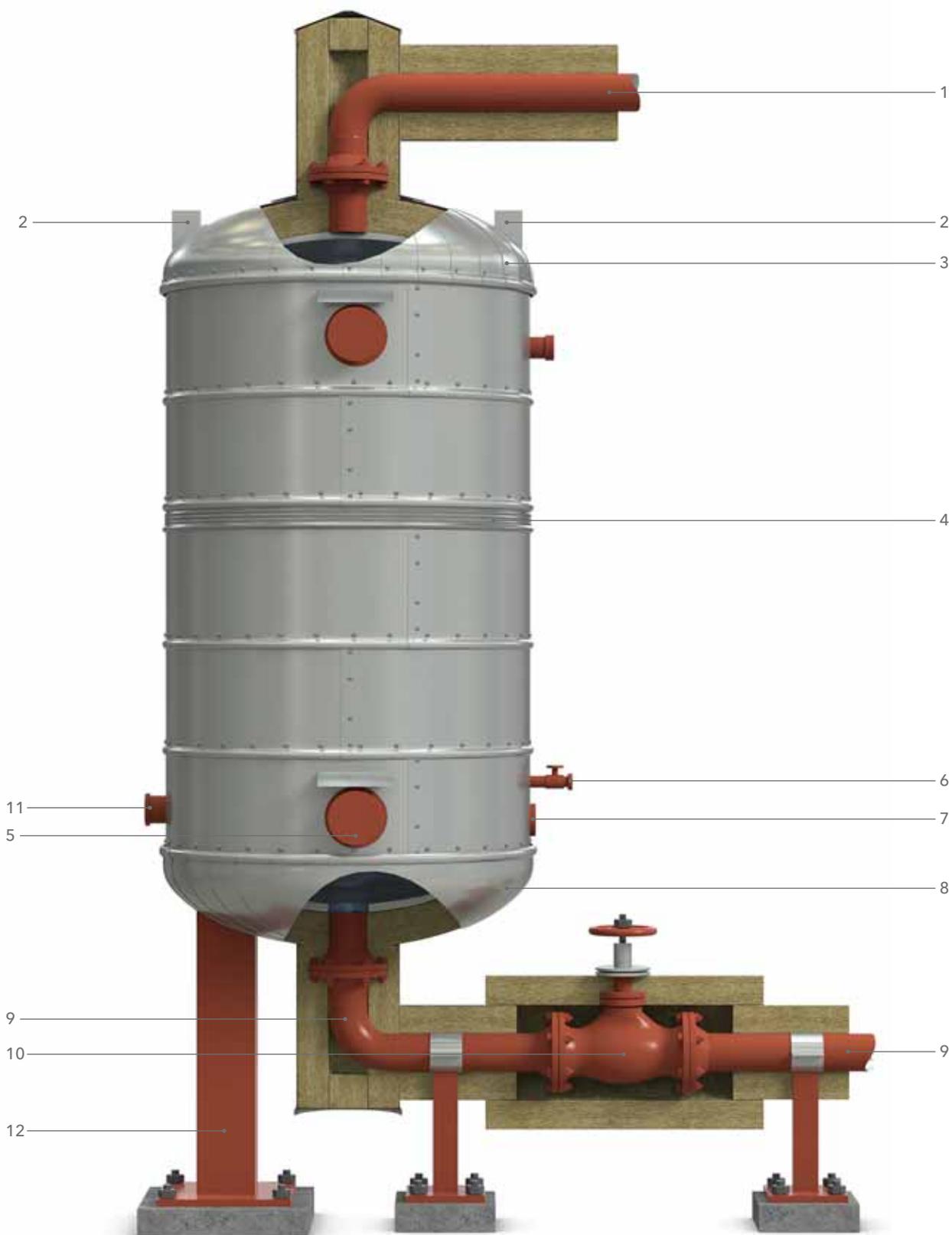
- ГОСТ Р 52630-2006. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия;
- ГОСТ 17314-81*. Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования;
- СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (актуализированная редакция СНИП 41-03-2003);
- ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Изоляционная система аппаратов

Изоляционная система аппаратов, как правило, состоит из следующих компонентов:

- Изоляция;
- Опорные конструкции, дистанционные элементы;
- Пароизоляция для холодных объектов;
- Защитное покрытие.

Эксплуатационная температура объекта (выше или ниже окружающей среды) является существенным фактором в подборе изоляции. Следующие части данного раздела будут рассказывать о горячих объектах.



Изоляция вертикального аппарата. 1 ввод (подающая труба), 2 транспортировочная петля (проушина), 3 крышка, 4 компенсатор термических расширений защитного покрытия, 5 люк, 6 отвод для отбора проб, 7 идентификационная табличка, 8 днище, 9 выход (выводящая труба), 10 запорная арматура, 11 фланец, 12 опора

Подбор и установка изоляции

Подбор подходящей изоляции зависит от условий эксплуатации объекта, температурных режимов, размеров и местоположения объекта. Наиболее подходящими материалами для аппаратов являются маты WIRED MAT и плиты TEX БАТТС 50 и TEX БАТТС 75. Плиты TEX БАТТС 50 и 75 являются упругими и могут устанавливаться на криволинейные поверхности.

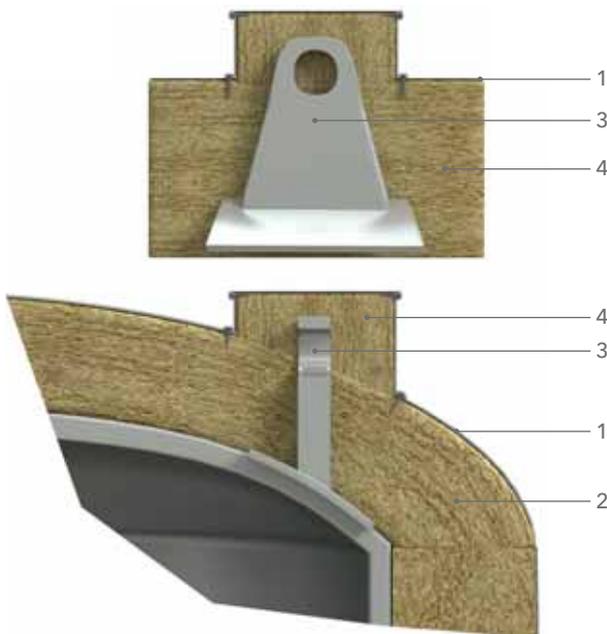
Так как большинство емкостей располагается на открытом воздухе, то важно помнить о таких свойствах изоляции, как низкая теплопроводность и высокая водоотталкивающая способность. Изоляция, как правило, крепится к цилиндрическим емкостям при помощи стального бандажа. Бандаж чаще всего скрепляют барашковой гайкой или пряжкой с замком.

Диаметры цилиндрических объектов, на которые могут быть смонтированы плиты

Продукт	Минимально возможный диаметр изолируемой поверхности, мм									
	в продольном направлении, при толщине плит, мм					в поперечном направлении, при толщине плит, мм				
	50	80	100	120	150	50	80	100	120	150
ТЕХ БАТТС 50	2000	2500	3000	4000	5000	3000	5000	6000	6000	7500
ТЕХ БАТТС 75	2000	2500	3000	4000	5000	3000	5000	6000	6000	7500

Подбор и установка крепежа

Продукт	Минимально возможный диаметр изолируемой поверхности, мм									
	в продольном направлении, при толщине плит, мм					в поперечном направлении, при толщине плит, мм				
	50	80	100	120	150	50	80	100	120	150
ТЕХ БАТТС 50	2000	2500	3000	4000	5000	3000	5000	6000	6000	7500
ТЕХ БАТТС 75	2000	2500	3000	4000	5000	3000	5000	6000	6000	7500



Изоляция транспортировочной петли (проушины)

- 1 защитное покрытие, 2 изоляция: WIRED MAT 80,
- 3 проушина, 4 изоляционное покрытие проушины

Эффективность указанных параметров подтверждена применением на многих объектах.

Вариаций используемого оборудования достаточно много, поэтому рекомендованные значения могут рассматриваться как ориентир при проработке конкретных элементов изоляции и крепежа в каждом отдельном случае.

При установке изоляции в несколько слоев необходимо соблюдать разбежку швов (стыков).

Для поверхностей с высокими температурами и цилиндрических емкостей малых диаметров (меньше 2 м) рекомендуется применять прошивные маты: WIRED MAT 50 (до +450 °С), WIRED MAT 80 (до +750 °С) и WIRED MAT 105 (до +750 °С). Данные изделия могут применяться как для криволинейных, так и для плоских вертикальных поверхностей. В таком случае в качестве крепежных элементов рекомендуется применять приварные шпильки или штыри (Ш1 по ГОСТ 17314 для однослойной изоляции, Ш2 по ГОСТ 17314 для двухслойной), установленные на скобы по ГОСТ 17314.

При установке на плоские поверхности с помощью приварных штифтов матов WIRED MAT и ProRox WM^{RU} следует использовать минимум 6 шпилек на 1 кв. метр.

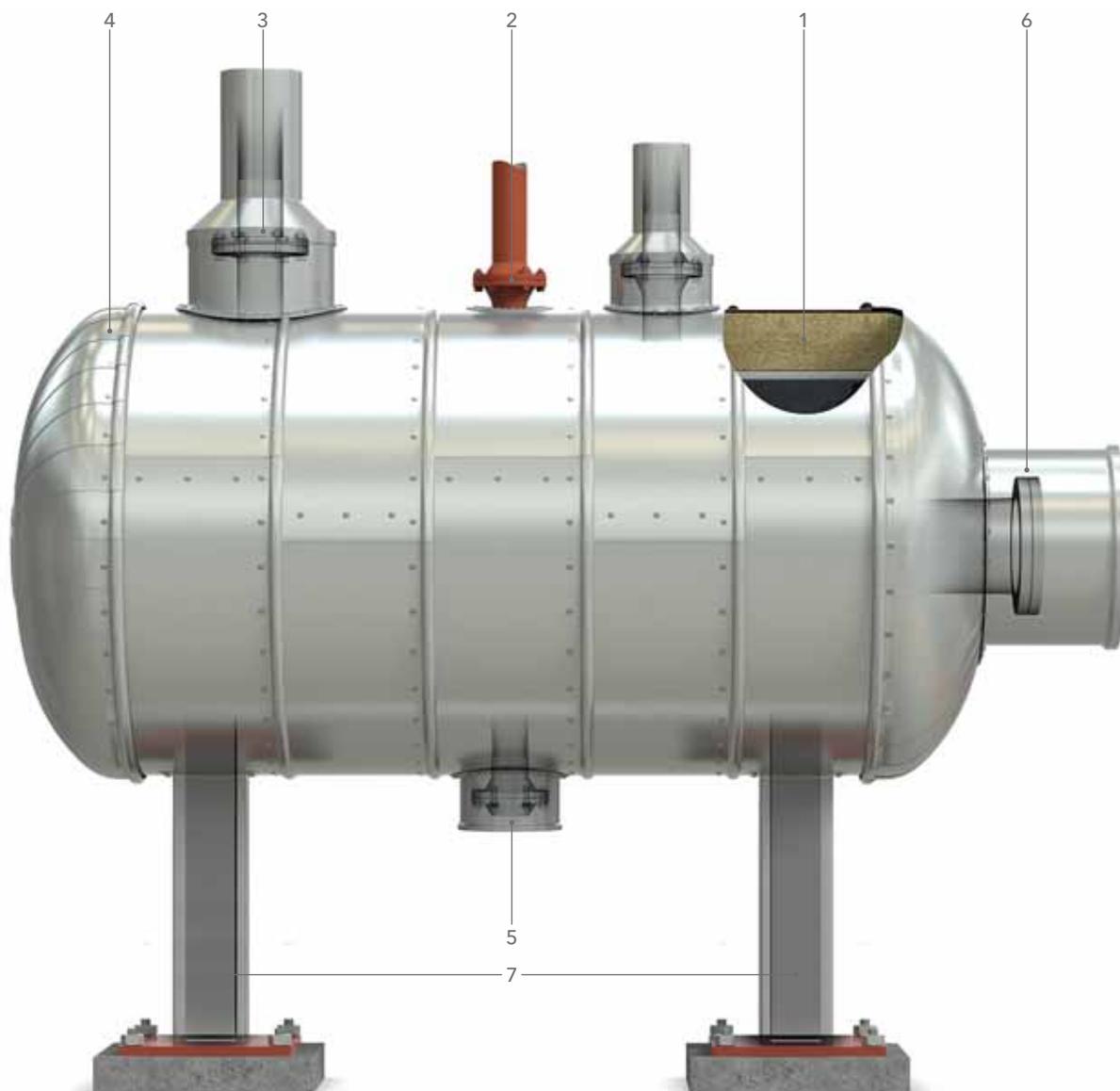
При выборе диаметра приварных штифтов рекомендуется следовать следующим правилам:

- При толщине изоляции ≤ 120 мм, диаметр штифта минимум 4 мм;
- При толщинах изоляции 130...230 мм, диаметр штифта 5 мм;
- При толщине изоляции ≥ 240 мм, диаметр штифта 6 мм;
- В случае если защитное покрытие будет монтироваться на изоляцию без воздушной прослойки, то длину штифта следует выбирать на 10 мм меньше, чем толщина изоляции;

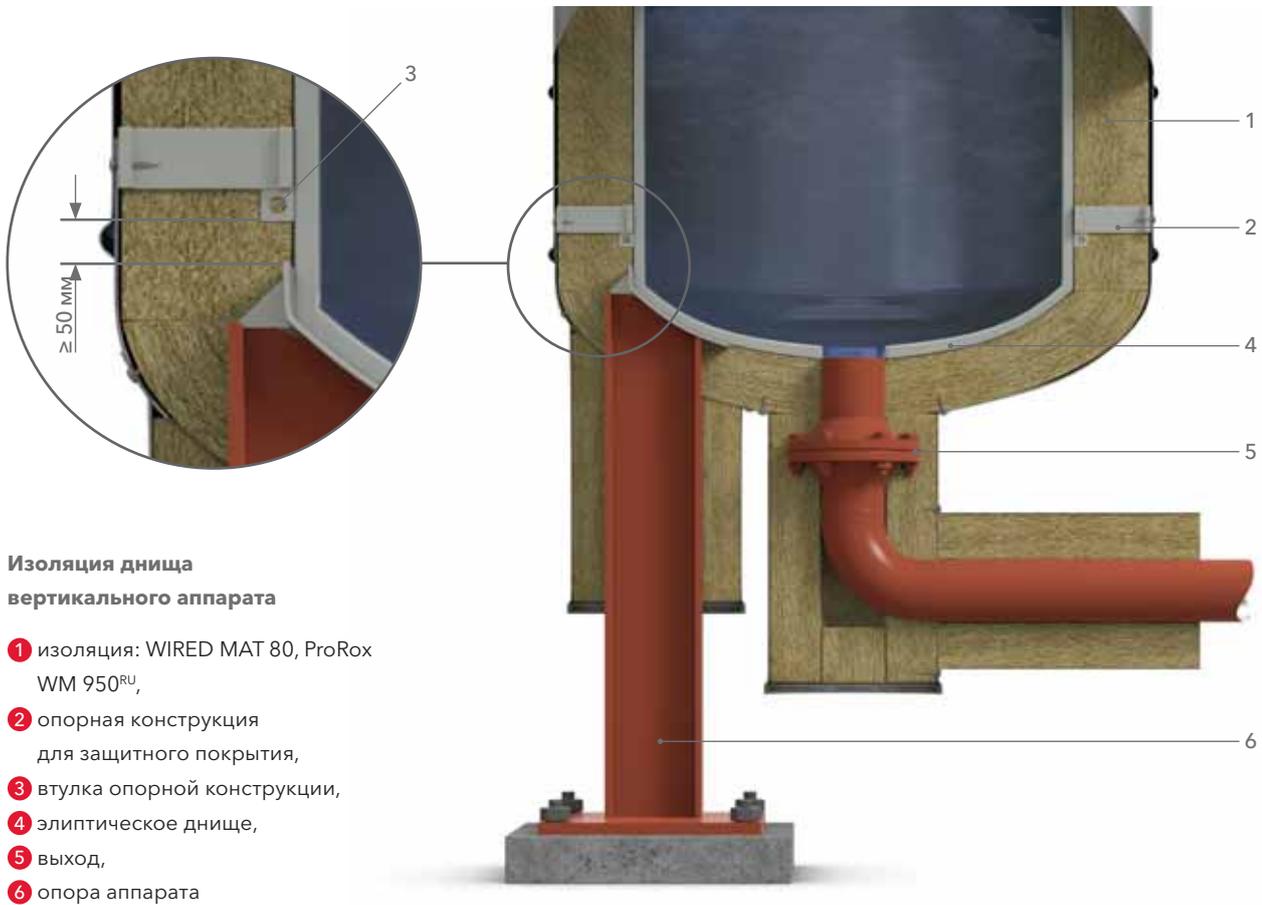
- Каждый слой изоляции должен закрепляться блокирующими шайбами.

Для WIRED MAT и ProRox WM^{RU} все швы и стыки должны быть сшиты проволокой или стянуты крючками (минимум 6 крючков на метр стыка). При монтаже в несколько слоев необходимо соблюдать разбежку швов.

На иллюстрациях далее показаны наиболее часто используемые решения при изоляции аппаратов и их элементов.



Принципиальная схема устройства изоляции горизонтальных аппаратов. 1 изоляция: WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU}, 2 фланец отвода предохранительного клапана, 3 подающая труба, 4 эллиптическая крышка, 5 устройство слива, 6 эллиптическая крышка с люком, 7 опоры аппарата



Изоляция дна вертикального аппарата

- 1 изоляция: WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU},
- 2 опорная конструкция для защитного покрытия,
- 3 втулка опорной конструкции,
- 4 эллиптическое днище,
- 5 выход,
- 6 опора аппарата

Опорные конструкции и дистанционные элементы

Установка опорных конструкций и дистанционных элементов на аппараты обязательна. Задача опорной конструкции состоит в разгрузке веса изоляционной конструкции и переноса веса на монтажные опоры изолируемой конструкции.

Дистанционные элементы сохраняют заданное расстояние защитного покрытия от изоляционного слоя.

На вертикальных аппаратах функцию опорной конструкции и дистанционного элемента чаще всего выполняет одно и то же опорное кольцо. Разработка спецификации опорных конструкций и дистанционных элементов показана в разделе 2.2.9. Требования к опорным конструкциям разрабатываются непосредственно заказчиком, а также могут быть найдены в европейских стандартах CINI и AGI, разделы Q 153 и 154.

Перед началом изоляционных работ необходимо смонтировать крепежные элементы для установки опорных конструкций (один из вариантов изготовле-

ния и монтажа приводится в ГОСТ 17314). Опорные конструкции с системой крепежа не должны препятствовать установке изоляции в конструкцию. Для подбора и изготовления элементов опорных конструкций можно воспользоваться рекомендациями ТР 12328-ТИ. 2018 ОАО «Теплопроект».

Защитное покрытие

Защитное покрытие при изоляции аппаратов предохраняет изоляционный слой от механических повреждений и атмосферных воздействий. В качестве защитного покрытия может быть использован широкий спектр материалов. Обзор материалов представлен в главе 3.2. Листовая сталь (гладкая), как правило, используется для защитного слоя небольших аппаратов.

Для крупномасштабных изоляционных систем гладкая листовая сталь может использоваться только для защиты от небольших ветровых нагрузок. Именно поэтому необходимо сокращать в таких случаях шаг в опорных конструкциях. В результате мы получим достаточно большое количество тепловых мостиков и возросшие тепловые потери.

На больших поверхностях гладкие листы из стали больше подвержены видимым повреждениям (вмятины, задиры), чем профилированные листы.

Для увеличения прочностных характеристик стальные листы могут быть изогнуты по диагонали (т. н. конверты). Но все же предпочтительней использовать профилированные листы металла для изоляции больших поверхностей. Они имеют структурную прочность и позволяют равномерно распределить нагрузку, оказываемую перпендикулярно изолируемой поверхности. Недостатком использования профилированных листов является то, что цилиндрические поверхности, как правило, имеют более сложные формы, чем просто труба (выступы, отводы, изгибы и т. д.).

Таким образом, защитное покрытие из профилированного листа рекомендовано к использованию на участках, имеющих небольшое количество выступов. Подбор и монтаж покрытия из профлиста стоит производить так, чтобы под покрытие не попадали атмосферные осадки.

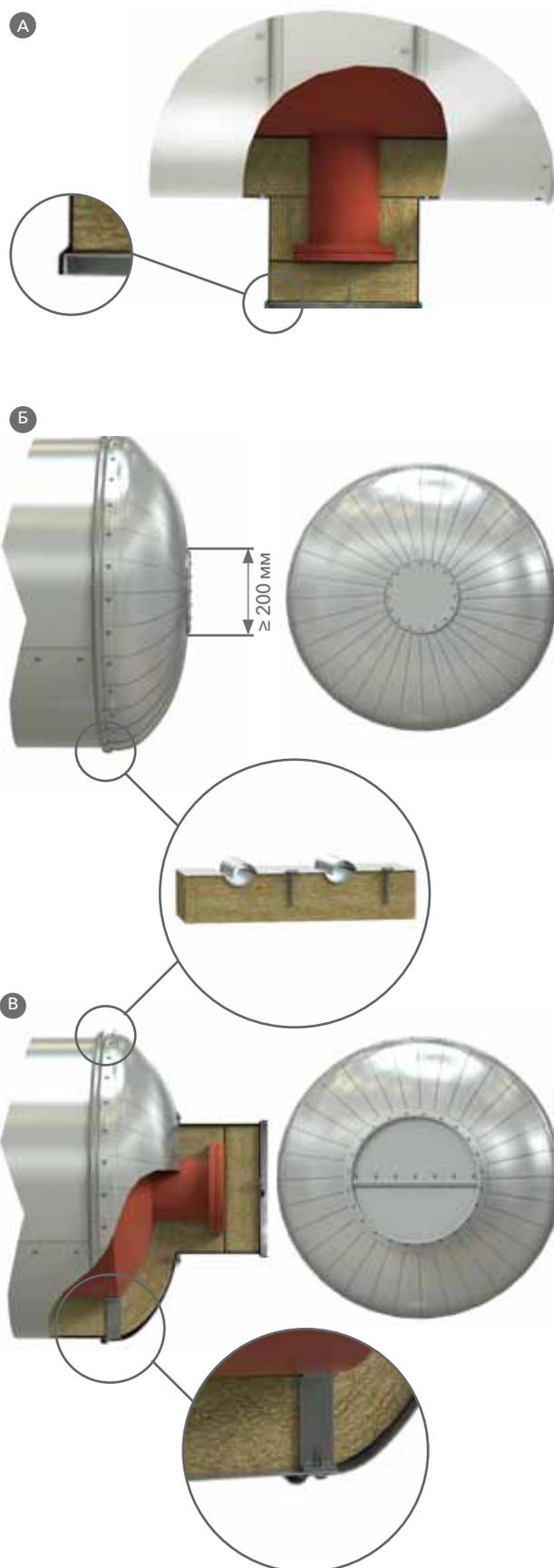
Защитное покрытие в условиях повышенной влажности и агрессивных сред

Для гарантии функциональности технической изоляции очень важно защищать ее от воздействия атмосферных осадков и предотвратить проникновение влаги внутрь изоляции.

Влага в изоляционной системе увеличивает теплопроводность, тем самым снижая ее эффективность. Влага также увеличивает риск коррозии металлических компонентов объекта и изоляционной системы.

В большинстве случаев защитное покрытие также является защитой от воздействия химически агрессивных сред, также оно должно быть устойчивым к различным способам очистки, например чистка паром под высоким давлением.

В равной степени как к изоляции, так и к изолируемой поверхности должно быть подобрано максимально подходящее защитное покрытие, что является залогом продолжительного срока службы, низкой стоимости обслуживания и низкого уровня тепловых потерь через изоляцию.



2.3. Изоляция колонн

Колонна фактически представляет собой вытянутый вертикальный аппарат, который, как правило, используется в нефтехимической отрасли промышленности для ректификации или извлечения (вытяжки) веществ. Колонны часто являются ключевым элементом химических и нефтехимических предприятий. Процессы в колоннах часто проходят при строго определенных температурных режимах. Таким образом, изоляция играет очень важную роль в функциональности колонн:

- Сокращение теплопотерь;
- Создание безопасной температуры на поверхности изоляции;
- Предотвращение охлаждения хранящегося продукта, что не позволяет ему оседать и загустевать;
- Поддержание температурного режима рабочего процесса;
- Предотвращение нагрева продукта (например, от солнечного излучения).

Колонны настолько часто используются в производственных процессах разных отраслей промышленности, что приведенные ниже примеры не смогут описать все конструкционные особенности и факторы, влияющие на выбор изоляции и создание изоляционной конструкции.

Определение вида продукта и конструкции должно описываться для каждого случая отдельно. В случае затруднений рекомендуем обратиться за технической поддержкой к представителям ROCKWOOL в вашем регионе или в Центр проектирования компании ROCKWOOL по телефону +7 495 995 7755 или электронной почте design.centre@rockwool.com.

Также должны быть рассмотрены нормы и стандарты, регулирующие применение изоляционных материалов в конструкциях оборудования и нормы проектирования самого оборудования.

Несколько примеров:

- ГОСТ Р 52630–2006. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия;
- ГОСТ 17314–81*. Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования;

Размеры бандажных лент и частота их установки

Внешний диаметр изоляции, мм	Размеры бандажа для внутреннего слоя изоляции	Размеры бандажа для внешнего слоя изоляции, а также для однослойных решений	Расстояние между бандажами, мм
200...1800	13x0,5 мм	16x0,5 мм	250
>1800	16x0,5 мм	19x0,5 мм	250

- СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (актуализированная редакция СНИП 41-03-2003);
- ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Система изоляции колонн

Система изоляции колонн, как правило, состоит из следующих компонентов:

- Изоляция;
- Опорные конструкции, дистанционные элементы;
- Пароизоляция для холодных объектов;
- Защитное покрытие.

Эксплуатационная температура объекта (выше или ниже окружающей среды) является существенным фактором в подборе изоляции. Следующие части данного раздела будут описывать изоляцию горячих колонн.

Подбор и монтаж изоляции

Выбор подходящей изоляции зависит от условий эксплуатации, температуры изолируемого объекта, размеров и местоположения колонны.

Как правило, для изоляции колонн используют прошивные маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU}. Так как большинство колонн располагается на открытом воздухе, важно выбирать изоляцию с низким коэффициентом теплопроводности и с хорошими водоотталкивающими свойствами.

Крепление изоляции осуществляется стальными бандажными лентами. Ленты должны быть изготовлены из нержавеющей стали, скрепление производится бандажными гайками или пряжками с замками.

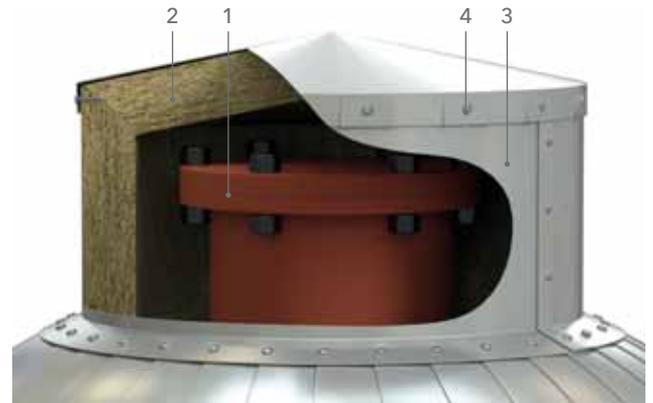
Размеры бандажных лент и частота их установки показана в таблице ниже. Эффективность указанных параметров подтверждена применением на многих объектах.



Изоляция основания колонны с юбочной опорой

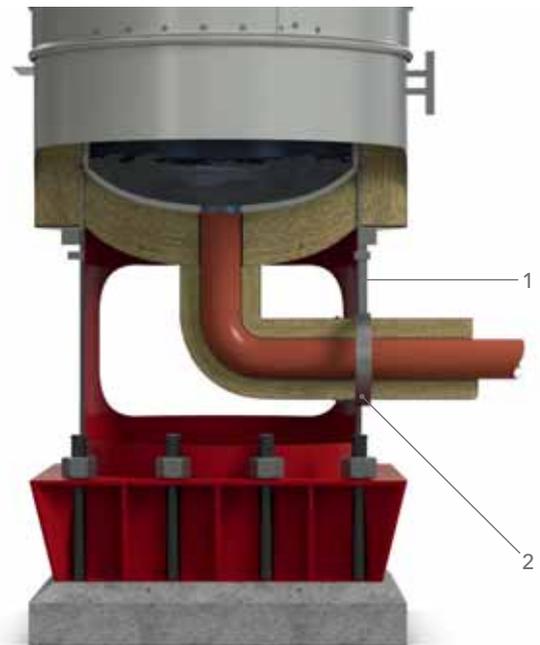
- 1 голова колонны, 2 ребро жесткости и опорное кольцо,
- 3 компенсаторы термических расширений, 4 рабочая платформа, 5 идентификационная табличка, 6 основание колонны, 7 юбочная опора

Вариаций используемого оборудования достаточно много, поэтому рекомендованные значения могут рассматриваться как ориентир при проработке конкретных элементов изоляции и крепежа в каждом отдельном случае. При установке изоляции в несколько слоев необходимо соблюдать разбежку швов (стыков). На иллюстрациях ниже показаны наиболее часто используемые решения при изоляции колонн.



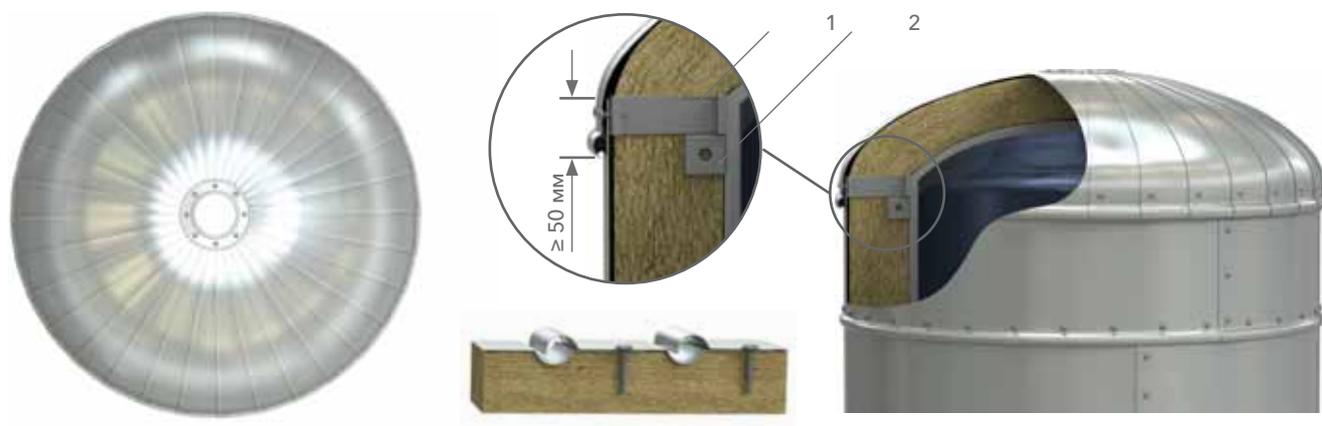
Изоляция вертикального люка на крышке колонны

- 1 люк, 2 изоляция, 3 защитное покрытие,
- 4 саморез или заклепка



Изоляция основания колонны с юбочной опорой

- 1 рама юбочной опоры,
- 2 подвижное соединение (проходка)



Изоляция эллиптической крышки. ① опорная конструкция, ② опорная скоба/суппорт опорной конструкции

Огнезащита юбочной опоры

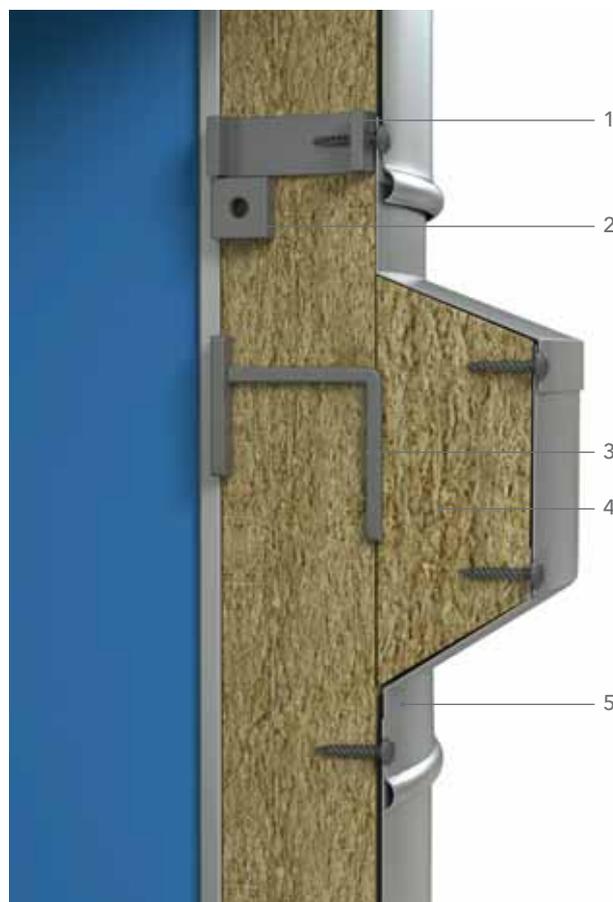
От качества огнезащитного материала колонны напрямую зависит огнестойкость опорной конструкции колонны. Компания ROCKWOOL рада предложить систему огнезащиты CONLIT для стальных несущих конструкций, которая является частью огнезащитных решений ROCKFIRE. Эффективность системы CONLIT

подтверждена испытаниями во ВНИИПО МЧС РФ и имеет все необходимые сертификаты и документы.

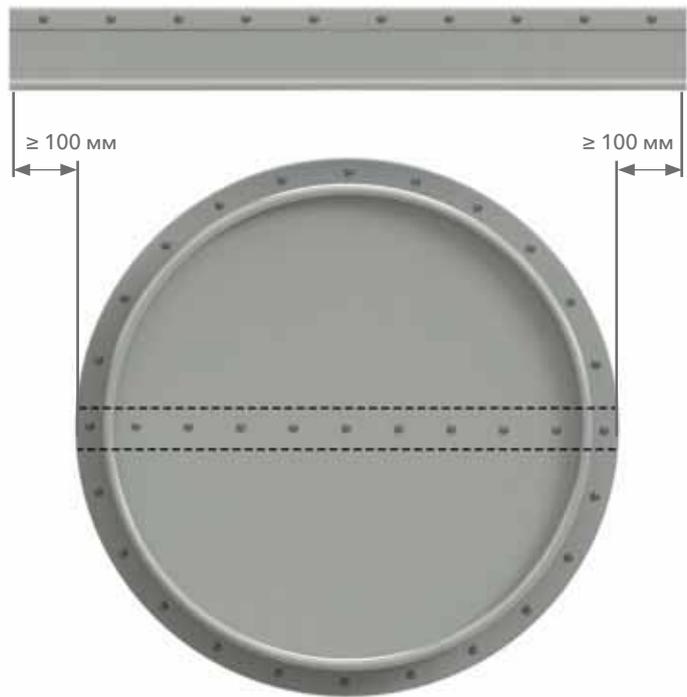
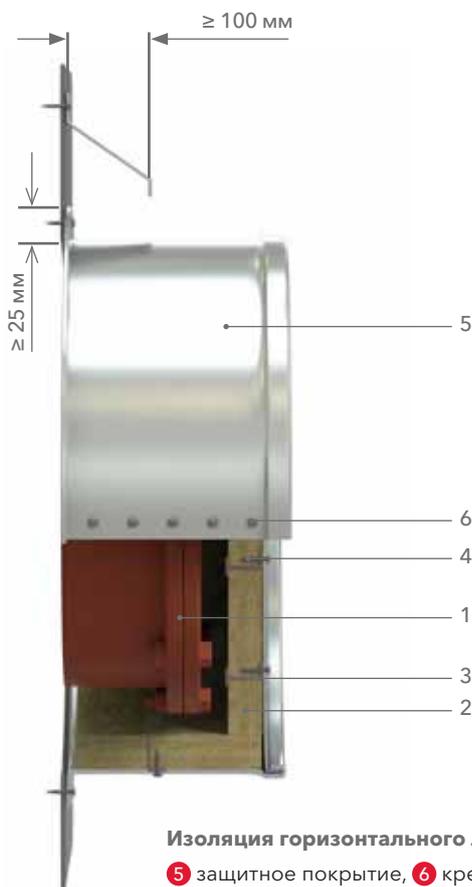
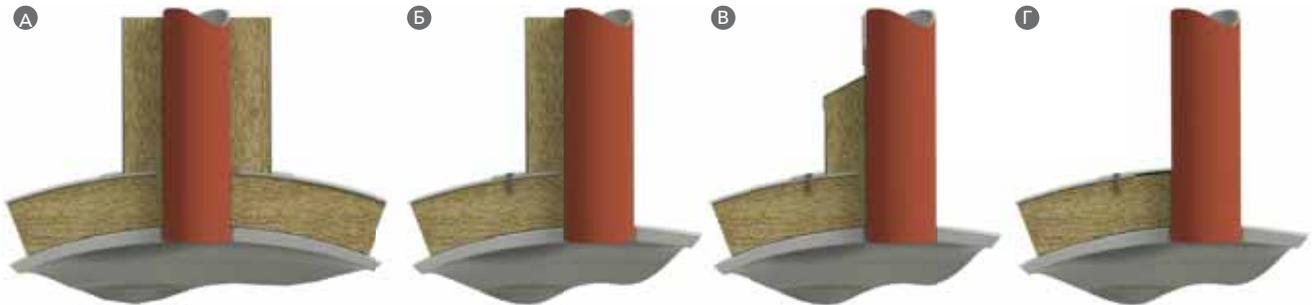
Более подробную информацию с рекомендациями по монтажу вы сможете найти в каталоге огнезащитной системы ROCKFIRE.

Изоляция ребра жесткости

① опорная конструкция, ② опорная скоба/суппорт опорной конструкции, ③ ребро жесткости, ④ изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, ⑤ защитное покрытие



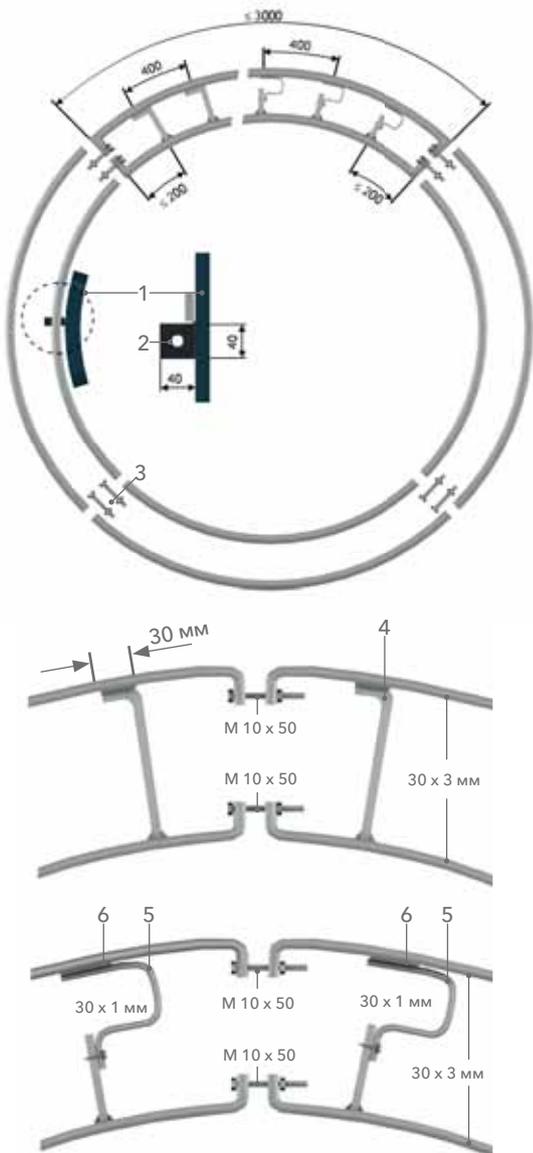
Различные варианты изоляции трубных вводов



Изоляция горизонтального люка. 1 люк, 2 изоляция, 3 шпindelь, 4 крепление шпинделя, 5 защитное покрытие, 6 крепление: саморезы или клепки

Опорные конструкции и дистанционные элементы

Установка опорных конструкций и дистанционных элементов на колонны обязательна. Задача опорной конструкции состоит в разгрузке веса изоляционной конструкции и переноса веса на монтажные опоры изолируемой конструкции.



- 1 стенка изолируемого объекта, 2 опорная скоба/суппорт опорной конструкции, 3 болтовое соединение, 4 опорная конструкция, 5 ω-образный дистанционный элемент, 6 термическая прокладка (термобарьер)

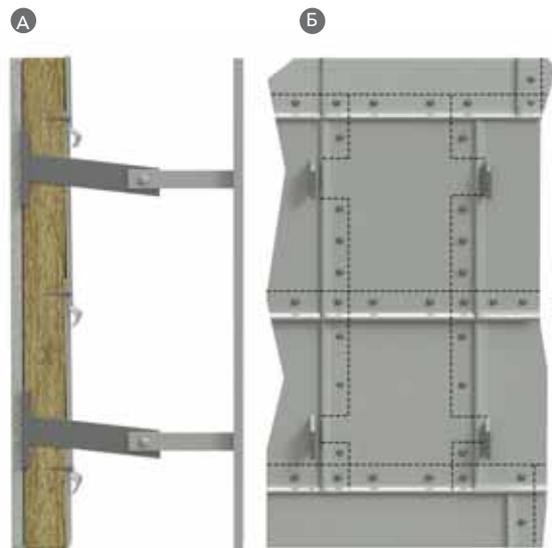
Дистанционные элементы сохраняют заданное расстояние защитного покрытия от изоляционного слоя.

На колоннах, которые, как правило, вертикально ориентированы, функцию опорной конструкции и дис-

танционного элемента чаще всего выполняет одно и то же опорное кольцо.

Разработка спецификации опорных конструкций и дистанционных элементов показана в разделе 2.2.9. Требования к опорным конструкциям разрабатываются непосредственно заказчиком, а также могут быть найдены в европейских стандартах CINI и AGI, разделы Q 153 и 154.

Перед началом изоляционных работ необходимо смонтировать крепежные элементы для установки опорных конструкций (один из вариантов изготовления и монтажа приводится в ГОСТ 17314). Опорные конструкции с системой крепежа не должны препятствовать установке изоляции в конструкцию. Для подбора и изготовления элементов опорных конструкций можно воспользоваться рекомендациями TP 12328-ТИ. 2018 ОАО «Теплопроект».



Дистанционные элементы для крепления лестницы

А – вид сбоку, Б – вид спереди

Защитное покрытие

Покрытие защищает изоляцию от механических и погодных воздействий. В качестве защитного покрытия можно использовать широкий ассортимент как плоского листового металла, так и профилированных листов. См. главу 2.2.10 «Материалы для защитного покрытия». Подробную информацию можно найти в разделе «Изоляция аппаратов».

2.4. Изоляция резервуаров

Резервуары являются неотъемлемым элементом всех видов производств. Хранение готовых продуктов, сырья, топлива и др. – вот функции, которые выполняют резервуары в производственных процессах. Как правило, для длительного хранения сырья и готовых продуктов используются резервуары больших объемов (10–30 тыс. куб. м).

Для временного хранения, накопления готовой продукции, хранения полуфабриката используются резервуары малых объемов (500–5000 куб. м). Изоляция резервуаров применяется для сохранения стабильности показателей продукции (агрегатное состояние), предотвращения резких перепадов температур (охлаждения зимой и перегрева летом), а также для избежания чрезмерных теплопотерь (например, в нефтехимической промышленности хранение и транспортировка продуктов чаще всего идут в режимах +30 °С...+200 °С) и потерь продукта через испарение.

Выбор изоляции

Резервуары, как правило, располагаются на открытом воздухе. Именно поэтому важно выбирать изоляционный материал с высокой теплоизоляционной эффективностью, водоотталкивающими свойствами и долговечные в эксплуатации. Для стенок резервуаров, которые в сечении представляют собой круг, подойдут упругие плиты, способные принимать форму криволинейных поверхностей. Для крыш резервуаров необходимо применять продукты, которые могут выдерживать снеговые нагрузки, а также массу перемещающегося персонала. Продукция ROCKWOOL TEX БАТТС оптимально подходит для применения в качестве изоляции для резервуаров с соблюдением всех перечисленных выше условий.

В линейке материалов TEX БАТТС присутствуют как упругие плиты (TEX БАТТС 50 и TEX БАТТС 75), так и плиты высокой прочности (TEX БАТТС 100 и TEX БАТТС 125). Данные материалы производятся толщинами 50–200 мм и способны работать при самых высоких температурах (до +750 °С). Для изоляции резервуаров с температурой хранимого продукта свыше +100 °С рекомендуется применять двуслойные теплоизоляционные решения (с обязательной «перевязкой» швов).

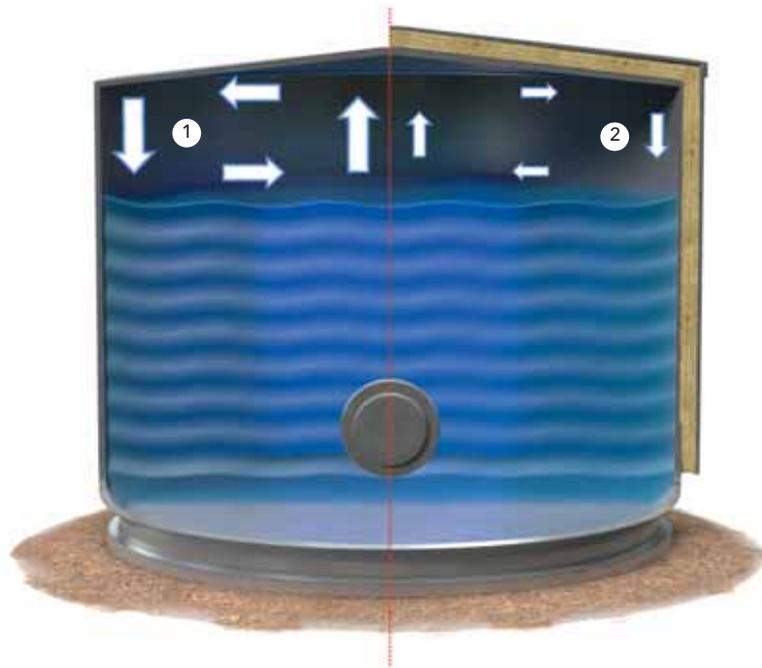
Изоляция крыш

Изоляция резервуаров не так проста. Коррозия крыши резервуара может начаться в результате небрежного монтажа или обслуживания изоляции. Имен-



но поэтому многие компании принимают решение не изолировать крыши резервуаров.

Есть мнение, что прослойка воздуха между жидкостью и крышей резервуара действует как изолятор. Данное мнение не верно. Благодаря разнице температур между горячей жидкостью и незаизолированной крышей резервуара в воздушной прослойке происходит сильнейшая конвекция, которая в результате приводит к значительным теплопотерям. Изоляция крыш резервуаров возможна в случае тщательного подбора и проработки изоляции, крепежных элементов и их оснований.



Конструкция

Перед тем как начать изоляционные работы убедитесь, что все необходимые подготовительные действия выполнены. Важное значение в изоляции резервуаров имеет антикоррозионная обработка. Более подробную информацию о подготовке см. в разделе 2.1.2.

Резервуар для хранения на открытом воздухе постоянно подвергается воздействию окружающей среды. Ветер является причиной деформации и расслоения, которые легко приводят к повреждению изоляции и покровного слоя – как правило, стальных или алюминиевых листов. Следовательно, листовая металл срывается и атмосферные осадки проникают внутрь изоляции. Набор влаги может стать причиной сильной коррозии поверхности резервуара и в конце концов привести к разрушению стенки и утечке рабочей жидкости. Своевременные меры предосторожности необходимы для обеспечения качества и срока службы изоляции.

Многие изоляционные системы могут справиться с приведенными задачами. Выбор соответствующей изоляционной системы будет зависеть от диаметра, температуры резервуара, окружающей среды и возможности использовать при монтаже изоляции лесов и вспомогательных конструкций.

В дополнение к этому заказчик может предъявлять специфические требования к изоляции объекта (например, запрет на внесение изменений в конструктив

резервуара делает невозможным крепеж изоляции на приварные штифты).

Только рассмотрев объект в каждом отдельном случае, можно определить, является ли подходящим тот или иной вид изоляционного материала и конструкции для применения. В случае затруднений рекомендуем обратиться за технической поддержкой к представителям ROCKWOOL в вашем регионе или в Центр проектирования компании ROCKWOOL по телефону +7 495 995 7755 или электронной почте designcentre@rockwool.com.

Также должны быть рассмотрены нормы и стандарты, регулирующие применение изоляционных материалов в конструкциях оборудования и нормы проектирования самого оборудования. Несколько примеров:

- ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия;
- ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов;
- ГОСТ 17314-81*. Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования;
- ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.



Принципиальная схема устройства изоляционной конструкции резервуара. 1 изоляция: ТЕХ БАТТС 75, 2 опорные кольца (пояса), 3 стальные бандажные ленты, 4 трубный ввод (люк), 5 защитное покрытие, 6 сопряжение крышки и стен

Огнезащита юбочной опоры

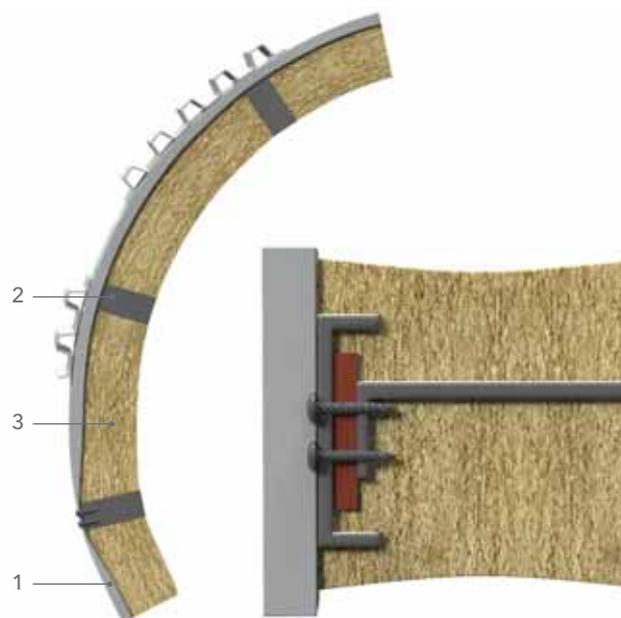
Для защиты крыши и стен резервуаров чаще всего применяется металлическое покрытие. Благодаря легкому весу, невысокой цене и простоте в монтаже, чаще всего в качестве защитного покрытия используется профилированный стальной лист (окрашенный или оцинкованный).

В некоторых случаях (класс пожарной опасности, вероятность возникновения коррозии и т. д.) могут быть использованы алюминий, сталь, полимерные материалы и др.

Опорные кольца

В вертикальных конструкциях масса изоляции может повредить слои изоляции, находящиеся под ними.

Для предотвращения повреждения изоляции горизонтальные опорные кольца необходимо располагать на высоте свыше 4 м. Расстояние между опорными кольцами не должно превышать 3 м. Конструкция должна быть устроена таким образом, чтобы влага удалялась из изоляционного слоя.

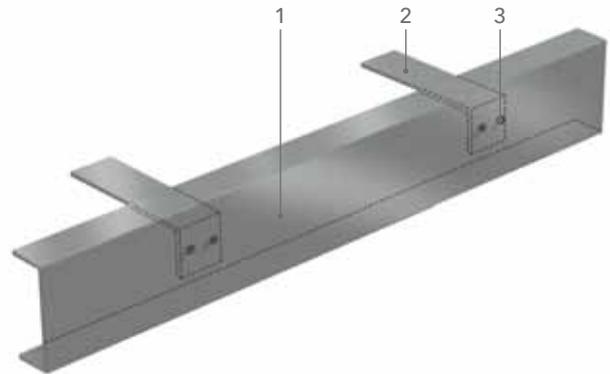


1 покрытие, 2 дистанционный элемент опорной конструкции, 3 изоляция ТЕХ БАТТС 75

Расширение

Большие резервуары расширяются от температурных изменений, а также при хранении субстанций под давлением (т. н. набухание) или в разреженном состоянии. Названные факторы могут приводить к увеличению или уменьшению диаметра резервуара.

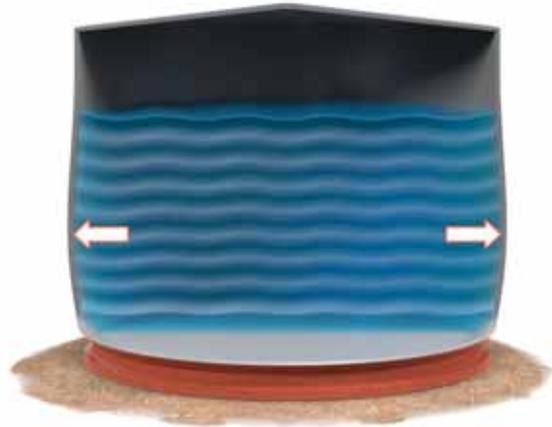
Пример: диаметр резервуара 20 м. При нагреве хранящегося продукта до 220 °С диаметр резервуара может увеличиться на 180 мм. Для предотвращения нарастания напряжения защитного слоя (металлических листов) важно выбирать упругие изоляционные плиты – ТЕХ БАТТС 50, ТЕХ БАТТС 75. Если расширение резервуара вследствие высокой температуры ожидаемо, то для защитного покрытия следует применить профилированный стальной лист.



1 опорное кольцо (пояс), 2 дистанционный элемент опорного кольца, 3 крепеж

Лестницы и люки

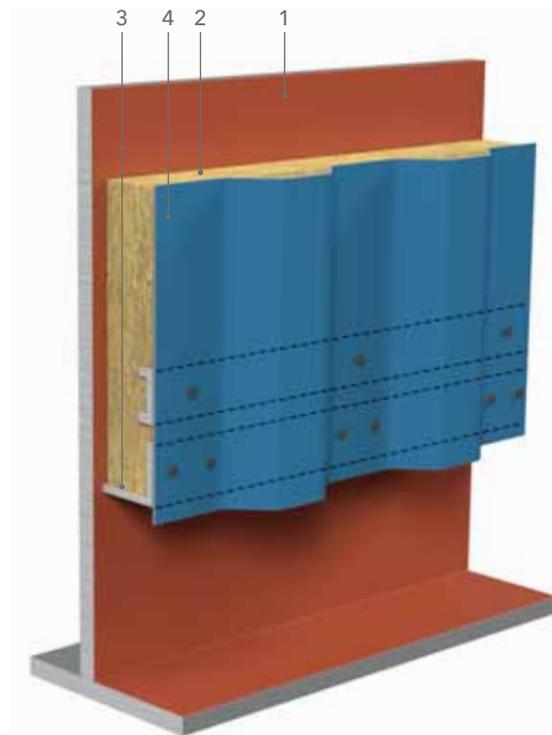
Необходимые требования к пространству для изоляции должны быть приняты во внимание при разработке и планировании установки. Дистанция между лестницей и стенкой резервуара должна быть достаточной для беспрепятственного монтажа изоляции. Люки необходимо изолировать так, чтобы они могли использоваться достаточно часто без повреждения изоляционного слоя.



Сопряжение стенки и основания резервуара

При заполнении резервуара возникает напряжение в сварном шве между стенкой и основанием. Для возможности контроля данного участка не следует изолировать первые 10-50 см стенки. Правила приемки и методы контроля сварных соединений достаточно подробно изложены в ГОСТ 31385-2008 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия».

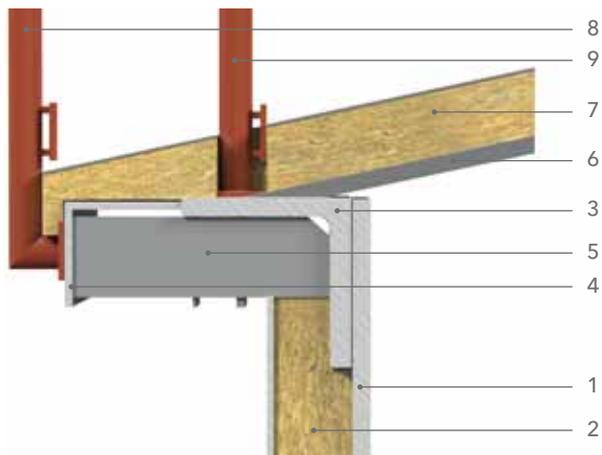
Первое опорное кольцо обычно приваривается над названным уровнем и конструируется так, чтобы удалялась влага из слоя изоляции. Последующие кольца монтируются на расстоянии 3-4 метра друг от друга, начиная с первого кольца.



1 стенка резервуара, 2 изоляция ТЕХ БАТТС 75, 3 опорное кольцо, 4 защитное покрытие, 5 сварной шов

Сопряжение стенки и крыши резервуара

Защита от дождевых вод устанавливается в местах соединения стенки и крыши резервуара для предотвращения попадания влаги в изоляционный слой стены. На защиту от дождевых вод навариваются перила.

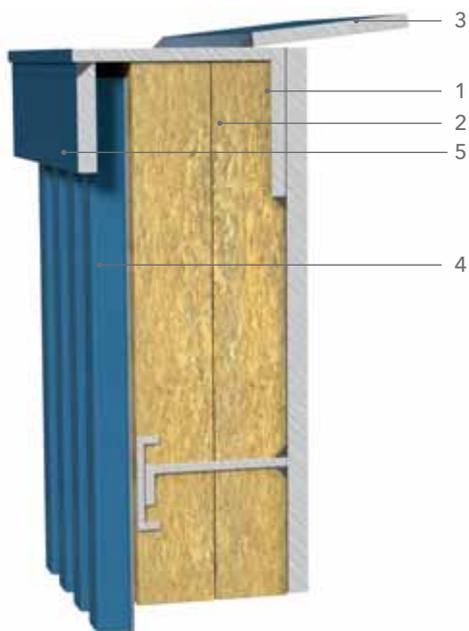
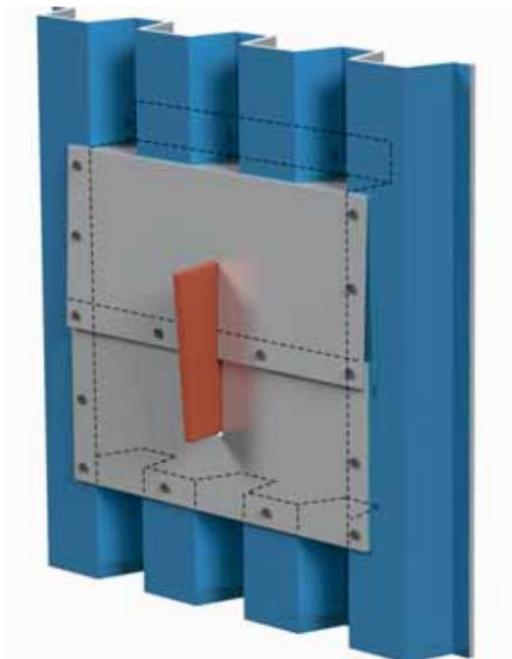


Сопряжение стены и крыши резервуара с перилами

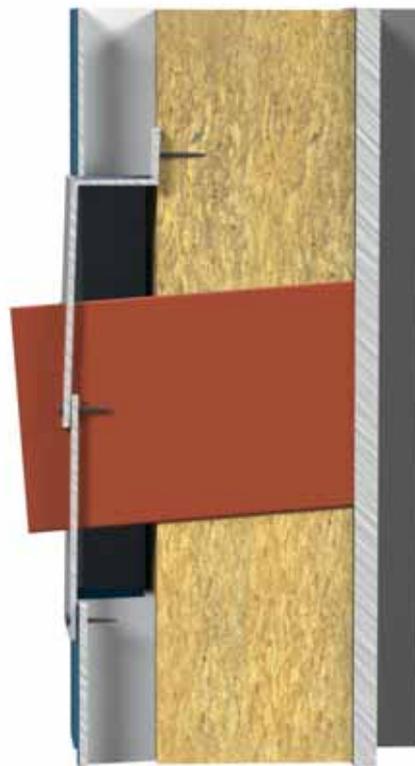
1 стенка резервуара, 2 изоляция ТЕХ БАТТС 75, 3 уголок (L-образный профиль), 4 защита от атмосферных осадков, 5 ребро жесткости (суппорт), 6 крыша резервуара, 7 изоляция ТЕХ БАТТС 125, 8 перила, 9 вариант с неизолированной крышей

Выступы в стенах резервуаров

Выступающие элементы в стенах резервуаров могут привести к попаданию дождевых вод или выбросам химических субстанций. Постарайтесь свести количество выступов к минимуму. Изолируйте выступающие элементы так, как показано ниже.



Защита от атмосферных осадков. 1 стенка резервуара, 2 изоляция ТЕХ БАТТС 75, 3 крыша резервуара, 4 защитное покрытие, 5 водоотвод (защита изоляции от атмосферных осадков)



Завершение крыш резервуаров

Так же как и для стен резервуаров, множество конструкций возможны для крыш. Выбор изоляционной системы в основном зависит от диаметра резервуара и природы шва между стеной и крышей резервуара. В дополнение заказчик может предъявлять специфические требования к оборудованию. Изоляция, как правило, обкладывается стальными листами или радиальными сегментами.

Так как крыша резервуара уязвима к отслаивающим воздействиям (ветровые нагрузки), болтовые соединения могут быть повреждены (расшатаны, вырваны).

Если сварка покрытия с крышей невозможна, стальные радиальные сегменты могут быть сцеплены вместе в кольцо вокруг периметра крыши. Для удержания сегментов в правильном положении используют талрепы.

Во многих случаях самым важным аспектом в изоляции крыши резервуара является предотвращение попадания влаги внутрь изоляционного слоя. Влага является причиной интенсивной коррозии стенок и крыши резервуара. Своевременные меры предосторожности необходимы для обеспечения качества и срока службы изоляции.

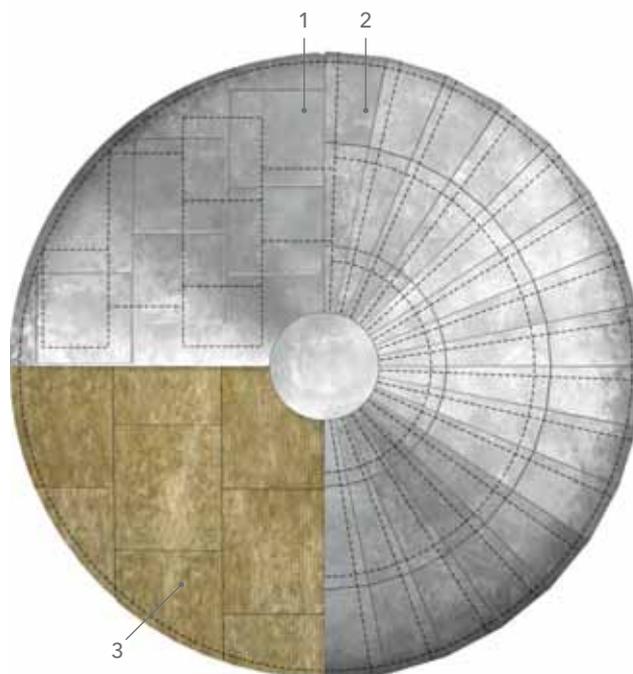
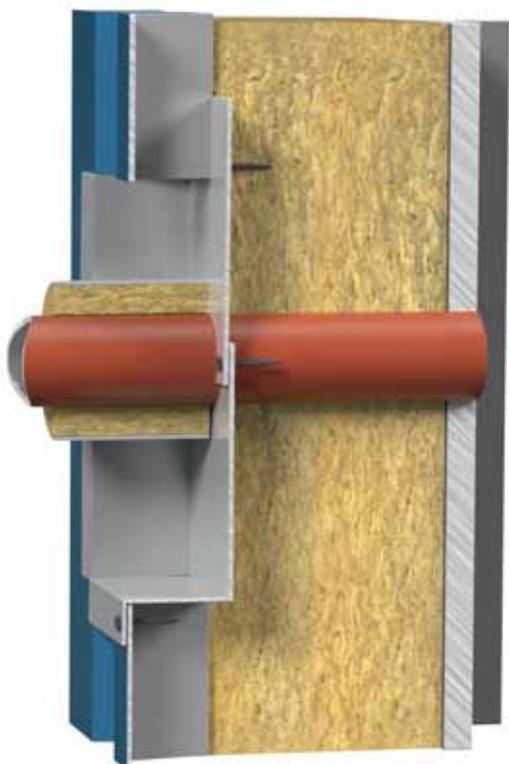
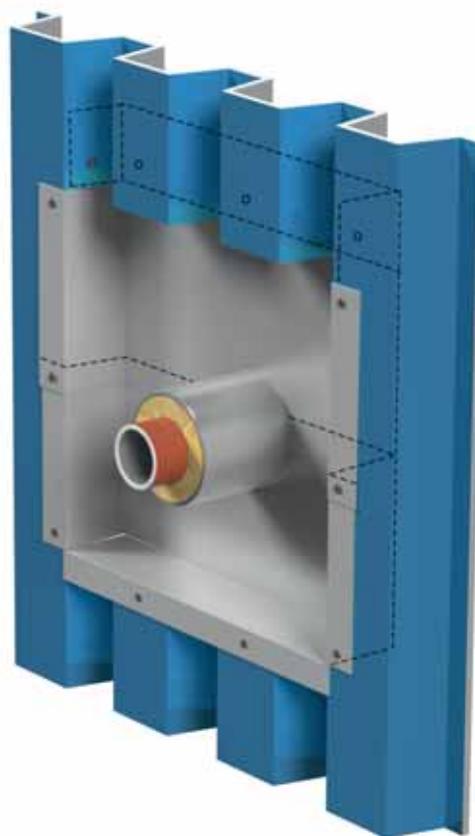
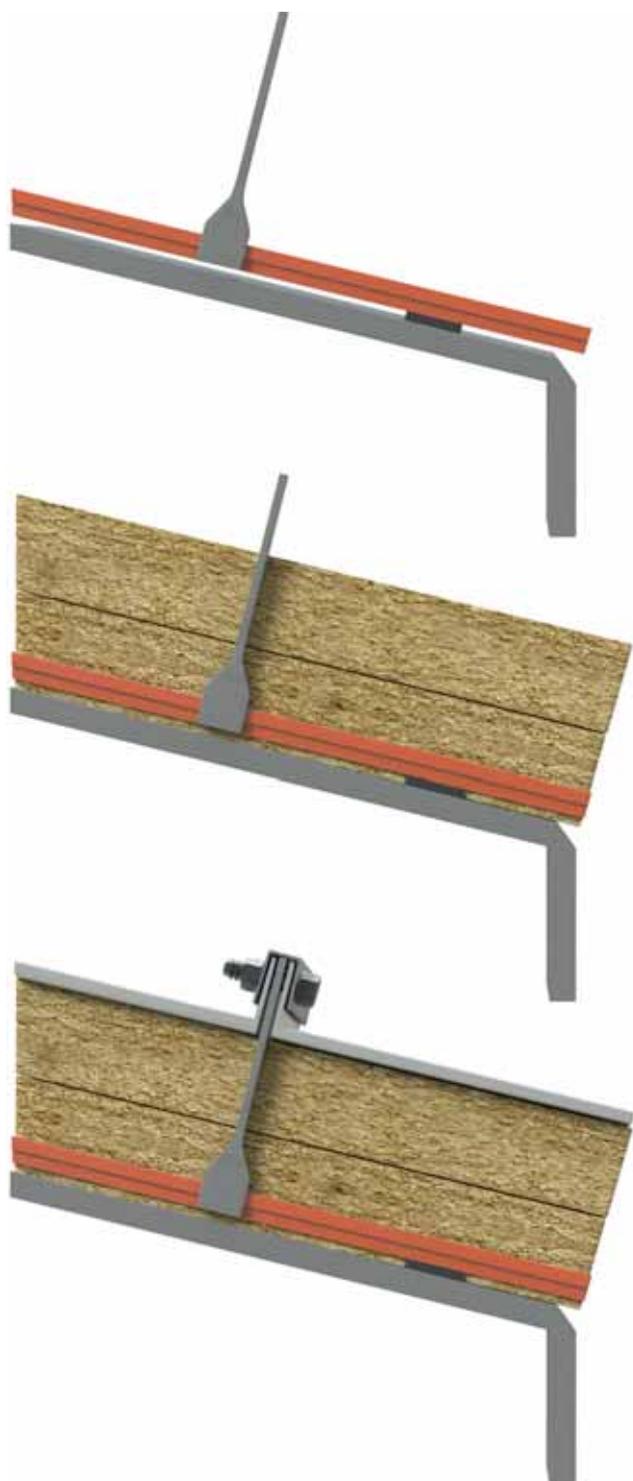


Схема покрытия крышек резервуаров. 1 покрытие из листового металла, 2 покрытие из радиальных сегментов, 3 изоляция

Крепление изоляции и покрытия на стальные полосы



А – установка металлического элемента с предварительно приваренными стальными полосами, Б – установка изоляции ROCKWOOL TEX БАТТС 125 в 2 слоя, В – монтаж защитного покрытия с закреплением на стальной полосе. 1 – стенка резервуара, 2 – защитное покрытие, 3 – изоляция: TEX БАТТС 125, 4 – заглушка (тот же металл, что и в основном покрытии), 5 – болтовое соединение, 6 – стальная полоса, 7 – площадка для установки стальных полос, 8 – место приварки площадки к крыше резервуара

Выступы в крышах резервуаров

Выступы и вводы (отверстия) могут привести к попаданию атмосферных осадков в слой изоляции или загрязнению химическими субстанциями вследствие переполнения резервуара. Старайтесь свести количество выступов и отверстий к минимуму. Если такое невозможно, придерживайтесь конструкции, показанной ниже.



Изоляция дыхательного клапана резервуара. 1 – уплотнительная лента, 2 – изоляция: TEX БАТТС 125 и WIRED MAT 80 (для трубы), 3 – перфорированный металл (вент. отверстия)

Пешеходные трапы

Крыши резервуаров являются местом перемещения персонала. Для уверенности в устойчивости изоляции к перемещению по ней людей следует применять жесткие плиты, такие как TEX БАТТС 150. Если радиус крыши резервуара слишком велик для применения жестких плит, используйте плиты TEX БАТТС 100 и TEX БАТТС 125 в комбинации с металлической локальной опорной конструкцией. Места, допускающие хождение, должны быть четко обозначены.

2.5. Изоляция котлов

Котлы с горячей водой и котлы для производства пара под высоким давлением принято называть паровыми котлами. В основном котлы используют для производства пара, а также горячего водоснабжения и отопления.

Изоляция котлов преследует следующие цели:

- Сокращение теплопотерь и повышение эффективности котла;
- Доведение температуры на поверхности изоляции до безопасного уровня (защита от ожогов);
- Предотвращение нагрева воздуха рабочей зоны в котельной для поддержания нормальных условий труда.

Форм и функционального назначения котлов на рынке такое множество, что приведенные примеры не могут охватить всего разнообразия, а описывают лишь конкретные случаи.

Подбор продукта и разработка решения по изоляции должны производиться для конкретного оборудования.

В случае затруднений рекомендуем обратиться за технической поддержкой к представителям ROCKWOOL в вашем регионе или в Центр проектирования компании ROCKWOOL по телефону +7 495 995 7755 или электронной почте design.centre@rockwool.com.

Для работы с котельным оборудованием должны быть изучены соответствующие стандарты. Пример некоторых из них:

- ГОСТ 21563-93 Котлы водогрейные. Основные параметры и технические требования;
- ГОСТ 28269-89 Котлы паровые стационарные большой мощности. Общие технические требования;
- При поставке зарубежного оборудования работы в инструкциях по монтажу могут регламентироваться европейскими стандартами. Например, CINI Manual: «Insulation in industry».



2.5.1. Изоляция жаротрубных котлов

Жаротрубные котлы обычно используются небольшими и средними промышленными предприятиями, где смеси горячей воды или водяного пара используются при сравнительно низком давлении. Такие котлы могут участвовать в отоплении и ГВС больших комплексов зданий, таких как крупные гостиницы и торговые центры, больничные комплексы и т. д.

Жаротрубный котел состоит из горизонтально расположенного цилиндрического корпуса диаметром до 4 м. Внутри располагается жаровая труба, в которой устроена топка, вместе с торосферическим днищем они образуют камеру сгорания.

В качестве топлива, как правило, используются жидкие или газообразные углеводороды. Вокруг камеры сгорания расположены т. н. трубы второго хода (конвективные поверхности нагрева). Горячий газ, образуемый в результате сгорания топлива выходит из трубы и обогревает внутреннюю поверхность кот-

ла, далее газ направляется в экономайзер или удаляется напрямую через дымовую трубу. Интенсивность теплообмена может повышаться оснащением камеры сгорания спиральными вставками – интенсификаторами. Поворотная камера для дымовых газов образована передней «трубной доской» и специально сформированной фронтальной крышкой котла.

Существуют модели с 2 жаровыми трубами, крайне редко с 3 и более.

Как правило, сверху котла расположены патрубки входа и выхода воды с датчиками температуры, а также патрубок аврийной линии. Патрубок ввода обогревают водонаправляющим элементом для плавного перемешивания холодной обратной воды с горячей котловой. Визуальный контроль пламени в камере сгорания осуществляется через смотровой глазок. Патрубок отвода дымовых газов расположен в верхней части задней стенки котла.



Принципиальная схема жаротрубного котла. 1 корпус котла, 2 изоляция LAMELLA MAT, 3 защитное покрытие, 4 жаровая труба, 5 трубы второго хода, 6 поворотная камера

Применение матов ROCKWOOL LAMELLA MAT является проверенным решением в изоляции жаротрубных котлов.

Эти маты легко монтируются на горизонтальную цилиндрическую поверхность котла (обечайку) и легко крепятся с помощью металлических штырей.

Металлические дистанционные элементы для поддержки кожуха в таком случае могут не использоваться. Мат LAMELLA MAT выдерживает давление до 10 кПа, благодаря чему металлический кожух может монтироваться прямо на него.

В случае плотного прилегания кожуха к изоляции он может принять на себя функции механического крепежа, в таком случае штыри не нужны.

Изоляция характеризуется высокой степенью прочности, постоянством размеров, наличием обкладки.

Благодаря отсутствию опорных конструкций такая изоляция гарантирует равномерную безопасную температуру на поверхности без т. н. «горячих точек», которые представляют риск получения термического ожога для персонала.

Для изоляции фронтальной крышки подходят материалы WIRED MAT, ProRox WM^{RU} и TEX БАТТС, закрепляемые приварными штифтами и блокирующими шайбами.



2.5.2. Парогенератор сверхкритического давления

В настоящее время в топливно-энергетической отрасли промышленности парогенераторы сверхкритического давления, работающие на угольном топливе (черный уголь, бурый уголь и др.), используются для получения пара для работы паровых турбин.

Современные парогенераторы производят до 3600 т пара в час при давлении в 300 бар и температуре пара 620 °С. Одним из типичных парогенераторов является прямоточный котел Бенсона, который использует принудительную подачу питательной воды с помощью насоса.

В отличие от жаротрубных котлов, где вода располагается в цилиндрическом корпусе, вода в таком котле располагается в герметичных трубах, соединенных в плоскую стенку котла. Чаще всего встречаются 1- и 2-контурные котлы, размеры которых могут варьироваться от производительности и вида используемого топлива.

В основании котла располагается камера сгорания, внизу которой сжигается топливо. Горячий газ поднимается по камере с трубами, содержащими воду, тем самым нагревая ее и преобразуя в пар.

Корпус котла подвешен на раме, что позволяет компенсировать тепловые расширения в результате перегрева (горизонтальные и вертикальные). Данные типы расширений должны учитываться при разработке системы изоляции. Справа показана принципиальная схема изолируемых элементов котла.

Опорные стойки

Опорные стойки – это элементы усиления, которые предотвращают выгибание стенок котла. Они располагаются горизонтально с равными интервалами вокруг него. Есть разница между горячими опорными стойками, которые расположены внутри изоляции и холодными опорными стойками, которые расположены снаружи изоляции.

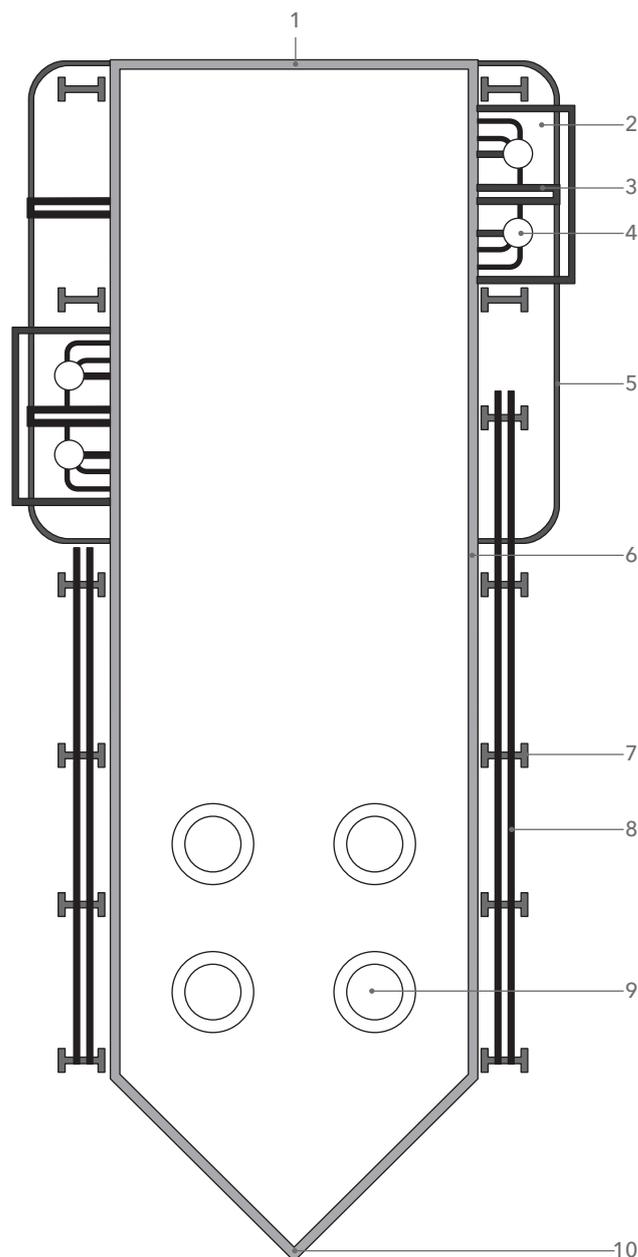
Мертвые зоны

Мертвые зоны расположены перед стенкой котла или на крыше, где располагаются монтируемые компоненты, такие как коллекторы, распределители, трубы. Мертвые зоны расположены внутри изоляции.

Держатели

Держатели – это усиливающие элементы, которые расположены вертикально между опорными стой-

ками и несут на себе вертикальную нагрузку, оказываемую на опорные стойки и стенки котла. Держатели могут располагаться как внутри изоляции, так и снаружи.



Принципиальная схема изолируемых элементов котла

- 1 крышка котла, 2 «мертвая» зона, 3 поперечина,
- 4 коллектор, 5 вспомогательная труба, 6 стенка котла,
- 7 горизонтальные опоры, 8 вертикальные опоры,
- 9 горелки, 10 дно котла

Монтаж изоляции на поверхность (стенки) парогенераторов

При подборе изоляции для поверхности парогенераторов важны следующие характеристики продукции:

- Изоляция должна быть невоспламеняемой;
- Максимальная температура применения изоляции должна быть выше рабочей температуры изолируемого компонента;
- При расчетах берется коэффициент теплопроводности соответствующей температуры;
- Устойчивость к восходящим потокам воздуха должна быть как можно более высокой. Данный показатель снижает конвекцию в слое ваты.

В процессе проектирования, помимо параметров безопасности оборудования (изоляция должна обеспечивать температуру на поверхности не выше 60 °С), также необходимо помнить об энергоэффективности изоляции. Так, европейский стандарт AGI «Изоляция оборудования энергетических объектов» рекомендует ориентироваться на уровень тепловых потерь не больше 150 Вт/м², российский стандарт СП 61.11330.2012 «Изоляция оборудования и трубопроводов» привязывает теплотери на плоских поверхностях к количеству рабочих часов в году и расположению объекта (внутри/снаружи).

Для температуры теплоносителя 400 °С (температура критического пара) и работе свыше 5000 часов в году в помещении уровень теплотери не должен превышать 132 Вт/м².

В связи с ростом цен на энергоносители и социально-политической задачей повышения энергоэффективности данные нормы рано или поздно будут подвергнуты пересмотру в сторону ужесточения. Если заглядывать в перспективу ужесточения требований, то проектирование изоляции нужно производить, исходя из уровня потерь гораздо ниже, чем 150 Вт/м².

Для изоляции генераторов пара компания ROCKWOOL вот уже на протяжении многих лет с успехом применяет маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU}. Это гибкие изделия, которые достаточно легко монтируются на криволинейные поверхности, стенки, имеющие выступы и неровности. Это негорючие прошивные маты в обкладке из гальванизированной сетки с максимальной температурой применения до 750 °С и низкими коэффициентами теплопроводности во всем диапазоне рабочих температур.

Изоляционную конструкцию парового прямооточного котла рекомендуется выполнять из 2-3 слоев прошив-

ных матов WIRED MAT и ProRox WM^{RU}.

WIRED MAT 105 и ProRox WM 960^{RU} прекрасно зарекомендовали себя в качестве первого слоя изоляции. Это негорючее изделие с максимальной температурой применения 750 °С.

Вторым и третьим слоем рекомендуется монтировать продукт WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU} или WIRED MAT 50. Выбор продукта зависит от результатов теплового расчета, а также от температуры первого слоя изоляции.

Гальванизированная сетка и гальванизированная проволока прошивных матов может выдерживать температуру до 400 °С. При работе с более высокими температурами рекомендуется применять маты в обкладке из аустенитной стальной сетки (WIRED MAT SST). Для сокращения конвекции в изоляции при применении на вертикальных стенках котлов могут быть использованы только материалы с сопротивлением проникающему воздушному потоку.

WIRED MAT и ProRox WM^{RU} крепится к поверхности стенки котла с помощью приварных штифтов – не менее 6 шт. на 1 м² для наружного слоя изоляции и не менее 10 шт./м² для внутреннего слоя изоляции. Штифты привариваются непосредственно на поверхность либо используется приварная гайка и штифт с резьбой. В случае с трубчатой стеной штифты запрещено крепить к трубам, крепеж осуществляется только на площадки между трубами.

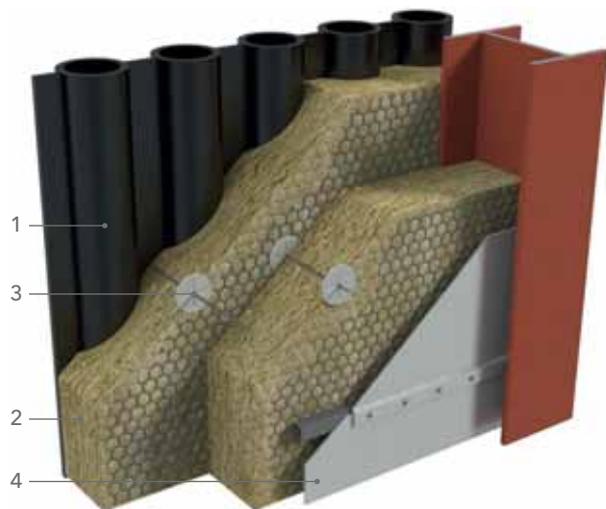


Схема изоляции стенки прямооточного котла матами WIRED MAT, ProRox WM^{RU}. ① стенка котла (трубчатая стенка), ② изоляция: WIRED MAT 105, ProRox WM 960^{RU}, ③ приварные штифты с блокирующими шайбами, ④ защитное покрытие

Рассмотрим размеры штифтов для крепления изоляции:

- при толщине изоляции ≤ 120 мм, диаметр штифта минимум 4 мм;
- при толщинах изоляции 130... 230 мм, диаметр штифта 5 мм;
- при толщине изоляции ≥ 240 мм, диаметр штифта 6 мм;
- в случае если защитное покрытие будет монтироваться на изоляцию без воздушной прослойки, то длину штифта следует выбирать на 10 мм меньше, чем толщина изоляции;
- каждый слой изоляции должен закрепляться блокирующими шайбами.

Прошивные маты WIRED MAT и ProRox WM^{RU} соединяются между собой по продольным и поперечным стыкам. Соединение осуществляется сшивкой матов проволокой или стягиванием крючками (не менее 6 крючков на метр стыка). При многослойной изоляции обязательно устраивать разбежку швов. Следующие иллюстрации показывают типовую конструкцию изоляции стенки котла.

Конвекция в изоляции

В вертикально ориентированных конструкциях, в частности в случае образования пустот со стороны изолируемой поверхности, к увеличению теплопотерь может привести конвекция через изоляционный слой. Особенно этот риск касается трубчатых стен,

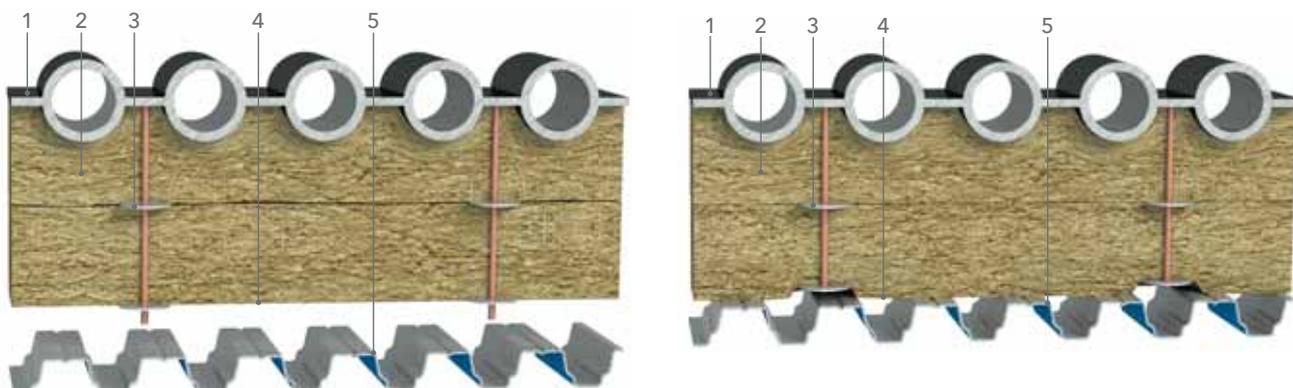
где не всегда можно избежать полостей в месте соприкосновения изоляции с поверхностью (пустоты, как правило, образуются в местах площадок между трубками). Следующие меры помогут предотвратить конвекцию:

- создание конвекционных барьеров на расстоянии 5–8 м друг от друга;
- использование изоляции с достаточным сопротивлением воздушному потоку;
- монтаж алюминиевой фольги между слоями изоляции и/или снаружи.

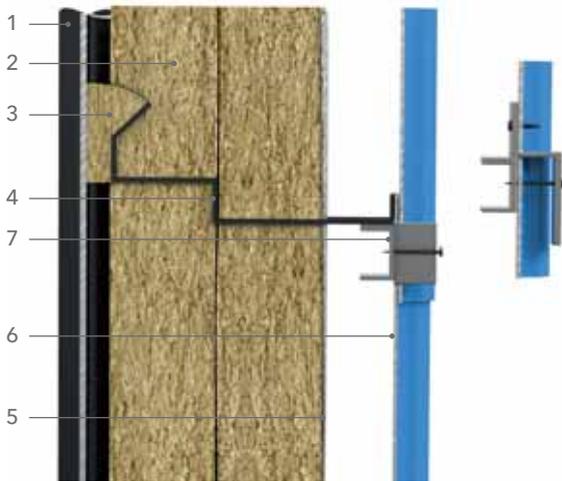
Конвективные барьеры

Следующие схемы показывают 2 варианта устройства конвекционных барьеров для вертикальных стен. В зависимости от рабочей температуры и структуры поверхности оборудования барьер может быть создан из металлического листа $\geq 0,5$ мм или алюминиевой фольги ≥ 80 мкм.

Барьер должен быть подведен к изолируемой поверхности и присоединяться в обкладке с необогреваемой стороны. Промежуток между обогреваемой поверхностью и барьером необходимо заполнить каменной ватой ROCKWOOL (важно, чтобы конвективный барьер не соприкасался с горячей поверхностью, становясь тем самым «термическим мостом»). В случае установки в многослойную изоляцию барьер должен быть изогнут «ступенькой», как это показано на схеме (стр. 83).



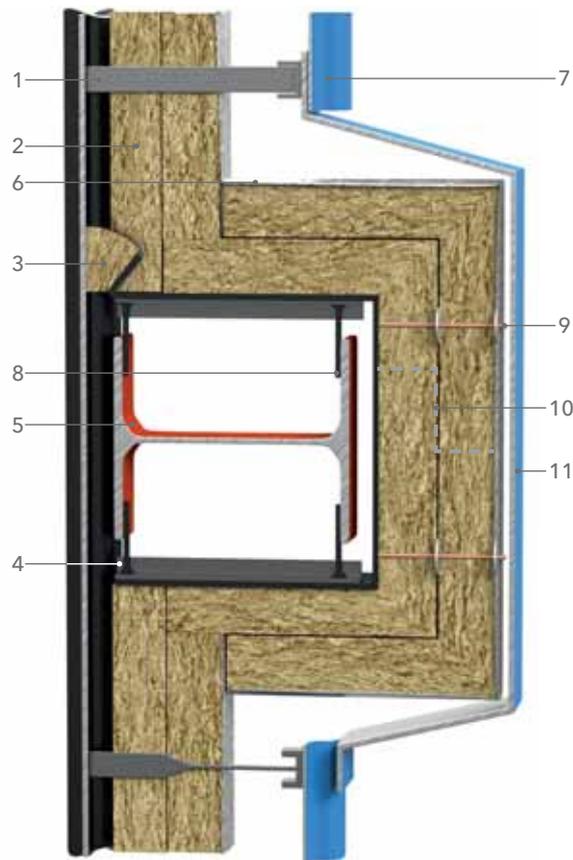
А - схема изоляции стенки прямоточного котла матами прошивными WIRED MAT без зазора между изоляцией и защитным кожухом, **Б** - схема изоляции стенки прямоточного котла матами прошивными WIRED MAT с зазором между изоляцией и защитным кожухом. ① трубчатая стенка, ② изоляция: WIRED MAT 105, ProRox WM 960^{RU}, WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU}, ③ приварные штифты с блокирующими шайбами, ④ алюминиевая фольга (при необходимости), ⑤ защитное покрытие (профилированный металл)



Конвективный барьер. 1 стенка котла, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 заполнение ватой ROCKWOOL (подойдет TEX MAT), 4 конвекционный барьер (стальной лист), 5 алюминиевая фольга (если необходимо), 6 защитное покрытие, 7 стыковочный профиль (MF), 8 Z-образный стыковочный профиль

Изоляция боковых опор

Боковые опоры, подвергающиеся тепловому воздействию, должны быть заизолированы и закрыты в кожух (см. рис. ниже). Держатели, не подвергающиеся тепловому воздействию, не изолируются и не закрываются кожухом (см. рис. справа).



Боковой держатель, подвергающийся нагреву
 1 стенка котла, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 заполнение ватой ROCKWOOL (подойдет TEX MAT), 4 опорная конструкция, 5 нагреваемый держатель с неподвижным соединением, 6 алюминиевая фольга (если необходимо), 7 защитное покрытие (предварительно сформованное), 8 внутреннее покрытие держателя, выполненное из черного металла, 9 приварные штифты с блокирующими шайбами, 10 конвекционный барьер из алюминиевой фольги, 11 покрытие из листового металла



Боковой держатель, не подвергающийся нагреву
 1 стенка котла, 2 изоляция: маты WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 приварные штифты и блокирующие шайбы, 4 подвижное соединение держателя со стенкой котла, 5 алюминиевая фольга (если необходимо), 6 защитное покрытие (профилированный лист), 7 субструктура, 8 необогреваемый держатель, 9 опора котла

Изоляция «мертвых зон» (пустот)

Мертвые зоны расположены на передней стенке котла или его крышке и содержат предустановленные и закрытые кожухом еще до изоляции компоненты.

Используйте любой металлический лист толщиной минимум 1 мм. Смонтируйте лист на уже существующий кожух так, чтобы он повторял его форму и был готов к термическим расширениям.

Таким образом, мы получаем т. н. двойной кожух, внешний слой которого станет площадкой для приварки крепежных элементов изоляции и опорных конструкций.

Опорная конструкция и дистанционные элементы

Есть множество вариантов крепления опорных конструкций и дистанционных элементов к поверхности котла. Они могут быть закреплены непосредственно на стенке котла, вспомогательных конструкциях, боковых опорах, поперечинах или держателях. При выборе места и способа крепления необходимо учитывать прокладку изоляции и режимы рабочих поверхностей. Так в энергетике при работе над крепежом к поверхностям с температурой свыше 350 °С необходимо использовать высокотемпературную или огнеупорную сталь.

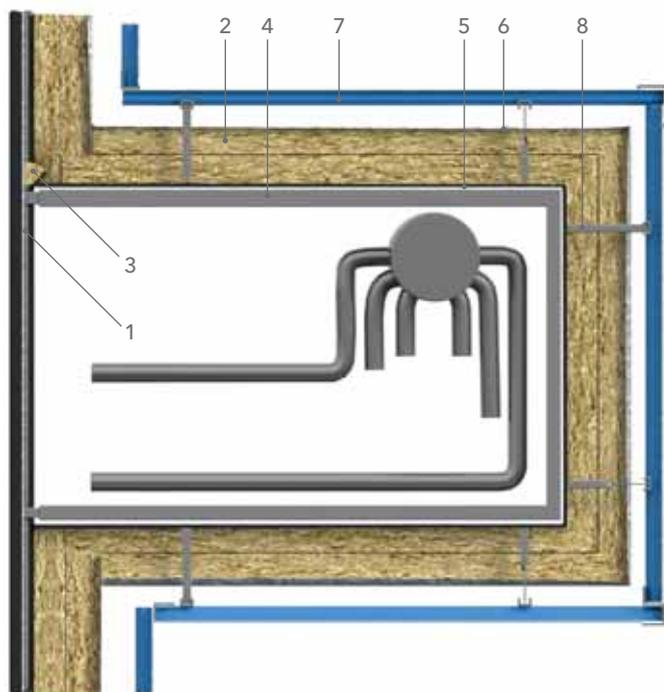
Защитное покрытие

В энергетическом оборудовании, где часто встречаются большие и объемные поверхности для защитного покрытия часто применяют профилированный лист по причине удобства, экономичности и привлекательного внешнего вида.

Профилированный лист хорошо подстраивается и сочетается с открытыми пролетами, пересечениями элементов, местами соединений. Для правильного подбора профиля необходимо следовать нескольким несложным правилам.

При подборе металла следует учитывать: агрессивные воздействия, вызывающие коррозию, температуростойкость, тип конструкции и ее особенности. При выборе обязательно проконсультируйтесь с заказчиком работ.

Чаще всего для прямоточных котлов (генераторов пара), расположенных, как правило, внутри помещений, в качестве защитного покрытия используют оцинкованный листовой металл.



Пример изоляции «мертвой зоны»

- 1 стенка котла, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU},
- 3 заполнение ватой ROCKWOOL (подойдет TEX MAT),
- 4 опорная конструкция, 5 предустановленное защитное покрытие, 6 алюминиевая фольга (если необходимо), 7 металлическая обкладка (профилированный лист), 8 опорная конструкция и дистанционный элемент

2.6. Изоляция газоходов

В результате сгорания топлива образуется газ, который должен удаляться через газоходы в атмосферу, предварительно пройдя необходимую очистку. Очистка может быть разной, например, денитрификация (DENOX), очистка от серы (DESOX) или очистка от пыли (EN). Очень часто большое количество газоходов располагается снаружи зданий. Но как внутри зданий, так и снаружи они подвергаются достаточно большим нагрузкам.

В результате атмосферных воздействий, таких как дождь, ветер, снег, а также перепадов температуры окружающей среды, может произойти охлаждение газовоздушной смеси и, как результат, оседание конденсата из сернистых кислот на поверхности газохода, что ведет к быстрой коррозии.

Изоляция систем газоходов преследует следующие цели:

- Сокращение теплопотерь газового потока и предотвращение тем самым появления точек росы (кислотной или водной) на внутренней поверхности газохода. Это ведет к минимизации риска коррозии. Также это относится к структурным термическим мостикам, которые могут возникать в опорных конструкциях и т. д.;
- Сохранение температуры рабочей газовоздушной смеси;
- Защита персонала;
- Соответствие уровня производимого шума действующим нормам и стандартам.

Формы и размеры оборудования, условия его эксплуатации настолько разнообразны, как и материалы и решения, которые используются для изоляции, что приведенные ниже примеры не могут охватить все их разнообразие.

Подбор продукта и разработка решения по изоляции должны производиться для конкретного оборудования. В случае затруднений рекомендуем обратиться за технической поддержкой к представителям ROCKWOOL в вашем регионе или в Центр проектирования компании ROCKWOOL по телефону +7 495 995 7755 или электронной почте design.centre@rockwool.com.

Более подробно должны быть изучены соответствующие стандарты. Пример некоторых из них:

- СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;

- СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»;
- СП 61.13330.2012 «Изоляция оборудования и трубопроводов»;
- ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

2.6.1. Установка изоляции на газоходы

На протяжении многих лет WIRED MAT и ProRox WM^{RU} является проверенным решением для прямоугольных газоходов. Это достаточно гибкие маты для установки на гладкие и криволинейные поверхности. Изделия WIRED MAT и ProRox WM^{RU} негорючие, с высокой температурой применения и низкими коэффициентами теплопроводности во всем диапазоне температур применения.

Крепление матов WIRED MAT и ProRox WM^{RU} к поверхности газоходов осуществляется приварными штифтами и блокирующими шайбами. Перед началом сварочных работ заказчиком и подрядчиком должны быть согласованы возможность нарушения антикоррозионного покрытия как с наружной, так и с внутренней стороны газохода. Например, целесообразным представляется проводить сварочные работы до антикоррозионной обработки.

На квадратный метр изоляции требуется минимум 6 штифтов. В случае многослойного решения для первого слоя требуется 10 штифтов на 1 м².

Рассмотрим размеры штифтов для крепления изоляции:

- при толщине изоляции ≤ 120 мм, диаметр штифта минимум 4 мм;
- при толщинах изоляции 130... 230 мм, диаметр штифта 5 мм;
- при толщине изоляции ≥ 240 мм, диаметр штифта 6 мм;
- в случае если защитное покрытие будет монтироваться на изоляцию без воздушной прослойки, то длину штифта следует выбирать на 10 мм меньше, чем толщина изоляции;
- каждый слой изоляции должен закрепляться блокирующими шайбами.

Прошивные маты WIRED MAT соединяются между собой по продольным и поперечным стыкам. Соединение осуществляется сшивкой матов проволокой или

стягиванием крючками (не менее 6 крючков на метр стыка). При многослойной изоляции обязательно устраивать разбежку швов.

Для сокращения конвекции в изоляции рекомендуется устанавливать конвективные барьеры. Для примера они могут быть изготовлены из стали 0,5 мм и установлены с интервалом от 5 до 8 мм, когда работы производятся на больших вертикальных поверхностях. Максимальная эффективность барьера достигается пересечением всей толщины изоляции вплоть до кожуха (важно, чтобы барьер не касался изолируемой поверхности).

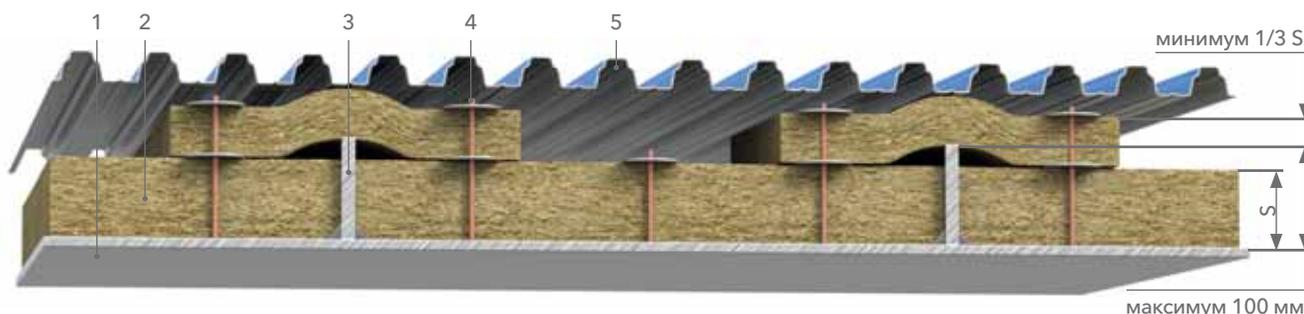
Для изоляции круглых газоходов с рабочей температурой до 250 °С рекомендована изоляция из матов Lamella Mat. Монтаж осуществляется непосредственно на воздуховод, крепление производится бандажными лентами или вязальной проволокой. Крепление матов на круглый воздуховод приварными штифтами лишь увеличивает время монтажа и необязательно.

Изоляция элементов усиления

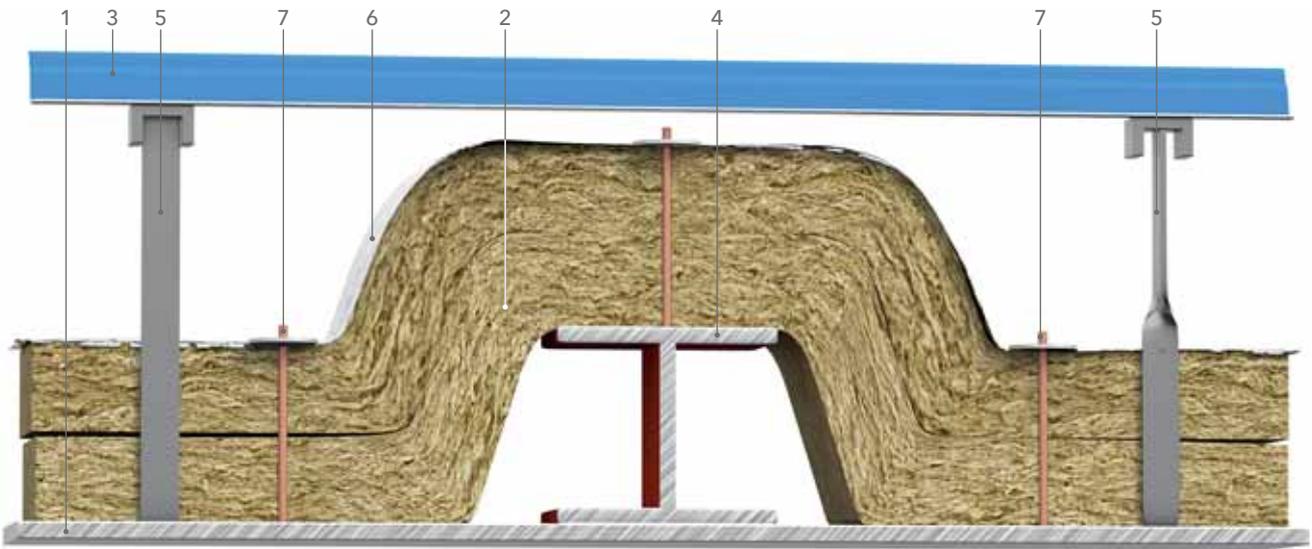
Газоходы большого сечения с большой протяженностью секций оснащаются ребрами жесткости, которые придают оборудованию формостабильность.

Ребра жесткости могут состоять из двутавров, профиля, уголков и становиться причинами образования термических мостиков. Это может приводить к следующим проблемам:

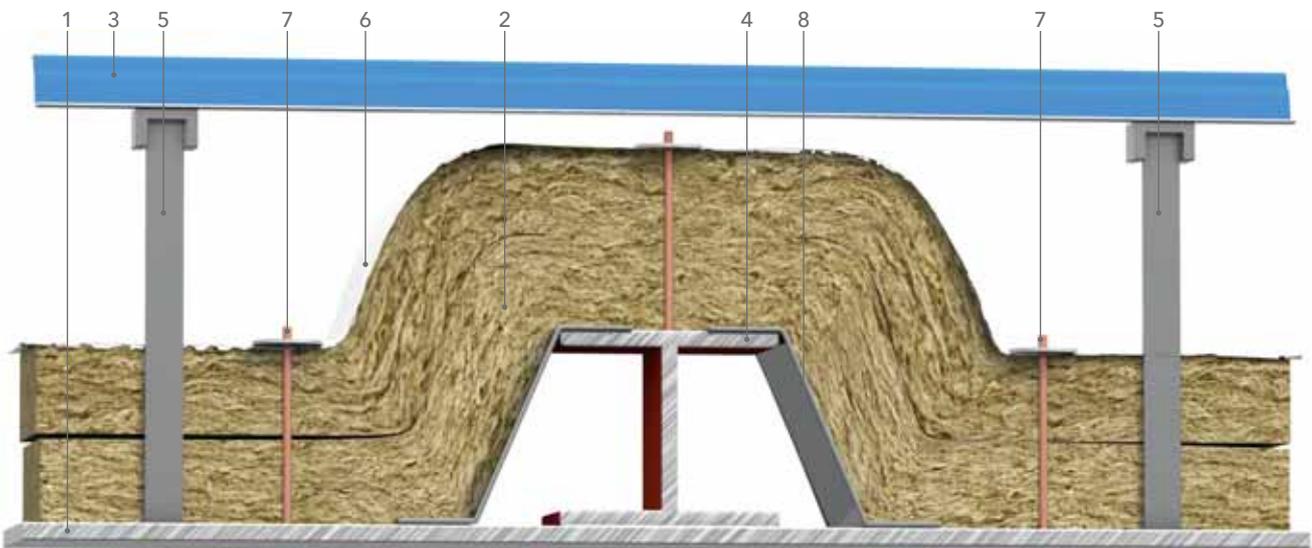
- мостики приводят к увеличению теплопотерь, что может привести к остыванию внутренней поверхности газохода;
- разница температур внутри и снаружи газохода может привести к напряжениям в ребрах жесткости. Такие воздействия при достижении критических значений могут привести к разрыву сварного соединения или деформации ребра.



Изоляция ребер жесткости. ① стенка газохода, ② изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, ③ ребро жесткости, ④ приварные штифты с блокирующими шайбами, ⑤ защитное покрытие



Изоляция ребер жесткости. 1 стенка газопровода, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 металлическая обкладка: профилированный стальной лист, 4 ребро жесткости, 5 дистанционный элемент и опорная конструкция, 6 алюминиевая фольга (если необходимо), 7 приварные штифты с блокирующими шайбами



Изоляция ребер жесткости с воздушным карманом под покрывным слоем. 1 стенка газопровода, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 металлическая обкладка: профилированный стальной лист, 4 ребро жесткости, 5 дистанционный элемент и опорная конструкция, 6 алюминиевая фольга (если необходимо), 7 приварные штифты с блокирующими шайбами, 8 стенки воздушного кармана

Предотвращение падения температуры на внутренних стенках

Для предотвращения падения температуры на внутренней поверхности стенки газохода в местах расположения ребер жесткости их необходимо изолировать.

Толщина изоляции напрямую зависит от таких факторов, как размер и геометрия ребра жесткости, уровня температуры и скорости потока внутри газохода, а также режима эксплуатации. Для определения толщины изоляции необходимо проводить комплексный расчет. Как правило, параметры и цель изоляции объектов и их элементов определяются заказчиком. Также необходимо помнить, что при пуско-наладке оборудования падение температуры на внутренней поверхности газохода и достижение точки росы неизбежно.

Сокращение напряжений в ребрах жесткости, возникающих вследствие изменения температуры

На эксплуатацию оборудования влияют напряжения в ребрах жесткости, вызванные изменением температуры.

Такие напряжения менее критичны при работе в постоянном режиме, когда температура остается неизменной на протяжении долгого времени. Вообще, температурные напряжения не критичны, если реализуются принципы, описанные в европейском стандарте AGI Q101:

- толщина изоляции для ребер жесткости должна быть такой же, как и толщина изоляции всей поверхности воздуховода;
- в случае если ребра жесткости газохода не превышают высоты 100 мм, толщина изоляции на ребрах должна составлять не меньше 1/3 толщины изоляции всего газохода.

В случае нестабильной работы (например, перепады температур при запуске оборудования), если это необходимо, мы должны обеспечить равномерный нагрев ребер жесткости.

Температура на стенках газохода, как и температура внутри заизолированных ребер жесткости, растет равномерно быстро, в то время как при незаизолированном ребре оно начинает прогреваться со значительным опозданием. Такая существенная и продолжительная разница температур становится причиной напряжения внутри ребра. Величина разницы темпе-

ратур зависит от нескольких параметров. Ниже приведены несколько примеров:

- Скорость транспортировки газа влияет на скорость изменения температуры и, как результат, возникновение разницы температур в ребрах жесткости;
- Большая разница температур может возникать вследствие больших размеров профиля ребра;
- Форма профиля ребра, его толщина также влияют на изменение и равномерное распространение температуры. Например, толстый профиль прогревается дольше и неравномерно по сравнению с тонким профилем.

Для сокращения разницы температур изоляция должна быть подобрана и смонтирована таким образом, чтобы тепло максимально распространялось излучением и конвекцией от стенки газохода до крайних точек ребра жесткости.

Следующие примеры демонстрируют варианты изоляции ребер жесткости. Конструкция, изображенная на верхнем рисунке, рекомендована для ребер жесткости высотой ≤ 240 мм.

В случае если высота ребра жесткости > 240 мм, следует устанавливать покровный лист, образующий «воздушный карман». В таком случае мы обеспечиваем равномерное распространение тепла от поверхности газохода к ребру, и оно не нуждается в изоляции.

Ребра заизолированные таким образом создают опасность возникновения конвекции в изоляции. В таком случае рекомендуется устанавливать конвекционные барьеры в виде полос из листовой стали толщиной 0,5 мм с интервалом 3-5 м.

2.6.2. Защитное покрытие газоходов

Из-за больших линейных размеров газоходов и повышенных требований к жесткости облицовки в качестве защитного покрытия чаще всего применяют профилированный металл. Также могут быть использованы плоские листы, усиленные изгибами (так называемые конверты). Монтаж оболочек осуществляется на дистанционные элементы.

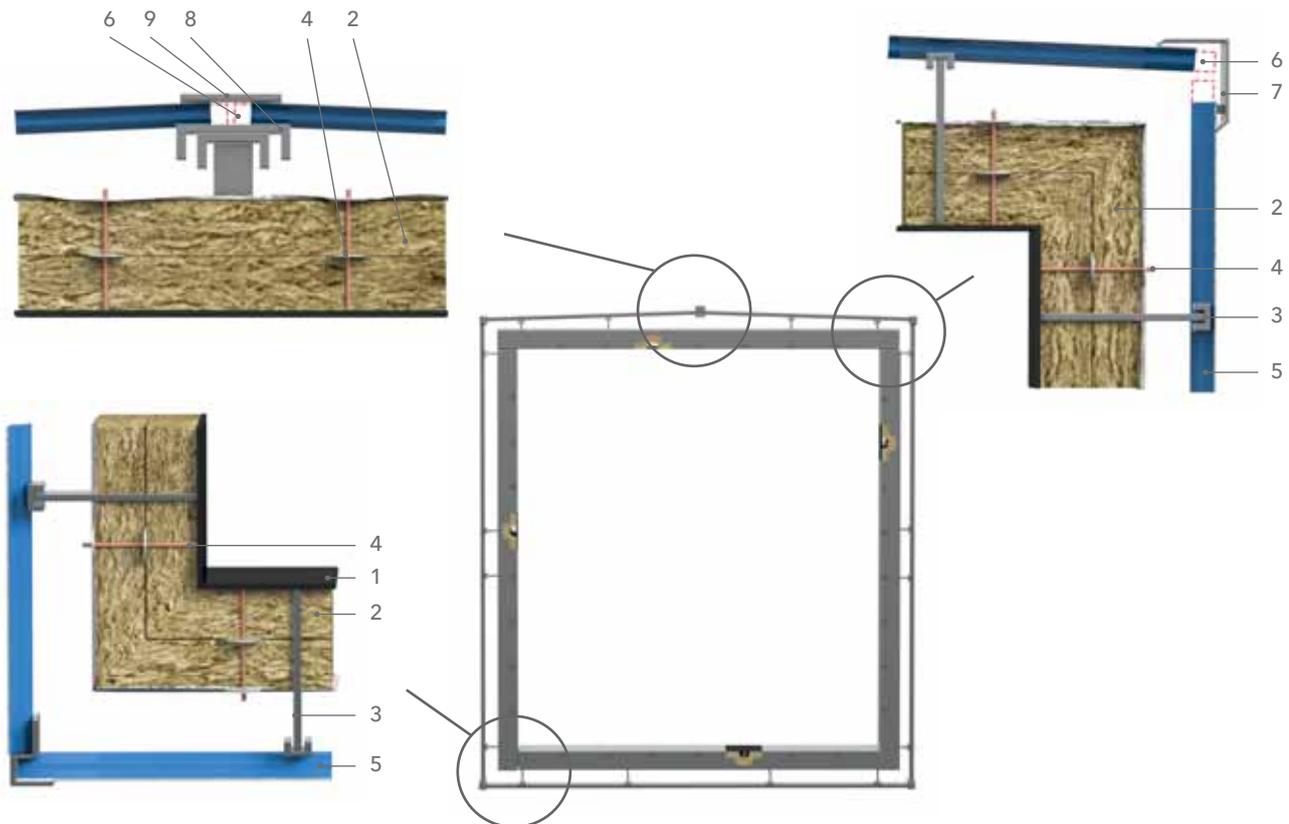
Для газоходов на открытом воздухе с температурой теплоносителя $< 120^{\circ}\text{C}$ между изоляцией и защитным покрытием необходимо оставлять зазор в 15 мм. При отрицательной температуре окружающего воздуха на внутренней поверхности защитного покрытия есть риск выпадения конденсата в случае обогрева со стороны газохода. Именно для избежания конденсата необходим зазор между изоляцией и покрытием.

Для удаления возможной влаги в нижней точке облицовки необходимо высверлить вентиляционное или дренажное отверстие.

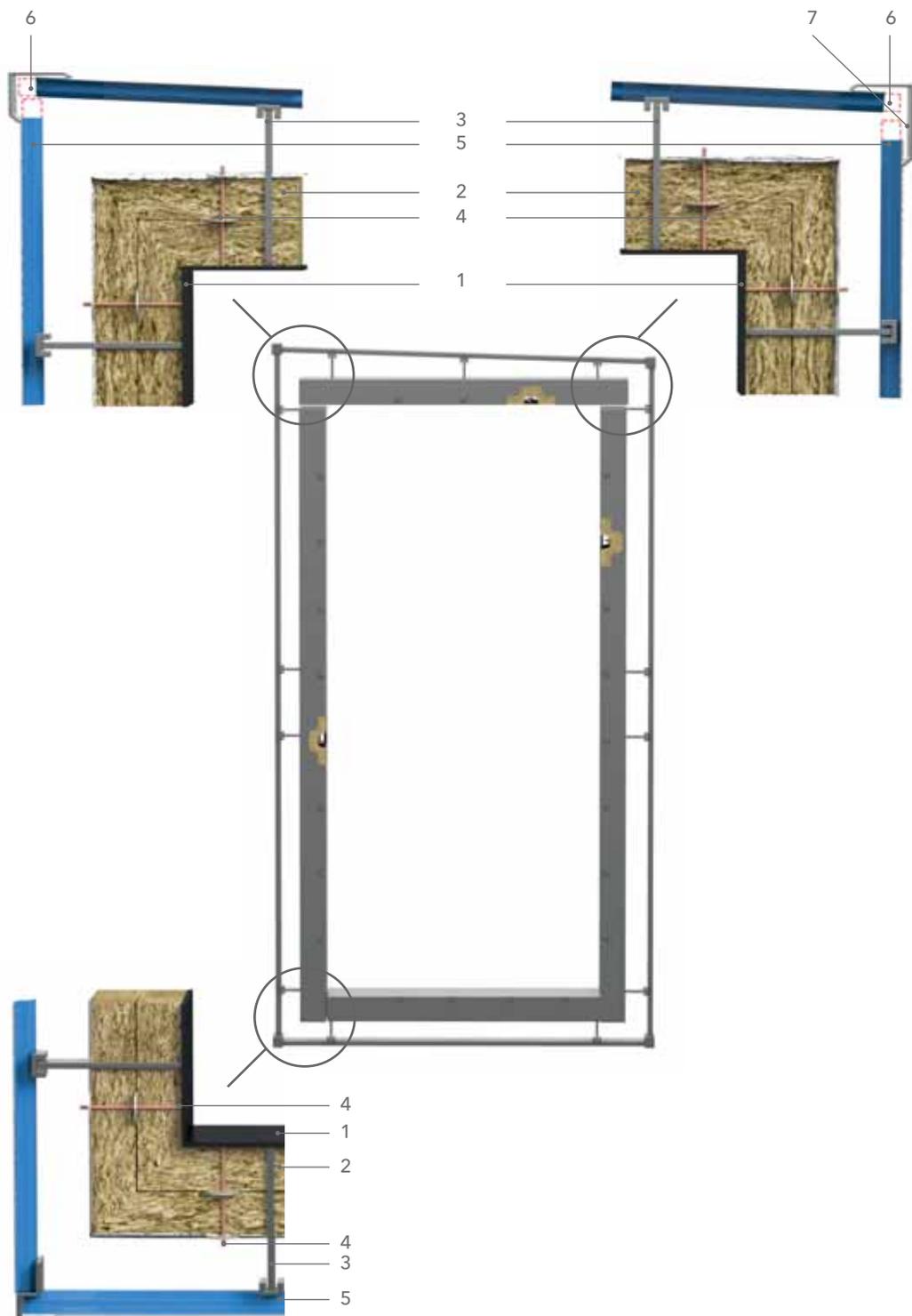
На круглых воздуховодах в случае применения LAMELLA MAT (мат, не требующий опорных колец) для создания промежутка между изоляцией и кожухом следует применить гофрированные бандажи или проложить слой вспененного полиэтилена.

Для прямоугольных газоходов, расположенных снаружи верхняя плоскость защитного покрытия должна иметь уклон $\geq 3\%$.

Следующие иллюстрации показывают примеры обкладки газохода со скошенной и двускатной крышей.



Газоход снаружи с обкладкой со скошенной крышей. 1 - стенка газохода, 2 - изоляция WIRE MAT, ProRox WM^{RU}, 3 - дистанционный элемент и опорная конструкция, 4 - приварные штифты с блокирующими шайбами, 5 - металлическая обкладка: профилированный стальной лист, 6 - полость для температурного расширения, 7 - профилированный стыковочный элемент, 8 - опорная конструкция, 9 - конек



Газоход снаружи с обкладкой с двускатной крышей. 1 стенка газохода, 2 изоляция: WIRED MAT, ProRox WM^{RU}, 3 дистанционный элемент и опорная конструкция, 4 приварные штифты с блокирующими шайбами, 5 металлическая обкладка: профилированный стальной лист, 6 полость для температурного расширения, 7 профилированный стыковочный элемент

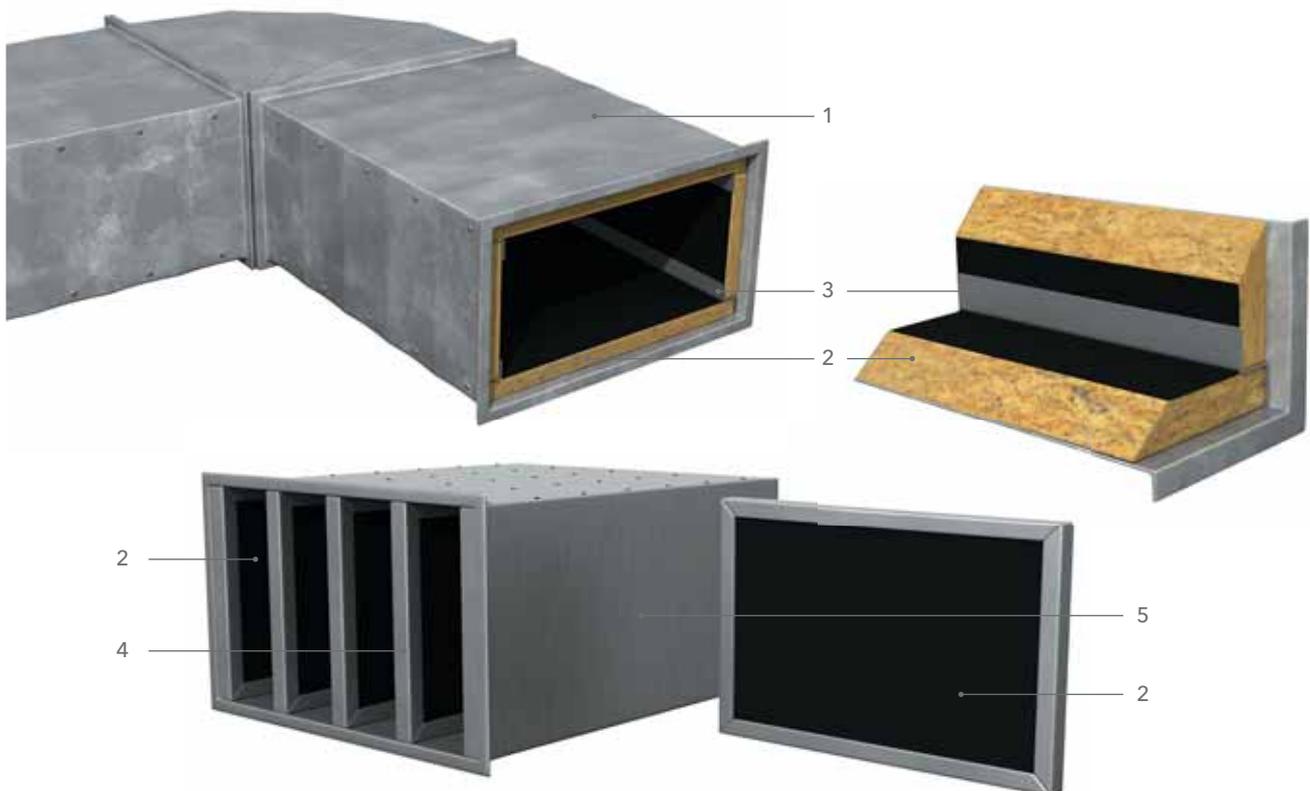
2.6.3. Акустическая изоляция газоходов

Тепловая изоляция газохода также предотвращает распространение воздушного и структурного шума. Результат зависит от нескольких факторов, таких как частота, уровень давления шума и структуры оборудования. Следующие меры позволят использовать акустические свойства изоляции:

- Изменение толщины слоев изоляции и/или видимое изменение плотности слоев изоляции;
- Создание видимых зазоров между обкладкой и заизолированным газоходом;
- Акустическая развязка газохода и защитного покрытия с использованием эластичных элементов в опорных конструкциях (т. н. «омега скоба», каучуковые прокладки, подкладка каменной ваты под сталь);
- Увеличение массивности обкладки через выбор вида материала и его толщины;
- Создание изоляционной конструкции по меньшей мере из 2 слоев и защитного покрытия с зазором.

Эффективность глушения при облицовке воздуховодов изнутри плитой INDUSTRIAL BATTS 80 толщиной 35 мм, дБ

Сечение воздуховода, мм	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
300 × 150	6	6	9	27	41	40	38	35
400 × 200	4	5	9	26	34	36	29	26
500 × 250	-	5	9	26	34	36	29	26
500 × 300	2	4	4	20	29	30	17	14
600 × 350	1	2	3	18	25	27	16	13
700 × 400	-	2	2	14	24	18	16	13



Примеры монтажа. ① воздуховод, ② плита INDUSTRIAL BATTS 80, ③ z-образный профиль, ④ внутренние панели глушителя, ⑤ корпус



3. Продукты

3.1. Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU}

Описание продукта

Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} гидрофобизированные на синтетическом связующем представляют собой полые изделия, которые изготавливаются из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы. Изделия могут выпускаться покрытыми алюминиевой фольгой. Цилиндры имеют сплошной продольный разрез по одной стороне и соответствующий ему надрез изнутри на противоположной стороне для удобного монтажа на трубопровод. Плоскость, в которой лежат линии разреза и надреза, проходит через ось цилиндра.

Условное обозначение цилиндров состоит из наименования торговой марки, индекса, обозначающего наличие покровного материала, размеров (внутренний диаметр, толщина изоляции), номера ТУ. Пример условного обозначения цилиндров марки Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU}, кашированных алюминиевой армированной фольгой, внутренним диаметром 45 мм и толщиной изоляции 40 мм: Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox



PS 960^{RU} Кф, 45*40 ТУ 5762-050-45757203-15
и ТУ 5762-037-45757203-13 для ProRox PS 960^{RU}.

Применение

Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} предназначены для тепловой изоляции технологических трубопроводов с температурой теплоносителя до +650 °С.

Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} Кф предназначены для тепловой изоляции трубопроводов в системах отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения и водоотведения.

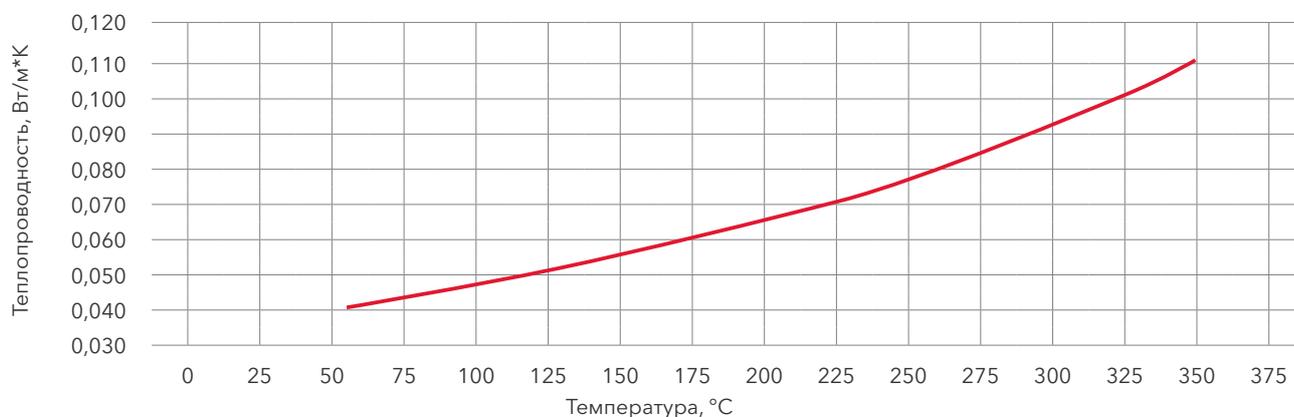
Свойства

- Эффективная теплоизоляция;
- Химическая стойкость по отношению к маслам, растворителям, кислотам, щелочам;
- Биостойкость;
- Высокотемпературная изоляция (макс. температура применения до +650 °С, температура плавления волокон +1000 °С);
- Высокая скорость и удобство монтажа, ремонтпригодность.

Технические характеристики

Параметр	Значение								Стандарт
	T, °C	50	100	150	200	250	300	350	
Теплопроводность	λ, Вт/м·К	0,040	0,046	0,054	0,064	0,077	0,092	0,111	EN ISO 8497
	Максимальная температура применения, °C	+ 650							
Класс пожарной опасности	Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960 ^{RU} – КМ0 (НГ) Цилиндры навивные ROCKWOOL 100, ProRox PS 960 ^{RU} Кф – КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)								ГОСТ 30244-94
Плотность, кг/м ³	114								ГОСТ 17177-94
Модуль кислотности	не менее 1,8								ГОСТ 2642.3-97
									ГОСТ 2642.7-97
									ГОСТ 2642.8-97
									ГОСТ 4640-2011
Водостойкость (рН)	не менее 3,0								ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0								EN 13472
Содержание органических веществ по массе, %	не более 3,2								ГОСТ EN 31430-2011

График изменения теплопроводности Цилиндров навивных ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU} в зависимости от температуры среднего слоя изоляции



Расчетное значение коэффициента теплопроводности для разных температур:

$$\lambda_T = 35,43 + 7,794 \times 10^{-2} \times T + 2,381 \times 10^{-4} \times T^2 + 4,444 \times 10^{-7} \times T^3 \text{ (мВт/м*К)},$$

где T – температура среднего слоя изоляции.

Типоразмеры

Диаметр, мм	Толщина, мм									
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
18										
21										
25										
28										
32										
35										
38										
42										
45										
48										
54										
57										
60										
64										
70										
76										
83										
89										
102										
108										
114										
133										
140										
159										
169										
194										
205										
219										
245										
273										

Упаковка и хранение

Цилиндры навивные ROCKWOOL поставляются упакованными в термоусадочную пленку в соответствии с действующим упаковочным листом. Упакованные цилиндры должны храниться в крытых складах или в открытых под навесом, препятствующим попаданию атмосферных осадков, отдельно по размерам и маркам.

Цилиндры навивные ROCKWOOL транспортируют всеми видами крытого транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта, с обязательной защитой их от увлажнения и повреждения.

Цилиндры навивные ROCKWOOL с толщиной стенки 25, 30 и 40мм и внутренним диаметром большим либо равным 76 мм транспортируют в вертикальном положении. Цилиндры остальных типоразмеров транспортируют в горизонтальном либо вертикальном положении.

3.2. Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}

Описание продукта

Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU} гидрофобизированные на синтетическом связующем представляют собой полые изделия, которые изготавливаются из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы.

Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU} имеют сплошной продольный разрез по одной стороне и соответствующий ему надрез изнутри на противоположной стороне для удобного монтажа на трубопровод. Плоскость, в которой лежат линии разреза и надреза, проходит через ось цилиндра. Условное обозначение цилиндров состоит из наименования торговой марки, размеров (внутренний диаметр, толщина изоляции), номера ТУ.

Пример условного обозначения цилиндров марки Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}, внутренним диаметром 245 мм и толщиной изоляции 90 мм: Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU}, 245*90 ТУ 5762-037-45757203-13.



Применение

Цилиндры навивные ProRox PS 970^{RU} предназначены для высокотемпературной тепловой изоляции технологических трубопроводов с температурой теплоносителя до +680 °С.

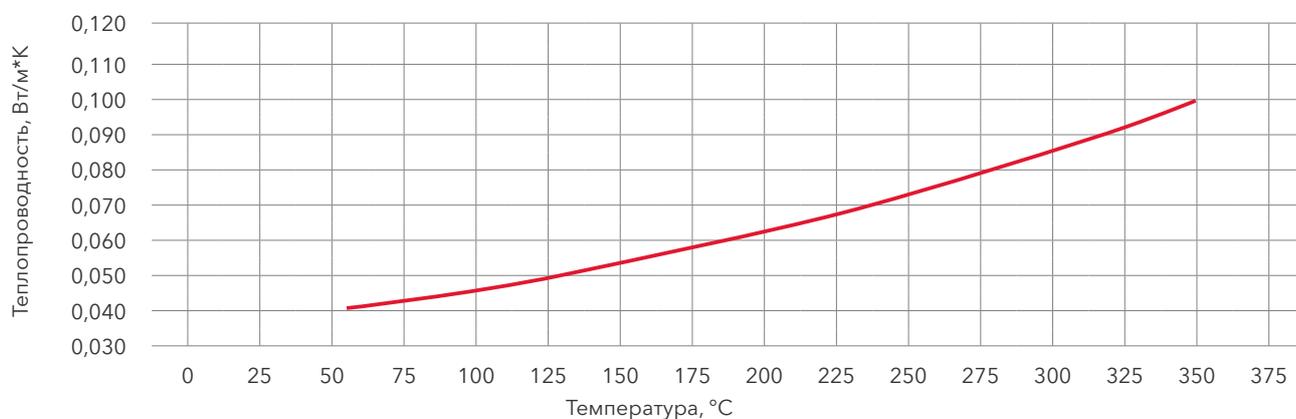
Свойства

- Низкая теплопроводность в широком диапазоне температур на протяжении всего срока службы конструкции;
- Химическая стойкость по отношению к маслам, растворителям, кислотам, щелочам;
- Биостойкость;
- Устойчивость к высоким температурам (макс. температура применения до +680 °С, температура плавления волокон + 1000 °С);
- Высокая скорость и удобство монтажа, ремонтпригодность.

Технические характеристики

Параметр	Значение								Стандарт
	T, °C	50	100	150	200	250	300	350	
Теплопроводность λ, Вт/м·К		0,040	0,046	0,053	0,062	0,073	0,085	0,099	EN ISO 8497
Максимальная температура применения, °C		+ 680							EN 14707
Класс пожарной опасности		КМ0 (НГ)							ГОСТ 30244-94
Плотность, кг/м ³		145							ГОСТ 17177-94
Модуль кислотности		не менее 1,8							ГОСТ 2642.3-97
									ГОСТ 2642.7-97
									ГОСТ 2642.8-97
									ГОСТ 4640-2011
Водостойкость (рН)		не менее 3,0							ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²		не более 1,0							EN 13472
Содержание органических веществ по массе, %		не более 3,2							ГОСТ EN 31430-2011

График изменения теплопроводности Цилиндров навивных ProRox PS 970^{RU} в зависимости от температуры среднего слоя изоляции



Расчетное значение коэффициента теплопроводности для разных температур:

$$\lambda_T = 31,63 + 1,144 \times 10^{-1} \times T + 1,165 \times 10^{-4} \times T^2 + 2,66 \times 10^{-7} \times T^3 \text{ (мВт/м*К)},$$

где T – температура среднего слоя изоляции.

Типоразмеры

Диаметр, мм	Толщина, мм									
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
18										
21										
25										
28										
32										
35										
38										
42										
45										
48										
54										
57										
60										
64										
70										
76										
83										
89										
102										
108										
114										
133										
140										
159										
169										
194										
205										
219										
245										
273										

Упаковка и хранение

Цилиндры навивные ROCKWOOL поставляются упакованными в термоусадочную пленку в соответствии с действующим упаковочным листом. Упакованные цилиндры должны храниться в крытых складах или в открытых под навесом, препятствующим попаданию атмосферных осадков, отдельно по размерам и маркам.

Цилиндры навивные ROCKWOOL транспортируют всеми видами крытого транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта, с обязательной защитой их от увлажнения и повреждения.

Цилиндры навивные ROCKWOOL с толщиной стенки 25, 30 и 40 мм и внутренним диаметром большим либо равным 76 мм транспортируют в вертикальном положении. Цилиндры остальных типоразмеров транспортируют в горизонтальном либо вертикальном положении.

3.3. TEX MAT

Наименование продукта

Маты теплоизоляционные из каменной ваты TEX MAT (ТУ 5762-050-45757203-15).

Описание продукта

Рулонированные маты из каменной ваты теплоизоляционные гидрофобизированные на синтетическом связующем.

Область применения

Предназначены для тепловой изоляции трубопроводов, газоходов, дымовых труб, промышленного оборудования, вентиляционного оборудования.

Упаковка

Маты TEX MAT упаковываются в полиэтиленовую пленку.

Опции по запросу

TEX MAT к/ф – покрытие армированной алюминиевой фольгой.



Технические характеристики

Параметр	Значение					Стандарт
	T, °C	10	25	125	300	
Теплопроводность	λ, Вт/м·К	0,034	0,036	0,060	0,120	ГОСТ 7076
Максимальная температура применения, °C	+ 400					
Класс пожарной опасности	без покрытия – КМ0 (НГ)					ГОСТ 30244-94
	с покрытием – КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)					
Плотность, кг/м ³	43					ГОСТ 17177-94
Сжимаемость, %	не более 45					
Упругость, %	не менее 95					
Модуль кислотности	не менее 1,8					ГОСТ 2642.3-97
						ГОСТ 2642.7-97
						ГОСТ 2642.8-97
Водостойкость (рН)	не менее 3,0					ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0					ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %	не более 1,1					ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)

Технические характеристики

Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), при температуре, °C		
	25	125	300
40	0,0356	0,0587	0,1270
50	0,0342	0,0548	0,1030
60	0,0335	0,0525	0,0965
70	0,0324	0,0500	0,0911
80	0,0330	0,0497	0,0872

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
TEX MAT	5000	1000	50-90 с шагом 10 мм
	4500		
	4000		

3.4. LAMELLA MAT L

Наименование продукта

Маты теплоизоляционные из каменной ваты
LAMELLA MAT L.

Описание продукта

Рулонированные ламельные маты из каменной ваты теплоизоляционные гидрофобизированные на синтетическом связующем.

Область применения

Предназначены для тепловой изоляции трубопроводов, газоходов, промышленного оборудования (в частности котлов), вентиляционного оборудования.

Упаковка

Маты LAMELLA MAT L упаковываются в полиэтиленовую пленку.



Технические характеристики

Параметр	Значение			Стандарт
	T, °C	25	125	
Теплопроводность	λ , Вт/м·К	0,040	0,068	ГОСТ 7076
	Максимальная температура применения, °C	+ 250		
Класс пожарной опасности	КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)			ГОСТ 30244-94
Плотность, кг/м ³	60			ГОСТ 17177-94
Прочность на сжатие при 10% деформации, не менее, кПа	>10			EN 826
Модуль кислотности	не менее 1,8			ГОСТ 2642.3-97
				ГОСТ 2642.7-97
				ГОСТ 2642.8-97
Водостойкость (рН)	не менее 3,0			ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0			ГОСТ Р ЕР 1609-2008

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
LAMELLA MAT L	10000	1000	20, 25, 30-60 с шагом 10 мм, 80, 100
	9000		
	8000		
	6000		
	5000		
	4000		
	3000		
	2500		

3.5. WIRED MAT 50

Наименование продукта

Маты прошивные из каменной ваты WIRED MAT 50 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Описание продукта

WIRED MAT 50 – рулонированные маты из каменной ваты на синтетическом связующем с односторонним покрытием стальной сеткой или стальной сеткой и алюминиевой фольгой.

Область применения

Предназначены для тепловой изоляции и противопожарной защиты дымовых труб, промышленного оборудования, стальных конструкций, газоходов, трубопроводов, вентиляционного оборудования.

Упаковка

Маты WIRED MAT 50 упаковываются в полиэтиленовую пленку.



Опции по запросу

WIRED MAT SST 50 – покрытие сеткой из нержавеющей проволоки.

Технические характеристики

Параметр	Значение					Стандарт
	T, °C	10	25	125	300	
Теплопроводность	λ, Вт/м·К	0,034	0,036	0,057	0,115	ГОСТ 7076
	Максимальная температура применения, °C	+ 500				
Класс пожарной опасности	КМ0 (НГ)					ГОСТ 30244-94
Плотность, кг/м ³	50					ГОСТ 17177-94
Модуль кислотности	не менее 1,8					ГОСТ 2642.3-97
						ГОСТ 2642.7-97
						ГОСТ 2642.8-97
Водостойкость (pH)	не менее 3,0					ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0					ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %	не более 1,1					ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
WIRED MAT 50	5000	1000	50-100 с шагом 10 мм
	4500		
	4000		
	2000		

3.6. WIRED MAT 80, ProRox WM 950^{RU}

Наименование продукта

Маты прошивные из каменной ваты WIRED MAT 80 (ТУ 5762-050-45757203-15) и ТУ 5762-037-45757203-13 для ProRox WM 950^{RU}.

Описание продукта

WIRED MAT 80 – рулонированные маты из каменной ваты на синтетическом связующем с односторонним покрытием стальной сеткой или стальной сеткой и алюминиевой фольгой.

Область применения

Предназначены для тепловой изоляции и противопожарной защиты дымовых труб, промышленного оборудования, стальных конструкций, газоходов, трубопроводов, вентиляционного оборудования.

Упаковка

Маты WIRED MAT 80 упаковываются в полиэтиленовую пленку.



Опции по запросу

ALU WIRED MAT 80 – покрытие армированной алюминиевой фольгой;

ALU I WIRED MAT 80 – покрытие неармированной алюминиевой фольгой;

WIRED MAT SST 80 – покрытие нержавеющей сеткой.

Технические характеристики

Параметр	Значение												Стандарт
	T, °C	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	640	
Теплопроводность	λ, Вт/м·К	0,039	0,045	0,053	0,062	0,072	0,087	0,99	0,115	0,153	0,198	0,22	EN 12667
Максимальная температура применения, °C		+ 650											EN
Класс пожарной опасности		Без покрытия – КМ0 (НГ)											ГОСТ 30244-94
		ALU I – КМ0 (НГ)											
		ALU КМ1 (Г1, Д1, В1, Т1)											
Плотность, кг/м ³		80											ГОСТ 17177-94
Модуль кислотности		не менее 1,8											ГОСТ 2642.3-97
													ГОСТ 2642.7-97
													ГОСТ 2642.8-97
													ГОСТ 4640-2011
Водостойкость (pH)		не менее 3,0											
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²		не более 1,0											ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %		не более 1,1											ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
WIRED MAT 80	6000; 5000; 4000; 3000; 2000	1000	40-120 с шагом 10 мм

3.7. WIRED MAT 105, ProRox WM 960^{RU}

Наименование продукта

Маты прошивные из каменной ваты WIRED MAT 105 (ТУ 5762-050-45757203-15) и ТУ 5762-037-45757203-13 для ProRox WM 960^{RU}.

Описание продукта

WIRED MAT 105 – рулонированные маты из каменной ваты на синтетическом связующем с односторонним покрытием стальной сеткой или стальной сеткой и алюминиевой фольгой.

Область применения

Предназначены для тепловой изоляции и противопожарной защиты дымовых труб, промышленного оборудования, стальных конструкций, газоходов, трубопроводов, вентиляционного оборудования.

Упаковка

Маты WIRED MAT 80 упаковываются в полиэтиленовую пленку.



Опции по запросу

ALU WIRED MAT 105 – покрытие армированной алюминиевой фольгой;

ALU I WIRED MAT 105 – покрытие неармированной алюминиевой фольгой;

WIRED MAT SST 105 – покрытие нержавеющей сеткой.

Технические характеристики

Параметр	Значение												Стандарт
	T, °C	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	640	
Теплопроводность	λ , Вт/м·К	0,039	0,045	0,052	0,059	0,068	0,078	0,089	0,102	0,131	0,167	0,191	EN 12667
Максимальная температура применения, °C	+ 680												EN
Класс пожарной опасности	Без покрытия – КМ0 (НГ)												ГОСТ 30244-94
	ALU I – КМ0 (НГ)												
	ALU КМ1 (Г1, Д1, В1, Т1)												
Плотность, кг/м ³	105												ГОСТ 17177-94
Модуль кислотности	не менее 1,8												ГОСТ 2642.3-97
													ГОСТ 2642.7-97
													ГОСТ 2642.8-97
													ГОСТ 4640-2011
Водостойкость (рН)	не менее 3,0												
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0												ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %	не более 1,1												ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
WIRED MAT 80	7000; 5000; 4000; 2000	1000	25, 30-100 с шагом 10 мм

3.8. ТЕХ БАТТС 50 и ТЕХ БАТТС 75

Наименование продукта

Плиты теплоизоляционные из каменной ваты
ТЕХ БАТТС 50 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Плиты теплоизоляционные из каменной ваты
ТЕХ БАТТС 75 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Описание продукта

ТЕХ БАТТС – плиты из каменной ваты гидрофобизированные на синтетическом связующем.

Область применения

Для использования в качестве тепловой изоляции стен резервуаров, дымовых труб, воздухопроводов, газоходов, вентиляционных каналов, промышленного и энергетического оборудования, печей, на объектах различных отраслей промышленности и оборудования инженерных систем в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

Упаковка

Плиты ТЕХ БАТТС упаковываются в полиэтиленовую пленку.

Технические характеристики

Параметр	Значение					Стандарт
	T, °C	10	25	125	300	
Теплопроводность	ТЕХ БАТТС 50 λ, Вт/м·К	0,036	0,038	0,054	0,104	ГОСТ 7076
	ТЕХ БАТТС 75 λ, Вт/м·К	0,035	0,037	0,053	0,087	
Максимальная температура применения, °C	+ 350					
Класс пожарной опасности	ТЕХ БАТТС – КМ0 (НГ)					ГОСТ 30244-94
	ТЕХ БАТТС к/ф КМ1 (Г1, Д1, В1, Т1)					
Плотность, кг/м ³	ТЕХ БАТТС 50 - 40					ГОСТ 17177-94
	ТЕХ БАТТС 75 - 60					
Прочность при растяжении параллельно лицевым поверхностям, кПа	ТЕХ БАТТС 50 - не менее 7					
	ТЕХ БАТТС 75 - не менее 8					
Сжимаемость, %	ТЕХ БАТТС 50 - не более 20					
	ТЕХ БАТТС 75 - не более 10					
Модуль кислотности	не менее 1,8					ГОСТ 2642.3-97
						ГОСТ 2642.7-97
						ГОСТ 2642.8-97
Водостойкость (рН)	не менее 3,0					ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0					ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %	не более 3,0					ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)



Опции по запросу

ТЕХ БАТТС к/ф – покрытие армированной алюминиевой фольгой.

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
ТЕХ БАТТС 50; ТЕХ БАТТС 75	1000	600	50-200 с шагом 10 мм

3.9. ТЕХ БАТТС 100, 125, 150

Наименование продукта

Плиты теплоизоляционные из каменной ваты
ТЕХ БАТТС 100 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Плиты теплоизоляционные из каменной ваты
ТЕХ БАТТС 125 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Плиты теплоизоляционные из каменной ваты
ТЕХ БАТТС 150 (ТУ 5762-050-45757203-15).

Описание продукта

ТЕХ БАТТС – плиты из каменной ваты гидрофобизированные на синтетическом связующем.



Область применения

Для использования в качестве тепловой изоляции крыш резервуаров, дымовых труб, воздухопроводов, газоходов, вентиляционных каналов, промышленного и энергетического оборудования, печей, на объектах различных отраслей промышленности и оборудования инженерных систем в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

Упаковка

Плиты ТЕХ БАТТС упаковываются в полиэтиленовую пленку.

Опции по запросу

ТЕХ БАТТС к/ф – покрытие армированной алюминиевой фольгой.

Технические характеристики

Параметр	Значение					Стандарт
	T, °C	10	25	125	300	
Теплопроводность	ТЕХ БАТТС 100 λ, Вт/м·К	0,035	0,037	0,051	0,081	ГОСТ 7076
	ТЕХ БАТТС 125 λ, Вт/м·К	0,036	0,038	0,050	0,079	
	ТЕХ БАТТС 150 λ, Вт/м·К	0,037	0,039	0,051	0,077	
Максимальная температура применения, °C	+ 750					
Класс пожарной опасности	ТЕХ БАТТС – КМ0 (НГ)					ГОСТ 30244-94
	ТЕХ БАТТС к/ф КМ1 (Г1, Д1, В1, Т1)					
Плотность, кг/м ³	ТЕХ БАТТС 100 – 90					ГОСТ 17177-94
	ТЕХ БАТТС 125 – 110					
	ТЕХ БАТТС 150 – 140					
Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа	ТЕХ БАТТС 100 – не менее 10					
	ТЕХ БАТТС 125 – не менее 15					
	ТЕХ БАТТС 125 – не менее 20					
Модуль кислотности	не менее 1,8					ГОСТ 2642.3-97
						ГОСТ 2642.7-97
						ГОСТ 2642.8-97
Водостойкость (рН)	не менее 3,0					ГОСТ 4640-2011
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, кг/м ²	не более 1,0					ГОСТ Р ЕР 1609-2008
Содержание органических веществ по массе, %	ТЕХ БАТТС 100 – не более 3,0					ГОСТ Р 52908-2008 (EN 13820:2003)
	ТЕХ БАТТС 125 и ТЕХ БАТТС 150 – не более 3,2					

Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
ТЕХ БАТТС 100; ТЕХ БАТТС 125; ТЕХ БАТТС 150	1000	600	50–200 с шагом 10 мм; 50–180 с шагом 10 мм; 50–160 с шагом 10 мм

3.10. Шумопоглощающая изоляция INDUSTRIAL BATTS 80

Наименование продукта

Плиты тепло- и звукоизоляционные INDUSTRIAL BATTS 80.

Описание продукта

Представляют собой изделия из каменной ваты с односторонним покрытием стеклохолстом. Производятся согласно ТУ 5762-050-45757203-15.

Область применения

Плиты INDUSTRIAL BATTS 80 предназначены для тепло- и звукоизоляции внутренней поверхности вентиляционных коробов. Материал применяется в конструкции пластинчатых и камерных глушителей, а также при создании шумопоглощающих экранов.

Упаковка

Плиты из каменной ваты INDUSTRIAL BATTS 80 упаковываются в полиэтиленовую пленку.



Опции по запросу

Покрытие стеклохолстом с двух сторон.

Технические характеристики

Параметр	Значение	Стандарт
Плотность, кг/м ³	80	ГОСТ 17177-94
Теплопроводность, λ10, Вт/м·К	0,036	ГОСТ 7076
Класс пожарной опасности	КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)	
Содержание органических веществ, не более, %	4,0	ГОСТ 30244-94
Температура применения, °С	от -180 до +250	ГОСТ Р 52 908-2008 (EN 13 820:2003)

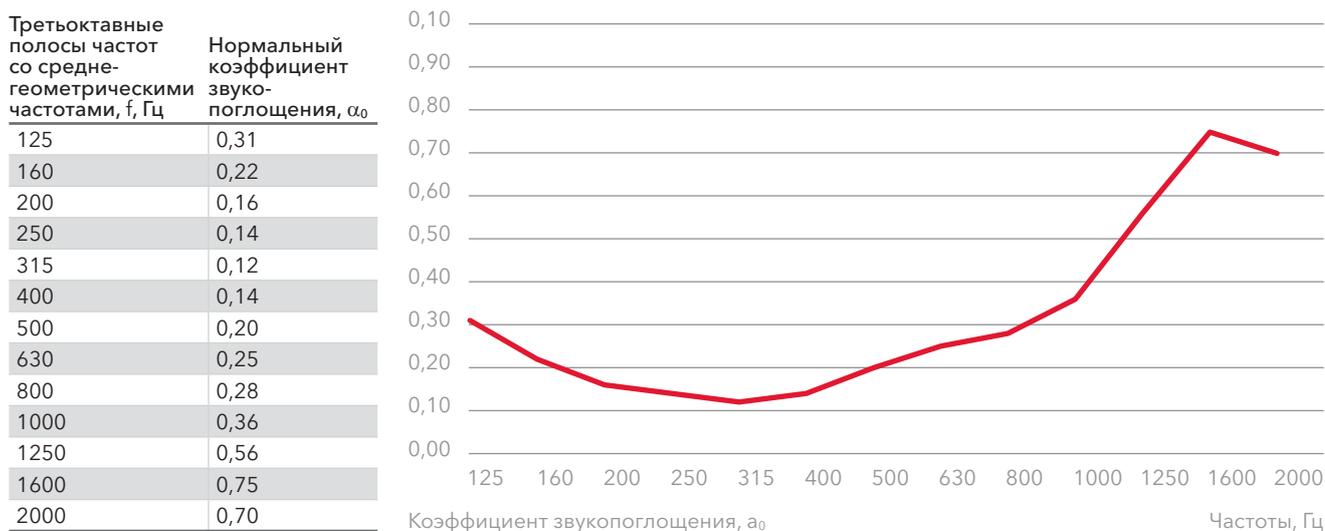
Размеры

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
INDUSTRIAL BATTS 80	1000	600	15, 25, 30, 35, 40-80 с шагом 10 мм

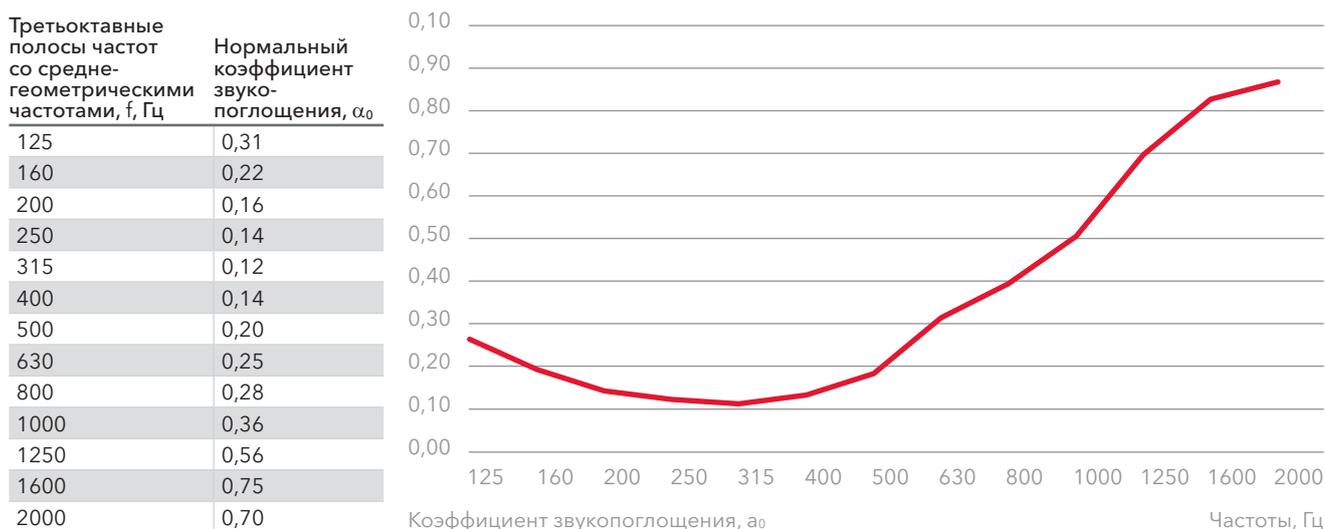
Частотные характеристики реверберационных коэффициентов звукопоглощения $\alpha_s(f)$ плит из минеральной ваты INDUSTRIAL BATTS 80 толщиной 35 и 50 мм, кашированных, с покрытием (с/п) и без покрытия (б/п) перфорированным листом

Среднегеометрические частоты 1/3 октавных полос, Гц	Коэффициент звукопоглощения $\alpha_s(f)$				Среднегеометрические частоты 1/3 октавных полос, Гц	Коэффициент звукопоглощения $\alpha_s(f)$			
	35 б/п, мм	50 б/п, мм	35 с/п, мм	50 с/п, мм		35 б/п, мм	50 б/п, мм	35 с/п, мм	50 с/п, мм
100	0,02	0,07	0,01	0,07	800	1,0	1,0	1,0	1,0
125	0,05	0,20	0,07	0,17	1000	0,98	1,0	0,99	1,0
160	0,11	0,28	0,14	0,25	1250	0,94	1,0	0,94	0,98
200	0,22	0,40	0,22	0,32	1600	0,92	0,98	0,91	0,94
250	0,41	0,68	0,40	0,59	2000	0,90	0,94	0,88	0,90
315	0,61	0,78	0,59	0,75	2500	0,88	0,90	0,85	0,88
400	0,75	0,88	0,74	0,89	3150	0,86	0,88	0,82	0,84
500	0,90	0,96	0,87	0,97	4000	0,84	0,82	0,80	0,83
630	1,0	1,0	1,0	1,0	5000	0,81	0,79	0,77	0,80

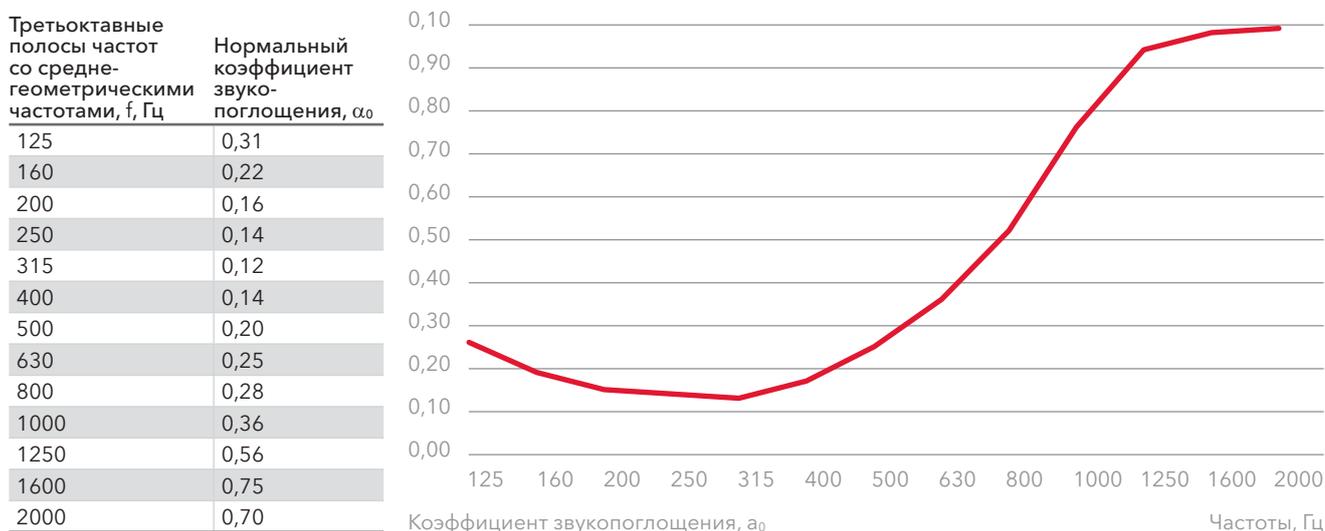
Частотная характеристика нормального коэффициента звукопоглощения плит INDUSTRIAL BATTS 80 толщиной 15 мм



Частотная характеристика нормального коэффициента звукопоглощения плит INDUSTRIAL BATTS 80 толщиной 20 мм



Частотная характеристика нормального коэффициента звукопоглощения плит INDUSTRIAL BATTS 80 толщиной 20 мм с покрытием перфорированным металлом с площадью отверстий 12%



4. Информация



4.1. Таблицы мер и величин

Приставки системы СИ

Десятичный множитель	Приставка русская	Приставка международная	Обозначение русское	Обозначение международное	Пример
10^{-18}	атто	atto	а	a	ас – аттосекунда
10^{-15}	фемто	femto	ф	f	фс – фемтосекунда
10^{-12}	пико	piko	п	p	пФ – пикофарад
10^{-9}	нано	nano	н	n	нм – нанометр
10^{-6}	микро	mikro	мк	μ	мкм – микрометр (микрон)
10^{-3}	милли	milli	м	m	мН – миллиньютон
10^{-2}	санти	centi	с	c	см – сантиметр
10^{-1}	деци	deci	д	d	дм – дециметр
10^1	дека	deca	да	da	дал – декалитр
10^2	гекто	hecto	г	h	гПа – гектопаскаль
10^3	кило	kilo	к	k	кПа – килопаскаль
10^6	мега	Mega	М	M	МВт – мегаватт
10^9	гига	Giga	Г	G	ГГц – гигагерц
10^{12}	тера	Tera	Т	T	ТВ – теравольт
10^{15}	пета	Peta	П	P	Пфлопс – петафлопс
10^{18}	экса	Exa	Э	E	ЭБ – эксабайт
10^{21}	зетта	Zetta	З	Z	ЗэВ – зетаэлектронвольт
10^{24}	иотта	Youtta	И	Y	Иг – иоттаграмм

Греческий алфавит

Символ	Название
А α	Альфа
Н η	Эта
Н ν	Ню
Т τ	Тау
В β	Бета
Θ θ	Тета
Ξ ξ	Кси
Υ υ	Ипсилон
Г γ	Гамма
Ι ι	Йота
Ο ο	Омикрон
Φ φ	Фи
Δ δ	Дельта
Κ κ	Каппа
Π π	Пи
Χ χ	Хи
Ε ε	Эпсилон
Λ λ	Лямбда
Ρ ρ	Ро
Ψ ψ	Пси
Ζ ζ	Зета
Μ μ	Мю
Σ σ	Сигма
Ω ω	Омега

Основные единицы СИ

Наименование	Символ обозначения	Единицы измерения			
		Наименование русское	Наименование фр./англ.	Обозначение русское	Обозначение международное
Длина	l	метр	mètre/metre	м	m
Масса	m	килограмм	kilogramme/kilogram	кг	kg
Время	t	секунда	seconde/second	с	s
Сила электрического тока	I	Ампер	Ampère/Ampere	А	A
Термодинамическая температура	T	Кельвин	Kelvin	К	K
Количество вещества	n	моль	Mole	моль	mol
Сила света	J	кандела	Candela	кд	cd

Производные единицы СИ с собственными названиями

Величина	Символ	Выражение в основных единицах СИ	Единицы измерения			
			Наименование русское	Наименование фран./анг.	Обозначение русское	Обозначение международное
Плоский угол	α, β	м/м (360°/2 π)	радиан	radian	рад	rad
Телесный угол	ω	м ² /м ²	стерадиан	steradian	ср	sr
Температура по шкале Цельсия	t (или τ)	0°C = 273,15 K 1°C = 274,15 K	градус Цельсия	degré Celsius/degree Celsius	°C	°C
Частота	f	1/с	Герц	Hertz	Гц	Hz
Сила	F	кг·м/с ²	Ньютон	Newton	Н	N
Энергия	E, W	кг·м ² /с ² =Вт·с=Н·м	Джоуль	Joule	Дж	J
Мощность	P	кг·м ² /с ³ =Н·м/с=Дж/с=В·А	Ватт	Watt	Вт	W
Давление	p	кг/с ² ·м=Н/м ²	Паскаль	Pascal	Па	Pa
Световой поток	Φ_v	кд·ср	люмен	lumen	лм	lm
Освещенность	E_v	кд·ср/м ² =лм/м ²	люкс	lux	лк	lx
Электрический заряд	Q	А·с	Кулон	Coulomb	Кл	C
Разность потенциалов	U	кг·м ² /с ³ ·А=Вт/А=Дж/Кл	Вольт	Volt	В	V
Сопrotивление	R	кг·м ² /с ³ ·А ² =В/А	Ом	Ohm	Ом	Ω
Емкость	C	А ² ·с ⁴ /кг·м ² =Кл/В	Фарад	Farad	Ф	F
Магнитный поток	Φ	кг·м ² /с ² ·А=В·с	Вебер	Weber	Вб	Wb
Магнитная индукция	B	кг/с ² ·А=Вб/м ²	Тесла	Tesla	Тл	T
Индуктивность	L	Вб/А=кг·м ² /с ² ·А ²	Генри	Henry	Гн	H
Электрическая проводимость	G	1/Ом=с ³ ·А ² /кг·м ²	Сименс	Siemens	См	S
Активность радиоактивного источника	A	с ⁻¹	Беккерель	Becquerel	Бл	Bq
Поглощенная доза ионизирующего излучения	D	Дж/кг	Грей	Gray	Гр	Gy
Эффективная доза ионизирующего излучения	H	Дж/кг	Зиверт	Sievert	Зв	Sv
Активность катализатора	z	моль/с	катал	katal	кат	kat

Перевод единиц температуры

Температурная шкала	Обозначение	Обозначение	Формула конвертации		
			Кельвин	Цельсий	Фаренгейт
Кельвин	T_k	K		$T_k = 273 + T_c$	$T_k = 255 + 5/9 T_f$
Цельсий	T_c	°C	$T_c = T_k - 273$		$T_c = 5/9 \cdot (T_f - 32)$
Фаренгейт	T_f	°F	$T_f = 9/5 T_k - 495$	$T_f = 9/5 T_c + 32$	

Перевод единиц энергии и тепла

Единицы измерения	Джоуль (Дж)	Килоджоуль (кДж)	Мегаджоуль (МДж)	Киловатт час (кВтч)	Килокалории (ккал)
Джоуль (Дж)		0,001	10^{-6}	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
Килоджоуль (кДж)	1000		0,001	$2,781 \cdot 10^{-4}$	0,239
Мегаджоуль (МДж)	10^6	1000		0,278	238,8
Киловатт час (кВтч)	$3,6 \cdot 10^6$	3600	3,6		859,8
Килокалории (ккал)	4187	4,187	$4,19 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	

Перевод единиц мощности

Единицы измерения	Ватт (Вт)	Киловатт (кВт)	Килокалорий в секунду (ккал/с)	Лошадиные силы (л. с.)
Ватт (Вт)		0,001	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
Киловатт (кВт)	1000		0,239	1,36
Килокалорий в секунду (ккал/с)	4186,8	4,187		5,692
Лошадиные силы (л. с.)	735,5	0,736	0,176	

Перевод единиц давления

Единицы измерения	Паскаль (Па)	Бар	Атмосфера (атм)	мм рт. ст.	мм в. ст.	кгс/см ²
Паскаль (Па)		10^{-5}	$9,869 \cdot 10^{-6}$	0,0075	0,1	$1,02 \cdot 10^{-5}$
Бар	10^5		0,987	750	$1,0197 \cdot 10^4$	1,0197
Атмосфера (атм)	101325	1,013		759,9	10 332	1,03
мм рт. ст.	133,3	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$		13,3	$1,36 \cdot 10^{-3}$
мм в. ст.	10^4	0,000097	$9,87 \cdot 10^{-5}$	0,075		$1,02 \cdot 10^{-4}$
кгс/см ²	$9,8 \cdot 10^4$	0,98	0,97	735	10000	

4.2. Свойства продукции и защитных материалов

Масса квадратного метра изоляционных материалов (кг/м²)

Материал	Плотность, кг/м ³	Масса квадратного метра изоляционных материалов (кг/м ²) при толщине, мм										
		25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
TEX MAT	43	-	-	-	2,15	2,58	3,01	3,44	3,87	-	-	-
WIRED MAT 50	50	-	-	-	2,80	3,29	3,79	-	-	-	-	-
WIRED MAT 80	80	-	-	3,49	4,29	5,10	5,91	6,71	7,52	8,32	9,12	9,92
WIRED MAT 105	105	2,91	3,44	4,49	5,54	6,61	7,66	8,71	9,77	10,82	-	-

Масса 1 п. м цилиндров навивных ROCKWOOL 100, ProRox PS 960^{RU}

Диаметр трубы, мм	Толщина изоляции, мм									
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
18	0,272	0,385	0,515	0,830	1,217	1,675	2,205	2,806	3,479	4,224
21	0,294	0,412	0,548	0,873	1,271	1,740	2,280	2,892	3,576	4,331
25	0,322	0,447	0,591	0,931	1,342	1,826	2,380	3,007	3,705	4,475
27	0,336	0,465	0,612	0,959	1,378	1,869	2,431	3,064	3,769	4,546
28	0,344	0,474	0,623	0,974	1,396	1,890	2,456	3,093	3,802	4,582
32	0,372	0,510	0,666	1,031	1,468	1,976	2,556	3,207	3,930	4,725
35	0,394	0,537	0,698	1,074	1,521	2,040	2,631	3,293	4,027	4,832
38	0,415	0,564	0,730	1,117	1,575	2,105	2,706	3,379	4,124	4,940
42	0,444	0,600	0,773	1,174	1,647	2,191	2,806	3,494	4,253	5,083
45	0,465	0,626	0,805	1,217	1,700	2,255	2,882	3,580	4,349	5,190
48	0,487	0,653	0,838	1,260	1,754	2,320	2,957	3,666	4,446	5,298
54	0,530	0,707	0,902	1,346	1,861	2,448	3,107	3,837	4,639	5,513
57	0,551	0,734	0,934	1,389	1,915	2,513	3,182	3,923	4,736	5,620
60	0,573	0,761	0,966	1,432	1,969	2,577	3,257	4,009	4,832	5,727
64	0,601	0,796	1,009	1,489	2,040	2,663	3,358	4,124	4,961	5,871
70	0,644	0,850	1,074	1,575	2,148	2,792	3,508	4,296	5,155	6,085
76	0,687	0,904	1,138	1,661	2,255	2,921	3,658	4,467	5,348	6,300
83	0,737	0,966	1,213	1,761	2,380	3,071	3,834	4,668	5,573	6,551
89	0,780	1,020	1,278	1,847	2,488	3,200	3,984	4,840	5,767	6,765
102	0,873	1,137	1,418	2,033	2,720	3,479	4,310	5,212	6,186	7,231
108	0,916	1,190	1,482	2,119	2,828	3,608	4,460	5,384	6,379	7,446
114	0,959	1,244	1,546	2,205	2,935	3,737	4,611	5,556	6,572	7,660
133	1,095	1,414	1,750	2,477	3,275	4,145	5,087	6,100	7,184	8,340
140	1,145	1,477	1,826	2,577	3,401	4,296	5,262	6,300	7,410	8,591
159	1,281	1,647	2,030	2,849	3,741	4,704	5,738	6,844	8,022	9,271
168	1,346	1,727	2,126	2,978	3,902	4,897	5,964	7,102	8,312	9,593
169	1,353	1,736	2,137	2,993	3,920	4,918	5,989	7,131	8,344	9,629
194	1,532	1,960	2,405	3,351	4,367	5,455	6,615	7,846	9,149	10,524
205	1,611	2,058	2,524	3,508	4,564	5,692	6,891	8,161	9,504	10,918
219	1,711	2,184	2,674	3,708	4,815	5,992	7,242	8,562	9,955	11,419
245	1,897	2,416	2,953	4,081	5,280	6,551	7,893	9,307	10,792	12,350
273	2,098	2,667	3,254	4,482	5,781	7,152	8,595	10,109	11,695	13,352

Свойства покровных материалов

Покровной материал	Плотность, кг/м ³	Коэффициент линейного расширения 10 ⁻⁶ К ⁻¹	Коэффициент теплового излучения
Алюминий	2580-2700	23,8	0,05-0,13
Оцинкованная сталь	7800-7900	11,0	0,26 (0,44 для окислившейся)
Нержавеющая сталь	7700-8100	16,0	0,15
Алюминированная сталь	7800-7900	11,0	-
Окрашенная сталь	-	-	0,9

Масса 1 пг. м цилиндров навивных ProRox PS 970^{RU}

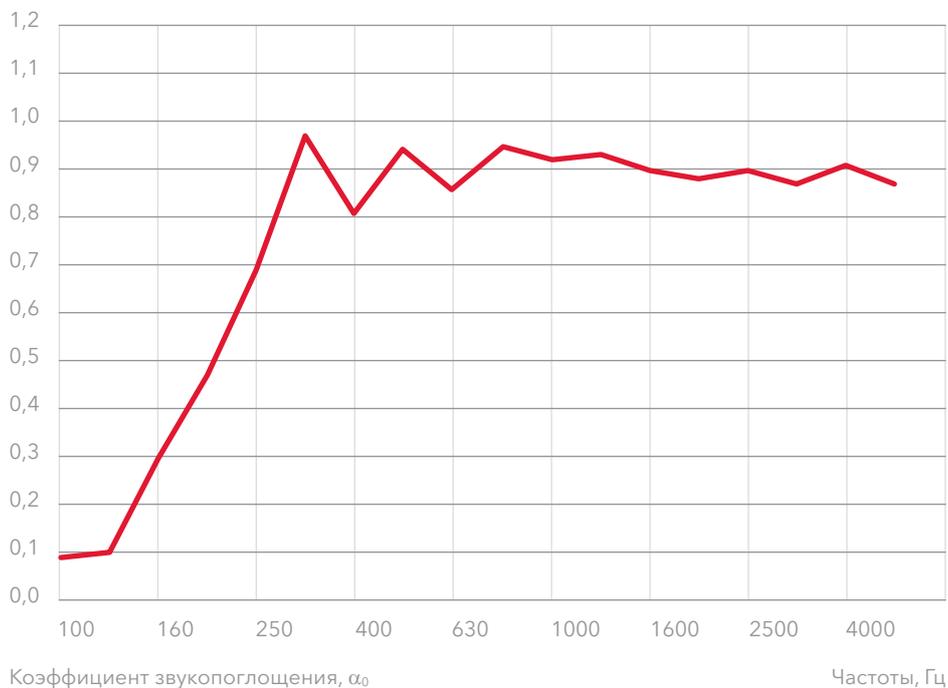
Диаметр трубы, мм	Толщина изоляции, мм									
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
18	0,348	0,493	0,660	1,064	1,559	2,145	2,824	3,594	4,456	5,410
21	0,376	0,527	0,701	1,119	1,627	2,228	2,920	3,704	4,580	5,547
25	0,413	0,573	0,756	1,192	1,719	2,338	3,049	3,851	4,745	5,731
27	0,431	0,596	0,784	1,229	1,765	2,393	3,113	3,924	4,827	5,822
28	0,440	0,607	0,798	1,247	1,788	2,421	3,145	3,961	4,869	5,868
32	0,477	0,653	0,853	1,320	1,880	2,531	3,273	4,108	5,034	6,051
35	0,504	0,688	0,894	1,375	1,948	2,613	3,370	4,218	5,157	6,189
38	0,532	0,722	0,935	1,430	2,017	2,696	3,466	4,328	5,281	6,326
42	0,568	0,768	0,990	1,504	2,109	2,806	3,594	4,474	5,446	6,510
45	0,596	0,802	1,031	1,559	2,178	2,888	3,690	4,584	5,570	6,647
48	0,623	0,837	1,073	1,614	2,246	2,971	3,787	4,694	5,694	6,785
54	0,678	0,905	1,155	1,724	2,384	3,136	3,979	4,914	5,941	7,060
57	0,706	0,940	1,197	1,779	2,453	3,218	4,076	5,025	6,065	7,198
60	0,734	0,974	1,238	1,834	2,521	3,301	4,172	5,135	6,189	7,335
64	0,770	1,020	1,293	1,907	2,613	3,411	4,300	5,281	6,354	7,518
70	0,825	1,089	1,375	2,017	2,751	3,576	4,493	5,501	6,602	7,793
76	0,880	1,158	1,458	2,127	2,888	3,741	4,685	5,721	6,849	8,069
83	0,944	1,238	1,554	2,256	3,049	3,933	4,910	5,978	7,138	8,389
89	0,999	1,307	1,637	2,366	3,186	4,098	5,102	6,198	7,385	8,665
102	1,119	1,456	1,815	2,604	3,484	4,456	5,520	6,675	7,922	9,260
108	1,174	1,524	1,898	2,714	3,622	4,621	5,712	6,895	8,169	9,536
114	1,229	1,593	1,980	2,824	3,759	4,786	5,905	7,115	8,417	9,811
133	1,403	1,811	2,242	3,172	4,195	5,309	6,514	7,812	9,201	10,682
140	1,467	1,891	2,338	3,301	4,355	5,501	6,739	8,069	9,490	11,003
159	1,641	2,109	2,599	3,649	4,791	6,024	7,349	8,765	10,274	11,874
168	1,724	2,212	2,723	3,814	4,997	6,271	7,638	9,095	10,645	12,286
169	1,733	2,223	2,737	3,833	5,020	6,299	7,670	9,132	10,686	12,332
194	1,962	2,510	3,081	4,291	5,593	6,987	8,472	10,049	11,718	13,478
205	2,063	2,636	3,232	4,493	5,845	7,289	8,825	10,452	12,172	13,982
219	2,191	2,796	3,425	4,749	6,166	7,674	9,274	10,966	12,749	14,624
245	2,430	3,094	3,782	5,226	6,762	8,389	10,109	11,919	13,822	15,816
273	2,686	3,415	4,167	5,740	7,404	9,160	11,007	12,946	14,977	17,100

Масса материалов для защитного слоя

Материал	Плотность, кг/м ³	Толщина, мм	Поверхностная масса, кг/м ²
Нержавеющая сталь ГОСТ 5582-75	7920	0,8	6,336
		0,5	3,960
		0,35	2,772
Листы тонколистовой стали с оцинкованным покрытием, масса покрытия зависит от толщины, масса листа при- нята по ГОСТ 19904	7850	1	7,850
		0,8	6,280
		0,5	3,925
		0,35	2,748
Листы алюминиевые ГОСТ 21631-76	2580	1	2,580
		0,8	2,064
		0,5	1,290
		0,3	0,774

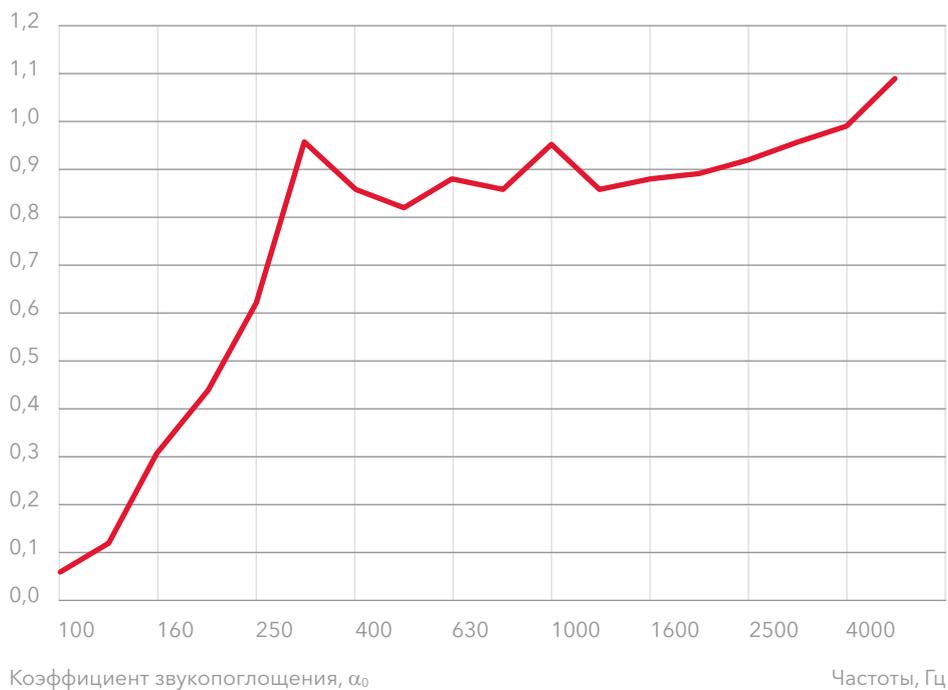
Коэффициенты звукопоглощения ТЕХ БАТТС 75, 50 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,09
125	0,10
160	0,30
200	0,47
250	0,69
315	0,97
400	0,81
500	0,94
630	0,86
800	0,95
1000	0,92
1250	0,93
1600	0,90
2000	0,88
2500	0,90
3150	0,87
4000	0,91
5000	0,87



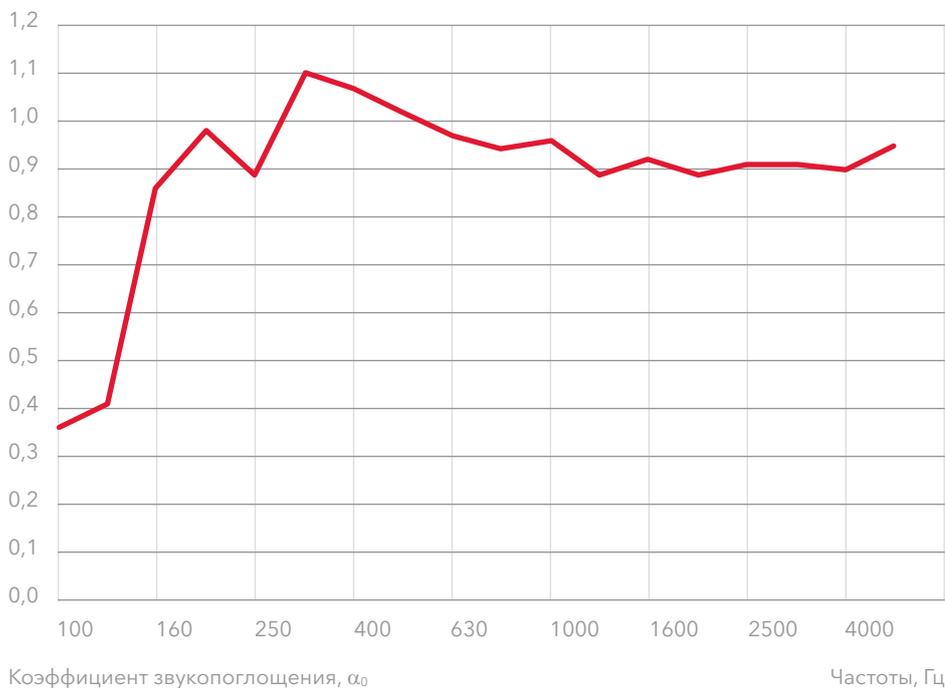
Коэффициенты звукопоглощения ТЕХ БАТТС 50, 50 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,06
125	0,12
160	0,31
200	0,44
250	0,62
315	0,96
400	0,86
500	0,82
630	0,88
800	0,86
1000	0,95
1250	0,86
1600	0,88
2000	0,89
2500	0,92
3150	0,96
4000	0,99
5000	1,09



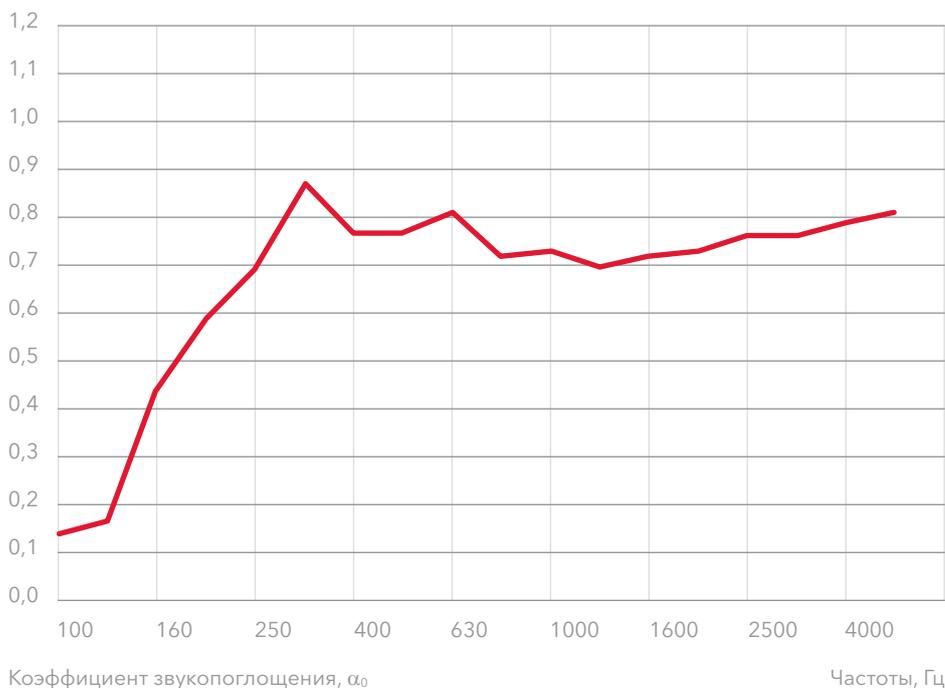
Коэффициенты звукопоглощения ТЕХ БАТТС 50, 100 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,36
125	0,41
160	0,86
200	0,98
250	0,89
315	1,10
400	1,07
500	1,02
630	0,97
800	0,94
1000	0,96
1250	0,89
1600	0,92
2000	0,89
2500	0,91
3150	0,91
4000	0,90
5000	0,95



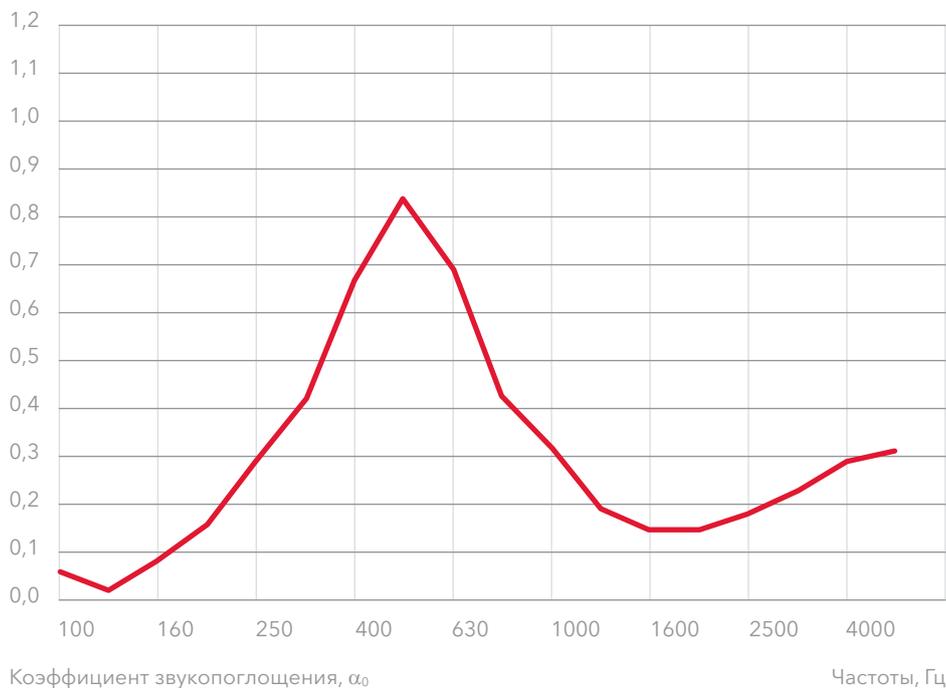
Коэффициенты звукопоглощения ТЕХ БАТТС 150, 50 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,14
125	0,17
160	0,44
200	0,59
250	0,69
315	0,87
400	0,77
500	0,77
630	0,81
800	0,72
1000	0,73
1250	0,70
1600	0,72
2000	0,73
2500	0,76
3150	0,76
4000	0,79
5000	0,81



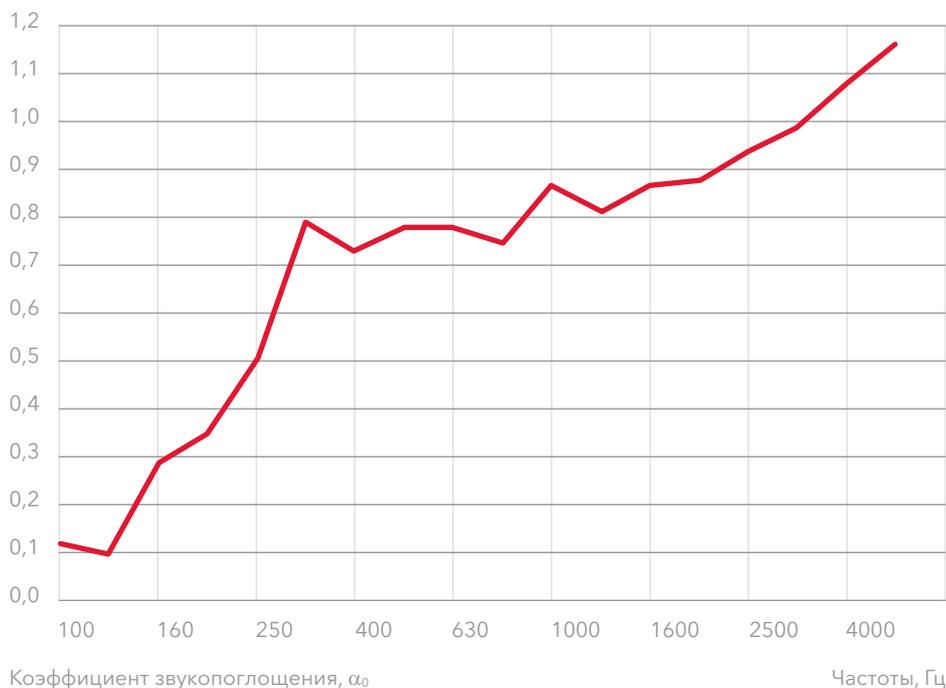
Коэффициенты звукопоглощения LAMELLA MAT L, 15 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,09
125	0,10
160	0,30
200	0,47
250	0,69
315	0,97
400	0,81
500	0,94
630	0,86
800	0,95
1000	0,92
1250	0,93
1600	0,90
2000	0,88
2500	0,90
3150	0,87
4000	0,91
5000	0,87



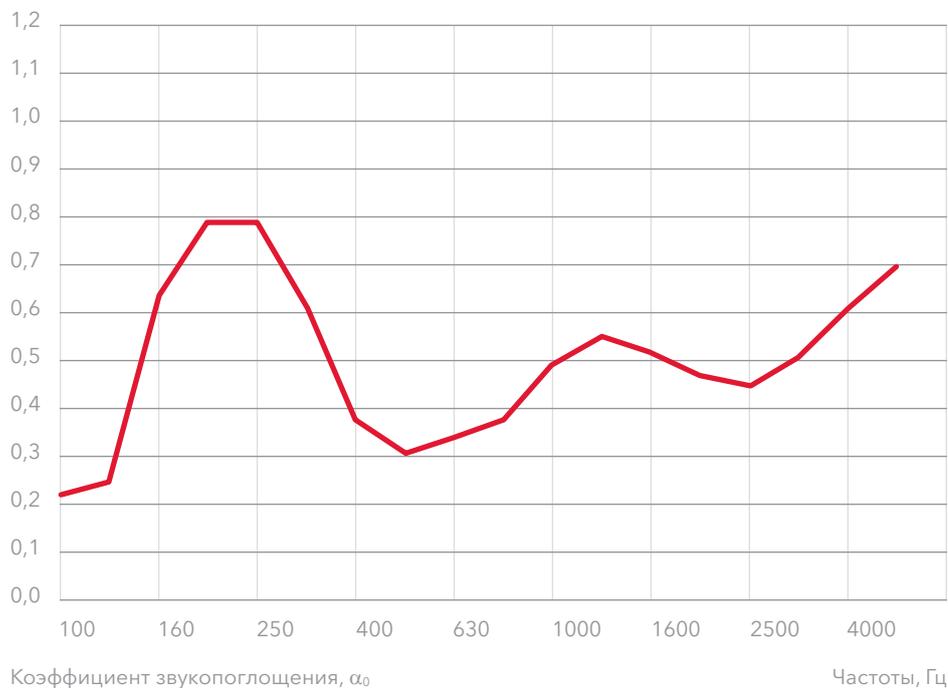
Коэффициенты звукопоглощения LAMELLA MAT L, 50 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,12
125	0,10
160	0,29
200	0,35
250	0,51
315	0,79
400	0,73
500	0,78
630	0,78
800	0,75
1000	0,87
1250	0,81
1600	0,87
2000	0,88
2500	0,94
3150	0,99
4000	1,08
5000	1,16



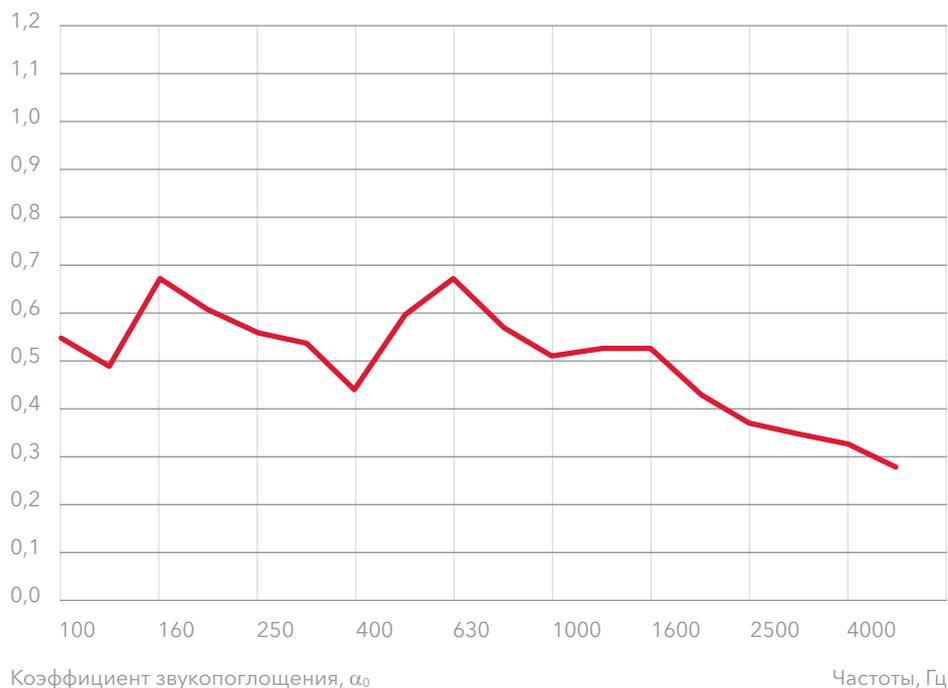
Коэффициенты звукопоглощения LAMELLA MAT L, 50 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,22
125	0,25
160	0,64
200	0,79
250	0,79
315	0,61
400	0,38
500	0,31
630	0,34
800	0,38
1000	0,49
1250	0,55
1600	0,52
2000	0,47
2500	0,45
3150	0,51
4000	0,61
5000	0,70



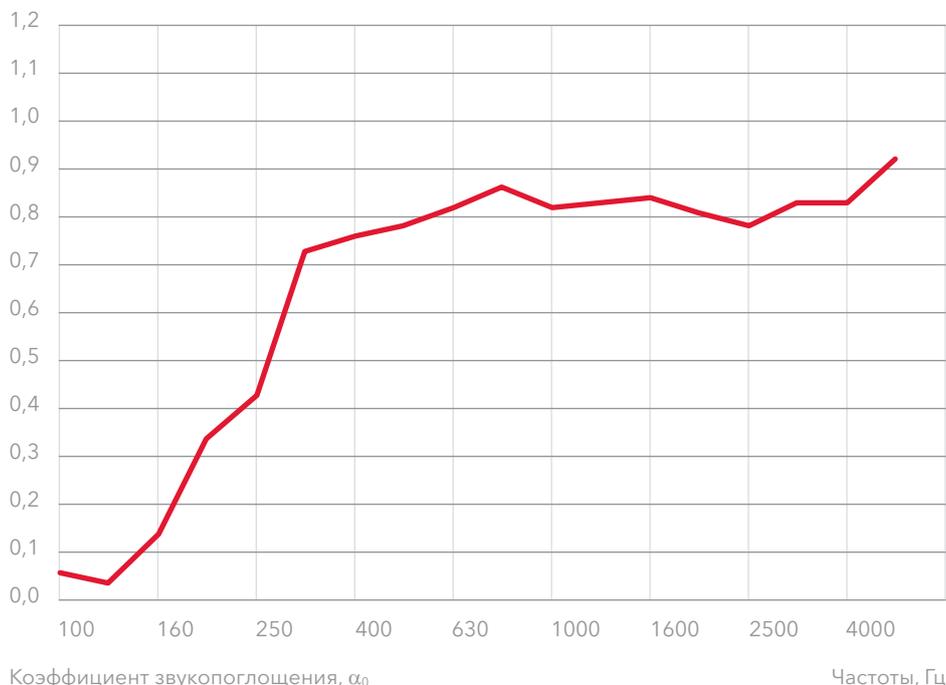
Коэффициенты звукопоглощения LAMELLA MAT L, 100 мм

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,55
125	0,49
160	0,67
200	0,61
250	0,56
315	0,54
400	0,44
500	0,60
630	0,67
800	0,57
1000	0,51
1250	0,53
1600	0,53
2000	0,43
2500	0,37
3150	0,35
4000	0,33
5000	0,28



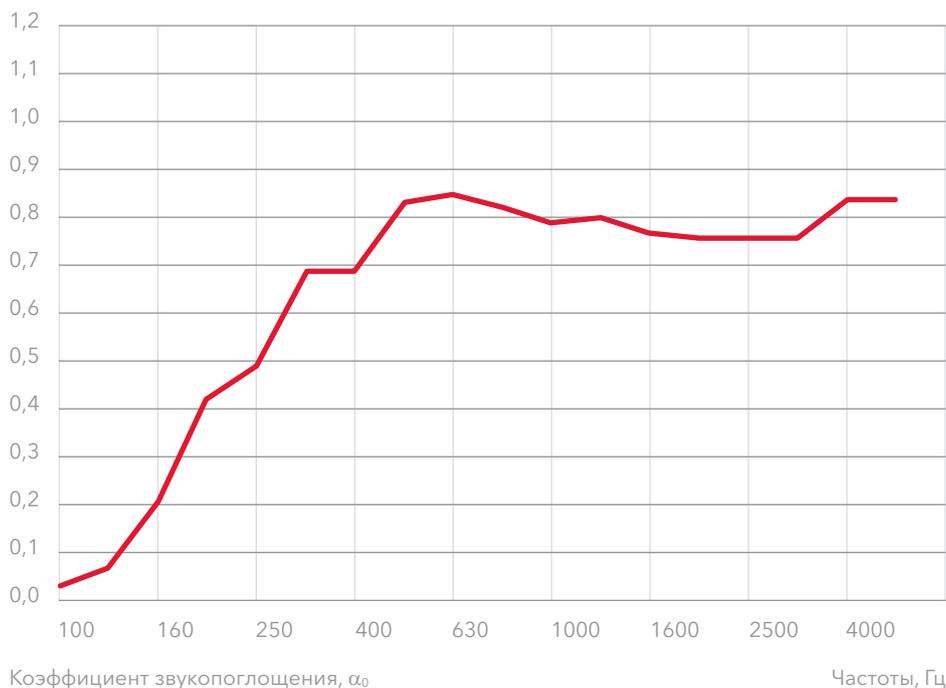
Коэффициенты звукопоглощения WIRED MAT 105, 30 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,06
125	0,04
160	0,14
200	0,34
250	0,43
315	0,73
400	0,76
500	0,78
630	0,82
800	0,86
1000	0,82
1250	0,83
1600	0,84
2000	0,81
2500	0,78
3150	0,83
4000	0,83
5000	0,92



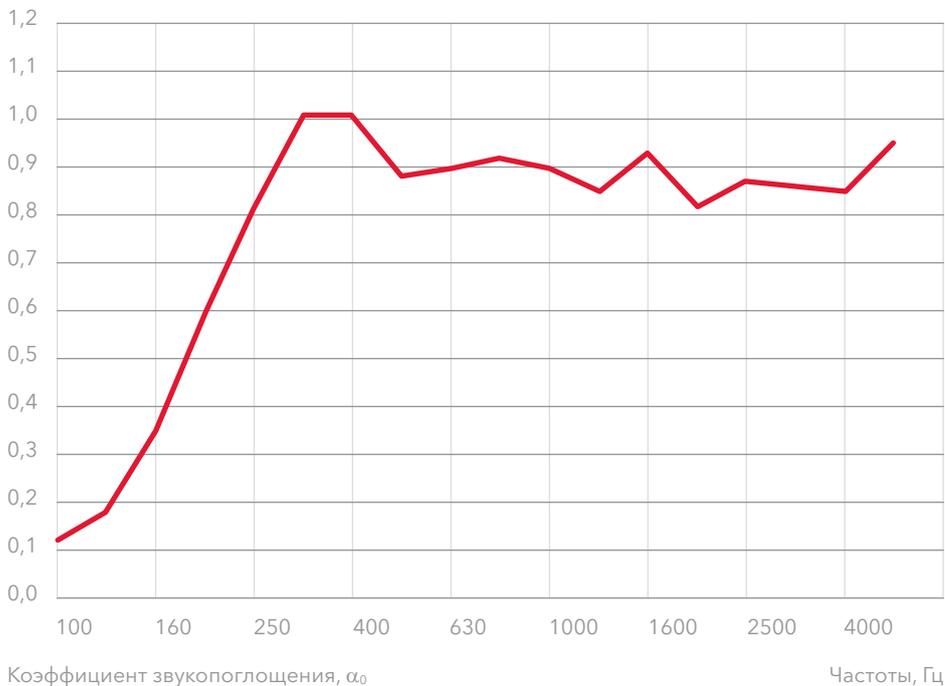
Коэффициенты звукопоглощения ALU WIRED MAT 105, 30 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,03
125	0,07
160	0,21
200	0,42
250	0,49
315	0,69
400	0,69
500	0,83
630	0,85
800	0,82
1000	0,79
1250	0,80
1600	0,77
2000	0,76
2500	0,76
3150	0,76
4000	0,84
5000	0,84



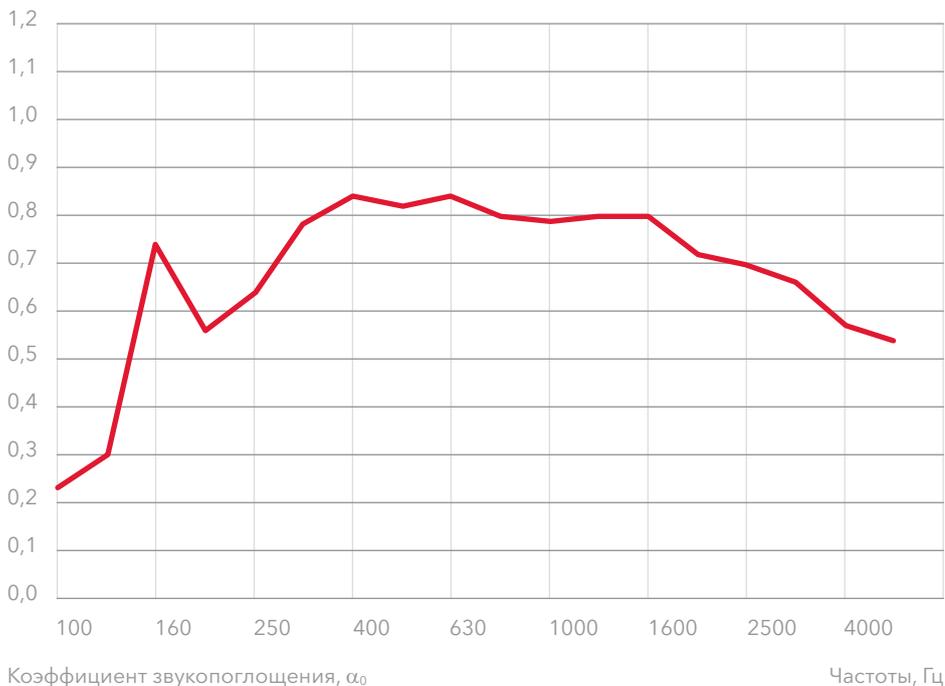
Коэффициенты звукопоглощения WIRED MAT 80, 50 мм, ProRox WM 950^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,12
125	0,18
160	0,35
200	0,60
250	0,81
315	1,01
400	1,01
500	0,88
630	0,90
800	0,92
1000	0,90
1250	0,85
1600	0,93
2000	0,82
2500	0,87
3150	0,86
4000	0,85
5000	0,95



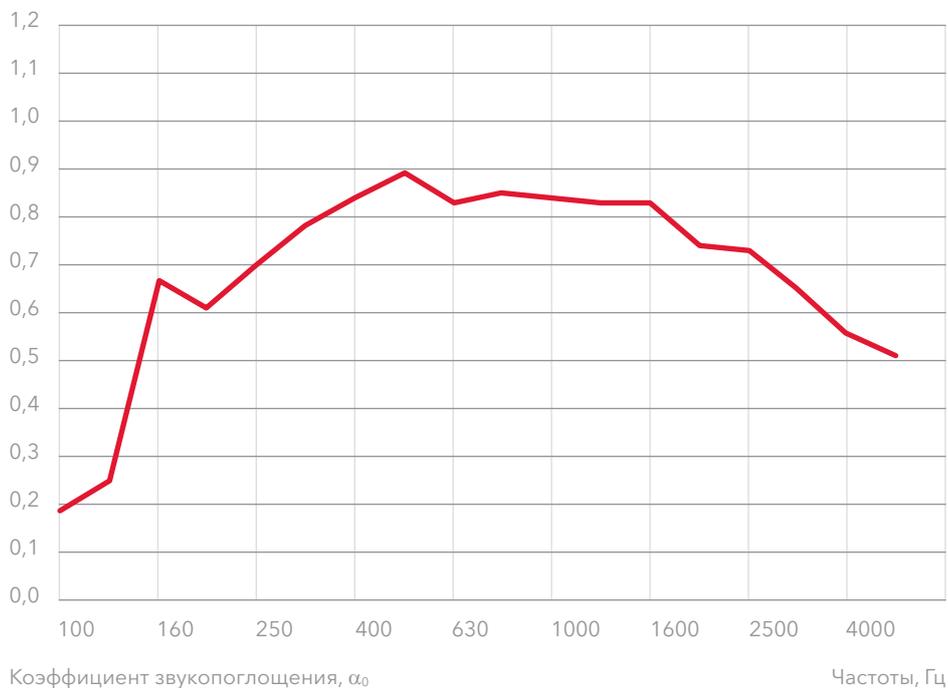
Коэффициенты звукопоглощения ALU WIRED MAT 80, 50 мм, ProRox WM 950^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,23
125	0,30
160	0,74
200	0,56
250	0,64
315	0,78
400	0,84
500	0,82
630	0,84
800	0,80
1000	0,79
1250	0,80
1600	0,80
2000	0,72
2500	0,70
3150	0,66
4000	0,57
5000	0,54



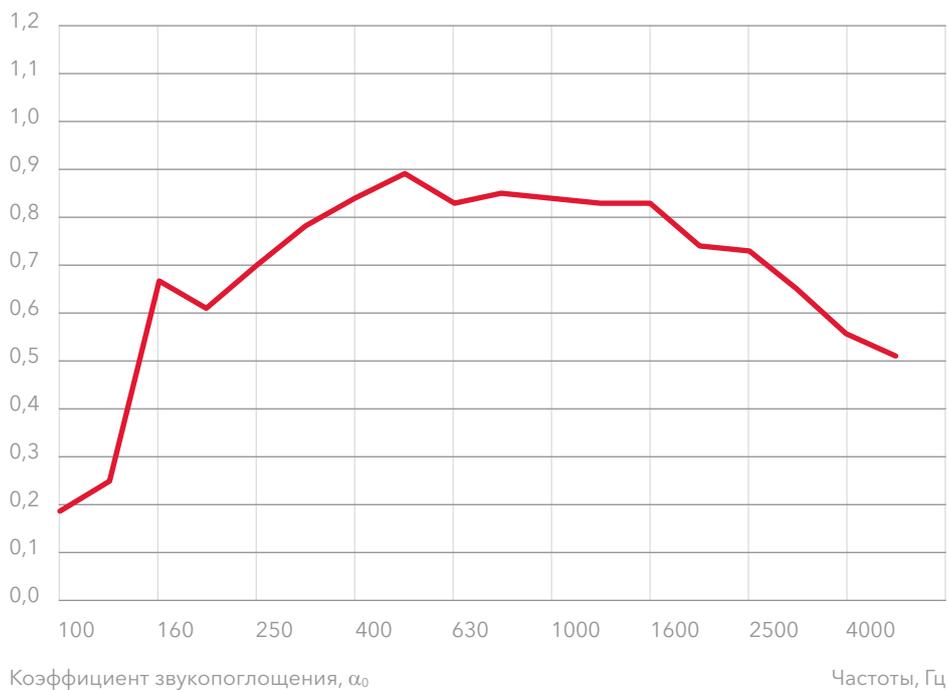
Коэффициенты звукопоглощения WIRED MAT 105, 50 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,19
125	0,25
160	0,67
200	0,61
250	0,70
315	0,78
400	0,84
500	0,89
630	0,83
800	0,85
1000	0,84
1250	0,83
1600	0,83
2000	0,74
2500	0,73
3150	0,65
4000	0,56
5000	0,51



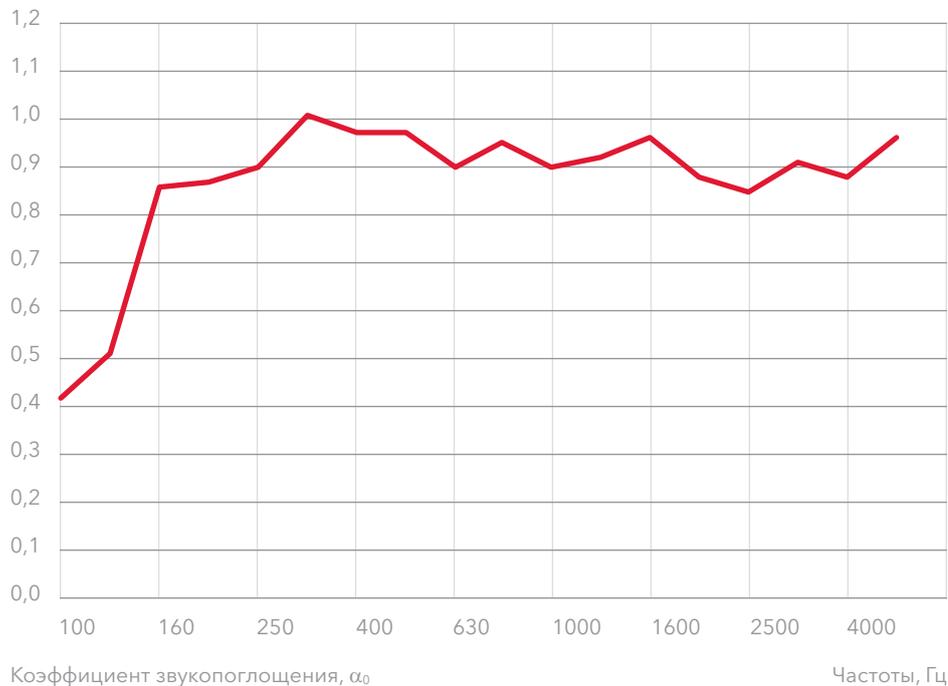
Коэффициенты звукопоглощения ALU WIRED MAT 105, 50 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,19
125	0,25
160	0,67
200	0,61
250	0,70
315	0,78
400	0,84
500	0,89
630	0,83
800	0,85
1000	0,84
1250	0,83
1600	0,83
2000	0,74
2500	0,73
3150	0,65
4000	0,56
5000	0,51



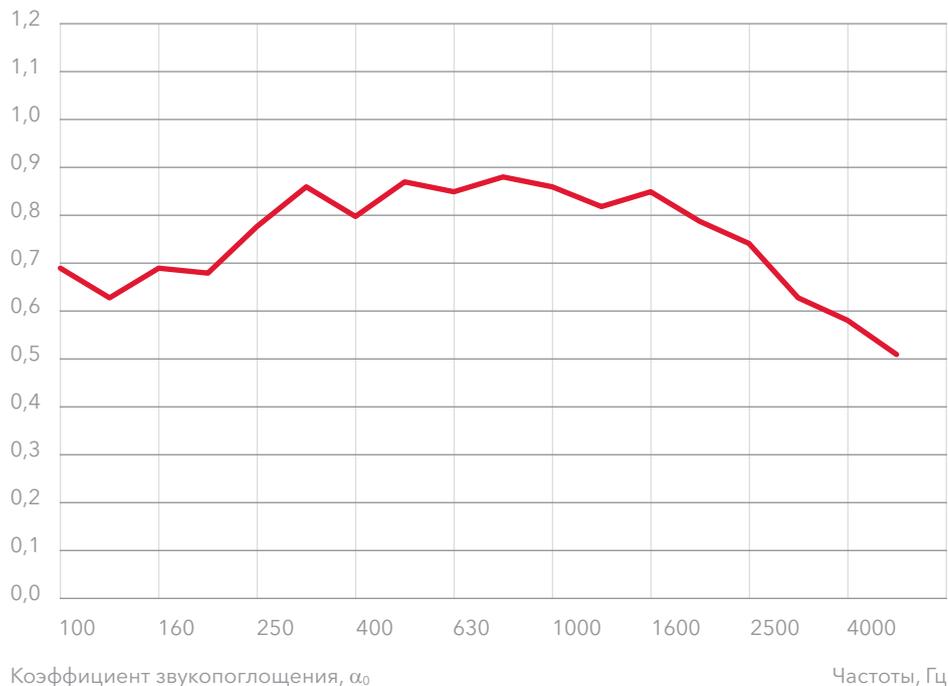
Коэффициенты звукопоглощения WIRED MAT 80, 100 мм, ProRox WM 950^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,42
125	0,51
160	0,86
200	0,87
250	0,90
315	1,01
400	0,97
500	0,97
630	0,90
800	0,95
1000	0,90
1250	0,92
1600	0,96
2000	0,88
2500	0,85
3150	0,91
4000	0,88
5000	0,96



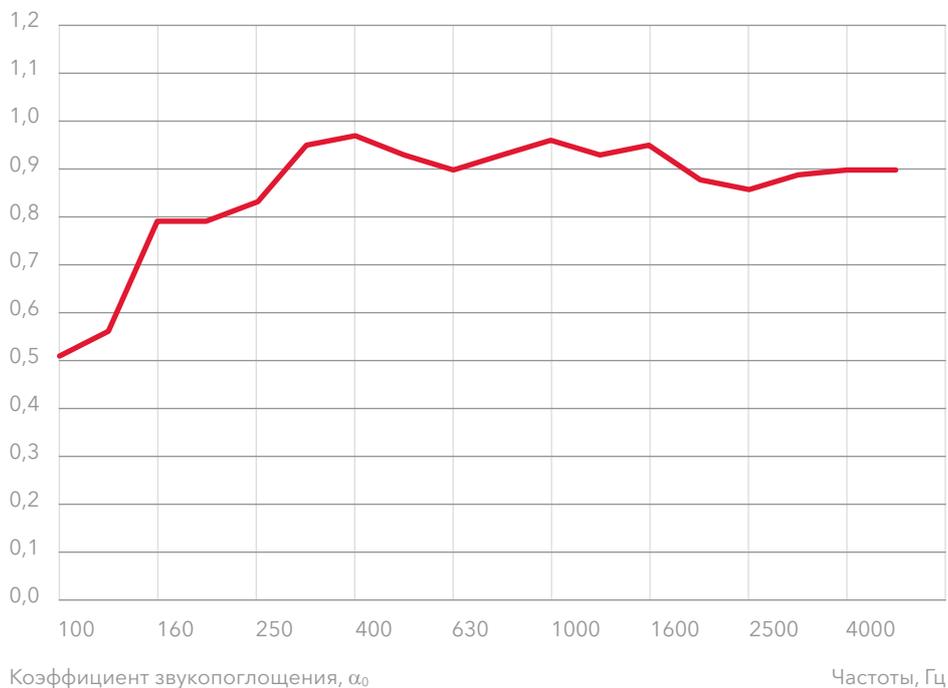
Коэффициенты звукопоглощения ALU WIRED MAT 80, 100 мм, ProRox WM 950^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегео- метрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звуко- поглощения, α_0
100	0,69
125	0,63
160	0,69
200	0,68
250	0,78
315	0,86
400	0,80
500	0,87
630	0,85
800	0,88
1000	0,86
1250	0,82
1600	0,85
2000	0,79
2500	0,74
3150	0,63
4000	0,58
5000	0,51



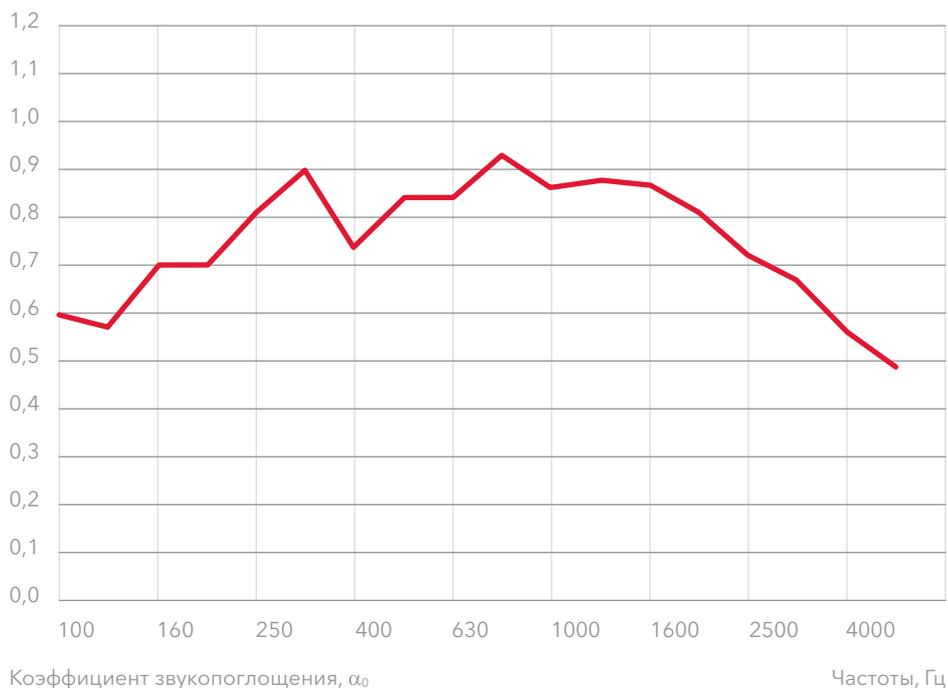
Коэффициенты звукопоглощения WIRED MAT 105, 100 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,51
125	0,56
160	0,79
200	0,79
250	0,83
315	0,95
400	0,97
500	0,93
630	0,90
800	0,93
1000	0,96
1250	0,93
1600	0,95
2000	0,88
2500	0,86
3150	0,89
4000	0,90
5000	0,90



Коэффициенты звукопоглощения ALU WIRED MAT 105, 100 мм, ProRox WM 960^{RU}

Третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, f, Гц	Нормальный коэффициент звукопоглощения, α_0
100	0,60
125	0,57
160	0,70
200	0,70
250	0,81
315	0,90
400	0,74
500	0,84
630	0,84
800	0,93
1000	0,86
1250	0,88
1600	0,87
2000	0,81
2500	0,72
3150	0,67
4000	0,56
5000	0,49



4.3. Полезные справочные данные

Жидкости, которые часто используются в производственных процессах

Группа	Материал	Плотность кг/м ³	Удельная теплоемкость кДж/(кг·К) при 20°C
Общие	Вода	1000	4,19
Спирты	Этанол	714	2,34
	Метанол	792	2,495
Пищевые	Пивное сусло	1082	3,93
	Пиво	1030	3,77
	Молоко	1030	3,94
	Оливковое масло	920	1,97
	Подсолнечное масло	890	1,84
Топливо	Бензин	620-780	2,02
	Дизель	830	1,93
	Мазут	850	1,88
	Нефть	790	2,20
Масла	Силиконовое масло	940	-
	Машинное масло	910	1,67
Кислоты	Соляная (10%)	1070	-
	Соляная (30%)	1150	3,64
	Азотная (10%)	1050	-
	Азотная (90%)	1500	1,72
	Серная (10%)	1070	-
	Серная (50%)	1400	-
	Серная (100%)	1840	1,06
Основания	Аммиак (30%)	609	4,74
	Едкий натрий (гидроксид) (50%)	1524	-
Разное	Бензол	879	1,73
	Дихлорметан	1336	1,16
	Толуол	867	1,72
	Битум (жидкий)	1100-1500	2,09-2,3

Газы, которые часто используются в производственных процессах

Газ	Плотность при давлении 1 бар кг/м ³	Удельная теплоемкость кДж/(кг·К) при 20°C
Ацетилен	1,070	1,687
Аммиак	0,710	2,093
Хлор	2,950	0,477
Этан	1,240	1,754
Этилен	1,150	1,553
Углекислый газ (CO ₂)	1,780	0,846
Окись углерода (угарный газ CO)	1,150	1,038
Воздух	1,190	1,007
Метан	0,660	2,227
Пропан	1,850	1,671
Кислород	1,310	0,913
Азот	1,150	1,038
Водород	0,820	14,34

Удельная энтальпия перегретого пара (кДж/кг)

Давление, бар	Температура пара, °C										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
1	2776,1	2874,8	2973,9	3073,9	3175,3	3278,0	3382,3	3488,2	3705,0	3982,8	4159,7
5		2854,9	2960,1	3063,7	3176,4	3271,7	3377,2	3483,9	3701,9	3926,5	4157,8
10		2827,4	2941,9	3050,6	3157,3	3263,8	3370,7	3478,6	3698,1	3923,6	4155,5
20			2901,6	3022,7	3136,6	3247,5	3357,5	3467,7	3690,2	3917,6	4150,9
30			2854,8	2922,6	3114,8	3230,7	3344,1	3456,6	3682,3	3911,7	4146,3
40				2959,7	3091,8	3213,4	3330,4	3445,4	3674,3	3905,7	4141,7
50				2923,5	3067,7	3195,5	3316,3	3433,9	3666,2	3899,7	4137,0
60				2883,2	3042,2	3177,0	3301,9	3422,3	3658,1	3893,6	4132,3
70				2837,6	3015,1	3157,9	3287,3	3410,5	3649,8	3887,5	4127,6
80				2784,6	2986,3	3138,0	3272,2	3398,5	3641,5	3881,4	4122,9
90					2955,5	3117,5	3256,9	3386,4	3633,2	3875,2	4118,2
100					2922,2	3096,1	3241,1	3374,0	3624,7	3869,0	4113,5
150					2691,3	2974,7	3156,6	3309,3	3581,5	3837,6	4089,6
200						2816,9	3060,8	3239,4	3536,7	3805,5	4065,4
250						2578,1	2950,6	3164,2	3490,4	3773,0	4041,1
300						2150,7	2822,3	3083,5	3443,1	3740,1	4016,7
350						1988,3	2672,9	2997,3	3394,7	3706,9	3992,2
400						1930,8	2513,2	2906,7	3345,8	3673,8	3967,8
450						1897,3	2377,7	2814,2	3296,6	3640,7	3943,6
500						1874,1	2284,7	2724,2	3247,7	3607,8	3919,5
600						1843,0	2180,0	2571,9	3152,3	3543,5	3872,3
700						1822,8	2123,6	2466,9	3063,8	3481,9	3826,7
800						1808,7	2087,9	2397,7	2985,4	3424,2	3783,3
900						1798,4	2063,2	2350,3	2918,7	3371,1	3742,4
1000						1790,9	2045,1	2316,2	2863,4	3323,1	3704,3

Плотность перегретого пара

Давление, бар	Температура пара, °C										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
1	0,5164	0,4604	0,4156	0,379	0,3483	0,3223	0,2999	0,2805	0,2483	0,2227	0,2019
5		2,3537	2,1083	1,9137	1,7540	1,6200	1,5056	1,4066	1,2437	1,1149	1,0105
10		4,8566	4,2984	3,8771	3,5402	3,2617	3,0263	1,8241	2,4932	2,2331	2,0228
20			8,9757	7,9713	7,2169	6,6142	6,1153	5,6926	5,0101	4,4794	4,0531
30			14,172	12,326	11,047	10,065	9,2708	8,6076	7,5512	6,7390	6,0908
40				17,000	15,052	13,623	12,497	11,571	10,117	9,0121	8,1360
50				22,073	19,255	17,299	15,798	14,586	12,709	11,299	10,189
60				27,662	23,687	21,102	19,179	17,653	15,326	13,599	12,249
70				33,944	28,384	25,045	22,646	20,776	17,970	15,914	14,316
80				41,226	33,394	29,143	26,202	23,957	20,642	18,242	16,391
90					38,776	33,411	29,855	27,198	23,341	20,584	18,474
100					44,611	37,867	33,611	30,503	26,068	22,941	20,564
150					87,191	63,889	51,200	48,077	40,154	34,943	31,124
200						100,54	78,732	67,711	55,039	47,319	41,871
250						166,63	109,09	89,904	70,794	60,080	52,803
300						358,05	148,45	115,26	87,481	73,234	63,919
350						474,89	201,63	144,43	105,15	86,779	75,214
400						523,67	270,91	177,97	123,81	100,71	86,682
450						554,78	343,37	215,87	143,44	115,01	98,312
500						577,99	402,28	256,95	163,99	129,64	110,09
600						612,45	479,87	338,44	207,20	159,77	134,02
700						638,30	528,62	405,76	251,73	190,65	158,30
800						659,27	563,69	456,99	295,45	221,74	182,72
900						677,05	591,14	496,53	336,53	252,48	207,03
1000						692,58	613,80	528,21	373,93	282,36	231,03

Температура точки росы

Температура воздуха, °С	Максимальное содержание воды, г/м ³	Максимально допустимая разница температур (для избежания образования конденсата) при влажности воздуха													
		30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-30	0,35	11,1	9,8	8,6	7,5	6,6	5,7	4,9	4,2	3,5	2,8	2,2	1,6	1,1	0,6
-25	0,55	11,5	10,1	8,9	7,8	6,8	5,9	5,1	4,3	3,6	2,9	2,3	1,7	1,1	0,6
-20	0,90	12,0	10,4	9,1	8,0	7,0	6,0	5,2	4,5	3,7	2,9	2,3	1,7	1,1	0,6
-15	1,40	12,3	10,8	9,6	8,3	7,3	6,4	5,4	4,6	3,8	3,1	2,5	1,8	1,2	0,6
-10	2,17	12,9	11,3	9,9	8,7	7,6	6,6	5,7	4,8	3,9	3,2	2,5	1,8	1,2	0,6
-5	3,27	13,4	11,7	10,3	9,0	7,9	6,8	5,9	5,0	4,1	3,3	2,6	1,9	1,2	0,6
0	4,8	13,9	12,2	10,7	9,3	8,1	7,1	6,0	5,1	4,2	3,5	2,7	1,9	1,3	0,7
2	5,6	14,3	12,6	11,0	9,7	8,5	7,4	6,4	5,4	4,6	3,8	3,0	2,2	1,5	0,7
4	6,4	14,7	13,0	11,4	10,1	8,9	7,7	6,7	5,8	4,9	4,0	3,1	2,3	1,5	0,7
6	7,3	15,1	13,4	11,8	10,4	9,2	8,1	7,0	6,1	5,1	4,1	3,2	2,3	1,5	0,7
8	8,3	15,6	13,8	12,2	10,8	9,6	8,4	7,3	6,2	5,1	4,2	3,2	2,3	1,5	0,8
10	9,4	16,0	14,2	12,6	11,2	10,0	9,6	7,4	6,3	5,2	4,2	3,3	2,4	1,6	0,8
12	10,7	16,5	14,6	13,0	11,6	10,1	8,8	7,5	6,4	5,3	4,3	3,3	2,4	1,6	0,8
14	12,1	16,9	15,1	13,4	11,7	10,3	8,9	7,6	6,5	5,4	4,3	3,4	2,5	1,6	0,8
16	13,6	17,4	15,5	13,6	11,9	10,4	9,0	7,8	6,6	5,5	4,4	3,5	2,5	1,7	0,8
18	15,4	17,8	15,7	13,8	12,1	10,6	9,2	7,9	6,7	5,6	4,5	3,5	2,5	1,7	0,8
20	17,3	18,1	15,9	14,0	12,3	10,7	9,3	8,0	6,8	5,6	4,6	3,6	2,6	1,7	0,8
22	19,4	18,4	16,1	14,2	12,5	10,9	9,5	8,1	6,9	5,7	4,7	3,6	2,6	1,7	0,8
24	21,8	18,6	16,4	14,4	12,6	11,1	9,6	8,2	7,0	5,8	4,7	3,7	2,7	1,8	0,8
26	24,4	18,9	16,6	14,7	12,8	11,2	9,7	8,4	7,1	5,9	4,8	3,7	2,7	1,8	0,9
28	27,2	19,2	16,9	14,9	13,0	11,4	9,9	8,5	7,2	6,0	4,9	3,8	2,8	1,8	0,9
30	30,3	19,5	17,1	15,1	13,2	11,6	10,1	8,6	7,3	6,1	5,0	3,8	2,8	1,8	0,9
35	39,4	20,2	17,7	15,7	13,7	12,0	10,4	9,0	7,6	6,3	5,1	4,0	2,9	1,9	0,9
40	50,7	20,9	18,4	16,1	14,2	12,4	10,8	9,3	7,9	6,5	5,3	4,1	3,0	2,0	0,9
45	64,5	21,6	19,0	16,7	14,7	12,8	11,2	9,6	8,1	6,8	5,5	4,3	3,1	2,1	0,9
50	82,3	22,3	19,7	17,3	15,2	13,8	11,6	9,9	8,4	7,0	5,7	4,4	3,2	2,1	0,9
55	104,4	23,0	20,2	17,8	15,6	13,7	11,8	10,2	8,6	7,1	5,8	4,5	3,2	2,1	0,9
60	130,2	23,7	20,9	18,4	16,1	14,1	12,2	10,5	8,9	7,3	5,9	4,6	3,3	2,1	0,9
65	161,3	24,5	21,6	19,0	16,6	14,5	12,6	10,8	9,1	7,6	6,1	4,7	3,4	2,1	0,9
70	188,2	25,2	22,2	19,5	17,1	15,0	13,0	11,1	9,4	7,9	6,2	4,8	3,4	2,1	0,9
75	242,0	26,0	22,9	20,1	17,7	15,4	13,3	11,4	9,6	8,0	6,4	4,9	3,5	2,2	0,9
80	283,4	26,8	23,6	20,7	18,2	15,8	13,7	11,7	9,9	8,2	6,6	5,0	3,6	2,2	0,9

Использованные документы и литература

Литература

1. ROCKWOOL Technical Insulation. Process Manual. Technical Guidelines for the Insulation of Industrial Installations.
2. Маты теплоизоляционные из минеральной ваты ROCKWOOL Тех Мат в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Рекомендации по применению. – М., 2012.
3. Минераловатные цилиндры ЗАО «Минеральная Вата» в конструкциях тепловой изоляции трубопроводов. Рекомендации по применению. TP-12222-01.1. – М., 2012
4. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С., Сирнова Т.В. Теплоизоляция из каменной ваты: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2010
5. Теплоизоляционные изделия ЗАО «Минеральная Вата» – ROCKWOOL Russia в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Технические решения. TP 12328-ТИ-2008. – М., 2012

Нормативная документация

1. AGI-Q 03. Execution of Thermal and Cold Insulation.
2. AGI-Q 101. Insulation Work on Power Plant Components.
3. AGI-Q 153. Insulation Work on Industrial Installations. Mountings for Support Constructions.
4. AGI-Q 154. Insulation Work at Industrial Installations Support and Spacerring Constructions.
5. DIN 4140. Insulation Work on Industrial Installations and Building Equipment. Execution of Thermal and Cold Insulations.
6. EN 14706:2005. Thermal Insulating Products for Building Equipment and Industrial Installations. Determination of Maximum Service Temperature.
7. EN 14707:2012. Thermal Insulating Products for Building Equipment and Industrial Installations. Determination of Maximum Service Temperature for Preformed Pipe Insulation
8. EN ISO 8497:1996. Thermal Insulation. Determination of Steady-state Thermal Transmission Properties of Thermal Insulation for Circular Pipes.
9. ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.
10. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
12. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
13. ГОСТ 17314-81*. Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования.
14. ГОСТ 21563-93 Котлы водогрейные. Основные параметры и технические требования.
15. ГОСТ 28269-89 Котлы паровые стационарные большой мощности. Общие технические требования.
16. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
17. ГОСТ 30256-94. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом.
18. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Методы испытаний на воспламеняемость.
19. ГОСТ 31311-2005. Шум. Планирование мероприятий по управлению шумом установок и производств, работающих под открытым небом.
20. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
21. ГОСТ 32025-2012. Тепловая изоляция. Метод определения характеристик теплопереноса в цилиндрах заводского изготовления при стационарном тепловом режиме.
22. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

23. ГОСТ 9.402-2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию.
24. ГОСТ EN 1609-2011. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения водопоглощения при кратковременном частичном погружении.
25. ГОСТ EN 12087-2011. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения водопоглощения при длительном погружении.
26. ГОСТ Р 52630-2006. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.
27. ГОСТ Р ИСО 15665-2007. Руководство по акустической изоляции труб и арматуры трубопроводов.
28. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
29. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
30. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
31. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
32. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети.
33. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
34. СП 124.13330.2012. Тепловые сети.
35. СП 28.13330. Защита строительных конструкций от коррозии. Лакокрасочные покрытия для защиты стальных и алюминиевых конструкций от коррозии.
36. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
37. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
38. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
39. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.
40. Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Рекомендации по хранению продукции

1. Общие требования

1.1. Поверхность площадки хранения должна препятствовать подсосу влаги снизу. В случае невыполнения данного требования, рекомендуется укладывать защитную полиэтиленовую пленку или иной гидроизоляционный материал. Образование застойных водных зон (луж) на площадке хранения недопустимо.

1.2. В качестве основания могут выступать: асфальт, бетон или схожие по прочности и гигроскопичности материалы. Не рекомендуется использовать площадки с открытым грунтом, гравием и асфальтовой крошкой.

1.3. Продукция должна храниться в крытых складах или под навесом, препятствующим попаданию атмосферных осадков; в упакованном виде; на твердом ровном сухом основании либо настиле, препятствующем увлажнению, загрязнению и повреждению продукции; отдельно по размерам и маркам.

1.4. Настил организуется, например, в случае загрязненного или неровного основания. В качестве настила могут выступать деревянные поддоны, образующие ровную горизонтальную поверхность.

1.5. При складировании под навесом должно быть исключено длительное воздействие на продукцию

прямых солнечных лучей, в качестве защиты может быть использован белый полиэтиленовый мешок/пленка толщиной не менее 70 мкм.

1.6. Допускается краткосрочное (не более 2 месяцев) хранение продукции на открытых складах с организацией дополнительной защиты продукции от попадания атмосферных осадков (например, полиэтиленовый капюшон или влагонепроницаемый чехол без дыр, разрывов, проколов).

1.7. В случае долговременного (более 2 месяцев) хранения вне крытых складов дополнительно должна быть обеспечена защита от воздействия на продукцию прямых солнечных лучей (например, продукция должна быть укрыта белым капюшоном с толщиной пленки не менее 70 мкм).

1.8. Хранение (штабелирование) продукции должно осуществляться способом, исключающим возможность падения, опрокидывания и «разваливания» штабеля, обеспечивающим доступность и безопасность выемки продукции.



2. Плиты в пачках

2.1. Пачки должны храниться в горизонтальном положении уложенные в штабель.



2.2. Максимальная высота штабеля пачек: 5 м, для продукции с номинальной плотностью 100 кг/м³ и более; 4 м для продукции с плотностью от 40 до 99 кг/м³; 2,5 м для продукции плотностью менее 40 кг/м³. Продукты двойной плотности оцениваются по слою с наименьшей плотностью.



2.3. При складировании рекомендуется организация перевязки для обеспечения большей устойчивости штабеля.



2.4. При организации погрузочно-разгрузочных работ и необходимости перемещения по продукции необходимо уложить листы фанеры толщиной не менее 8 мм и перемещаться только по листам, избегая хождения по краям листов. Данная рекомендация распространяется только на плиты из каменной ваты с номинальной плотностью свыше 85 кг/м³. Перемещение по иной продукции недопустимо.



2.5. Штабелирование самостоятельно сформированных палет (плиты, пачки на деревянных поддонах) штабелировать не рекомендуется.



3. Цилиндры

3.1. Цилиндры, полуцилиндры и сегменты, упакованные в картонные коробки, должны храниться только в закрытых складах. Ориентация коробок должна осуществляться в соответствии с маркировкой.

3.2. Цилиндры, упакованные в полиэтиленовую пленку, с толщиной стенки 20-40 мм и внутренним диаметром ≥ 76 мм, должны храниться в вертикальном

положении. Цилиндры остальных типоразмеров – в горизонтальном или вертикальном положении.

3.3. Высота штабеля цилиндров, упакованных в полиэтиленовую пленку, не должна превышать 2,2 м. Количество ярусов коробок в штабеле – в соответствии с маркировкой на упаковке.



4. Маты. Продукция в рулонах

4.1. Маты должны складироваться в горизонтальном положении*.

* Продукция марок Lamella Mat, Klimafix должна хра-

ниться в вертикальном положении.

4.2. Высота складирования матов не должна превышать 2,2 м.



5. Продукция на палетах (упакованная на поддоны в заводских условиях)

5.1. Хранение продуктов, упакованных на деревянные палеты или минераловатные опоры, в заводских условиях – в стрейч-капюшон, допускается при максимальной высоте штабеля не более 3 м.

5.2. Штабелирование палет цилиндров, картонных коробок, матов, продукции плотностью менее 75 кг/м^3 , упакованных в заводских условиях на деревянные поддоны – не допустимо.



Правила применения

При работе с продуктом рекомендуется использовать следующие средства индивидуальной защиты (СИЗ), исходя из условий работы:

- специальная одежда (ГОСТ 27575-87 (для мужчин), ГОСТ 27574-87 (для женщин));
- трикотажные перчатки (ГОСТ Р 12.4.246-2008);
- фильтрующая полумаска (респиратор) со средней эффективностью FFP2 (ГОСТ Р 12.4.191-2011);
- очки защитные (ГОСТ Р 12.4.230.1-2007).

При выборе и правильной эксплуатации СИЗ руководствоваться информацией, полученной от производителя или продавца данного СИЗ. В работе применять только исправные инструменты и приспособления, соблюдать соответствующие требования безопасности, нормы и правила. Отходы, образованные в процессе работы, подлежат утилизации согласно требованиям соответствующего законодательства.



Использование ножа при раскройке изоляционных плит и матов ROCKWOOL

Изоляционные материалы ROCKWOOL легко подвергаются раскройке ножом. Раскрой материала рекомендуется делать больше на 2-5 мм (в зависимости от плотности материала) от необходимого размера.



Использование ножниц для раскроя матов WIRED MAT

Позволяют нарезать изоляционный материал, покрытый гальванизированной стальной сеткой. Раскрой материала рекомендуется делать больше на 2-5 мм (в зависимости от плотности материала) от необходимого размера.

Сертификация



Сертификат пожарной безопасности:
ОС «Пожтест» ФГУ ВНИИПО
МЧС России»



Гигиеническое заключение:
ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии»



Сертификат соответствия:
система сертификации
в строительстве Росстройсертификация



Продукты, маркированные Знаком Качества ассоциации Росизол, соответствуют всем обязательным нормам и стандартам, предъявляемым к теплоизоляционным материалам, и отвечают строгим требованиям по энергоэффективности, долговечности, экологичности и пожаробезопасности



Система добровольной сертификации EcoMaterial – материалы рекомендованы для использования во внутренней отделке объектов, в том числе детских и медицинских учреждений



Система Менеджмента компании сертифицирована на соответствие международным стандартам ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001



Техническое свидетельство, выдано Федеральным центром сертификации в строительстве Госстроя России

Центр проектирования

Центр проектирования*

Расчет и адаптация проектов для достижения оптимальных характеристик здания:

- пожарная безопасность;
- звукоизоляция;
- теплозащита;
- энергопотребление.

У вас есть время для интересных дел!

design.centre@rockwool.com

* С 19 мая 2015 г. членство в Союз СРО «Гильдия проектировщиков» – саморегулируемой организации строительного комплекса Московской области.



Сервисы

Обучение

Предлагаем пройти обучение в тренинг-центре компании ROCKWOOL. Широкий спектр теоретических и практических курсов рассчитан как на профессиональную аудиторию, так и на частных лиц. Обучение бесплатно. Узнать расписание занятий, записаться на обучение можно на сайте www.rockwool.ru в разделе «Университет ROCKWOOL» или по телефону +7 963 996 64 94.

Адрес учебного центра: ул. Автозаводская, д. 48а, г. Балашиха, мкр. Железнодорожный, МО, 143985. GPS-координаты для проезда на автомобиле: 38.010393. 55.731304



Онлайн-калькуляция

tech.rockwool.ru

расчет необходимой толщины технической изоляции.

По методам:

1. Расчет по нормам плотности теплового потока;
2. Расчет по заданной температуре на ее поверхности;
3. Расчет для предотвращения конденсации на поверхности изоляции из окружающего воздуха;
4. Расчет по изменению температуры транспортируемого вещества;
5. Расчет толщины изоляции трубопроводов в непроходных каналах;
6. Расчет для предотвращения замерзания вещества в трубопроводе;
7. Расчет толщины изоляции по заданной величине изменения температуры вещества в емкости.



8 800 200 22 77

профессиональные консультации
(бесплатный звонок на территории РФ)



Библиотека

Компания ROCKWOOL

Наб. Серебряническая, вл. 29, БЦ «Silver City»,
г. Москва, 109028

Тел.: +7 495 995 77 55

Факс: +7 495 995 77 75

Обучение по продукции: +7 963 996 64 94

Центр проектирования: design.centre@rockwool.com

www.rockwool.ru



Все об энергосбережении на странице
Rockwool Russia Group



Видеотека на канале RockwoolRussia