

Алгоритм итерационного поверочного расчёта теплообменников

Пункт 1. Исходные данные:

- размеры корпуса $A_{\text{фронт}}$, $B_{\text{фронт}}$ аппарата,
- две температуры из набора t_1', t_1'', t_2', t_2'' ,
- температура отсчёта эксергии,
- давления теплоносителей P_1 и P_2 на входе,
- схема тока,
- оптимальная скорость одного из теплоносителей,
- компоновка пучка труб,
- величины тарифов на электро- и тепловую энергию,
- отчисления на закупку и монтаж установки и нагнетательных устройств,
- годовое число часов и неравномерность эксплуатации установки,
- геометрия теплопередающих элементов.

Пункт 2. Расчёт недостающих величин:

определяются площади живых сечений, а также габаритные размеры и площади конструктивных элементов поверхности теплообмена (по исходным данным на основании геометрической модели);

Пункт 3. Расчёт определяющих температур:

в первой итерации в качестве определяющих температур принимают температуры на горячем конце теплообменника t_1' и t_2'' . Одну из неизвестных температур на холодном конце задают, а другую находят из теплового баланса теплообменника.

Пункт 4. Расчёт теплофизических свойств теплоносителей:
в первой итерации n, r, m, l, Pr, c_p определяются по t_1' и t_2'' .

Пункт 5. Расчёт температуры стенки (в первой итерации пропускаем).

Пункт 6. Проверка допустимости скоростей:

работа итерационного алгоритма проходит при задании оптимального значения скорости одного из теплоносителей (известна из опыта эксплуатации). Проверяют расчётом допустимость скорости второго теплоносителя, исходя из данных пункта 2 (если скорость недопустима – возврат к пункту 1 и изменение геометрии теплопередающего элемента).

Пункт 7. Расчёт коэффициентов теплоотдачи a_1, a_2 и теплопередачи k_1', k_2' на горячем конце теплообменника.

Коэффициент теплопередачи k_1 , Вт/(м²·°С), отнесённый к внутренней поверхности труб, омываемой водой:

$$k_1 = \frac{1,1}{\frac{1}{a_1} + \frac{F_1}{2pL} \left\{ \frac{1}{l_{w1}} \ln \frac{d_1 + 2d_1}{d_1} + \frac{1}{l_p} \ln \frac{D}{d_1 + 2d_1} \right\} + \frac{F_1}{F_{полн}} \frac{1}{a_{2пр}}}$$

Коэффициент теплопередачи k_2 , Вт/(м²·°С), отнесённый к оребрению, омываемому воздухом:

$$k_2 = \frac{1,1}{\frac{F_{полн}}{F_1} \frac{1}{a_1} + \frac{F_{полн}}{2pL} \left\{ \frac{1}{l_{w1}} \ln \frac{d_1 + 2d_1}{d_1} + \frac{1}{l_p} \ln \frac{D}{d_1 + 2d_1} \right\} + \frac{1}{a_{2np}}},$$

или для плоской оребрённой стенки

$$k_2 = \frac{1,1}{\frac{F_{полн}}{F_1} \frac{1}{a_1} + \frac{F_{полн}}{F_1} \sum_i \frac{d_i}{l_i} + \frac{1}{a_{2np}}}$$

Пункт 8. Расчёт неизвестных конечных температур:
рассчитывают вспомогательные функции тепловой
эффективности:

$$A = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} ; \quad R = \frac{W_{\max}}{W_{\min}} ; \quad NTU = \frac{k_2 F}{W_{\min}}$$

определяют тепловую эффективность одного хода h_1 и всего теплообменника h
- для калориферов:

$$h_1 = 1 - \exp\left\{-R\left[1 - \exp(A \cdot NTU)\right]\right\}$$

$$h = \frac{\left(\frac{1-h_1}{1-Ah_1}\right)^{z_{xod}} - 1}{A\left(\frac{1-h_1}{1-Ah_1}\right)^{z_{xod}} - 1}$$

Дополнительные вспомогательные функции тепловой эффективности:

$$\Phi = \frac{h}{R}; \quad Z = \frac{hW_{\max}}{RW_{\min}}$$

Недостающие температуры определяются:

$$t_1'' = t_1' \left(1 + \frac{\Phi}{Z-1} \right) - t_2'' \frac{\Phi}{Z-1}; \quad t_2' = t_1' \frac{Z}{Z-1} - t_2'' \frac{1}{Z-1}$$

Пункт 8а. Расчёт теплофизических свойств теплоносителей (по t_1'' и t_2').

Пункт 8б. Расчёт коэффициентов теплоотдачи a_1, a_2 и теплопередачи k_1'', k_2'' на холодном конце теплообменника (по t_1'' и t_2').

Пункт 9. Расчёт определяющих температур t_1 и t_2 .

Определяющими называют температуры t_1 и t_2 , с помощью которых рассчитывают коэффициент теплопередачи \bar{k} , согласующийся со средним температурным напором $\Delta t_{\text{ср}}$.

Расчёт проводят по заданным t_1' и t_2'' и найденным t_1'' и t_2' , а также найденным k_2' на горячем и k_2'' на холодном концах теплообменника.

В случае наиболее сильного влияния на коэффициент теплопередачи изменения теплофизических свойств греющего теплоносителя

$$t_1 = t_1' + \frac{t_1' - t_1''}{\ln \frac{k'}{k''}} \ln \frac{W_2 (t_2'' - t_2')}{k' F \Delta t_{cp}}$$

$$t_2 = t_2' + \frac{t_1 - t_1''}{A_k} ; \quad n_k = \frac{\ln \frac{k'}{k''}}{t_1' - t_1''} ; \quad A_k = \frac{k'}{e^{n_k t_1'}}$$

где k' – коэффициент теплопередачи на горячем конце теплообменника, причем горячим считается конец теплообменника с самой высокой температурой теплоносителя, изменение теплофизических свойств которого наиболее сильно влияет на коэффициент теплопередачи. Определяющие температуры принимаются равными температурам теплоносителей на горячем конце теплообменника; k'' – то же, но на холодном конце теплообменника.

Возврат к пункту 4 и выполнение расчёта до пункта 7 включительно, где коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи уже определяются по t_1 и t_2 .

Пункт 10. Гидравлический расчёт.

Если потери давления превышают допустимые, – возврат к пункту 1 и изменение геометрии теплопередающего элемента.

Пункт 11. Расчёт показателей эффективности.