



УДК 662.6/.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ТРУБЧАТОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ

OPTIMIZATION OF PROCESS OF HEATING HYDROCARBONS IN A TUBULAR HEAT EXCHANGER

Худайбердиев Абсалом Абдурасулович

кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник лаборатории
«Процессы и аппараты химической технологии»,
Институт общей неорганической химии
Академии наук Республики Узбекистан
jarayon@mail.ru

Khudaiberdiyev Absalom Abdurasulovich

Candidate of technical Sciences,
Associate Professor,
Senior researcher of the laboratory
Processes and devices of chemical technology,
Institute of General inorganic chemistry of
Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan
jarayon@mail.ru

Аннотация. В статье приведены вопросы оптимизации процесса нагревания прямогонного газойля теплом гидроочищенного дизельного топлива в промышленном трубчатом теплообменнике.

Annotation. The article deals with the optimization of the process of heating straight-run gas oil with the heat of hydrotreated diesel fuel in an industrial tubular heat exchanger.

Ключевые слова: перегонка, газойль, дизтопливо, подогрев, теплообменник; поверхность нагрева, производительность, оптимизация, себестоимость.

Keywords: distillation, gas oil, diesel fuel, heating, heat exchanger; heating surface, productivity, optimization, cost.

Одним из приоритетных направлений энергосбережения в установке первичной перегонки нефти являются увеличение степени использования тепла вторичных энергоресурсов, максимальное использование рекуперации теплоты и оптимизация режим работы блока теплообменного оборудования технологической установки.

При решении задачи оптимизации процесса подогрева углеводородного сырья целесообразно определить либо рациональные границы его технологических параметров или минимально необходимую поверхность теплообмена, которая обеспечивает заданную производительность (тепловую мощность) аппарата.

При решении задачи оптимизации процесса нагревания жидкого углеводородного сырья, направленной к определению оптимальных границ технологических режимов процесса, в качестве критерия оптимальности удобно выбирать технологическую себестоимость подогретого сырья C_m .

$$C_m = C_3 N_H + A_m F_m + A_H N_H, \quad (1)$$

где C_3 – себестоимость электроэнергии; N_H – потребная мощность насоса для перекачки сырья; F_m – поверхность теплообмена аппарата; A_a и A_H – амортизационные отчисления для аппарата и насоса.

Потребная мощность насоса N (кВт) для перекачки углеводородного сырья по трубкам теплообменника, определяется из выражения [1]:

$$N = (G \cdot \Delta P) / (1000 \rho \eta_H), \quad (2)$$

где G – массовый расход сырья, кг/с; ΔP – гидравлическое сопротивление тракта перекачки сырья, Па; ρ – плотность сырья, кг/м³; η_H – к.п.д. насоса.

Величина ΔP аппарата определяется по известной формуле [1]:

$$\Delta P = 0,5 v^2 \rho_H (\lambda L_{\text{общ}} / d_{\text{экв}} + \sum \varphi_i), \quad (3)$$

где $v = G / (0,785 d_{\text{вн}}^2 \rho)$ – скорость потока сырья в трубках аппарата, м/с; $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубок, м; $\lambda = f(Re)$ – коэффициент трения, определяемый в зависимости от режима движения сырья в трубках; $Re = (v d_{\text{вн}} \rho) / \mu$ – число Рейнольдса; μ – коэффициент динамической вязкости сырья, Па·с; $L_{\text{общ}} = n l$ – общая длина трубок, м; n – число труб в аппарате, шт., l – длина трубки, м; $\sum \varphi_i$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений.



С учетом производительности теплообменника по сырье G его теплопередающая поверхность может быть определена по выражению:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}) = G (c_{вых} t_{вых} - c_{вх} t_{вх}) / (K \cdot \Delta t_{cp}), \tag{4}$$

где Q – тепловая нагрузка аппарата, Вт; $c_{вх}$ и $c_{вых}$ – теплоемкость сырья при температурах его входе в аппарат $t_{вх}$ и выходе из него $t_{вых}$, Дж/(кг °С) [2]:

$$c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \cdot (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}), \tag{5}$$

где K – коэффициент теплопередачи в аппарате, определяется по известной методике [1], используя опытных данных, Вт/(м² °С); Δt_{cp} – полезная разность температуры, °С.

Амортизационные отчисления A зависит от интенсивности работы теплообменника:

$$A_m = (E_n \cdot C_m) / 24 T F, \tag{6}$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности; C_m – стоимость аппарата.

Аналогичным образом, амортизационные отчисления для насоса:

$$A_n = (E_n \cdot C_n) / 24 T_n N_n, \tag{7}$$

где C_n – стоимость насоса.

Технологические ограничения устанавливаются с учетом требований технологического регламента производства производства продукции.

Таким образом, целевая функция критерия оптимальности нагревания углеводородного сырья можно сформулировать как систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_m = C_3 N_n + A_m F_m + A_n N_n; \tag{1} \\ N = (G \Delta P) / (1000 \rho \eta_n); \tag{2} \\ \Delta P = 0,5 v^2 \rho (\lambda L_{общ} / d_{экв} + \sum \varphi_i); \tag{3} \\ F = G_n \cdot (c_{вых} t_{вых} - c_{вх} t_{вх}) / (K \cdot \Delta t_{cp}); \tag{4} \\ c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \cdot (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}); \tag{5} \\ A_m = (E_n \cdot C_m) / 24 T_n F; \tag{6} \\ A_n = (E_n \cdot C_n) / 24 T_n N; \tag{7} \\ t_{вых} \leq t_{огр}. \end{array} \right.$$

Решение систему уравнений сведено к определению оптимальных пределов температуры подогрева углеводородного сырья при различных технологических режимах процесса в теплообменника.

Целевая функция критерия оптимальности процесса нагревания прямо-гонного газойля теплом гидроочищенного дизельного топлива исследовалась нами применительно к условиям эксплуатации промышленного теплообменника 13Е07 при следующих его конструктивно-технологических параметрах: $d_{вн} = 0,020$ м, $n = 202$ шт, $l = 6$ м; производительность $V_{20} = 67$ м³/ч, плотность газойля $\rho_{20} = 780$ кг/м³; $t_{e1} = 9$ °С, $t_{e2} = 28$ °С, $t_{dm1} = 99$ °С, $t_{dm2} = 80$ °С, $\alpha_2 = 202$ Вт/(м² °С). Изменение температуры теплоносителей по длине труб l аппарата взяты из области исследования динамики процесса в нем: для сырья: 1 – $t_{e2} = 9 \div 33$ °С; 2 – $t_{e2} = 9 \div 53$ °С; 3 – $t_{e2} = 9 \div 70$ °С; 4 – $t_{e2} = 9 \div 85$ °С; для теплоносителя: 5 – $t_{dm2} = 99 \div 35$ °С; 6 – $t_{dm2} = 99 \div 55$ °С; 7 – $t_{dm2} = 99 \div 72$ °С; 8 – $t_{dm2} = 99 \div 87$ °С.

На рисунке отражена взаимосвязь между поверхностью нагрева F и амортизационных отчислений A_F по длине труб L теплообменника 13Е07.

Как видно из рисунка, пересечения кривых поверхности нагрева F (1) и амортизационных отчислений A_F (2) в точке, где значения $l = 6$ м, $F = 341,8$ м², $A_F = 2545,5$ сум и температура нагретого газойля $t = 120$ °С, по нашему мнению, определяет оптимальную условию работы данного теплообменника при его производительности $G = 67$ м³/ч.

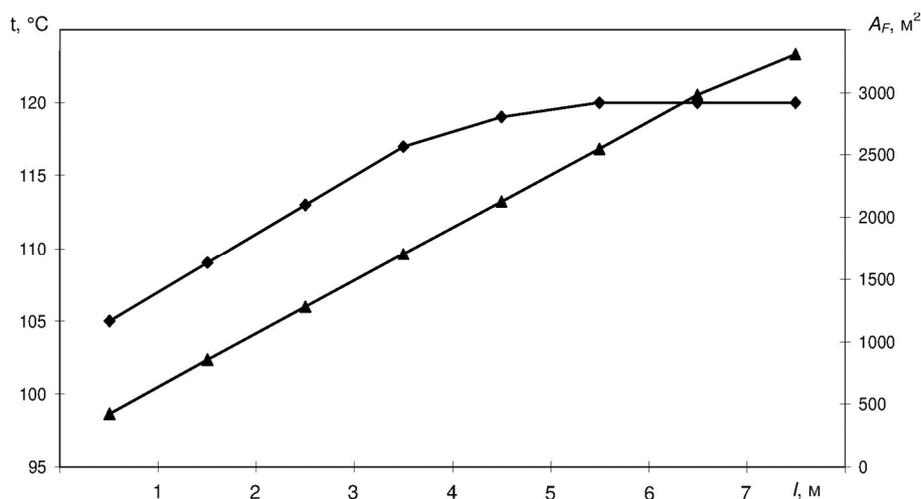


Рисунок – Взаимосвязь между поверхностью нагрева F и амортизационных отчислений A_f по длине труб теплообменника 13E07

Литература:

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / под ред. П.Г. Романкова. – Л. : Химия, 1987. – 10-е изд., перераб. и доп. – 576 с.
2. Глаголева О.Ф. [и др.]. Технология переработки нефти в 2-х частях / под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. – М. : Химия, КолосС, 2006. – Ч. I: Первичная переработка нефти. – 400 с.

References:

1. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Examples and tasks on the course of the processes and the chemical technology apparatuses : a manual for higher education institutions / edited by P.G. Romankova. – L. : Chemistry, 1987. – 10th ed., reworking and additional. – 576 p.
2. Glagoleva O.F. [et al.]. Technology of oil refining in 2 parts / Under edition of O.F. Glagoleva and V.M. Kapustina. – M. : Chemistry, Colossus, 2006. – Part I: Primary oil refining. – 400 p.