

Н.А.Артамонов, Б.Ф.Абросимов, Р.Х.Мухутдинов,
Ф.Г.Юлдашбаев

ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

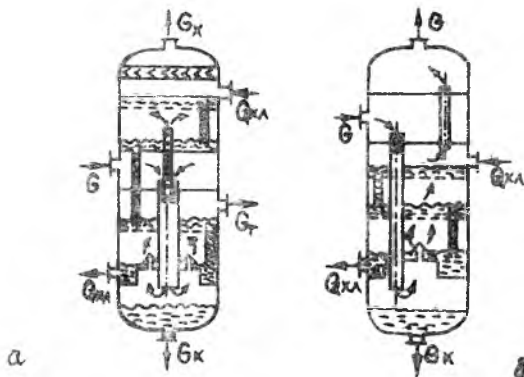
(Стерлитамакский филиал
Уфимского нефтяного института)

Описываются принцип действия и особенности работы теплообменных аппаратов на базе вихревых труб с винтовым закручивающим устройством. Для интенсификации теплообменных процессов предлагается использовать в межтрубном пространстве пенный режим течения жидкости. Приведены результаты экспериментальных исследований: влияния на эффективность сепарации дисперсной влаги дополнительного потока в осевом направлении и степени расширения газа.

Для очистки газовых потоков от дисперсной влаги, пыли и отдельных веществ в УНИ разработаны теплообменные аппараты (ТМА) [1, 2], обладающие по сравнению с пенными аппаратами [3] рядом преимуществ. В ТМА (рис. 1,а) используются вихревые трубы с винтовым закручивающим устройством (ВЗУ). Охлажденный и нагретый потоки проходят через ситчатые тарелки, где создается пенный режим течения жидкости. Пенный режим используется для интенсификации тепло- и массообмена. Коэффициент теплоотдачи вихревой трубы в пенном слое воды достигает $10 \text{ кВт/м}^2\text{К}$ и в 2-3 раза превосходит коэффициент теплоотдачи со стороны закрученного газового потока. Жидкая фаза может быть использована не только как хладагент, но и как абсорбент.

Если избыточного давления недостаточно для получения практически важного эффекта охлаждения газа, то предлагается ТМА [2], где диафрагма ВЗУ в вихревой трубе (рис. 1,б) используется для создания дополнительного осевого потока. Исследовались одно- и

трехтрубные ТМА ($D = 70, 150$ мм) с тремя ситчатыми тарелками. Вихревые трубы имели диаметр 20 мм, длину 70 калибров. Площадь сечения каналов одно- и двухканальных ВЗУ имеет значение $F_c^* = 0,098$. Исследовалась эффективность очистки воздуха от дисперсной влаги, концентрация воды имела значения 15, 30, 60 г/м³. Относительный диаметр диафрагмы для дополнительного потока изменялся от 0 до 0,3.

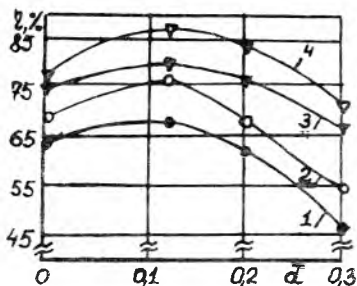


Р и с. 1. Теплообменные аппараты:
 G - вход исходной парогазожидкостной смеси, G_x, G_r - охлажденный и нагретый потоки газа, Q_{xk} - вход и выход хладагента, G_k - выход конденсата

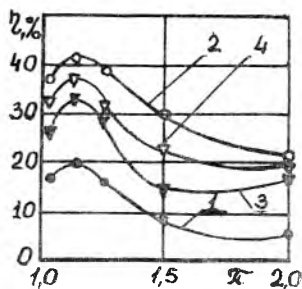
Исследования показали, что наличие диафрагмы ($d \geq 0,2$) повышает эффективность сепарации η (долю оставшейся в аппарате воды, рис. 2). Повышение эффективности сепарации по сравнению с ВЗУ без дополнительного потока ($\mu = 0$) составило 12-20%. Наиболее эффективным оказалось двухканальное ($n = 2$) ВЗУ с диафрагмой $d' = 0,125$.

При снижении степени расширения газа \mathcal{K} эффективность сепарации дисперсной влаги повышается, достигает максимума при $\mathcal{K} = 1,15$, а затем снижается (рис. 3).

Положительное влияние на сепарацию жидкости осевого дополнительного потока и снижения степени расширения газа можно объяснить снижением уровня турбулентности закрученного потока, обусловленного изменением его структуры. Дополнительный поток в присоединенной области уменьшает градиент статического давления в радиальном на-



Р и с. 2. Характеристики
теплообменных аппара-
тов: $\rho = 0,4$ МПа, $c =$
 $= 60$ г/м³, $n = 2, 1 - \frac{d}{2} =$
 $= 2, 2 - \frac{d}{2} = 1,5, 3 - \frac{d}{2} =$
 $= 1,25, 4 - \frac{d}{2} = 1,15$



Р и с. 3. Характеристики
теплообменных аппара-
тов: $\rho = 0,4$ МПа, $c =$
 $= 15$ г/м³, $n = 2, 1 - \frac{d}{2} =$
 $= 0,2, 2 - \frac{d}{2} = 0,125, 3 - \frac{d}{2} =$
 $= 0,2, 4 - \frac{d}{2} = 0,125,$
 $n = 1$

правлении. Высота струй периферийного потока снижается, его профиль выравнивается [4]. Противоток подавляется. Таким образом, исключаются причины появления вихревых образований в межструйном пространстве периферийного потока и на границе раздела периферийного потока и противотока, т.е. исключается основная причина радиального переноса капель жидкости, что и приводит к повышению эффективности сепарации в закрученном потоке.

В исследованных аппаратах расход воды, необходимый для создания развитого пенного режима, имел значение $(0,5 \dots 6,0) \cdot 10^{-3}$ м³/м³. При большем расходе воды наблюдается захлебывание аппарата. В этом режиме жидкость вместе с газом переносится с одной ситчатой тарелки на другую, имеет место интенсивный каплеунос из аппарата.

В пенном режиме работы ТМА можно выделить два практически важных состояния: режим минимального уноса капель из аппарата и режим наиболее интенсивного теплообмена жидкости с вихревой трубой. Для ситчатых решеток с площадью отверстий 10% ($d = 2 \dots 4$ мм) первый режим наблюдается при среднерасходной скорости газа 0,3...0,4 м/с. Это отличается от известных рекомендаций [3] более чем в два раза. Причина расхождения, очевидно, в том, что в создании пенного режима важна не среднерасходная скорость газа в аппарате, а скорость газа, выходящего из отверстий ситчатой решетки.

Оптимальная высота пены в режиме минимума уноса капельной влаги порядка одного калибра и наблюдается при скорости вытекания га-

за из отверстий в 3...4 м/с. В режиме максимального теплообмена вы-
сота пены два и более калибров. Высоту пены можно регулировать как
расходом газа в межтрубном пространстве ТМО, так и расходом жидко-
сти. Последний параметр на высоту пены влияет в 1,5 раза слабее пер-
вого. Общая эффективность очистки газа от жидкой фазы в ТМА состав-
ляет 98-99%.

Библиографический список

1. А.с. I273I40 СССР, кл. В OI D 3/28. Тепломассообменный ап-
парат / Н.А.А р т а м о н о в, М.С.Б а к и р о в, Б.Ф.А б р о с и -
м о в. № 3858I00/3I-26. Оpubл. 30.II.86. Бюл. № 44.

2. А.с. 305896 СССР, кл. В OI D 3/28. Тепломассообменный ап-
парат / Р.Х.М у х у т д и н о в и др. № I363946/23-26. Оpubл.
II.06.7I. Бюл. № I9.

3. Пенный режим и пенные аппараты / Под ред. проф. И.П.М у х -
л е н о в а и проф. Э.Я.Т а р а т а. Л.: Химия, I977. 304 с.

4. А б р о с и м о в Б.Ф. Газодинамические особенности и ме-
ханизм энергетического разделения закрученного потока в цилиндри-
ческих диафрагмированных каналах. Дис. канд. техн. наук. Уфа. I988.
205 с.

УДК 533.6; 66.074.6

Т.Ф.Кустова, Р.Х.Мухутдинов, Н.А.Артамонов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВИХРЕВЫХ ПОТОКОВ
В НИЗКОДАВНОМ МОДЕЛИ
ПАРОПЛЕГАЗОВОГО КОНДЕНСАТОРА-СЕПАРАТОРА

(Уфимский нефтяной институт)

Завершены исследования структуры потока в
вихревом пароплегазовом конденсаторе-сепараторе. Даны результаты замера градиента
давления в осевой зоне вихревой трубы, по-
казавшие наличие струйного движения. Приве-

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, I992