

# МЕТОД

*Определения толщины жидкой теплоизоляции*



Россия, Казань  
2016 год

## ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ

Определение необходимой толщины МЗП KARE для теплоизоляции в зависимости от задачи, можно выполнить несколькими путями.

1. Расчетным - исходя из коэффициента теплопроводности материала.

2. Сравнением тепловых сопротивлений традиционных изоляционных материалов (с учетом толщины материала на который приведены коэффициенты, к примеру, на основании практических исследований к минераловатным  $K=100$ ).

3 Так как исследования теплоизоляционных свойств различных модификаций МЗП выполнялись в наших условиях при температуре теплоносителя до  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температуру поверхности теплоизолятора и толщину изоляционного покрытия можно получить экстраполированием табличных или графических результатов исследований изменения температуры поверхности в зависимости от температуры теплоносителя (график прилагается).

Не учитывая нелинейность изменения коэффициента теплопроводности МЗП в зависимости от температуры теплоносителя, этим методом можно воспользоваться при выборе необходимой толщины изоляции.

Практическое использование МЗП на высокотемпературных объектах показало значительное снижение экстраполированных значений толщины теплоизоляции: при температуре до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 40%, при температуре до  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на 50%.

К примеру, применительно к поставленной задаче - предотвращение парообразования заглубленных резервуаров, по результатам экстраполирования толщину изоляции нужно выбрать (при температуре теплоносителя до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 8,5-9,0 мм. Из практического использования -  $8,5 \times 0,5 = 4,2$  мм. С учетом увлажнения, уплотнений и теплоотводящих свойств грунта это значение можно принять до 60%. Окончательно:  $8,5 \times 0,4 = 3,4$  мм

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Для расчета тепловых потерь аппаратов, находящихся в закрытых помещениях, можно пользоваться приближенной формулой [Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, М.: ООО ТИД «Альянс», 2006. – 576 с.]:

$$\alpha_B = 9,74 + 0,07\Delta T$$

где  $\alpha_B$  - суммарный коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием и конвекцией, Вт/ $\text{м}^2\text{K}$ ;

$\Delta T$  - разность температур поверхности аппарата и окружающего воздуха, К.

Поток тепла в окружающую среду:

$$q = \alpha_B (T_{ст} - T_B)$$

где  $T_{ст}$  - температура стенки, соприкасающаяся с окружающей средой, К;

$T_B$  - температура окружающей среды, К.

Тогда коэффициент теплоотдачи будет равен:

- для летнего периода:

$$\alpha_B = 9,74 + 0,07 (45 - 33) = 10,58 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

- для зимнего периода:

$$\alpha_B = 9,74 + 0,07 (45 - 18) = 11,63 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

а поток тепла летнего периода:

$$q = 10,58 (45 - 33) = 127 \text{ Вт/м}^2$$

- поток зимнего периода:

$$q = 11,63 (45 - 18) = 314 \text{ Вт/м}^2$$

Толщину защитного покрытия  $\delta$  можно определить из частного случая уравнения теплопроводности (закона Фурье):

$$\delta = \lambda_n (T_c - T_n) / q$$

где  $\lambda_n$  - теплопроводность защитного покрытия,  $T_c$  - температура защищаемой поверхности,  $T_n$  - температура на поверхности теплоизоляции.

Поскольку теплопроводность стали, из которой изготовлен паропровод, равна 46 Вт/м<sup>2</sup>К, наружную температуру стальной стенки можно принять равной температуре энергоносителя, ввиду изменения температуры по толщине стенки всего на 0,012 К.

Расчет проводится для наихудших условий, т.е. для летнего периода.

Теплопроводность материалов в зависимости от температуры принято выражать в виде линейной зависимости  $AT + B$ , где А и В – экспериментально определяемые параметры для конкретного материала.

Зависимость  $q/\lambda_n(T)$  для данного защитного покрытия описывается следующим выражением:

$$q/\lambda_n(T) = 207,444T - 3434$$

Тогда имеем следующую толщину:

- для стенки с температурой 194°C:

$$\delta = (127 / 207,444 * 194 - 3434) (194 - 45) / 127 * 1000 = 4,048 \text{ мм}$$

- для стенки с температурой 104°C:

$$\delta = (127 / 207,444 * 104 - 3434) (104 - 45) / 127 * 1000 = 3,252 \text{ мм}$$

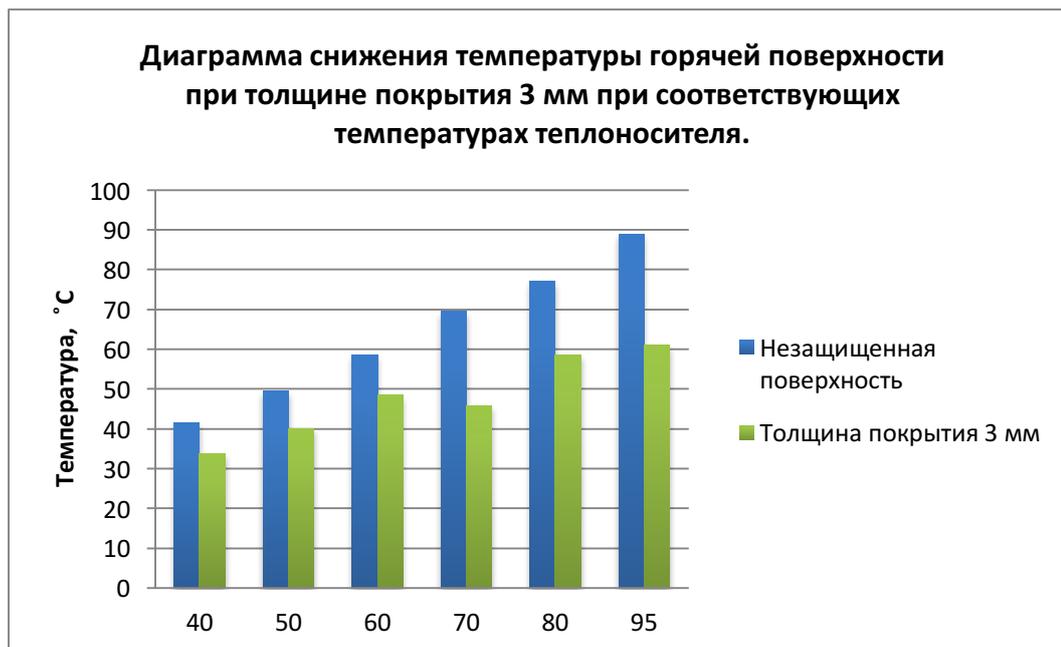
Исходя из полученного результата, можно заключить, что для уменьшения температуры стального трубопровода от 104°C до 45°C достаточной толщиной защитного покрытия является 3 мм, а для трубопровода с температурой на поверхности 194°C – 4 мм.

Учитывая, ранее принятые допущения, и экспоненту изменения термического сопротивления конструкции в зависимости от энергетического воздействия на подложный слой, используя усреднённое значение, экстраполированием результатов (определена практически

измерениями в температурном диапазоне до 100°C), можно вывести таблицу зависимости температуры на поверхности от толщины сухого изоляционного покрытия.

|             | 1 мм  | 2 мм | 3 мм | 4 мм | 5 мм | 6 мм |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|
| <b>+50</b>  | +47   | + 42 | +37  | +33  | +30  | -    |
| <b>+80</b>  | + 70  | +65  | +50  | +42  | +36  | -    |
| <b>+100</b> | +86   | +75  | +50  | +40  | +34  | -    |
| <b>+150</b> | + 112 | +90  | +63  | +50  | +41  | -    |
| <b>+200</b> | +140  | +98  | +69  | +48  | +38  | -    |
| <b>+250</b> | +175  | +135 | +100 | +80  | +64  | +51  |





**Анализируя таблицу, можно сделать выводы:**

1. Эффективность работы покрытия прослеживается при его использовании на металлических поверхностях в диапазоне температур +100 и более градусов, где каждый миллиметр покрытия снижает температуру на 20% и более.

2. В диапазоне температур до +100 градусов, эффективность работы покрытия прослеживается до толщины до 3 мм.

Следует отметить, что имеющиеся программные комплексы расчета толщины изоляции, не адаптированы на расчет тонкослойных покрытий, совмещающих в себе множество особенностей противодействия энергетическому прохождению. При введении, в эти программные комплексы, базовых исходных данных, они выдают результаты, несколько отличные от полученных выше, расходящиеся примерно на 30% и более, но соизмеримые с учетом пересчета и внесения поправок, на нами принятые допущения и ограничения.

Анализируя опыт применения МЗП для теплоизоляции строительных конструкций жилых и административных зданий, полученные практические результаты и сравнение величин, с получаемыми с помощью существующих программных комплексов, тоже несколько отличаются. При этом, исходные данные последних увеличены в среднем до 30%, исходя из этого, экономически целесообразно, при выборе толщины покрытия МЗП, снижение планируемой толщины в пределах до 30% от расчетных, полученных с помощью программных комплексов.