

УСТАНОВКА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ГАЗОВ
И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

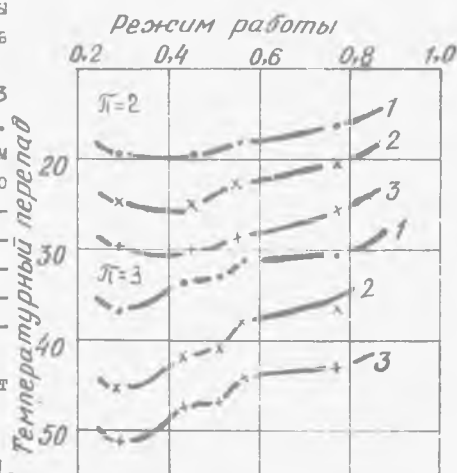
В нефтехимии для очистки газовых выбросов от конденсирующихся углеводородов и сепарации жидких аэрозолей используются различные типы вихревых кожухотрубчатых теплообменников [1]. На основе опыта промышленной эксплуатации вихревых теплообменников и результатов лабораторных исследований была разработана конструкция аппарата и установки тонкой очистки газов от механических примесей, аэрозолей и влаги, конденсирующихся паров углеводородов. На однострубной модели аппарата тонкой очистки воздуха была проведена серия экспериментов.

Исследования были проведены на сжатом атмосферном воздухе в диапазоне изменения: давления 0,3–0,8 МПа, температуры 283–313 К, степени расширения π – 2–5. Опыты выполнены на ВТ диаметром 20 мм, в ходе исследований было проверено влияние материала винтового закручивающего устройства (ВЗУ) и холодного конца вихревой трубы на температурную эффективность и устойчивость режима работы аппарата при низких температурах холодного потока (от 0 до -25°C).

Геометрические параметры ВЗУ были выбраны оптимальными [2].

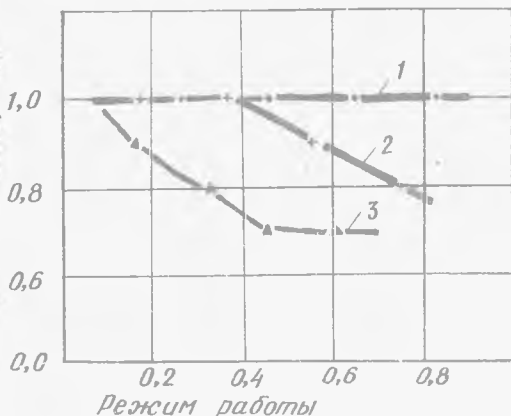
В ходе исследований выявлено влияние основных конструктивных элементов на эффективность работы аппарата в целом. На рис. 1 представлены некоторые результаты опытов, которые показывают,

что во всем диапазоне изменения режима работы аппарата общий температурный перепад на 10–30% выше, чем у вихревой трубы. Во встроенном теплообменнике только за счет установки закручивающих устройств малого перепада осуществляется процесс предварительной очистки сжатого газа – сепарации жидкой и твердой фазы, что снижает влагосодержание газа перед



Р и с. 1. Зависимость температурного перепада в холодном потоке от режима работы аппарата: 1 – влажный воздух; 2 – сухой воздух; 3 – общий температурный перепад с учетом встроенного теплообменника

Максимальный размер частиц
в холодном потоке, мкм

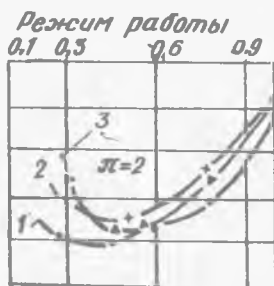


Р и с. 2. График зависимости максимального размера в холодном потоке частиц от режима работы аппарата: Степень расширения: 1 - $\beta = 2$; 2 - $\beta = 3$; 3 - $\beta = 4$

подачей его в вихревую трубу и повышает ее температурную эффективность.

Содержание механических примесей в экспериментах снижалось от 0,7-0,8 мг/м³ на входе в аппарат до (4,7-12,8) · 10⁻⁶ мг/м³ на выходе холодного потока. На рис. 2 представлены кривые изменения максимального размера механических частиц, уносимых холодным потоком в зависимости от режима работы аппарата и создаваемой степени расширения. Анализ полученных результатов исследований на анализаторе запыленности АЗ-5 показал, что при среднем размере частиц в исходном газе от 0,4 до 4 мкм и выше аппарат позволяет гарантировать очистку от 0,7 до 1 мкм, в зависимости от условий работы.

Высокую эффективность показал аппарат по вымораживанию и сепарации влаги из холодного потока. Наличие встроенного теплообменника позволяет отсепарировать влагу в жидкой фазе до ВТ и получить низкие температуры холодного потока до -25⁰С. Исследовано влияние материала ВЗУ и трубы холодного потока на адгезионные свойства к снегу-инею. На рис. 3 представлены некоторые результаты по влиянию материала на температурную эффективность. Изготовление ВЗУ и трубы холодного потока из фторопласта обеспечивает устойчивый режим работы, исключая вследствие низкой адгезионности к снегу-инею забивание диффрагменного отверстия и самой холодной трубы. Сепарационно-плавильная камера аппарата исключает попадание влаги и твердой фазы в выводимый очищенный поток. Эти конструктивные решения (без циркуляции потоков) дали возможность получить точку росы очищенного холодного потока С-2 класса по ГОСТ 17433-72 на киповский воздух. Горячий поток также соответствует высокому классу - не ниже 4.



Р и с. 3. Зависимость температурного перепада от режима работы аппарата: Материал ВЗУ: 1 - фторопласт; 2 - эбонит; 3 - бронза

На основе полученных результатов разработана промышленная установка тонкой очистки воздуха.

На рис. 4 представлена конструкция установки тонкой очистки воздуха, включающая вихревой аппарат, компрессор и систему трубопроводов [3].

Аппарат состоит из корпуса 8 со штуцерами 7, 36, 33, трубными решетками 10 и 6, в которых закреплена вихревая поперечно-ребренная труба горячего потока 5 с винтовым закручивающим устройством 34, имеющим диафрагменное отверстие (на рисунке не показано), соединяющее ВТ с камерой холодного потока II. Межтрубное пространство корпуса оснащено перегородками 9, к корпусу 8 на фланцах присоединены: снизу - камера горячего потока 4 с каплеотбойным устройством 3 на конце ВТ и штуцером 45, сверху подсоединена камера холодного потока 3I с трубными перегородками 18 и 13 по торцам камеры, в которых закреплены поперечно-ребренные трубы 32 с завихрителями на входных концах 19, в нижней части камеры установлена дополнительная трубная перегородка 16, в которой кроме теплообменных труб 32 закреплен конец ВТ холодного потока II, труба имеет внутри сепарационно-плавиальной камеры разрыв 15. Камера 3I в межтрубном пространстве имеет перегородку типа "диск-кольцо" 30 и на корпусе штуцер 17. Сверху камеры холодного потока установлена крышка 29 со штуцером 20, внизу камеры холодного потока находится распределительная камера, образуемая перегородкой 13, трубной решеткой 10 и корпусом 8, в камере установлена сепарационная тарелка 25 (см. выноску А), имеющая nipples 24, которые входят в выходные концы теплообменных труб 32 с небольшим кольцевым зазором; тарелка 25 у корпуса 8 имеет отверстия 26. Через все трубные перегородки 18, 13, 10, 6 и камеру горячего потока 4 пропущена труба 2, имеющая на уровне перегородок и низа камеры 4 инжек-

ционные устройства, представленные на выноске А и состоящие из диффузорно-конфузорного элемента 23, щелей 22 на трубе и сопла 2I. Труба 2 для удобства монтажа и эксплуатации может быть установлена и снаружи аппарата с соответствующими выводами из аппарата. Штуцер I7 трубопроводом I4 соединен со штуцером 7. Для отбора очищенного и осушенного газа различного уровня давления предусмотрены: штуцер 45, соединенный через инжекционное устройство 43 и вентиль 38 с выходом штуцера 36 трубки 37 для вывода всего потока через вентиль 42 или отдельно холодный через вентиль 35, а горячий через вентиль 42; подсоединение через вентиль 4I инжекционного устройства 40 с подпиткой исходного газа через вентиль 39 с компрессором К. Возможен вывод и частично осушенного газа после теплообменных труб 32 через вентиль 33.

В случае наличия исходного газа высокого уровня давления, например из нефтегазовых скважин, компрессор исключается из состава аппарата.

Аппарат совместно с соединительными трубопроводами помещается в теплоизолирующий кожух с выводом наружу на щит с КИП трубопроводов с вентилями 33, 35, 39, 42, а от остальных вентилях-валиков со штуцерами.

Аппарат работает следующим образом: газ от компрессора К по трубопроводу 28 через патрубок 20 поступает под крышу 29 и распределяется по теплообменным трубам 32. При этом для интенсификации процессов теплообмена осуществляется закручивание газа при небольших перепадах с помощью закручивающих устройств I9. Для этих же целей наружная поверхность труб, охлаждаемых холодным потоком, поперечно обребрена.

В теплообменных трубах камеры холодного потока 3I происходят отделение капельной влаги совместно с дисперсной фазой масла и частичная конденсация паров влаги и масла. Жидкая фаза в виде эмульсии (или суспензии) удаляется через кольцевой зазор между трубой 32 и ниппелем 24 на тарелку 25, с которой через отверстие 26 стекает на перегородку IO. Газы, пройдя через отверстия ниппелей, распределяются по каналам винтового энергоразделителя 34 ВТ 5, II, в которых разгоняются до скоростей порядка звуковых. Часть газа высокого уровня давления через патрубок 33 может подаваться потребителю. В трубе 5 происходит температурное разделение исходного газа на горячий и холодный потоки, удаляемые соответственно через трубы 5 и II, количественное соотношение между которыми регулируется вентилем 44. При этом резко интенсифицируются как сепарационные процессы, обеспечивающие отделение жидких и твердых аэрозолей из газа, так и процессы теплообмена. В последнем случае теплосъем резко возрастает за счет увеличения разности температуры между горячим потоком и хладагентом в межтрубном пространстве за счет высо-

коскоростного вращения газа и резкого снижения температуры в центральном холодном потоке (значительно ниже 0°C). Холодный поток вместе с частью образовавшегося инея через диафрагменное отверстие в энергоразделителе 34 и трубу II поступает в камеру холодного потока 3I. С целью исключения адгезии кристаллов снега на внутренней поверхности труба II выполняется из неадгезионного по отношению к снегу материала, например фторопласта. Благодаря поперечному разрыву трубы II кристаллы снега за счет центробежных сил отделяются в зазоре и, попав на теплообменные трубы, расплавляются, стекая на перегородку 13. Холодный поток проходит межтрубное пространство камеры 3I, охлаждая исходный газ, проходящий через теплообменные трубы 32, далее через патрубок 7 холодный поток попадает в межтрубное пространство вихревой трубы 5, отдавая "холод" горячему потоку.

Периферийный горячий поток из ВТ 5 совместно с жидкой фазой поступает в каплеотбойник 3, в котором происходит отделение жидкой фазы. Далее газы горячего потока через щели каплеотбойника поступают в патрубок 45. Поток, пройдя вентиль 44, сопло инжекционного устройства 43 и вентиль 42 (вентили 38 и 4I закрыты), может использоваться потребителем как газ соответствующего качества самостоятельно от холодного потока. При закрытых вентилях 35 и 4I, открытых вентилях 38 и 42 потребитель может использовать газ иных параметров как смесь холодного и горячего потоков, образованных посредством инжекционного устройства.

При использовании потребителем газа холодного потока (при закрытых вентилях 38 и 42) охлажденный горячий поток не выбрасывается, а подается на вход компрессора через вентиль 4I и инжекционное устройство 40, подсасывая им газ через трубопровод с вентилем 39 для компенсации удаляемого из аппарата холодного потока.

В пусковой начальный период с целью получения более низких температур можно осуществить циркуляцию в аппарате всего количества исходного газа путем закрытия вентиля 35 и открытия вентиля 38 в случае последнего описанного режима работы: вентиль 4I частично открыт для компенсации потерь газа через трубу 27. Жидкая фаза со всех трубных перегородок и низа камеры горячего потока удаляется непрерывно посредством трубы 27 инжекционным устройством. Исходный газ поступает в трубу из пространства крышки 29 и последовательно проходит через сопла, инжектируя через щели в трубе жидкую фазу. Для учета расширения газа, жидкой фазы и подсосанного через щели газа отверстие сопла и диаметр трубы по ходу газа увеличиваются.

Выполненный объем конструкторских и экспериментальных работ на однотрубной модели аппарата тонкой очистки газов (воздуха) показал возможность создания ряда аппаратов для различных технологических целей:

для очистки отработанных газов различных крупнотоннажных производств; для получения киповского воздуха, питающего приборы и пневмоинструменты в различных отраслях промышленности. Применительно к производствам нефтехимии разработана конструкция многотрубного аппарата тонкой очистки газов от конденсирующихся компонентов.

В промышленных условиях испытан опытный образец аппарата для получения киповского воздуха 0-2 класса загрязненности.

Наиболее перспективным является использование аппарата в полевых условиях эксплуатации как для очистки газов от конденсирующихся углеводородов, так и для получения киповского воздуха для питания приборов. На разработанной установке возможно получение и более низких, чем приведено выше, температур точки росы за счет циркуляции в пусковой период потоков воздуха.

Перспективность использования разработанной конструкции определяется и ее малой габаритностью по сравнению с разработанными ранее образцами вихревых кожухотрубчатых теплообменников вертикального типа.

Л и т е р а т у р а

1. Амиров Я.С., Варфоломеев Д.Ф., Мухутдинов Р.Х., Тищенко В.Е. Рациональное использование вторичных ресурсов нефтехимии и охрана окружающей среды. - Уфа: Башкирское книжное издательство, 1979, с. II4.

2. Мухутдинов Р.Х., Артамонов Н.А. Исследование влияния некоторых характеристик винтовых закручивающих устройств на работу вихревой трубы. Статья в ВИНТИ, рег. № 996-77. деп. с. II.

3. А.С. 9534I9 (СССР). Вихревой вертикальный кожухотрубчатый теплообменник. / Р.Х.Мухутдинов, Н.А.Артамонов, В.Б.Нестеренко, Р.С. Гайнутдинов. Опубл. в Б.И. № 3I, 1982.

УДК 66.074.34:532

И.Л.Лейтес, М.А.Жидков, Г.А.Комарова, В.А.Половинкин

ОЧИСТКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ ВЫСШИХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХПОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Очистку природного газа от жидких углеводородов можно обеспечить с помощью трехпоточной ВТ [I]. Промышленная установка очистки природного газа от высших углеводородов производительностью 5000 м³/ч применена на агрегате производства аммиака азотнотукового завода. Установка включает только трехпоточную ВТ, которая используется как сепаратор сконденсированных углеводородов. Принципиальное отличие трехпоточной ВТ от обычной противоточной заключается в возможности отбора