

Shield's Thermal Insulation

Программный пакет для расчета экранной теплоизоляции ВПС с учетом экономического критерия.

***Асп. Митяков Ф.Е.
Студ. Журжи Д.П.
Руководитель: д.т.н.
Рубцов В.П.***

Главная форма программы, возможности.

- Расчет экранной теплоизоляции
- Расчет комбинированной теплоизоляции (сложный теплообмен)
- Экономический расчет



Экранная теплоизоляция. Выбор параметров печи.

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

Мои

Площадь поверхности экранов

Рабочая температура печи

Число экранов

Число экранов

3
4
5
6
7
8
9

Выбор числа экранов (от трех до пятнадцати)

По умолчанию предлагается вводить исходные данные для печи прямоугольной формы

Форма печи

Прямоугольная
 Цилиндрическая

На главную

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

7

Вольфрам
Вольфрам
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
Экран 7
Экран 7
Вольфрам
Молибден
Ниобий
Тантал
12X18N10T
Нихром

В базу заложены параметры для экранов из вольфрама, молибдена, ниобия, нихрома, тантала и нержавеющейки

Выбор материала экрана

По окончании ввода нажимаем эту кнопку.

Расчет

На главную

Форма печи

Прямоугольная
 Цилиндрическая

Вывод данных о мощности тепловых потерь и распределения температур на экранах печи (слева),
выбор параметров для расчета эквивалентной толщины неметаллической засыпки (справа)..

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

7

Вольфрам
Молибден
Ниобий
Вольфрам
Вольфрам
Молибден
12X18H10T

T1=1800 °C
T2=1723 °C
T3=1618 °C
T4=1503 °C
T5=1364 °C
T6=1071 °C
T7=578 °C
P=1743 Вт

Распределение температур на экранах

Мощность тепловых потерь

Эквивалентная толщина засыпки
 Экономический расчет

Форма печи
 Прямоугольная
 Цилиндрическая

Расчет
На главную

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

7

Вольфрам
Вольфрам
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
12X18H10T

Материал
Материал
Al2O3
ZrO2
MgO
Y2O3
Al2O3+SiO2

Выбор материала засыпки

Расчет эквивалентной толщины засыпки использует вычисленную ранее мощность тепловых потерь

T1=1800 °C
T2=1743 °C
T3=1662 °C
T4=1543 °C
T5=1376 °C
T6=1062 °C
T7=558 °C
P=1588 Вт

Эквивалентная толщина засыпки
 Экономический расчет

Форма печи
 Прямоугольная
 Цилиндрическая

Расчет
На главную

Расчет эквивалентной толщины неметаллической засыпки

Засыпка может быть выполнена из следующих материалов:

- Оксид магния
- Оксид алюминия (корунд)
- Оксид циркония
- Оксид иттрия
- Оксид алюминия с 28% примесей оксида кремния

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²: 0,09

Температура, °C: 1800,0

7

T1=1800 °C
T2=1743 °C
T3=1662 °C
T4=1543 °C
T5=1376 °C
T6=1062 °C
T7=558 °C
P=1588 Вт

Вольфрам
Вольфрам
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
12X18Н10Т

При выборе материала засыпки сразу получаем ответ

Результат расчета эквивалентной толщины неметаллической засыпки

Вместо трех экранов: 0,182 м
Вместо двух экранов: 0,11 м
Вместо одного экрана: 0,059 м

Эквивалентная толщина засыпки
 Экономический расчет

Форма печи
 Прямоугольная
 Цилиндрическая

Расчет

На главную

МОИ

Al2O3

Экономический расчет. Выбор параметров.

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

7

T1=1800 °C
T2=1743 °C
T3=1662 °C
T4=1543 °C
T5=1376 °C
T6=1062 °C
T7=558 °C
P=1588 Вт

Вольфрам
Вольфрам
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
12X18H10T

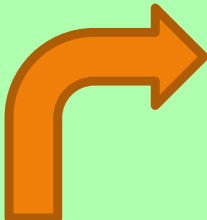
Стоимость W, руб/кг
1000,0

Ввод

Эквивалентная толщина засыпки
 Экономический расчет
Форма печи
 Прямоугольная
 Цилиндрическая

Расчет

На главную



Ввод цен на материалы и электроэнергию

Экранная теплоизоляция

Площадь, м²
0,09

Температура, °C
1800,0

7

T1=1800 °C
T2=1743 °C
T3=1662 °C
T4=1543 °C
T5=1376 °C
T6=1062 °C
T7=558 °C
P=1588 Вт

Вольфрам
Вольфрам
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
Молибден
12X18H10T

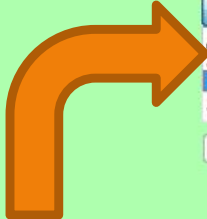
Давление
Давление
3·10⁻²
10⁻³
3,5

Ввод

Эквивалентная толщина засыпки
 Экономический расчет
Форма печи
 Прямоугольная
 Цилиндрическая

Расчет

На главную



После выбора давления рабочей зоны программа выдаст результаты

Экономический расчет

Результатом экономического расчета являются:

- Расчет затрат на электроэнергию, израсходованную в ходе эксплуатации одного комплекта экранной теплоизоляции.
- Затраты на приобретение материалов для изготовления экранов.
- Суммарные затраты.
- Срок службы одного комплекта экранной теплоизоляции.

The screenshot shows the 'Экранная теплоизоляция' (Screen Thermal Insulation) software interface. The window title is 'Экранная теплоизоляция'. The interface is divided into several sections:

- Input Fields:** 'Площадь, м²' (Area, m²) is set to 0,09; 'Температура, °С' (Temperature, °C) is set to 1800,0; a dropdown menu shows the value 7.
- Material Selection:** A vertical list of dropdown menus for material selection, with 'Вольфрам' (Tungsten) selected for the first two and 'Молибден' (Molybdenum) for the others. The bottom dropdown is set to '12X 18H10T'.
- Temperature List:** A list of temperatures: T1=1800 °C, T2=1743 °C, T3=1662 °C, T4=1543 °C, T5=1376 °C, T6=1062 °C, T7=558 °C, and P=1588 Вт.
- Costs Summary:** 'Затраты на электроэнергию: 17305 руб', 'Суммарные затраты: 30247 руб', 'Затраты на материалы: 12942,828 руб', and 'Срок службы: 3219 ч'.
- Output Fields:** 'Стоимость ЭЭ, руб/кВтч' (Cost of electricity, rub/kWh) is set to 3,385. A 'Ввод' (Input) button is next to it.
- Buttons:** 'Расчет' (Calculate) and 'На главную' (Home) buttons are at the bottom left.
- Options:** 'Эквивалентная толщина засыпки' (Equivalent filling thickness) is unchecked. 'Экономический расчет' (Economic calculation) is checked. 'Форма печи' (Furnace shape) is set to 'Прямоугольная' (Rectangular).
- Logo:** The 'МОИ' logo is in the top right corner.

A large orange arrow points from the 'Стоимость ЭЭ' field to a blue box labeled 'Результаты экономического расчета' (Economic calculation results).

Комбинированная теплоизоляция

Решение задачи сложного теплообмена:

Тепловой поток:

$$P_1 = \frac{T_1 - T_k}{R_{\text{зас}} + R_o \times \left[\frac{T_x - T_k}{\left[\frac{T_x + 273}{100} \right]^4 - \left[\frac{T_k + 273}{100} \right]^4} \right]}$$

- T_1 - рабочая температура печи
- T_k - температура кожуха печи
- T_x - температура между засыпкой и экранами
- $R_{\text{зас}}$ - тепловое сопротивление засыпки
- R_o - тепловое сопротивление экранов

Тепловой поток по засыпке:

$$P_2 = \frac{(T_1 - T_x)}{S_{\text{зас}}} \times L \times F_1$$

- $S_{\text{зас}}$ - толщина засыпки
- L - теплопроводность засыпки
- F_1 - площадь экранов

Подбираем такой T_x , чтобы $P_2 = P_1$

Комбинированная теплоизоляция

Площадь, м²: 0,09

Температура, °C: 1800

Толщина засыпки, м: 0,40

Материалы: Вольфрам, Молибден, Молибден, Молибден, 12X18H10T

Экран: ZrO2

5

T1=1136 °C
T2=1052 °C
T3=915 °C
T4=669 °C
T5=292 °C
P=339 Вт

Расчет

На главную

Методика расчета

- Применялся итерационный метод для решение нелинейных теплотехнических задач (от температуры зависят степени черноты экранов и теплопроводность засыпки)
- Использование циклов с известным числом повторений для решения задач сложного теплообмена

Допущения

- Температура первого экрана принимается равной температуре садки, что общепринято;
- Нагреватели и садка считаются бесконечно тонкими, поэтому их толщина не учитывается, также как и толщина стенки кожуха;
- Рассматривается только передача тепла излучением, так как конвективная составляющая теплопередачи ВПС отсутствует;
- Расстояние между экранами в тепловом расчете не учитывается, так как оно не оказывает влияния на теплопередачу излучением;
- Температура на кожухе принимается постоянной и равной 40 °С, что соответствует принятым нормам;

Система блокировок

- Исключение некорректного ввода исходных данных
- Наличие сервисных сообщений, оповещающих пользователя о текущем состоянии системы и подсказывающих ход дальнейших действий.

Спасибо за внимание!

Расчет экранной теплоизоляции

C12, C23 – приведенные коэффициенты степени черноты для первого со вторым и второго с третьим экранами

C3k – приведенный коэффициент степени черноты для третьего экрана и кожуха

R12, R23 – тепловые сопротивления для первого со вторым и второго с третьим экранами

R3k – тепловое сопротивление для третьего экрана и кожуха

R0 – общее тепловое сопротивление

P – мощность тепловых потерь

R2 – тепловое сопротивление от кожуха до второго экрана

R3 – тепловое сопротивление от кожуха до третьего экрана

t2, t3 – температуры на втором и третьем экранах

$$C12 := \frac{5.67}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{F1}{F2} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = 0.44 \quad R12 := \frac{1}{C12 \cdot F1} = 27.029$$

$$C23 := \frac{5.67}{\frac{1}{\epsilon_2} + \frac{F2}{F3} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_3} - 1 \right)} = 0.377 \quad R23 := \frac{1}{C23 \cdot F1} = 31.51$$

$$C3k := \frac{5.67}{\frac{1}{\epsilon_3} + \frac{F3}{Fk} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_k} - 1 \right)} = 0.718 \quad R3k := \frac{1}{C3k \cdot F1} = 16.551$$

$$R_0 := R12 + R23 + R3k = 75.091$$

$$P := \frac{\left(\frac{t1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{tk + 273}{100} \right)^4}{R_0} = 1.638 \times 10^3$$

$$R2 := R_0 - R12 = 48.061$$

$$R3 := R2 - R23 = 16.551$$

$$t2 := 100 \sqrt[4]{P \cdot R2 + \left(\frac{tk}{100} \right)^4} - 273 = 1.402 \times 10^3$$

$$t3 := 100 \sqrt[4]{P \cdot R3 + \left(\frac{tk}{100} \right)^4} - 273 = 1.01 \times 10^3$$

для справки..