УДК 665

ВЛИЯНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПОТОКОВ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СМЕСЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА

INFLUENCE OF RECIRCULATION OF OIL AND GAS-CONDENSATE MIXTURES FLOWS ON THE EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGE

Худайбердиев Абсалом Абдурасулович
кандидат технических наук, доцент,
Институт общей неорганической химии
Академии наук Республики Узбекистан

Исмаилов Ойбек Юлибоевич
младший научный сотрудник
младший научный сотрудник лаборатории
«Процессы и аппараты химической технологии»,
Институт общей неорганической химии
Академии наук Республики Узбекистан
ismoilovnmpi@mail.ru

Khudaiberdiev Absalom Abdurasulovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Institute of General Inorganic Chemistry of
the Academy of Sciences of
the Republic Uzbekistan

Ismailov Oybek Yuliboevich
Junior Researcher,
Junior Research fellow of
the laboratory Processes and devices of
chemical technology,
Institute of General Inorganic Chemistry of
the Academy of Sciences of
the Republic Uzbekistan
ismoilovnmpi@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований интенсификации теплообмена за счет рециркуляции части нефтегазоконденсатного смесей от 10 до 30 % в опытной установке.

Ключевые слова: рециркуляция, теплообмен, энергоэффективность, нефтегазоконденсатная смесь, вязкость, скорость потока, критерий Рейнольдса, ламинарный режим, переходный режим.

Annotation. The results of experimental studies of the intensification of heat exchange due to the recycling of part of the oil and gas condensate mixtures from 10 to 30 % in the pilot plant are presented.

Keywords: recycling, heat exchange, energy efficiency, oil and gas condensate mixture, viscosity, flow rate, Reynolds test, laminar regime, transient regime.

Нефтегазовый комплекс является динамично развивающейся отраслью промышленности. Из года в год в нефтеперерабатывающих заводах повышаются требования к качеству выпускаемой продукции, а также снижению расходов энергетических и сырьевых ресурсов. Они достигаются модернизацией, техническим и технологическим перевооружением предприятий, а также внедрением высокоэффективных технологий переработки и современных методов производства.

Анализ имеющейся информации в литературных источников показывает, что гидродинамических основ течения жидких углеводородов в горизонтальной трубе и их влияния на эффективность теплообмена мало изученное процессы. Поэтому исследование процесса теплообмена при нагревания нефтегазоконденсатных смесей в теплообменных аппаратах и выявление возможности повышение энергоэффективности трубчатых теплообменных аппаратов, путём оптимизации гидродинамических режимов, достигаемой за счёт рециркуляции части нагреваемого сырья является актуальной проблемой.

В качестве объекта изучения была использована нефтегазоконденсатная смесь, состоящая из 70 % нефти и 30 % газового конденсата. Эксперименты проведены в модельном двухтрубчатом теплообменнике, принципиальная схема которой представлена на рисунке.

В состав опытной установки входят парогенератор 2, теплообменник типа «труба в трубе» с трубами 4 и 5, установленный на опорных стойках 16, счетчики для учета расхода углеводородного сырья 11 и 13, центробежный насос 15 для перекачки сырья, расходная емкость для исходного сырья 12 и мерник 16 для сбора нагретого углеводородного сырья. Установка снабжена вентилями 11 и 13 для регулировки расхода рециркуляционной части углеводородного сырья, ртутными термометрами 8 для измерения температуры сырья во внутренней трубе и греющего теплоносителя в межтрубном пространстве аппарата и манометрами 3 для измерения перепада давлении греющего теплоносителя. Теплопередающая труба 7 имеет внутренний диаметр 20 мм и рабочую длину 7000 мм. Кожух аппарата выполнен из трубы 5 с внутренним диаметром 50 мм и длиной 6000 мм.

Для проведения эксперимента в парогенератор 2 заливают измеренное количество (15 л) рабочей жидкости (жидкого углеводорода) и зажигая газ в горелки 1 доведут его до кипения. При достижении необходимого рабочего давления в парогенераторе 2 по соединительной трубе подается пар в межтрубное пространство секции теплообменника 5. После прогрева аппарата, открыв вентиль 13 в днище расходной емкости 12, приступают к подаче нефти по внутренней трубе 7, с помощью центробежного насоса 15. При этом заданный расход нагреваемой нефти устанавливается при помощи вентиля 13 и по показаниям объемного счетчика 14.

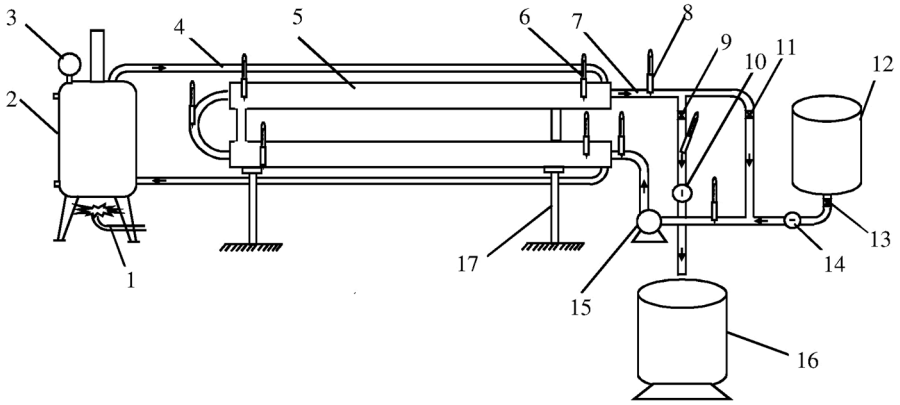

Рисунок – Схема экспериментальной теплообменной установки:
1 – газовая горелка; 2 – парогенератор; 3 – манометр; 4 – труба для подача пара; 5 – наружная труба (кожух) теплообменника; 6 – термометры для греющего агента; 7 – внутренняя труба теплообменника; 8 – термометры для греющая сырья; 9 – вентиль для регулировки потока жидкости; 10–14 – счетчики для измерения расхода; 11 – вентиль для регулировки рециркуляции части сырья; 12 – расходная емкость для нефти; 13 – вентиль для регулировки подачи сырья; 15 – центробежный насос для перекачки нефти; 16 – мерная емкость; 17 – опорная стойка

Вовремя движение в трубе 7 нефть нагревается за счет теплоты конденсации паров (газового конденсата) и стекает в мерную емкость 16. В свою очередь, пары греющего теплоносителя, отдавая части свого тепла к холодной нефти, конденсируются на внешней поверхности внутренней трубы 5 и возвращается обратно в парогенератор 2.

Давление паров углеводородного сырья в парогенератора 2 измеряется манометром 3. Температура конденсации паров углеводородного сырья и нагреваемой нефти в начале и конце каждой участки двух секций теплообменника 5 и в сборной ёмкости 16 измеряется ртутными термометрами. Термометры устанавливаются в приваренные к кожуху карманах с маслом.

В ходе экспериментов при помощи счетчика 14 и секундомера измеряют значения объемного расхода нефти по внутренней трубе. Часть нагретого сырья выхода в трубе 7 отбирается для рециркуляции и направляется в трубопровод перед подачей исходного сырья в центробежный насос и регулируется с помощью краном 11.

В данной установке изучена влияние рециркуляции на изменению конечной температуры нагреваемого сырья. Процесс был организован в противоточных направлениях движения потоков.

Основная сущность предлагаемого метода заключается в следующим. Часть нагретой сырья после теплообменника (10–30 %) отбирается для рециркуляции и направляется в трубопровод перед подачей исходного сырья в центробежный насос. Увеличение нагреваемого сырья способствует повышению скорости потока, в результате чего увеличивается числа Рейнольдса. С увеличением число Рейнольдса происходит повышение эффективности конвективного теплообмена. Вследствие чего увеличивается конечная температура сырья.

Пределы изменения расхода сырья обеспечивает установления различных гидродинамических режимов её движения в аппарате. Во время опытов объемный расход нефти по внутренней трубе изменялся в пределах $V_н = 2{,}0 \cdot 10^{-5} \div 2{,}6 \cdot 10^{-5}$ м^3/с, а скорость движения нефти определялась по формуле: $u_н = 4V_н / (\pi d^2_{вн})$ м/с, где $d_{вн}$ – внутренний диаметр горизонтальной трубы, м. При этом скорость исследуемой жидкости $u_н$ увеличивалась от 0,063 до 0,83 м/с.

Значения критерия Рейнольдса, определяющего режимов движения нефти в горизонтальной трубе аппарата, определялись по известной формуле: $Re_ж = \frac{\upsilon_н \cdot d_{вн}}{\nu_н}$. где $\upsilon_н$ – скорость исследуемой жидкости, м/с; $\nu_н$ – коэффициент кинематической вязкости нефти и газового конденсата, мм^2/с.

Результаты исследований по определению степени влияния рециркуляции части модельного образца нагреваемого нефтегазоконденсатного смесей (30 % нефть + 70 % газовый конденсат) на эффективность теплообмена в двухтрубчатом теплообменнике обобщены и представлены в таблице.

Из данных таблиц следует, что контрольных опытах скорость потока составляет 0,063 м/с, а число Рейнольдса равняется 1680. При рециркуляции части нагретого сырья от 10 до 30 % скорость потока увеличивается от 0,07 до 0,083 м/с, соответственно число Рейнольдса повышается, и переходит из ламинарного режима (Re = 1971) в переходный (Re = 2855). С увеличением число Рейнольдса происходит повышение эффективности конвективного теплообмена. За счет рециркуляции теплоносителя достигается повышение конечной температуры нагреваемого сырья на 3 ÷ 14 °С. Оптимальными является объем рециркуляции 25 ÷ 30 % от количества нагреваемого сырья, при этом конечная температура нагреваемого масла по сравнению с контрольными опытами повышается на 12–14 °С.

Таблица – Повышение конечной температуры нагреваемого углеводородного сырья в двухтрубчатом теплообменнике за счет рециркуляции части потоков от 10 до 30 %

№	Объём рециркуляции, %	Объёмный расход, $м^3/с$	Ско-рость потока, м/с	Число Рейнольдса	Охлаждаемое сырьё, ^0C		Нагре-ваемое сырьё, ^0C		Разница в конечных температурах нагреваемое сырьё по сравнению с контрольным опытом, ^0C
					$t_н$	$t_к$	$t_н$	$t_к$	
1 (контроль–ный)	–	0,00002	0,063	1680	100	92	30	81	–
2	10	0,000022	0,0700	1971	100	91	32	84	3
3	15	0,000023	0,0732	2121	100	89	34	86	5
4	20	0,000024	0,0764	2425	100	89	37	89	8
5	25	0,000025	0,0796	2653	100	89	39	93	12
6	30	0,000026	0,0828	2855	100	89	41	95	14

Примечание: параметры теплообменника: диаметр внутренней трубы $d_{нр}$ = 25 мм, $d_{вн}$ = 20 мм, внутренний диаметр наружной трубы $D_{вн}$ = 50 мм, длина аппарата 6 м, поверхность теплообмена 0,377 $м^2$; физико-химические свойства модельного образца сырьё: плотность при 20 °С ρ = 787 $кг/м^3$,кинематическая вязкость при 20 °С $v = 1{,}42 \cdot 10^{-6}$ $мм^2/с$.

На основании проведенных исследований можно отметить, что применение рециркуляции теплоносителя способствует увеличению количества переносимого тепла за счет интенсификации теплообмена между горячим и холодным теплоносителями, достигается увеличение температуры нагреваемой среды за счет увеличения времени его пребывания в теплообменном аппарате, повышение температуры холодного сырья способствует уменьшению его вязкости, что положительно влияет на гидродинамические свойства этого теплоносителя.

Применение рециркуляции нагреваемой сырья является простым и эффективным способом повышения тепловой мощности трубчатых теплообменных аппаратов, а также уменьшения его габаритов.