

Курсовая работа
«Расчёт и выбор конструкции
кожухотрубного теплообменного аппарата»

Общая информация

- ◆ Курсовая работа состоит из 4 частей:
- ◆ 1) Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата (ТА);
- ◆ 2) Расчет коэффициента теплопередачи и окончательный выбор ТА;
- ◆ 3) Проверочный тепловой расчет теплообменного аппарата;
- ◆ 4) Теоретическая и графическая части, оформление, выводы.

- ◆ На каждый этап работы отводится 2 недели.
- ◆ За каждый этап работы можно получить максимум 15 баллов.
- ◆ За каждую неделю после истечения срока сдачи максимум баллов уменьшается на 3.

Общая информация

- ◆ Максимальный балл за выполнение работы – 60 баллов.
- ◆ Максимальный балл за защиту работы – 40 баллов.
- ◆ Защита проводится при наличии полностью готового и оформленного курсового проекта в устной форме. Вопросы к защите будут высланы на почту позже.

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

◆ 1. Определение недостающей части исходных данных и теплофизических свойств теплоносителей

◆ А) Если известны все 4 значения температуры:

◆ Определяется средняя температура горячего и холодного теплоносителей:

$$t_{\text{ср}}^{\text{гор}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{гор}} + t_{\text{вых}}^{\text{гор}}}{2}; t_{\text{ср}}^{\text{хол}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{хол}} + t_{\text{вых}}^{\text{хол}}}{2}$$

◆ Определяются теплофизические свойства теплоносителей по таблицам П-1.1 – П-1.8 и П-2.2 в методичке [1] (см. слайд 12)

◆ Если в шаг таблицы не попадает в ваше значение температуры, свойства определяются методом линейной интерполяции (см. слайд 11)

◆ Недостающее значений в исходных данных определяется из уравнения теплового баланса:

$$Q_1 \eta = Q_2; G_{\text{гор}} c_{\text{рм}}^{\text{гор}} (t_{\text{вх}}^{\text{гор}} - t_{\text{вых}}^{\text{гор}}) \eta = G_{\text{хол}} c_{\text{рм}}^{\text{хол}} (t_{\text{вх}}^{\text{хол}} - t_{\text{вых}}^{\text{хол}})$$

◆ где η – коэффициент тепловых потерь в окружающую среду, выбираете сами в пределах 0,95...0,98.

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

◆ Б) Если одно из значений температуры неизвестно:

□ Для теплоносителя с известными температурами алгоритм поиска свойств не изменяется;

□ Для теплоносителя с неизвестной температурой необходим итерационный расчёт:

1) Выбирается значение неизвестной температуры (+ или – 10 градусов от известной);

2) Определяются теплофизические свойства теплоносителя по средней температуре;

3) Из уравнения теплового баланса уточняется неизвестное значение температуры;

Шаги 2 и 3 повторяются до тех пор, пока разница между двумя последовательными значениями температуры не станет меньше, чем $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

2. Определение средней логарифмической разницы температур между теплоносителями:

$$\theta_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}},$$

где $\theta_1 = t_{\text{ВХ}}^{\text{ГОР}} - t_{\text{ВЫХ}}^{\text{ХОЛ}}$; $\theta_2 = t_{\text{ВЫХ}}^{\text{ГОР}} - t_{\text{ВХ}}^{\text{ХОЛ}}$

3. Определение коэффициента теплоотдачи

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{тр}}} + R_{\text{з.тр}} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{\text{ст}} + R_{\text{з.мтр}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мтр}}}},$$

где $\alpha_{\text{тр}}$, $\alpha_{\text{мтр}}$ - коэффициент теплоотдачи в трубном и межтрубном пространствах, выбирается по таблице 1 в методичке [2];

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

♦ $R_{з.тр}$, $R_{з.мтр}$ - термические сопротивления загрязнений на внутренней и наружной поверхности теплообменных труб, определяются по таблицам 2 и 3 методички [2]

$\delta_{ст}$ - толщина стальной стенки трубы, выбирается произвольно в диапазоне 1,5...3,0 мм.

$\lambda_{ст}$ - коэффициент теплопроводности стальной стенки трубы, выбирается для любой углеродистой стали по таблице 5 методички [2]

4. Определение площади теплообменника и диапазонов площадей проходных сечений:

♦ Площадь теплообменника:

$$F_{расч} = \frac{Q_2}{k\theta_m}$$

♦ Площади проходных сечений (определять для каждого теплоносителя):

$$f_{min} = \frac{G}{\rho w_{max}}; f_{max} = \frac{G}{\rho w_{min}}$$

♦ w_{min} и w_{max} определяются по таблице 6 методички [2]

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

- 5. Определение минимального индекса противоточности

$$P_{min} = \frac{(t_{ВХ}^{гор} - t_{ВХ}^{хол})(t_{ВЫХ}^{хол} - t_{ВЫХ}^{гор})}{(t_{ВХ}^{гор} - t_{ВЫХ}^{гор})(t_{ВЫХ}^{хол} - t_{ВХ}^{хол})}$$

- 6. Предварительный выбор теплообменного аппарата.

- 6.1. Выбирается тип аппарата: с неподвижными трубными решётками ($\theta_m \leq 80^\circ\text{C}$) либо с плавающей головкой ($\theta_m > 80^\circ\text{C}$)
- 6.2. Определяется, какой из теплоносителей отправить в трубное пространство, а какой – в межтрубное. В трубное пространство всегда направляется теплоноситель с меньшим значением вязкости
- 6.3. По площади поверхности теплообмена $F_{расч}$ и диапазонам площадей проходных сечений выбирается теплообменный аппарат: из таблицы 2-2 приложения 2 [2] (теплообменник с неподвижными трубными решётками) или из таблицы 3-2 приложения 3 [2] (теплообменник с плавающей головкой). Вырез перегородки и между перегородками – межтрубное пространство.

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

- ◆◆ Определяется индекс противоточности выбранного ТА и проверяется условие $P \geq P_{\min}$:
 - ◆ Если число ходов в выбранном ТА = 1, то индекс противоточности выбирается 0 либо 1 (в зависимости от значения P_{\min})
 - ◆ Если число ходов в выбранном ТА 2 и более:

$$R = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{гор}} - t_{\text{ВЫХ}}^{\text{гор}}}{t_{\text{ВЫХ}}^{\text{хол}} - t_{\text{ВХ}}^{\text{хол}}}; PS = \frac{t_{\text{ВЫХ}}^{\text{хол}} - t_{\text{ВХ}}^{\text{хол}}}{t_{\text{ВХ}}^{\text{гор}} - t_{\text{ВХ}}^{\text{хол}}}$$

- ◆ По приложению 1 методички [2] определяется значение $\varepsilon \Delta t$
- ◆ Рассчитывается действительная средняя разница температур: $\theta_{\text{д}} = \varepsilon \Delta t \cdot \theta_{\text{м}}$
- ◆ Характеристическая разность температур ΔT определяется итерационно (подбором) из соотношения:

$$\theta_{\text{д}} = \frac{\Delta T}{\ln \frac{\theta_{\text{ма}} + 0,5\Delta T}{\theta_{\text{ма}} - 0,5\Delta T}},$$

- ◆ где $\theta_{\text{ма}}$ - средняя арифметическая разница температур между теплоносителями:

$$\theta_{\text{ма}} = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{гор}} + t_{\text{ВЫХ}}^{\text{гор}}}{2} - \frac{t_{\text{ВЫХ}}^{\text{хол}} + t_{\text{ВХ}}^{\text{хол}}}{2}$$

I этап работы. Предварительный (оценочный) расчет и выбор теплообменного аппарата

- ◆◆ Индекс противоточности выбранного ТА определяется по формуле:

$$P = \frac{(\Delta t_{\text{гор}} + \Delta t_{\text{хол}})^2 - \Delta T^2}{4\Delta t_{\text{гор}}\Delta t_{\text{хол}}}$$



Пример использования метода линейной интерполяции

Температура	Теплоёмкость
120	2265
140	2344

$$c_p = 2265 + \frac{2344 - 2265}{140 - 120} \cdot (125 - 120) = 2284,75$$

Список литературы

- ◆ 1. Термодинамические и теплофизические свойства рабочих тел теплоэнергетических установок (Трошин, Купцов, Калинин)
- ◆ 2. Расчёт и выбор конструкции кожухотрубного теплообменного аппарата.