

Расчёт толщины тепловой изоляции аппаратов и трубопроводов

Все аппараты и трубопроводы нефтехимических производств обязательно покрываются тепловой изоляцией. При этом преследуются две цели:

1. снизить потери теплоты или холода в окружающую среду. В этом случае определяющим параметром будет плотность теплового потока q , Вт/м²

$$q = \frac{Q}{F}$$

где Q – тепловая мощность, Вт; F – площадь поверхности аппарата, через которую уходит теплота, м².

2. понизить температуру поверхности аппарата или трубопровода до безопасного для человека значения. Для аппаратов, работающих на открытом воздухе, температура поверхности не должна превышать 60 °С.



© В. Филиппов, СамГТУ

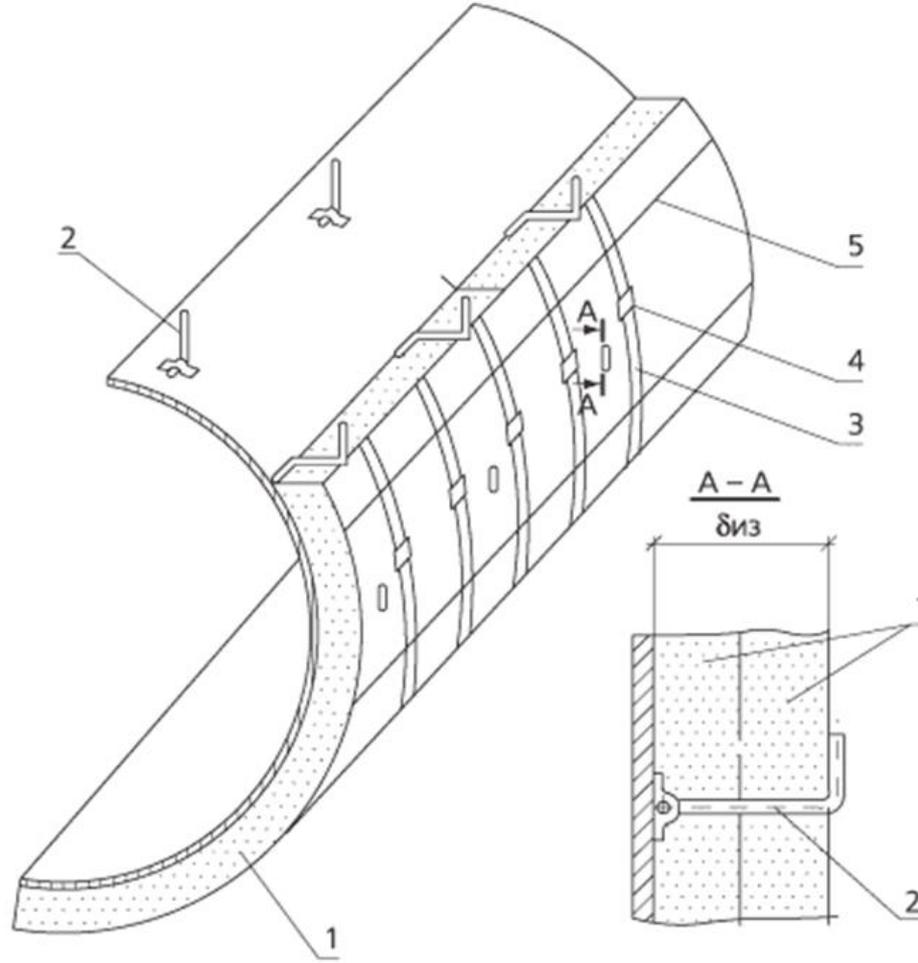


© В. Филиппов, СамГТУ





© В. Филиппов, СамГТУ



Крепление теплоизоляционного слоя на штырях. 1 – теплоизоляционный слой; 2 – штырь; 3 – бандаж; 4 – пряжка; 5 – струна.

На изоляцию затрачиваются большие средства. Но это того стóит: затраты быстро окупаются. Кроме того, разве можно экономит на здоровье и безопасности людей?

В качестве теплоизолирующего материала используются различные минеральные ваты из стеклянного волокна, которые часто называют просто стекловатой.

Методика расчёта толщины тепловой изоляции изложена в специальных документах, которыми должен руководствоваться проектировщик.

Основные из них:

Свод правил. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

Строительные нормы и правила Российской Федерации. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

Рассмотрим коротко теорию процесса прохождения теплоты из аппарата через его стенку и слой теплоизоляции в окружающую среду. Хотя стенка аппарата цилиндрическая, но её толщина намного меньше, чем другие линейные размеры. Поэтому смело можно применять закономерности, полученные для **плоской** стенки.

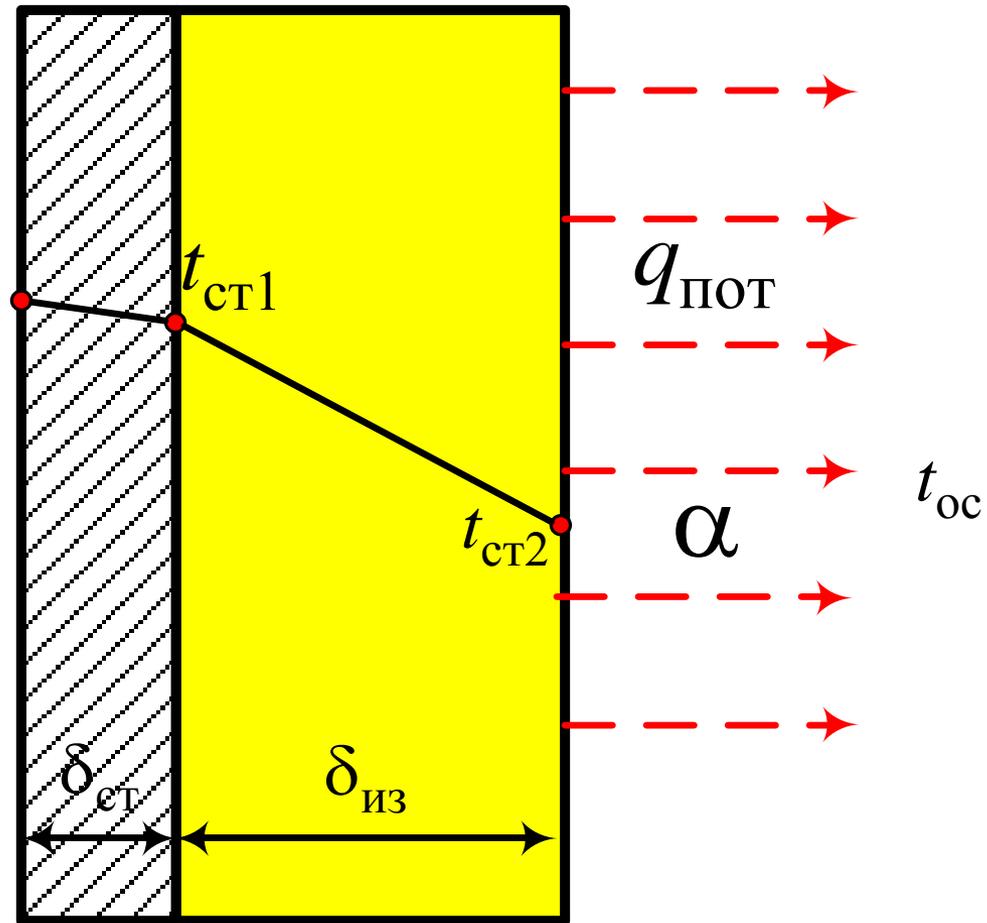


Схема передачи теплоты

Для описания процесса прохождения теплоты от стенки аппарата через изоляцию и далее в окружающую среду можно применить два уравнения: теплопроводности плоской стенки и теплоотдачи

$$q_{\text{пот}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}} \quad (1)$$

$$q_{\text{пот}} = \alpha(t_{\text{ст2}} - t_{\text{ос}}) \quad (2)$$

Отсюда следует, что $q_{\text{пот}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}} = \alpha(t_{\text{ст2}} - t_{\text{ос}})$.

Коэффициент теплоотдачи от стенки изоляции в окружающую среду можно рассчитать по эмпирическому уравнению

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{ст2} - t_{ос}) \quad (3)$$

Нахождение величины тепловой изоляции проводится методом последовательного приближения.

В качестве теплоизолирующего материала для объектов с **положительными** температурами поверхности применяются материалы, имеющие плотность не более 400 кг/м^3 и коэффициентом теплопроводности не более $0,07 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$.

Если же необходимо изолировать поверхности, имеющие **отрицательные** температуры, то плотность теплоизолятора должна быть не более 200 кг/м^3 .

В общем случае теплоизоляция аппарата или трубопровода состоит из следующих элементов:

1. собственно теплоизолирующий слой;
2. армирующие и крепёжные детали;
3. пароизоляционный слой, если изолируется объект с отрицательной температурой поверхности. Этот слой нужен для предотвращения конденсации влаги из воздуха;
4. покровный слой, который защищает теплоизоляционный слой от механических повреждений.

Алгоритм расчёта следующий.

1. Определяемся с температурой внутри аппарата. Она нам нужна, чтобы найти температуру $t_{ст1}$, которая должна быть на 1-2 градуса меньше.

2. В зависимости от значения температуры $t_{ст1}$ **принимаем** величину тепловых потерь $q_{пот}$, руководствуясь таблицей

Значения величины тепловых потерь в зависимости от температуры стенки

$t_{ст1}$	$q_{пот}$
до 100 °С	$q_{пот} \leq 116 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
от 100 до 150 °С	$q_{пот} \leq 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
от 150 до 200 °С	$q_{пот} \leq 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

3. **Задаёмся** значением температуры $t_{ст2}$. Её рекомендуется брать для зимних условий, когда температура окружающей среды принимает самое низкое значение для данного региона. Если считать, что

$$t_{ос} = -20^{\circ}C$$

то $t_{ст2}$ принимается примерно $-10^{\circ}C$.

4. Выбираем теплоизоляционный материал, выписываем его коэффициент теплопроводности. Рассчитываем толщину слоя изоляции из уравнения (1)

$$\delta_{\text{ст}} = \lambda \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{q_{\text{пот}}}, \text{ м.}$$

5. Теперь определяем значение коэффициента теплоотдачи α от теплоизоляции в окружающую среду по уравнению (3).

6. По уравнению (2) находим плотность теплового потока $q_{\text{пот.расч}}$. Если расхождение полученной величины и принятой в пункте 2 не превышает 3-5%, то расчёт заканчиваем. Если же отличие превышает этот диапазон, изменяем температуру $t_{\text{ст}2}$.

Для ускорения расчётов целесообразно воспользоваться программой, написанной, например, в Excel.

Фирмы производители тепловой изоляции на своих сайтах предлагают on-line калькуляторы для расчёта как толщины изоляции, так и срока окупаемости.

Вот скриншоты компании Сен-Гобен (Франция)

<https://www.isotecti.ru/raschet-tolshchiny-teplovoy-izolyacii-po-sp-61133302012>

1. Выбор варианта расчёта

🏠 > КАЛЬКУЛЯТОР

Расчет толщины тепловой изоляции по СП 61.13330.2012



📁 Сохраненные расчеты

🔄 Загрузить проект

Тип и параметры поверхности

Цилиндр

Плоскость

Длина, м

1000

Фланцы, шт

0

Арматура, шт

0

Выберите тип расчета

q

Расчет по нормированной плотности теплового потока



Расчет по заданному снижению (повышению) температуры вещества



Расчет по заданной температуре на поверхности изоляции



Расчет по предотвращению конденсации влаги из воздуха на поверхности изоляции



Расчет по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в целях предотвращения его замерзания



Расчет тепловых сетей

2. Ввод исходных данных

[+ Новый расчет](#) [Сохраненные расчеты](#) [Загрузить проект](#)

Тип и параметры поверхности

Цилиндр Плоскость

Длина, м

1000

Фланцы, шт

0

Арматура, шт

0

Расчет

[Новый расчет](#)

По заданной температуре на поверхности изоляции

1 Параметры трубопровода

2 Параметры окружающей среды и теплоносителя

3 Изоляционный материал

4 Результат расчета толщины изоляции

₽ Расчет срока возврата инвестиций

Ориентация трубопровода

Горизонтальная

Опоры трубопровода

Подвижные

Характер расположения

В закрытом помещении

Покрытие изоляционного слоя

Оцинкованная сталь

Условный проход трубопровода, мм

150

Наружный диаметр трубопровода, мм

159

Материал стенки трубопровода

3. Результаты расчёта

+ Новый расчет

Сохраненные расчеты

Загрузить проект

Тип и параметры поверхности

Цилиндр

Плоскость

Длина, м

1000

Фланцы, шт

0

Арматура, шт

0

Расчет

Новый расчет

По заданной температуре на поверхности изоляции

1 Параметры трубопровода

2 Параметры окружающей среды и теплоносителя

3 Изоляционный материал

4 Результат расчета толщины изоляции

Расчет срока возврата инвестиций

Материал

ISOTEC Wired mat100

Наружный диаметр трубопровода

426 мм

Расчетная толщина теплоизоляции

22 мм

Закупочная толщина теплоизоляции

20 мм

Спецификация

Сохранить расчет

Распечатать

Копировать

4. Экономика

+ Новый расчет

Сохраненные расчеты

ⓘ Загрузить проект

Тип и параметры поверхности

Цилиндр

Плоскость

Длина, м

1000

Фланцы, шт

0

Арматура, шт

0

Расчет

Новый расчет

По заданной температуре на поверхности изоляции

1 Параметры трубопровода

2 Параметры окружающей среды и теплоносителя

3 Изоляционный материал

4 Результат расчета толщины изоляции

₽ Расчет срока возврата инвестиций

Материал

ISOTEC Wired mat100

Наружный диаметр трубопровода

426 мм

Расчетная толщина теплоизоляции

22 мм

Закупочная толщина теплоизоляции

20 мм

Цена материала изоляции, руб./м3

5586

Цена монтажных работ, руб./м.п. (плоск. - руб./м2)

150

Стоимость тепловой энергии, руб./кВт*ч

0.6

Годовой фонд рабочего времени, ч

2000

Стоимость покрытия, руб./м2

300

Рассчитать

Распечатать