

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Технологический расчет теплообменника..... | 6 |
| 1.1 Тепловой расчет теплообменника..... | 6 |
| 2 Уточненный расчет поверхности теплопередачи..... | 8 |
| 3 Расчет гидравлического сопротивления..... | 11 |
| 4 Конструктивный расчет..... | 13 |
| 5 Механический расчет..... | 14 |
| Заключение..... | 18 |
| Список использованных источников..... | 19 |

Введение

Теплообменниками называют аппараты, предназначенные для передачи тепла от одних веществ к другим. Вещества, участвующие в процессе передачи тепла, называются теплоносителями. Теплообменные аппараты могут применяться как самостоятельное оборудование, так и в виде отдельных элементов технологических и энергетических установок, образуя секционные (многоступенчатые) агрегаты.

В промышленности наиболее распространены поверхностные рекуперативные теплообменники, в которых теплоносители разделены твердой стенкой. В зависимости от вида поверхности теплообмена их разделяют на две группы:

- аппараты с трубчатой поверхностью теплообмена (кожухотрубчатые теплообменники, теплообменники «труба в трубе», оросительные теплообменники, змеевиковые теплообменники, ламельные теплообменники);

- аппараты с плоской поверхностью теплообмена (пластинчатые теплообменники, спиральные теплообменники, аппараты с рубашкой).

По способу передачи тепла различаются теплообменники смешения, в которых рабочие среды непосредственно соприкасаются или перемешиваются, и поверхностные теплообменники-рекуператоры, в которых тепло передаётся через поверхность нагрева – твёрдую стенку, разделяющую эти среды.

По основному назначению различаются подогреватели, испарители, холодильники, конденсаторы.

В зависимости от вида рабочих сред различаются теплообменники:

- жидкостно-жидкостные - при теплообмене между двумя жидкими средами;

- паро-жидкостные - при теплообмене между паром и жидкостью; ·газо-жидкостные - при теплообмене между газом и жидкостью;

- газово-газовые - при теплообмене между газом и газом и др.

Кожухотрубчатые теплообменники различных конструкций – наиболее распространённый тип теплообменных аппаратов.

Трубные решетки устанавливаются по обеим сторонам трубного пучка. Трубы крепятся в трубной решетке тремя способами: развальцовкой, сваркой и пайкой. Крепление крышек к кожуху осуществляется фланцевыми соединениями. Для герметичности конструкции между фланцами устанавливается прокладка. Теплоносители вводятся в трубное и межтрубное пространство через штуцеры. Для уменьшения теплотерь в трубное пространство рекомендуется направлять более горячий теплоноситель, а в межтрубное – более холодный.

В межтрубном пространстве могут быть установлены поперечные сегментные перегородки. Они предназначены для повышения прочности конструкции, а также для увеличения скорости движения теплоносителя, движущегося в межтрубном пространстве, а следовательно, для

интенсификации процесса теплообмена. Число сегментных перегородок в нормализованном кожухотрубчатом теплообменнике регламентируется.

В зависимости от числа ходов по трубному пространству различают одно-, двух- и многоходовые кожухотрубчатые теплообменники (рис. 2). Под многоходовыми подразумеваются четырех- и шестиходовые.

Одноходовые и многоходовые теплообменники могут быть вертикальными или горизонтальными. Вертикальные теплообменники более просты в эксплуатации и занимают меньшую производственную площадь. Горизонтальные теплообменники изготавливаются обычно многоходовыми и работают при больших скоростях участвующих в теплообмене сред, для того чтобы свести к минимуму расслоение жидкостей вследствие разности их температур и плотностей, а также устранить образование застойных зон.

В данной работе рассмотрен кожухотрубчатый теплообменник.

Теплообменник представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат, выполненный из стали 12ХМ, предназначенный для охлаждения жидких или газообразных сред без изменения их агрегатного состояния. Эти теплообменники, нормализованные в соответствии с ГОСТ 15120-79, могут быть одно-, двух-, четырех- и шестиходовыми, горизонтальными длиной 3, 6 и 9 м или вертикальными высотой 3 м.

Цель теплового расчета: определить требуемую поверхность теплообмена и подобрать стандартизованный аппарат. Для достижения цели выполняют следующие основные элементы расчета:

- предварительный (ориентировочный) тепловой расчет, в рамках которого определяют ориентировочную поверхность теплообмена и предварительно принимают аппарат;
- уточненный тепловой расчет; проводится с целью уточнения поверхности теплообмена путем расчета параметров, характеризующих процесс теплообмена – коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи с учетом режимов движения потоков в предварительно выбранном аппарате.

Гидравлический расчет проводится с целью определения достаточности давления, создаваемого насосами (компрессорами) для преодоления сопротивлений, возникающих при движении потока через аппарат.

1 Технологический расчет теплообменника

Необходимо рассчитать кожухотрубчатый теплообменник, в котором происходит охлаждение бензиновой фракции.

Мощность установки 6,5 млн. тонн в год обессоленной нефти. Расход дистиллята составляет 157487 кг/ч (43,75 кг/с). Фракция поступает в межтрубное пространство с начальной температурой $T_{н1}=140^{\circ}\text{C}$ и выходит из теплообменника с $T_{к1}=55^{\circ}\text{C}$. В дальнейшем именуется как горячий теплоноситель. Охлаждение смеси происходит оборотной водой, подаваемой в трубное пространство с $t_{н2}=20^{\circ}\text{C}$, которая нагревается при этом до $t_{к2}=40^{\circ}\text{C}$. В дальнейшем именуется как холодный теплоноситель.

1.1 Тепловой расчет теплообменника

Определим среднюю температуру воды по формуле (1.1.1):

$$t_{cp} = \frac{t_{н1} + t_{к1}}{2}$$
$$t_{cp} = \frac{20 + 40}{2} = 30^{\circ}\text{C}$$

Физико-химические свойства воды при 30°C :

$\rho_2=996 \text{ кг/м}^3$; $C_2=4180 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$; $\lambda_2=0,63 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; $\mu_2=0,00069 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Тепловая нагрузка аппарата равна с учётом тепловых потерь:

$$Q = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{н1} - t_{к1}) \quad (1.1.2)$$

$$Q = 43,75 \cdot 2149,44 \cdot (140 - 55) = 7993230 \text{ Вт}$$

Определим расход воды в теплообменнике:

$$G_2 = \frac{Q}{C_2 \cdot (t_{к2} - t_{н2})} \quad (1.1.3)$$

$$G_2 = \frac{7993230}{4180 \cdot (40 - 20)} = 95,61 \text{ кг/с}$$

Движущая сила процесса:

$$\begin{array}{c} 140 \rightarrow 55 \\ 40 \leftarrow 20 \\ \Delta t_{\delta} = 100^{\circ}\text{C}; \Delta t_{\text{м}} = 35^{\circ}\text{C} \end{array}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (1.1.4)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{100 - 35}{\ln \frac{100}{35}} = 61,92^{\circ}\text{C}$$

При сложных движениях теплоносителей средняя разность температур вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \varepsilon \times \Delta t_{cp, np} \quad (1.1.5)$$

где ε – коэффициент, определяется по графикам, который зависит от вспомогательных величин R и P, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$R = \frac{t_{нач. з.} - t_{кон. з.}}{t_{кон. х.} - t_{нач. х.}} = \frac{140 - 55}{40 - 20} = 4,2$$

$$P = \frac{t_{кон. х.} - t_{нач. х.}}{t_{нач. з.} - t_{нач. х.}} = \frac{40 - 20}{140 - 20} = 0,2$$

По графику определено, что $\varepsilon = 0,75$ [2].

Средняя разность температур равна:

$$\Delta t_{cp} = 0,75 * 61,92 = 46,4^{\circ}\text{C}$$

Примем ориентировочно коэффициент теплопередачи равным 700 Вт/(м²·К).

Определим ориентировочную поверхность теплообмена:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (1.1.6)$$

$$F = \frac{7993230}{700 \cdot 46,4} = 246,097 \text{ м}^2$$

По ГОСТ 15120-79 выбираем четырёхходовой теплообменник жёсткой конструкции:

Таблица 2.1 Характеристика выбранного теплообменника

| Характеристика | Параметр |
|---|----------------------|
| Диаметр кожуха, D, мм | 800 мм |
| Ст. поверхность теплообмена F _{станд} , м ² | 240 м ² |
| Число труб n _{тр} , шт | 638 |
| Длина трубок l _{тр} , м | 6 |
| Диаметр трубы d _{тр} , м | 0,020×0,002 |
| Теплопроводность стенки $\lambda_{ст}$, Вт/м*град | 17,5 |
| Количество ходов | 4 |
| Проходное сечение трубное для 1 хода | 0,030 м ² |
| Проходное сечение межтрубное | 0,070 м ² |

2 Уточненный расчет поверхности теплопередачи

Для определения коэффициентов теплоотдачи следует рассчитать критерии Рейнольдса и Прандтля [2]:

$$\Re_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \left(\frac{n}{z}\right) \cdot \mu_1}, \quad (2.1)$$

где Re – критерий Рейнольдса;
 $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр труб, м;
 μ_1 – вязкость горячего теплоносителя, Па·с.

$$\Re_1 = \frac{4 \cdot 43,75}{3,14 \cdot 0,016 \cdot \left(\frac{638}{4}\right) \cdot 0,000288} = 75828,98$$

Режим движения потока в трубном пространстве – турбулентный, так как $\text{Re} > 10000$.

$$\text{Pr}_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1}, \quad (2.2)$$

где Pr – критерий Прандтля;
 λ_1 – теплопроводность горячего теплоносителя, Вт/(м·К).

$$\text{Pr}_1 = \frac{2149,44 \cdot 0,000288}{0,153} = 4,046$$

Коэффициент теплоотдачи бензиновой фракции, движущейся в трубном пространстве в турбулентном режиме:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{d_{\text{вн}}} \cdot 0,023 \cdot \Re^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,4} \quad (2.3)$$

$$\alpha_1 = \frac{0,153}{0,016} \cdot 0,023 \cdot 75828,98^{0,8} \cdot 4,046^{0,4} = 3083,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Аналогичный расчет проводим для определения коэффициента теплоотдачи холодного теплоносителя:

$$\Re_2 = \frac{G_2 \cdot d_n}{S_{\text{мтр}} \cdot \mu_2}, \quad (2.4)$$

где d_n – наружный диаметр труб, м;
 $S_{\text{мтр}}$ – площадь сечения межтрубного пространства.

$$\Re_2 = \frac{95,61 \cdot 0,02}{0,07 \cdot 0,00069} = 39590,06$$

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2}, \quad (2.5)$$

$$Pr_2 = \frac{4180 \cdot 0,00069}{0,63} = 4,578$$

Коэффициент теплоотдачи для воды, движущейся в межтрубном пространстве:

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_n} \cdot 0,24 \cdot \Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \quad (2.6)$$

$$\alpha_2 = \frac{0,63}{0,02} \cdot 0,24 \cdot 39590,06^{0,6} \cdot 4,578^{0,36} = 7497,51 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

В соответствии справочнику термические сопротивления загрязнений для бензиновой фракции и воды равны $r_1=2900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $r_2=2900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ соответственно.

Коэффициент теплопередачи равен:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{h_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}, \quad (2.7)$$

где $h_{ст}$ – толщина стенки теплопередающей поверхности, м;
 $\lambda_{ст}$ – теплопроводность нержавеющей стали.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3083,03} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{7497,51} + \frac{1}{2900} + \frac{1}{2900}} = 792,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Удельная тепловая нагрузка:

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 792,6 \cdot 46,4 = 36776,64 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (2.8)$$

Для уточненного расчета коэффициента теплопередачи необходимо найти t_{cm1} и t_{cm2} :

$$\Delta t_1 = \frac{q}{\alpha_1} = \frac{36776,64}{3083,03} = 11,9^\circ\text{C}$$

$$t_{cm1} = 76,4 - 11,9 = 64,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{36776,64}{7497,51} = 4,9^\circ\text{C}$$

$$t_{cm2} = 30 + 4,9 = 34,9^\circ\text{C}$$

Необходимо определить поправку $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm1}}\right)^{0,25}$ со стороны горячего теплоносителя при температуре стенки 64,5°C.

Критерий Прандтля (Pr) при температуре стенки в межтрубном пространстве:

$$Pr_{cm1} = \frac{c_{cm1} \cdot \mu_{cm1}}{\lambda_{cm1}} = \frac{0,000271 \cdot 1960,91}{0,120} = 4,428 \quad (2.9)$$

$$\left(\frac{Pr}{Pr_{cm1}}\right)^{0,25} = \left(\frac{4,046}{4,428}\right)^{0,25} = 0,978$$

Тогда коэффициент теплоотдачи равен:

$$\alpha_1 = 3083,03 \cdot 0,978 = 3015,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Определение поправки $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm1}}\right)^{0,25}$ со стороны холодного теплоносителя при температуре стенки 34,9 °С.

Критерий Прандтля (Pr) при температуре стенки в трубном пространстве:

$$Pr_{cm2} = \frac{c_{cm2} \cdot \mu_{cm2}}{\lambda_{cm2}} = \frac{0,000588 \cdot 4178}{0,644} = 3,815428 \quad (2.10)$$

$$\left(\frac{Pr}{Pr_{cm2}}\right)^{0,25} = \left(\frac{4,578}{3,815}\right)^{0,25} = 1,047$$

Тогда коэффициент теплоотдачи равен:

$$\alpha_2 = 7497,51 \cdot 1,047 = 7849,89 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коэффициент теплопередачи с учетом температуры стенок равен:

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{3015,2} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{7849,89} + \frac{1}{2900} + \frac{1}{2900}} = 791,776$$

Требуемая поверхность составит:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.11)$$

$$F = \frac{7993230}{791,776 \cdot 46,4} = 218 \text{ м}^2$$

Выбранный теплообменник соответствует рассчитанной поверхности теплообмена.

Рассчитаем запас поверхности:

$$\Delta = \frac{F_{\text{норм}} - F}{F} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где $F_{\text{норм}}$ – поверхность теплообмена нормализованного аппарата, м^2 ;
 F – требуемая поверхность.

$$\Delta = \frac{240 - 218}{218} \cdot 100 = 10,09\%$$

3 Расчет гидравлического сопротивления

Скорость движения холодного теплоносителя в трубном пространстве определим по формуле:

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot S_{\text{тр}}}, \quad (3.1)$$

где S – площадь поперечного сечения одного хода по трубам, м^2 .

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{95,61}{990,2 \cdot 0,12} = 0,8 \text{ м/с}$$

Скорость движения потока в межтрубном пространстве:

$$\omega_{\text{мтр}} = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S_{\text{мтр}}}, \quad (3.2)$$

$$\omega_{\text{мтр}} = \frac{43,75}{681 \cdot 0,07} = 0,92 \text{ м/с}$$

Определяем коэффициент трения [2]:

$$\lambda_{\text{трения}} = 0,25 \cdot \frac{\Delta}{\Delta}, \quad (3.3)$$

где Δ - высота выступов шероховатостей, м

$$\lambda_{\text{трения}} = 0,25 \cdot \frac{\Delta}{\Delta} = 0,042$$

Скорость движения потока в штуцерах трубного пространства:

$$\omega_{\text{тр.ш}} = \frac{G_2}{0,785 d_{\text{тр.ш}}^2 \cdot \rho_2}, \quad (3.4)$$

где $d_{\text{тр.ш}}$ – диаметр штуцеров, м .

$$\omega_{\text{тр.ш}} = \frac{95,61}{0,785 \cdot 0,35^2 \cdot 990,2} = 1,00 \text{ м/с}$$

Гидравлическое сопротивление трубного пространства:

$$\Delta P_{mp} = \lambda_{\text{трения}} \cdot \frac{l_{mp} \cdot z}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{\omega_{mp}^2 \cdot \rho_2}{2} + [2,5 \cdot (z-1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{\omega_{mp}^2 \cdot \rho_2}{2} + 3 \cdot \frac{\omega_{mp.u}^2 \cdot \rho_2}{2} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{mp} &= 0,042 \cdot \frac{6 \cdot 4}{0,016} \cdot \frac{0,8^2 \cdot 990,2}{2} + [2,5 \cdot (4-1) + 2 \cdot 4] \cdot \\ &\cdot \frac{0,8^2 \cdot 990,2}{2} + 3 \cdot \frac{1^2 \cdot 990,2}{2} = 226359,1 \text{ Па} \end{aligned}$$

Скорость движения потока в штуцерах межтрубного пространства:

$$\omega_{мп.ш} = \frac{G_1}{0,785 \cdot d_{мп.ш}^2 \cdot \rho_1} \quad (3.6)$$

$$\omega_{мп.ш} = \frac{43,75}{0,785 \cdot 0,4^2 \cdot 681} = 0,51 \text{ м/с}$$

Гидравлическое сопротивление для межтрубного пространства:

$$\Delta P_{\text{мтр}} = \frac{3 \cdot m \cdot (x+1)}{\text{Re}_1^{0,2}} \cdot \frac{\omega_{\text{мтр}}^2 \cdot \rho_1}{2} + 1,5 \cdot x \cdot \frac{\omega_{\text{мтр}}^2 \cdot \rho_1}{2} + 3 \cdot \frac{\omega_{мп.ш}^2 \cdot \rho_1}{2}, \quad (3.7)$$

где m – число рядов труб, $m = \sqrt{\frac{n}{3}} = \sqrt{\frac{638}{3}} = 14,58 \approx 15$;

x – число сегментных перегородок.

$$\Delta P_{\text{мтр}} = \frac{3 \cdot 15 \cdot (12+1)}{75828,98^{0,2}} \cdot \frac{0,92^2 \cdot 681}{2} + 1,5 \cdot 12 \cdot \frac{0,92^2 \cdot 681}{2} + 3 \cdot \frac{0,51^2 \cdot 681}{2} = 23272,2 \text{ Па}$$

4 Конструктивный расчет

Выбор штуцеров

Диаметр штуцера для входа и выхода бензиновой фракции:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times G_1}{\pi \times \omega \times \rho_1}} \quad (4.1)$$

где $\rho_1 = 721 \text{ кг/м}^3$, плотность бензиновой фракции;
 $G_1 = 43,75 \text{ кг/с}$, расход бензиновой фракции;
 $\omega = 0,5 \text{ м/с}$, скорость жидкости в штуцере [9].

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 43,75}{3,14 \times 0,5 \times 721}} = 0,393 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр 0,4 м по АТК 24.218.06-90.

Диаметр штуцера для входа и выхода оборотной воды:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times G_2}{\pi \times \omega \times \rho_2}} \quad (4.2)$$

где $\rho_2 = 990,2 \text{ кг/м}^3$, плотность оборотной воды;
 $G_2 = 95,61 \text{ кг/с}$, расход оборотной воды;
 $\omega = 1 \text{ м/с}$, скорость жидкости в штуцере [9].

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 95,61}{3,14 \times 1 \times 990,2}} = 0,35 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр 0,35 м по АТК 24.218.06-90.

5 Механический расчет

5.1 Расчет цилиндрической обечайки

При выборе конструкционных материалов необходимо учитывать их физические и химические свойства, условия работы, характер нагрузок и напряжений.

Аппарат выполнен из хромоникелевые стали 09Г2С.

В таблице 2 приведен химический состав стали.

Таблица 2 – Химический состав стали

| Элемент | С | Cr | Mn | Fe | Ni | P | S | Si | Ti |
|---------|---------|--------|---------|------|--------|----------|---------|--------|--------|
| % | до 0,12 | до 0,3 | 1,3-1,7 | осн. | до 0,3 | до 0,035 | до 0,04 | до 0,8 | до 0,8 |

На рисунке 1 показан общий вид цилиндрической обечайки с отбортованными выпуклыми днищами.

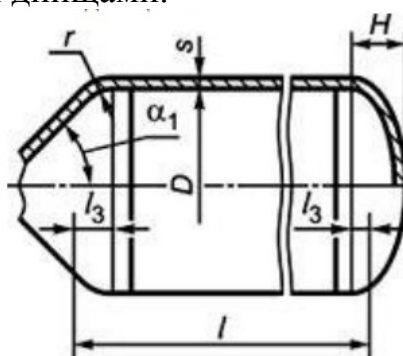


Рисунок 1– Общий вид обечайки

Исходные данные для расчета:

- Рабочее давление $7,5 \text{ кгс/см}^2 = 0,75 \text{ МПа}$;
- Температура стенки $40,08^\circ\text{C}$;

Определение прибавки на коррозию [7]:

$$c = \Pi \cdot \tau = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мм} \quad (5.1.1)$$

где Π – проницаемость материала, $0,3 \text{ мм/год}$;

τ - время службы аппарата, 10 лет.

Выполнение расчета обечайки на прочность [4].

Допускаемое напряжение для стали 09Г2С $[\sigma] = 171,84 \text{ МПа}$.

Коэффициент прочности сварных стыковых швов при 100% контроле $\varphi = 1$.

Расчетная толщина обечайки определяется:

$$s_p = \frac{p \times D}{2 \times [\sigma] \times \varphi - p} \quad (5.1.2)$$

$$s_p = \frac{0,75 \times 800}{2 \times 171 \times 1 - 0,75} = 1,8 \text{ мм}$$

Исполнительную толщину стенки вычисляется по формуле 4.1.3:

$$s \geq s_p + c \quad (5.1.3)$$

$$s \geq 1,8 + 3 = 4,8$$

Примем исполнительную толщину стенки равной 5 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют по формуле:

$$[P] = \frac{2 \times [\sigma] \times \varphi \times (c-s)}{D+s-c} = \frac{2 \times 171 \times 1 \times (5-3)}{800+5-3} = 0,85 \text{ МПа} \quad (5.1.4)$$

Проверим условия применимости расчетных формул.

Расчетные формулы применимы при отношении толщины стенки к диаметру:

$$\frac{s-c}{D} \leq 0,1 \quad (5.1.5)$$

$$\frac{5-3}{800} = 0,0025 \leq 0,1$$

Условие выполняется, следовательно, формулы применены верно.

5.2 Расчет эллиптического днища

На рисунке 2 показан общий вид эллиптического днища.

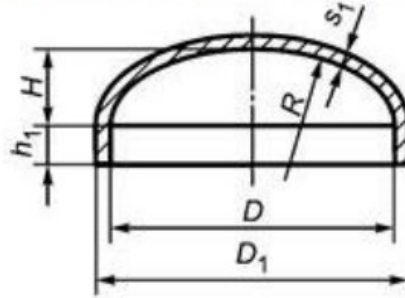


Рисунок 1 – Общий вид днища

Расчетная толщина стенки днища определяется [4]:

$$S_p = \frac{p \times R}{2 \times \varphi \times [\sigma] - 0,5 \times P} \quad (5.2.1)$$

Радиус кривизны в вершине днища равен $R=D=800$ мм ($R=D$ - для эллиптических днищ с H , равным $0,25D$)

$$S_p = \frac{0,75 \times 800}{2 \times 1 \times 171 - 0,5 \times 0,75} = 1,76 \text{ мм} \quad (5.2.2)$$

Тогда исполнительная толщина стенки:

$$s \geq S_p + c \quad (5.2.3)$$

$$s \geq 1,76 + 3 = 4,76 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки принимается равной 5 мм.

Проверка днища на допускаемое давление:

$$[P] = \frac{2 \times [\sigma] \times \varphi \times (s-c)}{R+0,5 \times (s-c)} = \frac{2 \times 1 \times 171 \times (5-3)}{800+0,5 \times (5-3)} = 0,85 \text{ МПа} \quad (5.2.4)$$

Проверка условия применимости расчетных формул.

Формулы применимы при выполнении условий:

$$0,002 \leq \frac{s-c}{D} \leq 0,100 \quad (5.2.5)$$

$$0,002 \leq \frac{5-3}{800} = 0,003 \leq 0,100 \quad (5.2.6)$$

$$0,002 \leq \frac{H}{D} \leq 0,500 \quad (5.2.5)$$

$$0,002 \leq \frac{300}{800} = 0,4 \leq 0,500$$

Оба условия выполняются, следовательно, формулы применены верно.

5.3 Выбор опоры аппарата

Для подбора опоры необходимо определить массу и нагрузку аппарата. Масса аппарата рассчитывается по формуле:

$$G_{an} = (M_{an} + M_{жид. тр.} + M_{жид. мтр.}) \quad (5.3.1)$$

Где $M_{an} = 18890$ кг – масса пустого аппарата [3];

$M_{жид. тр.}$ – масса жидкости в трубах, кг;

$M_{жид. мтр.}$ – масса жидкости в межтрубном пространстве, кг;

Масса жидкости в трубном пространстве равна:

$$M_{жид. мтр.} = \frac{\pi}{4} * l * n * d_{вн}^2 * \rho_{от. см.} \quad (5.3.2)$$

где l – длина труб, м

n – число труб

$d_{вн}^1$ – диаметр внутренних трубок, м

$\rho_{от. см.}$ – плотность воды, кг/м³

$$M_{жид. мтр.} = \frac{3,14}{4} * 6 * 638 * 0,016^2 * 990,2 = 761,7 \text{ кг}$$

Масса жидкости в межтрубном пространстве равна:

$$M_{жид. мтр.} = \frac{\pi}{4} * l * (D^2 - n * d_n^2) * \rho_{ув. см.} \quad (5.3.3)$$

где l – длина труб, м

D – диаметр аппарата, м

n – число труб

d_n^1 – диаметр наружных трубок, м

$\rho_{от. см.}$ – плотность бензиновой фракции, кг/м³

$$M_{жид. мтр.} = \frac{3,14}{4} * 6 * (0,8^2 - 638 * 0,020^2) * 681 = 1234,3 \text{ кг}$$

Тогда масса аппарата равна:

$$G_{an} = (18890 + 761,7 + 1234,3) = 20886 \text{ кг}$$

В данном случае число опор принимается $n = 2$, следовательно, нагрузка на одну опору равна:

$$Q = \frac{G_{an} * g}{n} = \frac{20886 * 9,81}{2} = 102445,8 \text{ Н} = 102,4 \text{ кН} \quad (5.3.4)$$

Выбрана седловидная опора типа 2 исполнения 1 по ОСТ 26-2091-93.

Заключение

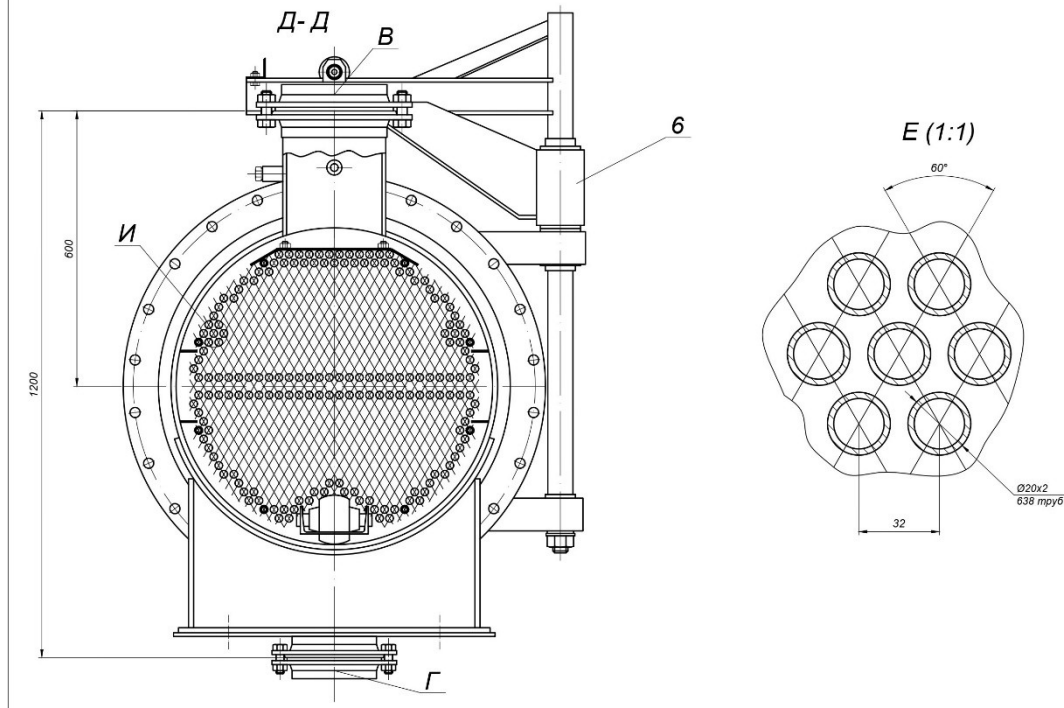
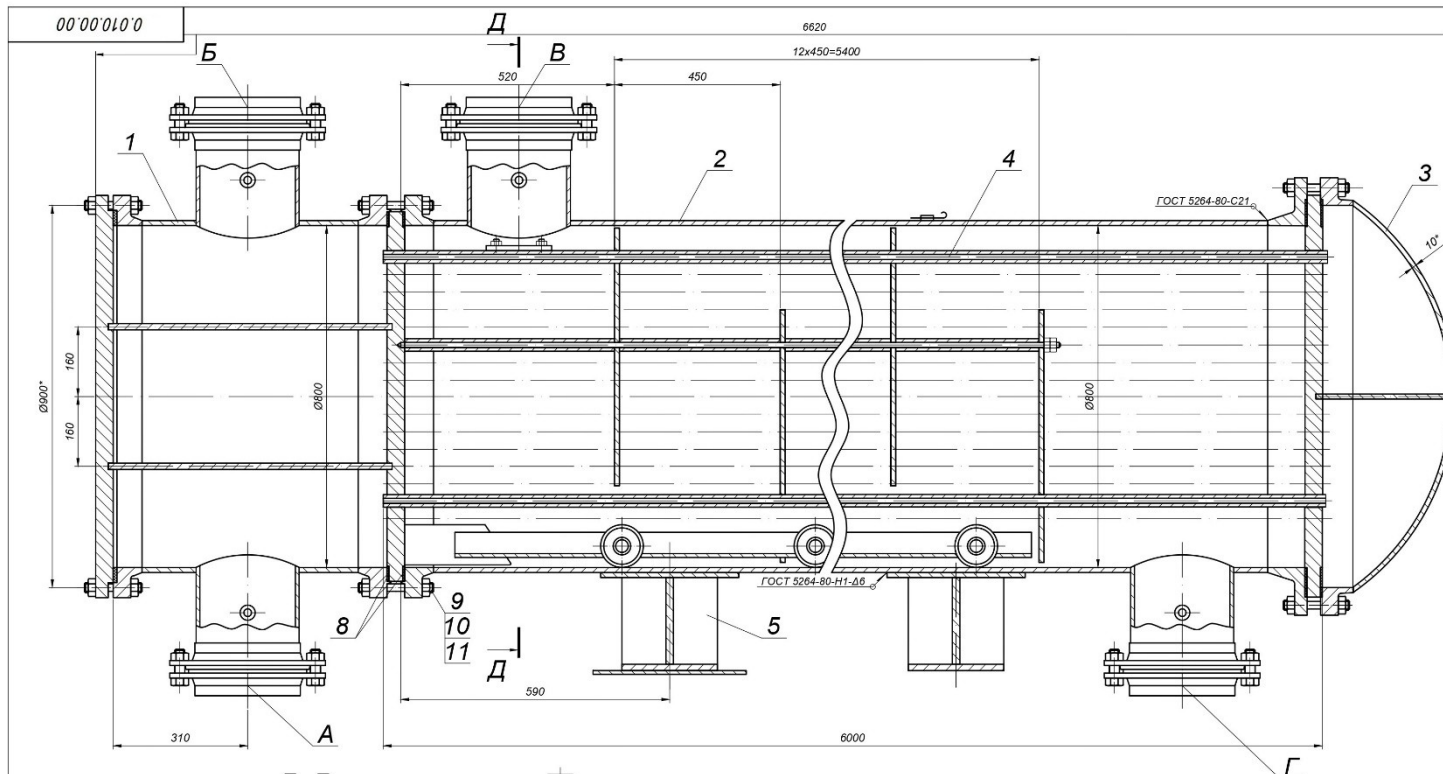
В результате был произведен расчет теплообменного аппарата с заданной производительностью 6,5 млн. т/г. Бензиновую фракцию было необходимо охладить до оборотной водой. В трубное пространство подается

оборотная вода, а в межтрубное бензиновая фракция. Режим движения теплоносителей как горячего, так и холодного – турбулентный. В результате этого был подобран стандартный теплообменник, имеющий следующие основные параметры: поверхность теплообмена 240 м^2 , длина труб 6 метров, четырехходового типа, диаметр кожуха 0,8 метра и число труб 638 шт.

Запас поверхности теплообмена для теплообменника составил 10,09%. Была рассчитана толщина обечайки и днища, которая составила 5 мм. Также была рассчитана масса аппарата, равная 20886 кг, в соответствии с этим подобрана седловидная опора 2 типа в количестве 2 штук.

Список использованных источников

1. Дытнерский Ю. И., Брыков В. П., Борисов Г. С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. - 4-е изд. - Москва: ООО ИД «Альянс», 2008. - 496 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов. - 14-е изд. - Москва: ООО ИД «Альянс», 2007. - 576 с.
3. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. - Москва: ООО ИД «Альянс», 2004. - 753 с.
4. ТУ 3612-024-00220302-02. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой и кожухотрубчатые теплообменники с температурным компенсатором на кожухе. Введ. 09.12.02.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков [и др.]. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн., М. : Химия, 1991. 496 с.
6. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. Введ. 01.08.18.
7. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования.: Справочник том 1 – 2-е издание, переработанное и дополненное. – 2002. 846 с.
8. Ахметов С.А. Технологии глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем □ 2002. 672 с.
9. Гусейнов Д.А. Технологические расчеты процессов переработки нефти/ Д.А Гусейнов, Ш.Ш. Спектор, Л.З. Вайнер. М.: Химия, 1964. 307 с.
10. ГОСТ 14246-79. Теплообменники кожухотрубчатые с плавающей головкой 10.Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию /Г.С. Борисов, В.П. Брыков [и др.] М.: ООО ИД «Альянс», 2008. □ 496с.



| Обозначение | Наименование | Кол. | Диаметр условный Ду, мм | Диаметр условный Ру, мм |
|-------------|------------------------------|------|-------------------------|-------------------------|
| А | Вход воды | 1 | 150 | 0,6 |
| Б | Выход воды | 1 | 150 | 0,6 |
| В | Вход горячего теплоносителя | 1 | 200 | 0,6 |
| Г | Выход горячего теплоносителя | 1 | 200 | 0,6 |

- Техническая характеристика
- Аппарат предназначен для охлаждения нестабильного бензина $T_{кип} = -140^{\circ}\text{C}$.
 - Давление рабочее:
 - в межтрубном пространстве - 0,013 МПа;
 - в трубном пространстве - 0,7 МПа.
 - Температура рабочая:
 - в межтрубном пространстве $T_{н} = 140^{\circ}\text{C}$, $T_{к} = 55^{\circ}\text{C}$;
 - в трубном пространстве $T_{н} = 20^{\circ}\text{C}$, $T_{к} = 40^{\circ}\text{C}$.
 - Рабочая среда:
 - в межтрубном пространстве - нестабильный бензин;
 - в трубном пространстве - вода.
 - Поверхность теплообмена $F = 240 \text{ м}^2$.
 - Число ходов $z = 4$.

- Технические требования
- Аппарат подлежит действию правил Госгортехнадзора, согласно ПБ 03-576-03 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
 - Аппарат изготовить и испытать согласно ОСТ 26-291-94 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия".
 - Сварка ручная электродуговая. Электроды типа Э50А ГОСТ 9467-75.
 - Аппарат изолировать матами из стекловолокна с металлическим покрытием. Толщина изолирующего слоя - 80 мм.
 - Материал 16ГСХ5М.
 - Действительное расположение штуцеров, опор смотри на виде Д - Д.
 - Аппарат заземлить согласно "Правил защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности".
 - * Размеры для справок.
 - Н14; н14; ±IT14/2.

| Пор. обозначение | Наименование | Кол. | Масса т/шт. | Наименование и марка материала | Примечание |
|------------------|---------------------|------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | Распределит. камера | 1 | | Ст16ГС | |
| 2 | Крышка | 1 | | Ст16ГС | |
| 3 | Трубный пучок | 1 | | Ст10 | |
| 4 | Корпус | 1 | | Ст16ГС | |
| 5 | Фланец | 4 | | Ст16ГС | |
| 6 | Прод. перегородка | 3 | | Ст16ГС | |
| 7 | Попер. перегородка | 8 | | Ст16ГС | |
| 8 | Штуцер | 4 | | Ст3пс | |

1

| | | | | 0.010.00.00 | | Литера | | Масса | | Масштаб | |
|-------------|-----------------|---------|------|-------------------------------|--|--------|--|--------------------------------|------|-------------|------|
| Диз. Лист | № докум. | Подпись | Дата | Теплообменник кожухотрубчатый | | | | Лист | 1 | Листов | 1 |
| Разработчик | Исполнитель | А.С. | | | | | | и | И.И. | Ирина | Лоба |
| Проверил | Велозерова О.В. | | | | | | | Атмосферно вакуумная установка | | Кафедра ХТ | |
| Г. констр. | | | | | | | | | | г. ХТМ-21-1 | |
| Руковод. | Велозерова О.В. | | | | | | | | | | |
| Н. констр. | Велозерова О.В. | | | | | | | | | | |
| Умк. | | | | | | | | | | | |