Бурухина О.В., Миронова А.А.
Выбор теплообменника для процесса гидрокрекинга

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени
Н. Г. Чернышевского
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/lj-12-2018-172

idsp: ljjournal-12-2018-172

Аннотация

Процесс гидрокрекинга предназначен для производства малосернистых топливных дистиллятов из различного сырья. В статье разработан проект модернизации установки гидрокрекинга вакуумного газойля – замена теплообменника.

Ключевые слова: гидрокрекинг, реактор гидрокрекинга.

Ранее нами предлагалась модернизация основного оборудования процесса гидрокрекинга тяжелых углеводородов [1]. Так как в реактор сырье поступает через печь и теплообменник, то произведем технологический расчет теплообменника для определения температуры смеси, которая поступает далее в печь.

Для расчета используем следующие исходные данные: $T_1 = 400^\circ\text{C}$ - температура реакционной смеси после реактора, $T_2 = 200^\circ\text{C}$ - температура охлажденной реакционной смеси, $T_3 = 70^\circ\text{C}$ - температура поступающего сырья.

По уравнению теплоотдачи найдем поверхность теплообмена аппарата: $F = \frac{Q}{K \cdot t_{cp}}$.

где K - коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

F – площадь поверхности теплообмена, м^2 ;

t_{cp} - средняя движущая сила или средняя разность температур между теплоносителями, $^\circ\text{C}$.

Определим тепловую нагрузку аппарата. Для этого составим тепловой баланс: $Q = G_1(\Delta H_1 - \Delta H_2)\eta = G_2(\Delta H_3 - \Delta H_4)$, где Q - тепловая нагрузка аппарата, $\text{кДж}/\text{час}$; G_1 , G_2 – массовые расходы горячего и холодного теплоносителя, $\text{кг}/\text{ч}$; ΔH_1 , ΔH_2 - энтальпия горячего теплоносителя при температуре входа и выхода из аппарата, $\text{кДж}/\text{кг}$; η - КПД теплообменника (0,95-0,97); ΔH_3 , ΔH_4 - энтальпия холодного теплоносителя при температурах входа и выхода из аппарата, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Горячий теплоноситель это реакционная смесь из реактора:

$$G_1 = G_c + G_{всг} = 285714 + 8571 = 294285 \text{ кг/ч}$$

Энтальпия горячего потока при $T_1 = 430^\circ\text{C}$: $\Delta H = 1202,9 \text{ кДж}/\text{кг}$

Энтальпия горячего потока при $T_2 = 200^\circ\text{C}$: $\Delta H_{\text{потока}} = 362,2 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Тепловая нагрузка теплообменника по горячему потоку:

$$Q_1 = 294285 (1202,9 - 362,2) \cdot 0,95 = 236015584 \text{ кДж}/\text{ч}.$$

Тепловая нагрузка теплообменника по холодному потоку:

Энтальпия сырья при $T = 70^\circ\text{C}$: $\Delta H = 122,6 \text{ кДж}/\text{кг}$

Энтальпия водородсодержащего газа: $\Delta H_{всг} = 100,47 \text{ кДж}/\text{кг}$,

$$\Delta H_{\text{смеси}} = 0,97 \cdot 122,62 + 0,03 \cdot 100,47 = 121,95 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Так как $Q_1 = Q_2$, $Q_2 = 294285 (\Delta H_4 - 121,95)$,

$$236015584 = 294285 (\Delta H_4 - 121,95),$$

$$\Delta H_4 = 923,95 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Так как энтальпия паров нефтепродукта равна $\Delta H = b(4 - p_{15}) - 308,99$ найдем b , $\text{кДж}/\text{кг}$.

$$923,95 = b(4 - 0,929) - 308,99,$$

$$b = 302,5 \text{ кДж}/\text{кг},$$

$$T_4 = 180^\circ\text{C}.$$

Выберем противоточную схему теплообмена:

$$T_1 = 400^\circ\text{C} \rightarrow T_2 = 200^\circ\text{C},$$

$$T_4 = 180^\circ\text{C} \leftarrow T_3 = 70^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_6 = 220^\circ\text{C} \Delta t_m = 130^\circ\text{C},$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{220}{130} = 1,7 < 2.$$

Следовательно, t_{cp} рассчитывается как среднеарифметическое значение.

$$t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{220 + 130}{2} = 175^\circ\text{C}.$$

Согласно практическим данным для жидкостных трубчатых теплообменников коэффициент теплопередачи K обычно лежит в пределах 150- 1200 Вт/м²·К. Примем $K = 200$ Вт/м²·К. Тогда расчетное значение необходимой поверхности теплопередачи:

$$F = \frac{65612332}{200 \cdot 175} = 1873 \text{ м}^2.$$

Необходимая поверхность теплообмена 1873 м².

Выбираем стандартный нормализованный теплообменник по справочным данным:

Теплообменные аппараты выбирают по поверхности теплообмена и по величине условного давления. На аппараты теплообменные кожухотрубчатые стальные с поверхностью теплообмена до 5000м² для охлаждения и нагрева жидких и газообразных сред и при температуре от -60 до +600°C разработан ГОСТ 9929-77.

Поверхность теплообмена $F=641\text{м}^2$, диаметр кожуха $D=1200$ мм, диаметр труб $d_{вн}=25$ мм, длина труб $L=6000$ мм.

$$\text{Необходимое количество теплообменников: } \frac{1873}{641} = 2,9.$$

Принимаем 3 теплообменника с поверхностью 641 м².

1. М.В. Маякова, О.В. Бурухина Модернизация основного оборудования процесса гидрокрекинга тяжелых углеводородов// Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: Сборник научных статей. Вып. 19. Саратов, 2017. С. 72-74.
-