



Виртуальная лаборатория

Процессы и аппараты химической технологии

Лабораторная работа

Исследование гидродинамики насадочных аппаратов (скруббер)

Цели и задачи

Провести обучающий физический эксперимент изучения гидродинамики насадочных аппаратов (скрубберов). Изучить принцип действия скруббера. Определить гидравлическое сопротивление скруббера. Оформить отчет о выполнении работы.

Краткая теория

Скрубберы - аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и для извлечения одного или нескольких компонентов, а также барабанные машины для промывки полезных ископаемых. Широко используются при улавливании продуктов коксования и очистке промышленных газов от пыли, для увлажнения и охлаждения газов, в различных химико-технологических процессах.

Газоочистительные аппараты основаны на промывании газа жидкостью. Газ промывается водой либо другим рабочим раствором, при этом смешении и взаимодействии происходит процесс очистки его. Такой метод смешения называют методом мокрой очистки. Таким образом, можно очистить газ от частиц любого размера. Метод мокрой очистки газов является механическим и применяется на заключительном этапе охлаждения. Аппараты мокрой очистки используют различные виды поверхностей при смешении жидкости с газом. При использовании этого метода возможно удаление всех примесей из газа, за счет конденсации на них более тяжелых частиц пара. Выделяют следующие виды скрубберов:

Башни с насадкой (насадочные скрубберы) – емкость, которую можно представить в форме колоны. Такого рода скруббер может содержать различные насадки, имеющие как простую, так и сложную форму. Например, это могут быть кольца с перегородками или простые кольца (кольца Рашига), спиральные розетки Теллера, седла Берля и многие другие приспособления. В насадочном скруббере есть система орошения, состоящая из нескольких ступеней внутри корпуса, где располагаются форсунки. Форсунки перекрывают сечение, где из сопел производится распыление. Не смотря на то, что распыление жидкости производится навстречу входящему потоку либо поперек, гидродинамика этого потока не велика. В связи с этим скорость обменных процессов в этих скрубберах остается неизменно малой. Что влечет

за собой большие габаритные размеры этих установок. За счет насадки скруббер обладает хорошо развитой поверхностью контакта между газом и орошающей жидкостью, пленка которой образуется на элементах насадки и постоянно разрушается, перетекая с одного элемента насадки на другой.

Насадочные скрубберы используются в основном для предварительного охлаждения газа, улавливания тумана или хорошо растворимой пыли, например сульфата натрия, присутствующего в дымовых газах содорегенерационных котло-агрегатов.

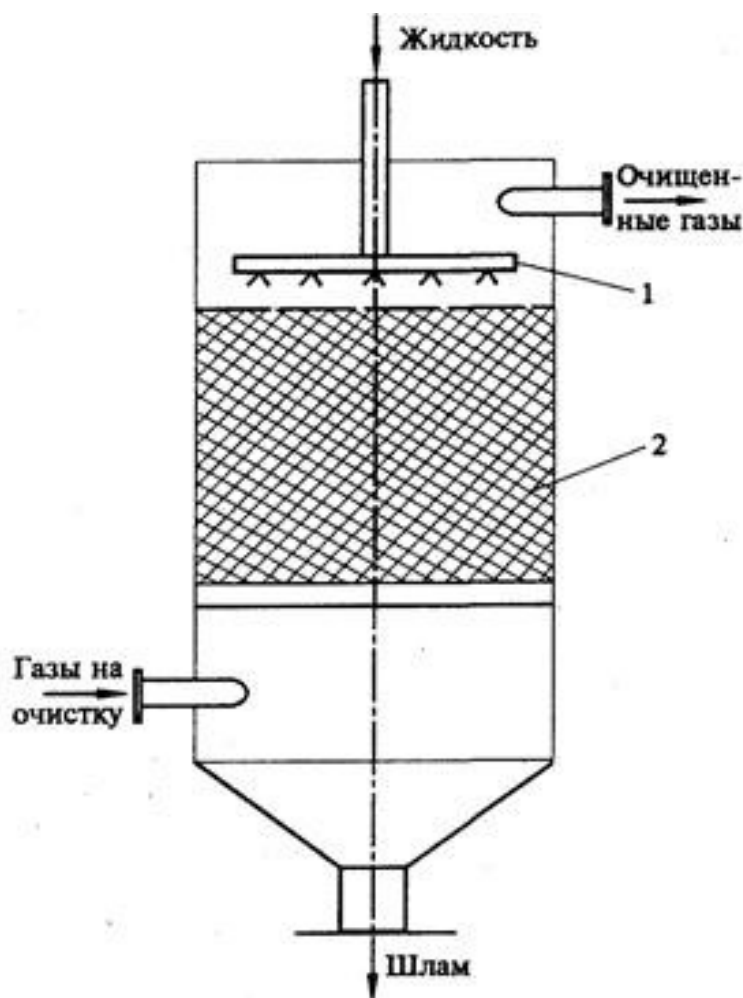


Рис.1. Насадочный скруббер. 1 – орошающее устройство, 2 – насадка.

Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) - в них газовый поток, контактирующий с жидкостью, вращается в корпусе аппарата под действием центробежной силы. Используют при очистке больших объемов газа. Центробежный скруббер представляет собой полый вертикально расположенный цилиндр в нижнюю область, которого входит газ для очистки, а в верхней части цилиндра по его окружности установлены форсунки. Через форсунки жидкость попадает на внутреннюю область цилиндра, где создает тонкую водную пленку. Цилиндр при этом открыт, и очищенный газ беспрепятственно покидает пределы конструкции. В скруббере газ движется по винтовой линии снизу вверх. Оттесненная к стенкам скруббера пыль намокает и под силой тяжести вместе с водой скатывается в нижнюю часть конструкции

скруббера, образуя пульпу. Позже оттуда газ удаляется. Центробежные скрубберы имеют гидравлическое сопротивление порядка 400-850 Па. Степень очистки для частиц более 30 мкм равна 90%, для частиц с диаметром равным 5 мкм снижается до 80%, для частиц с диаметром менее 5 мкм приравнивается к 40%.

Пенные аппараты - используются для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Эти скрубберы могут работать в режиме турбулентности при линейной скорости газа порядка 4-5 м/с. Для частиц с диаметром больше 5 мкм эффективность улавливания составляет 90-99%, а при меньшем диаметре снижается до 75%-80%.

Скрубберы Вентури - скруббер, в котором интенсивное дробление контактирующей с газом жидкости осуществляется за счет высокой скорости газового потока, достигаемой в трубе-распылителе, имеющей форму трубы Вентури. В основе скруббера Вентури лежит одноименная трубка. Эта конструкция оснащена сепаратором и орошается внутри жидкостью. Иногда вместо сепаратора используются каплеуловители и укороченные циклоны. Конструкция трубы Вентури выполнена основываясь на законах аэродинамики. Скруббер Вентури предназначен для улавливания частиц пыли, для охлаждения газов, для абсорбции. Принцип работы скруббера Вентури основывается на том, что газ для очистки поступает в конфузор, двигаясь к горловине трубы набирает скорость, смешивается с промывочной жидкостью и пыль осаждается на каплях, поступая в диффузор. На каплеуловителе происходит сепарация. При этом скорость потока жидкости меньше потока пыли. Скрубберы Вентури часто используются в качестве первичной очистки газов. Скрубберы находят широкое применение в черной, цветной металлургии, химической, нефтяной промышленности, в энергетике.

Полые скрубберы - являют собой пустотелую цилиндрическую или прямоугольную башню, выполненную из металла. В случае необходимости внутреннюю поверхность скрубберов футеруют или покрывают антикоррозионным покрытием. Скруббер состоит из цилиндрического полого металлического корпуса, по высоте которого размещены три яруса коллекторов орошения, входного и выходного патрубков, центробежного каплеуловителя с коническим завихрителем, емкости для абсорбента с подогревателем, штуцеров для отвода абсорбента из скруббера и каплеуловителя. Скруббер орошается 2 - 5%-ным водным раствором гидроксида или карбоната натрия через три яруса коллекторов орошения. Скрубберы полые предназначены для химической очистки технологических и вентиляционных газов от газообразных соединений фтора методом щелочной абсорбции водными растворами гидроксида или карбоната натрия.

Лабораторное оборудование

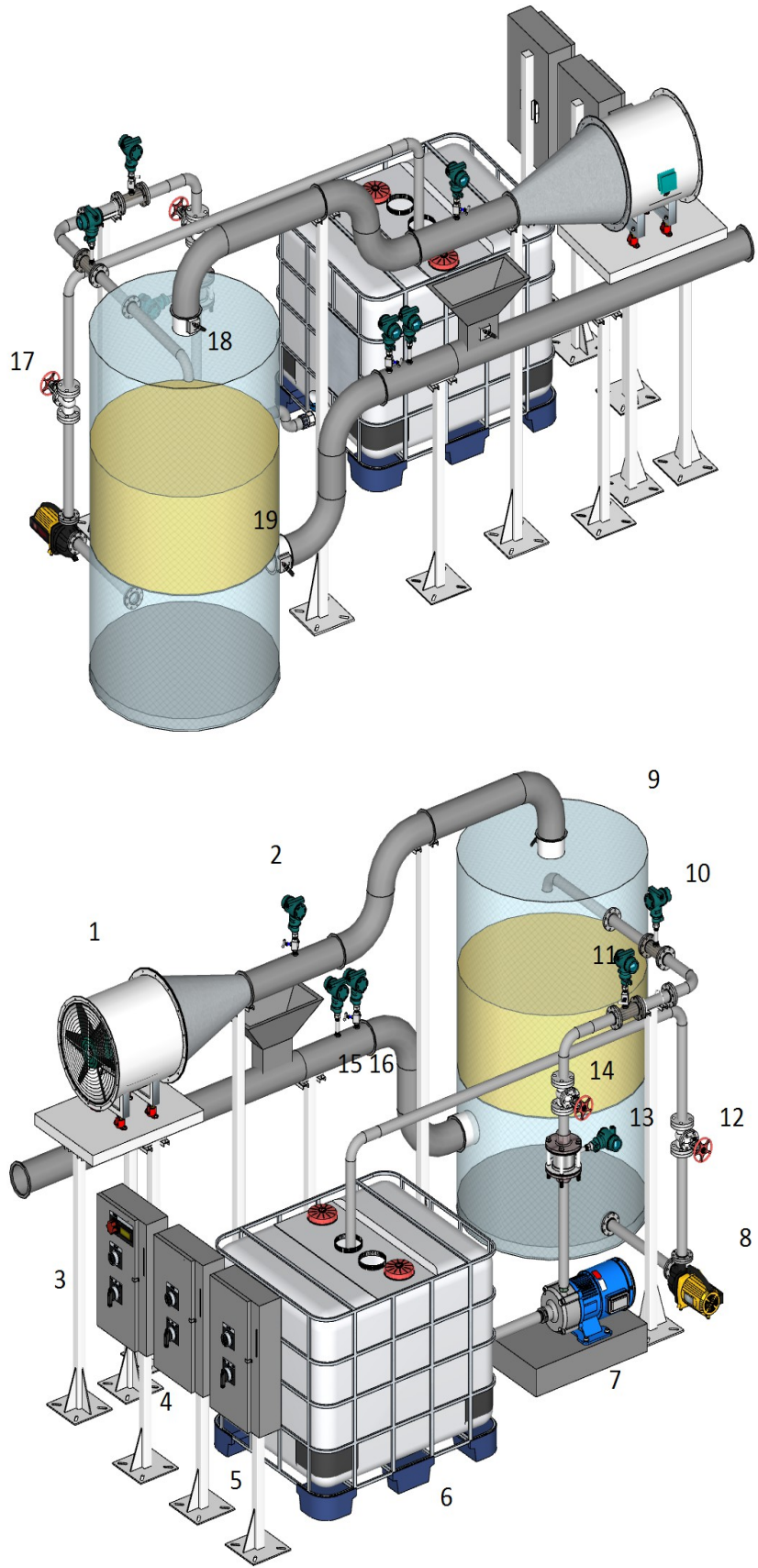


Рис.2. Лабораторное оборудование.

1. Вентилятор;
2. Датчик давления (показ значений давления в [кПа]);
3. Пульт управления вентилятором;
4. Пульт управления центробежным насосом орошения;
5. Пульт управления центробежным насосом циркуляции;
6. Бак с водой;
7. Центробежный насос орошения;
8. Центробежный насос циркуляции;
9. Скруббер;
10. Датчик температуры;
11. Датчик давления (показ значений давления в [кПа]);
12. Задвижка;
13. Расходомер ультразвуковой (не влияет на гидравлическое сопротивление трубопровода, показ значений в [метры кубические в час];
14. Задвижка;
15. Датчик давления (показ значений давления в [кПа]);
16. Расходомер ультразвуковой (не влияет на гидравлическое сопротивление трубопровода, показ значений в [метры кубические в час];
17. Задвижка;
18. Заслонка;
19. Заслонка.

Порядок выполнения работы

1. Открыть заслонки 18,19;
2. Закрыть заслонку бункера частиц;
3. Включить вентилятор. Для этого переключить в положение Hand или Auto, нажать на кнопку START; при помощи регулятора установить необходимую скорость вращения. (10-100%)

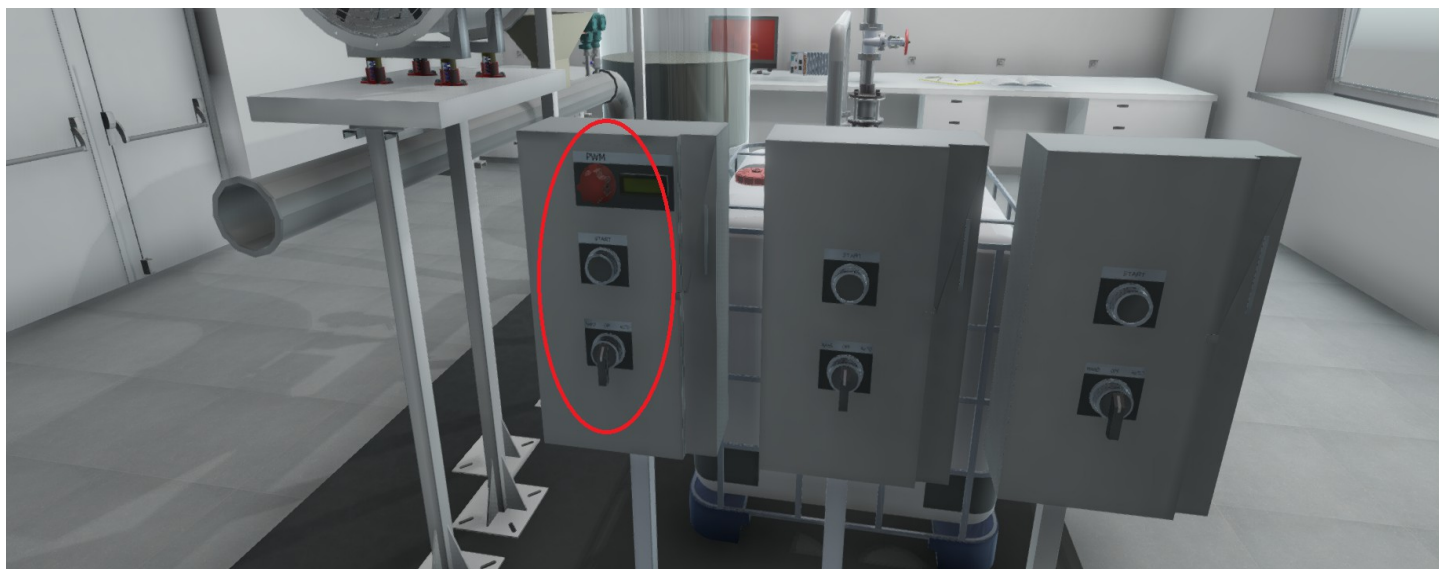


Рис.3. Пульт управления вентилятором.

4. Зафиксировать расход воздуха (расходомер 16) и давления (датчики 2 и 15);
5. Включить орошение (Пульт управления 4. Переключить в положение Hand или Auto, нажать на кнопку START. При помощи задвижки 14 и расходомера 13 установить требуемый расход жидкости).
6. Включить циркуляцию. При заполнении нижней части скруббера водой выше всасывающего трубопровода насоса 8, включить насос циркуляции (пульт управления 5). Задвижкой 12 отрегулировать подачу насоса (обеспечить стабильный уровень жидкости в нижней части скруббера).
7. Нажать на бункер и выбрать тип и массу частиц для последующей очистки;
8. Открыть заслонку 9 и наблюдать процесс фильтрации частиц. В процессе фильтрации фиксировать значения расхода и давлений до и после скруббера по приборам 2 и 16;
9. Наблюдать процесс фильтрации. При окончании процесса (определяется визуально - частиц больше нет в скруббере).
10. Изменить расход воздуха любым способом (заслонками или регулятором оборотов на пульте управления) и повторить эксперимент.

Отчет по проделанной работе

Таблица значений:

	Номер опыта			
	1	2	3	4
Расход воздуха через скруббер [м ³ *с]				
Гидравлическое сопротивление циклона [Па]				
Время опыта [с]				
Диаметр частиц [м]				
Расход жидкости орошения [м ³ *с]				

Построить график гидравлического сопротивления скруббер от расхода воздуха через него.

Выводы: Сформулируйте выводы по проделанной работе согласно цели и поставленных задач.

Контрольные вопросы

1. Что такое скруббер?
2. Каким образом происходит очистка воздуха в скруббере?

3. От чего зависит эффективность очистки?
4. Каковы достоинства и недостатки скрубберов?
5. Что такое насадочные скрубберы?
6. Что такое гидравлическое сопротивление?
7. Что такое манометр?
8. Что такое расходомер?
9. Что такое вентилятор?
10. Что такое насадка?

Рекомендуемая литература

1. Процессы и аппараты химической технологии. Д.А. Баранов. Изд.: Лань, 2018.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Под.ред. Ю.А. Комиссаров. Изд.: Юрайт, 2018.