



АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА НПЗ ПО ТЕПЛОВЫМ И ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Ш.С. Рахимжанова¹, А.А. Худайбердиев².

¹Преподаватель Ташкентского химико-технологического института,
Ташкент, Узбекистан.

E-mail: shaku.76@mail.ru, тел.: +998909401863.

²д.т.н., проф. Наманганского инженерно-технологического института,
Наманган, Узбекистан. E-mail: jarayon@mail.ru, тел.: +998772043003

Аннотация. «Особенностью переработки углеводородного сырья является то, что все технологические процессы несовершенны. Например, тепловая энергия используется лишь на 35-40%, а остальная часть (с низкопотенциальной тепловой энергией) не подлежит рекуперации» [1]. Статья посвящена развитию методики оптимального расчета и проектирования аппаратов для тепловой подготовки (подогрева) углеводородного сырья к первичной перегонке установки Бухарского НПЗ, на основе системного анализа и математического моделирования данного процесса. Сформулированы результаты исследования эффективности работы кожухотрубчатых аппаратов, выработаны рекомендации по увеличению тепловой эффективности аппаратов, их взаимной замены по технико-экономическим показателям для рационального упрощения технологической схемы данного этапа подготовки сырья к перегонке. Предложенный анализ разработок, позволил определить приоритетные направления на повышение энергоэффективности установки.

Ключевые слова: НПЗ, нефть, газоконденсат, перегонка, теплообменник, критерий эффективности, тепловая нагрузка, мощность, поверхность нагрева.

Введение. Действующие технологические установки первичной переработки на современных НПЗ – это в основном крупнотоннажные мощности, потребляющие в процессе своей работы большое количество энергоресурсов. Энергия в нефтепереработке является самой высокой статьей расходов, сразу после стоимости сырья. Из общего количества, потребляемого на установке энергии, 35-45 % приходятся на тепловую и электрическую энергии, причем на долю технологического сырья, непосредственно



используемого для производства нефтепродуктов, приходится лишь оставшиеся 55 -65%. «Одним из важных направлений снижения энергозатрат в первичной переработке нефти, является оптимизация системы теплообмена» [1].

Оценка эффективности работы трубчатых теплообменников I этапа предварительного подогрева нефтегазоконденсатной смеси нефтеперегонной установки Бухарского НПЗ произведена путем сравнительного анализа их гидравлических и тепловых показателей.

Тепловые показатели аппаратов определены на основе расчета теплового баланса процессов подогрева смеси, в соответствии с регламентом работы нефтеперегонной установки предприятия [1].

Для оценки гидравлических показателей теплообменников I этапа предварительного подогрева нефтегазоконденсатной смеси использованы результаты исследования по определению гидравлического сопротивления аппаратов данного блока и потребной мощности насоса для перекачки сырья на основе производственных данных, учитывая технические характеристики аппаратов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Основные технические, технологические и гидравлические показатели теплообменников 10Е-01÷10Е-08 Бухарского НПЗ

Литера	Перепад температуры Δt , °С		Поверхность нагрева $F_{ср}$, м ²	*Гидравлическое сопротивление ΔP , кПа	*Потребляемая мощность N , кВт/ч
	смеси	дистиллята			
10Е-01	5,6	22,4	97,6	102,3	4,25
10Е-02	23,4	2,7	196,7	186,8	7,75
10Е-03	47	13	468,8	233	9,7
10Е-04	15,6	23	273	484,7	20,1
10Е-05	8,0	13,2	113,6	1106,3	46,08
10Е-06	6,6	22,5	192	676,4	28,16
10Е-07	16,0	4	222	608,2	25,33
10Е-08	7,3	72,4	218	613,7	25,54
Σ			1781,7	4011,4	166,91

Примечание: * - расчетные данные Исмаилова О.Ю.

Как видно из материалов таблицы 1, суммарное гидравлическое сопротивление теплообменников данного блока составляет 4011,4 кПа, а



общая потребная мощность насоса для перекачки рабочей смеси через последовательно соединенные теплообменники составляет 166,91 кВт.

Анализируя материалов таблицы можно увидеть, что в настоящее время теплообменники данного блока 10E-01, 10E-05, 10E-06 и 10E-08, эксплуатируются с низкой тепловой эффективностью, где смесь подогревается менее чем на 10 °С (а именно, 5,6, 8, 6,6 и 7,3 °С). При этом для преодоления гидравлического сопротивления аппаратов и перекачки по ним рабочей смеси потребуется существенный расход мощности - 104,03 (соответственно 4.25, 46.08, 28.16 и 25.54) кВт/ч.

С другой стороны, охлаждение горячих потоков фракций, что является основной технологической целью процесса, происходит заметными темпами в аппаратах 10E-01 (22 °С), 10E-04 (23 °С), 10E-06 (22,5 °С) и 10E-08 (72,4 °С) при общем расходе мощности 78,05 (соответственно 4.25, 20.1, 28.16 и 25.54) кВт/ч.

Следовательно, выбрать теплообменник, в котором осуществляется высокий подогрев смеси при интенсивном темпе охлаждения потоков дистиллятов фракций с минимальным расходом мощности затруднительно.

В связи с этим, для оценки работы теплообменников данного блока в качестве критерия эффективности предлагаем применить безразмерную величину Q/N . Учитывая неодинаковую величину поверхности теплопередачи аппаратов данного блока при неизменной их производительности считаем более целесообразным применить удельную величину этого критерия - $Q/(NF)$.

Оценка эффективности работы кожухотрубчатых теплообменников для подогрева нефтегазоконденсатной смеси перегонной установки произведена путем сравнительного анализа их гидравлических и тепловых показателей.

В качестве критерия упрощения (изменения) состава технологической линии теплообменников-подогревателей сырья можно принимать соотношения:

$$\theta = (Q/N)_{\text{то}} / \Sigma(Q/N)_{\text{то}} = [(Q/N)_{\text{то}} / (Q/N)_{\text{лин}}] 100 \% \leq \varepsilon, \quad (1)$$

где $(Q/N)_{\text{то}}$ - эффективность теплообменного аппарата; $\Sigma(Q/N)_{\text{лин}}$ или $(Q/N)_{\text{лин}}$ - общая эффектив-ность аппаратов технологической линии; ε - установленная наименьшая величина по θ .

Тепловые нагрузки теплообменников определены по общеизвестной методике [2-4].



Для расчета энтальпии технологических потоков использованы результаты исследований [5] по определению молекулярной массы M , характеристического фактора K , относительных плотностей ρ_4^{20} и ρ_{15}^{15} и среднемолекулярной температуры кипения $T_{\text{ср.мол}}$ нефтегазоконденсатной смеси и дистиллятов фракций [2,6,7].

Расходы горячих потоков дистиллятов фракций приняты из расчета теплового баланса колонны ректификационной колонны 10C02.

Гидравлические расчеты теплообменников выполнены по общеизвестной методике [2,4,8,9].

Результаты расчетов показателей работы теплообменников нефтеперегонной установки 10C02, при расходе нефтегазоконденсатной смеси $G = 105508$ кг/ч приведены в нижеследующей таблице 2.

Таблица 2

**Анализ эффективности работы теплообменников установки 10C02
Бухарского НПЗ при расходе рабочей смеси $G = 105508$ кг/ч**

Литера	Поверх- ность	Греющий теплоноситель		Тепловая нагрузка	Мощность насоса	Критерий оценки эффективности	
	$F_{\text{ср}}, \text{м}^2$	вид	$G_{\text{T}}, \text{кг/ч}$	$Q, \text{кВт}$	$N, \text{кВт}$	Q/N	$Q/(NF)$
10E-01	97,6	керосин	15475			53,365	0,5468
10E-02	196,7	пары общ. нафты	80372	125,425	7,75	16,185	0,0823
10E-03	468,8	пары тяж. нафты	61898	468,327	9,7	48,281	0,1030
10E-04	273	пары легк. нафты	18474	238,546	20,1	11,868	0,0435
10E-05	113,6	керосин	15475	137,547	46,08	2,985	0,0263
10E-06	192	общ. газойл	18991	286,907	28,16	10,188	0,0531

Продолжение таблицы 2

10E-07	222	керосин ЦО	15475	44,121	25,33	1,7418	0,0079
10E-08	218	мазут	9144	462,763	25,54	18,119	0,0831
Σ	1781,7			1990,439	166,91	11,926	0,0067

Анализ материалов табл. 2 показывает, что теплообменники 10E-05 и 10E-07 нефтеперегонной установки 10C02 имеют низкий коэффициент



эффективности по критерию Q/N (соответственно 2,985 и 1,7418) по сравнению со значением $Q/N_{\text{лин}}$ (11,926). Это объясняется тем, что в теплообменнике 10E-05, имеющий поверхность нагрева 113,6 м², рабочая смесь подогревается всего на 2 °С, а в аппарате 10E-07 с поверхностью нагрева 222 м², перепад температуры греющего потока керосина составляет 4 °С. При этом, расход мощности для перекачки смеси в этих аппаратах составляет 46,08 и 25,33 кВт.

Для улучшения организации процесса в отмеченных выше теплообменниках 10E-05 и 10E-07 рекомендуем сократить их поверхности нагрева на 56,7 и 50 %. Возможно и другая рекомендация об исключении этих аппаратов из технологической схемы блока I этапа предварительного подогрева сырья нефтеперегонной установки и взамен их вмонтировать другой аппарат с оптимальной поверхностью нагрева 160 м². При этом вид греющего теплоносителя - поток керосина и общая тепловая нагрузка аппаратов останется неизменными.

Такое технологическое решение осуществляется путем подбора (замены) теплообменников по типу и величине поверхности нагрева и способствует увеличению тепловой эффективности аппаратов I стадии тепловой подготовки рабочей смеси к перегонке, рациональному сокращению их числа в линии на основе проверочных расчетов и снижению расхода электроэнергии на процесс.

Список использованной литературы:

1. Кашин О.Н. Оптимизация химико-технологической системы нефтеперерабатывающего завода с использованием энергосберегающих методов: дис. ...канд. техн. наук: 05.13.01// Кашин Олег Николаевич. –М., 2011. -135 с.
2. Технологический регламент установки атмосферной перегонки смеси нефти и газоконденсата и фракционирования гидроочищенной нефти Бухарского НПЗ. - TR 16472899-001, 2009.
3. Худайбердиев А.А. Интенсификация процесса подогрева нефтяного сырья. Монография. - Ташкент: Navroz, 2019. - 213 с.
4. Худайбердиев А.А., Худайбердиев Аб.А. Определение тепловой эффективности трубчатого теплообменника при нагревании нефти



углеводородными парами// Узбекский химический журнал. - Ташкент, 2011. - Специальный выпуск. - С. 265-267.

5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1971. - 783 с.

6. Худайбердиев А.А., Раджибаев Д.П. Первичная перегонка нефтегазоконденсатных смесей парами углеводородного сырья. Монография. - Наманган: Аржуманд медиа, 2022. -143 с.

7. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Гюльмисарян Т.Г. и др. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть I. Первичная переработка нефти/ Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. - М.: Химия, КолосС, 2006. - 400 с.

8. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: учебное пособие для вузов. 2-е изд. - М.: Химия, 2001. - 568 с.

9. 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. - 10-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 576 с.

10. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. - 677 с.