

ЦИКЛОН ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Ключевые слова: вихревая установка, газовая смесь, геликоид.

Представлено устройство для генерации холода за счет избыточного давления технологического газа, которое безвозвратно теряется при дросселировании. Холод используется для низкотемпературного разделения газовых смесей.

Keywords: vortex unit, gas mixture, helix.

Shows the device for cold generation due to the surplus pressure process gas which is lost during throttling. The cold is used for low-temperature separation of gas mixtures.

Введение

Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) реализуется за счёт перепада давления газа и заключается в снижении температуры центральных слоев закрученного потока и нагреве периферийных слоев. Он был обнаружен французским инженером Ранком в 1931 году и экспериментально изучен немецким физиком Хилшем в 1946 году. Начало реального применения этого эффекта в технике приходится на середину пятидесятых годов, в первую очередь в малорасходных вихревых трубах (ВТ) индивидуального кондиционирования, где рабочим телом служил воздух. С тех пор происходит расширение диапазона производительности и области применения ВТ, в том числе в химической, газовой и других высокопроизводительных отраслях промышленности.

В вихревых аппаратах прельщает их предельная простота и надёжность в работе - они не имеют движущихся частей. Но есть также и недостатки:

1. Большие энергозатраты на получение значительного эффекта разделения газовых смесей, так как невозможно достичь большой скорости разделяемой газовой смеси на выходе из сопла без существенного повышения давления во входном патрубке. При низких давлениях разделяемой смеси скорость газа на выходе из сопла не высока и процесс разделения смесей происходит не эффективно.

2. Невозможность регулирования в широких пределах температуры холодного и горячего разделенных газовых потоков, что связано с дополнительными энергозатратами на достижение оптимальных технологических температур потоков для использования их в последующей стадии переработки.

Экспериментальная часть

Поставленная задача решается путем применения во входном патрубке для подвода разделяемой газовой смеси профилированного геликоидного канала, который обеспечивает осевую крутку и повышение скорости разделяемого потока за счет вихреобразного движения потока в канале, а достижение оптимальных значений температур холодного и горячего потоков достигается путем применения байпаса, соединяющего патрубки нагретого

и охлажденного потоков, регулирующих клапанов, установленных на входном патрубке, на патрубках нагретого и охлажденного потоков и на байпасе и управляемых при помощи электродвигателей с сервоприводами от компьютеризированного блока управления по компьютерной программе, управляющего также по программе с помощью электродвигателя с сервоприводом механизм перемещения дросселя.

Конструкция устройства приведена на рис. 1-3, на которых позициями обозначены следующие элементы и узлы: 1 - трубчатая камера, 2 - сопло, 3 - дроссель, 4 - диафрагма, 5 - регулирующий клапан, 6 - электродвигатель с сервоприводом, 7 - входной патрубок, 8 - патрубок нагретого потока, 9 - патрубок охлажденного потока, 10 - шток дросселя, 11 - компьютеризированный блок управления, 12 - байпас, 13 - корпус дросселя, 14 - геликоидный канал, 15 - выступ геликоидного канала, 16 - направление вращения вихревого закрученного потока в геликоидном канале, 17 - направление закрутки геликоидного канала, 18 - направление основного вращения разделяемого потока на входе в трубчатую камеру.

На рис. 1 показано условно продольное сечение циклона.

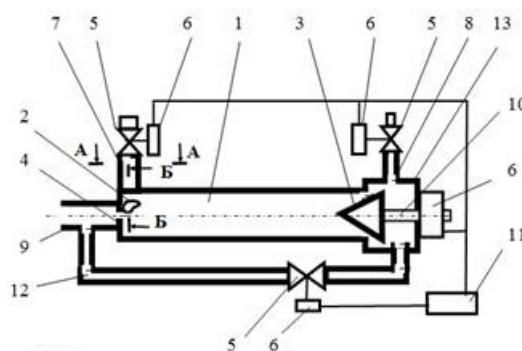


Рис. 1 – Продольное сечение

На рис. 2 показано в увеличенном масштабе поперечное сечение спирального геликоидального канала, расположенного внутри входного патрубка 7, через который подается разделяемая смесь газов. На рис. 3 показано направление основного вращения разделяемого потока на входе в трубчатую камеру. Тонкими линиями показаны электрические функциональные связи между компьютеризированным блоком управления и электродвигателями с серво-

приводами для управления положением запорных органов регулирующих клапанов 5

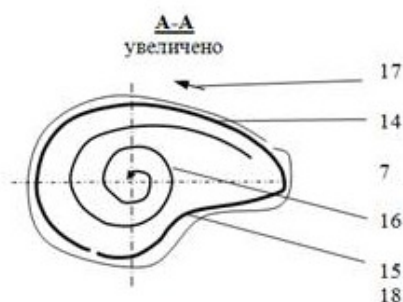


Рис. 2 – Поперечное сечение спирального геликоидного канала

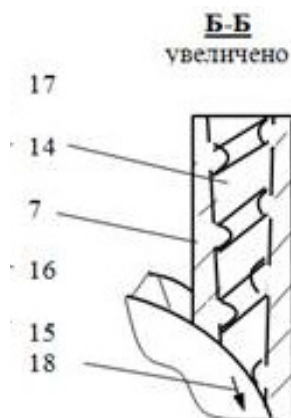


Рис. 3 – Направление основного вращения

Назначение и взаимодействие элементов и узлов следующее.

Трубчатая камера 1 служит для формирования и обеспечения спирального движения разделяемых газовых потоков от сопла 2 к дросселю 3. На трубчатой камере 1 крепятся все остальные элементы устройства. Сопло 2 служит для подвода разделяемого потока газовой смеси в трубчатую камеру 1. Дроссель 3 служит для направления горячего однородного газового потока в сборную камеру (на рис.1-3 камера позицией не обозначена) и подачи этого потока в патрубок 8.

Диафрагма 4 обеспечивает отделение холодного потока газа с однородной плотностью и определенным химическим составом от закрученного потока после сопла 2.

Регулирующие клапаны 5 служат для регулирования давления и дозирования расхода соответственно смеси газов через входной патрубок 7 и разделенных потоков газов через патрубки 8, 9 и байпас 12. С помощью регулирующих клапанов 5 по компьютерной программе от блока 11 регулируется в конечном итоге температура разделенных потоков с определенными концентрациями компонентов, проходящих через патрубки 8 и 9.

Применение регулирующих клапанов 5 с компьютеризованным управлением от блока 11 на патрубках 7,8,9, на штоке дросселя 10 и на байпасе 12 позволяет получать гарантированный в соответ-

ствии с технологией состав углеводородных газов с определенной температурой.

Электродвигатели 6 с сервоприводами, соединенные электрическими связями с компьютеризованным блоком управления 11, предназначены для управления положением запорных элементов в регулирующих клапанах 5 и положения дросселя 3 для регулирования площадей сечений для прохода газовых потоков.

Патрубки 7,8,9 соответственно предназначены для подвода разделяемой смеси газов и отвода разделенных по концентрации газовых потоков. Геликоидный канал 14 входного патрубка 7, предназначенного для подвода разделяемой смеси газов, конструктивно направлен по касательной к окружности цилиндрической поверхности трубчатой камеры 1.

Шток 10 дросселя служит для передачи от электродвигателя 6 с сервоприводом усилия для перемещения дросселя 3 с целью изменения проходного сечения для нагретого потока газа.

Компьютеризованный блок управления 11 вырабатывает и передает электрические сигналы на электродвигатели 6 с сервоприводами в соответствии с заложенной в него программой. Компьютеризованный блок управления 11 соединен электрической связью с внешним технологическим диспетчерским пультом управления газоразделения и газоочистки, (на рис. 1 внешний технологический пульт не показан).

Байпас 12 обеспечивает переток нагретого газа при регулировании состава, температуры и давления в поток охлажденного газа в соответствии с технологическим регламентом.

Корпус 13 дросселя предназначен для промежуточного сбора отделенного потока нагретого газа определенного состава и температуры.

Геликоидный канал 14 (см. рис. 2, 3), размещенный внутри входного патрубка 7, представляет собой в поперечном сечении геометрическую фигуру яйцевидной формы, которая называется геликоидом. Форма геликоида 14 имеет соотношение малой и большой осей 0,47...0,75. Часть профиля сбоку возле узкого конца имеет внутренний выступ 15, за счет которого происходит закручивание газового потока.

Сам геликоидный канал спирально закручен вокруг своей продольной оси в направлении 17, которое противоположно основной закрутке газового потока 18 за счет касательного входа сопла 2 в трубчатую камеру 1. Площадь поперечного сечения геликоидного канала постепенно уменьшается. За счет закрутки канала и уменьшения площади поперечного сечения скорость потока газа, по сравнению с известным устройством, резко возрастает.

Величина закрутки геликоидального канала в диапазоне от 1,6 ... 3,2 оборота выбирается в зависимости от состава разделяемой газовой смеси. Закрутка выполняется для ускорения движения газа за счет вихревого эффекта.

Сужение площади поперечного сечения геликоидного канала 14 составляет 25...40 % по отношению к первоначальной площади.

Устройство работает следующим образом. Через регулирующий клапан 5 во входной патрубок 7 подается разделяемая газовая смесь. За счет спиральной закрутки 17 геликоидного канала 14 и выступа 15 создается первичное вихреобразное движение разделяемого потока газовой смеси в направлении 16. За счет вихреобразного движения и сужения канала скорость разделяемого потока газовой смеси, по сравнению с известным устройством, резко возрастает.

Двигаясь из сопла 2 по касательной в трубчатую камеру 1 высокоскоростной поток вторично завихряется в направлении 18 и приобретает большую кинетическую энергию. Разделяемая газовая смесь в первичном и вторичном вихревых потоках перемещается с различными угловыми скоростями. Наличие первичного вращательного вихря в геликоидном канале увеличивается градиент перепада скоростей и способствует разделению смеси при более низком давлении во входном патрубке 7, то есть разделение происходит при меньших энергетических затратах, связанных с созданием давления.

У оси трубчатой камеры 1 скорость вращения вторичного вихря больше, чем на периферии. Поэтому внутренние слои газовой смеси, отдавшие кинетическую энергию внешним слоям, охлаждены до температуры t_c . При этом происходит компонентное разделение первоначальной смеси газов на охлажденные и нагретые потоки газов, основанное на различной теплоемкости этих компонентов, из которых одни скапливаются в центре по оси трубчатой камеры и направляются за счет отражающего центрального конуса дросселя 3 к центральному отверстию диафрагмы 4.

Газовые компоненты с другим коэффициентом теплоемкости скапливаются в периферийной части дросселя 3 и образуют нагретый до температуры t_r поток с определенного химического состава, который отличается от компонентного состава газового потока, отводимого через отверстие диафрагмы 4.

Нагретый газовый поток определенного химического состава отводится через кольцевой зазор между дросселем 3 и внутренней цилиндрической поверхностью трубчатой камеры 1 в промежуточную камеру внутри корпуса 13 дросселя.

Промежуточная камера (на рис. 1 позицией не обозначена) внутри корпуса 13 дросселя выполняет роль ресивера, в котором накапливаются газовые компоненты с более высокой температурой по сравнению с газовыми компонентами, накапливающимися после диафрагмы 4.

При необходимости оперативного изменения температуры или состава охлажденного или нагретого потоков по компьютерной программе от

блока управления 11 подается электрический сигнал на электродвигатели 6 с сервоприводами для изменения величины открытия регулирующих клапанов 5, установленных на патрубках 7,8,9, на байпасе 12 и дросселя 3.

Наличие первичного вращательного вихревого движения разделяемой газовой смеси в геликоидном канале в совокупности с возможностью регулирования степени открытия клапанов 5 позволяет получить два потока газов разделенных между собой по химическому составу в достаточно широком температурном диапазоне.

Выводы

По сравнению с традиционными генераторами холода вихревые трубы обладают рядом преимуществ:

1. Значительно большая холодопроизводительность по сравнению с дросселированием; возможность охлаждения газов и газовых смесей независимо от знака интегрального дроссель-эффекта.
2. Конструктивная простота, компактность, безопасность и надежность в промышленной эксплуатации по сравнению с более эффективными, но и значительно более сложными и дорогостоящими генераторами холода (детандеры, пульсационные охладители газа и др.).
3. Возможность работы на агрессивных и взрывоопасных газах содержащих жидкие и твердые включения.
4. Автоматическое регулирование в широком диапазоне расхода газа (20-100%) с относительно небольшим изменением температурного режима; работа в режиме регулирующего клапана; автоматическое поддержание соотношения потоков.
5. Легкость в обслуживании и поддержании технологического режима.
6. Низкие капитальные затраты.

Литература

1. Таймаров М.А. Повышение эффективности работы энерготехнологических печей. Монография. *Научное издание. Казань, КГЭУ, 2010. 108 с.*
2. Таймаров М.А., Сафин Р.Г. Форсунка для сжигания обводнённого мазута. Вестник Казанского Технологического Университета Herald of Kazan Technological University, 2012, Т. 15, №16, с.144-14
3. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Садртдинов А.Р. Моделирование процесса очистки дымовых газов, образованных при сжигании органических отходов. Вестник КТУ, 2010, №11, с.243-246
4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р. Г., Хисамеев А.Р. Газификация органических топлив. Вестник КТУ, 2011, №1, с.326-329
5. Таймаров М.А., Шарипов М.Р. Котёл пульсирующего горения природных и пиролизных газов. Вестник КТУ, 2013, №21, с.133-136