Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Кафедра
инженерной экологии и
безопасности труда

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗООЧИСТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов всех образовательных программ

Алматы 2022

СОСТАВИТЕЛИ: А.А. Абикенова, С.Т. Санатова, З.А. Джамбаева. Исследование работы газоочистительных устройств. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех образовательных программ. – Алматы: АУЭС, 2022. – 12 с.

Методические указания содержат материал по подготовке к проведению лабораторной работы, описание выполнения лабораторной работы, схемы экспериментальной установки, методика анализа и обработки данных, перечень рекомендуемой литературы и контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения.

Ил. 3, табл. 2, библиогр. – 3 назв.

Рецензент: к.х.н., профессор АУЭС М.М. Аршидинов

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на 2022 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2022 г.

Содержание

1. Основные сведения……. 4
2. Описание лабораторной установки……... 9
3. Порядок проведения работы……. 10
4. Обработка данных…….. 10
Список литературы…… 12

Лабораторная работа

Исследование работы газоочистительных устройств

Цель работы: изучение устройства, принципа действия и испытание пылеулавливающих устройств.

Задачи работы

1. Изучение состава и основных элементов пылеулавливающих устройств.
2. Экспериментальное определение аэродинамического сопротивления систем локального обеспыливания.
3. Демонстрация центробежной системы сепарации частиц в аппаратах со встречными закрученными потоками.

1. Основные сведения

В Республике Казахстан, как и в большинстве стран в мире, введены достаточно жесткие санкции в отношении предприятий, нарушающих законы о загрязнении окружающей среды. Поэтому в настоящее время экономически выгодны инвестиции в создание современных очистных сооружений и внедрение новых технологий пылеулавливания и газоочистки. Примером заинтересованного подхода к решению проблем экологии может служить Магнитогорский металлургический комбинат, выбросы которого ранее составляли до 900 тысяч тонн в год и сейчас снижены до 9 тысяч тонн. Принцип работы газоочистной установки показан на рисунке 1.

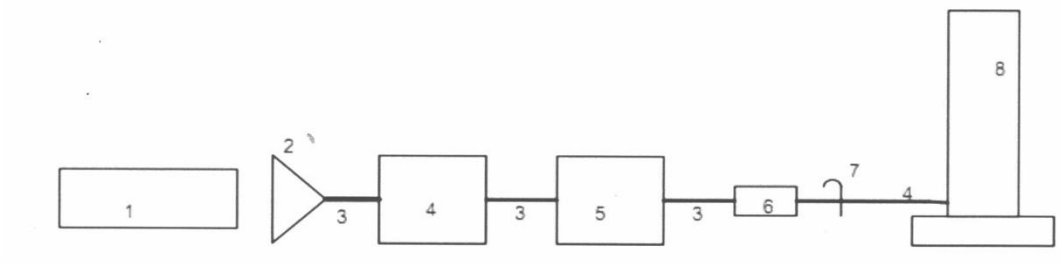

Рисунок 1 – Принципиальная схема газоочистной установки:
1 – источник загрязнения, 2 — пылезаборное устройство, 3 — воздуховоды, 4 — аппарат для вынужденной подачи загрязненного воздуха, 5 — пылеуловитель; 6 — аппарат для улавливания химических веществ, 7 — запорная арматура, 8 — вытяжная или дымовая труба

В последние годы при относительно небольших затратах на разработку, сооружение спроектировано и внедрено большое число эффективных систем очистки газопылевых выбросов, простых и надежных в эксплуатации, оснащенных средствами экологического мониторинга.

Естественно, что для каждого конкретного производства в систему могут быть внесены те или иные изменения. Например, если газоход непосредственно и герметично присоединен к источнику загрязнения, в нем

может отсутствовать пылезаборное устройство. Система газоходов имеется в любой пыле-газоочистительной установке (ШУ) и может выполняться из различных материалов. Чаще всего к ним предъявляются требования обеспечения устойчивости к повышенным температурам и минимальных гидравлических сопротивлений. В целом работа систем и пылеулавливающих аппаратов характеризуется следующими техническими показателями:

1. Степенью очистки газов от пыли (эффективностью пылеулавливания, коэффициентом полезного действия пылеулавливающего аппарата, степенью пылеулавливания, коэффициентом проскока пылевых частиц), определяемой в относительных единицах или процентах. Однако в некоторых случаях в качестве показателя работы аппарата принимают абсолютную величину концентрации частиц в очищенных газах (в г/м^3 или мг/м^3 сухого газа).
2. Гидравлическим сопротивлением аппарата (кПа, кгс/см^2 или мм вод. ст.).
3. Расходом электроэнергии на очистку 1000 м^3 газов (МДж или кВт-ч).

Примерами мест применения пылегазовых систем в черной металлургии могут служить:

- агломерационные фабрики — агломерационные ленты, барабанные и чашечные охладители агломерата, обжиговые печи, узлы пересыпки, транспортировки, сортировки агломерата, а также руды, кокса, известняка и др.;
- доменные и сталеплавильные цеха. Мартены. Конверторы;
- электропечи, шахтные и отражательные печи;
- коксохимические цеха;
- производства огнеупоров;
- прокатное, ферросплавное и др. производства.

В цветной металлургии:

- свинцовые, цинковые, медеплавильные, никелевые, оловянные, алюминиевые, сурьмяные, ртутные заводы; производства германия, индия, селена, молибдена, вольфрама, ниобия, титана, циркония;
- очистка газов при производстве титанового и редкоземельного сырья;
- плавильные, отражательные, шахтные, обжиговые печи, печи спекания, кальцинации и др.;
- порошковая металлургия;
- производство электродов;
- очистка вентиляционных газов.

Перечень очистных установок:

- Дымовые трубы
- Вентиляторы и дымососы
- Рукавные фильтры
- Циклоны
- Эжектирующие трубы
- Вихревые пылеуловители
- Пылеуловители со встречными закрученными потоками
- Пылеуловители Коанда
- Электрофильтры

Комплексные решения

При сильно запыленном воздухе ≥ 50г/м^3 для более высокой эффективности очистки целесообразно применять несколько последовательно соединенных пылеуловителей, сопротивление которых изменяется по определенному закону. Дымовые трубы являются самыми первыми в истории устройствами уменьшения воздействия вредных выбросов на окружающую среду путем рассеивания их в атмосфере. Принцип их работы связан с естественной конвекцией, возникающей за счет разности температур (и плотностей) газов и окружающего воздуха. Это позволяет всей системе очистки работать на естественной тяге выхлопных или дымовых газов. В тех случаях, когда перепад давления на трубе недостаточен для преодоления внутреннего газодинамического сопротивления всех газоходов и устройств, возникает необходимость использования специальных газодувных машин (вентиляторов или дымоотсосов).

Рукавные фильтры производительностью до 200000 м^3/час предназначены для очистки пылегазовоздушных потоков с температурой до +260°С и запыленностью до 100 г/м^3. Относятся к пылеулавливающему оборудованию «сухого» типа. Остаточная запыленность на выходе после рукавных фильтров обычно составляет не более 10 мг/м^3. Способны работать непрерывно в течение 2-3 лет и не требуют постоянного обслуживания. Срок службы может быть продлен до 6-ти и более лет за счет попеременной — импульсной регенерации, которая производится автоматически, без остановки рабочего цикла.

Эжектирующие трубы. Представляют собой аппараты для очистки газа, обеспечивающие разбавление газового потока, очищенного от взвешенных частиц, окружающим воздухом в 5–30 раз. За счет этого удается произвести доочистку промышленных выбросов, снизить в них концентрацию вредных веществ, в том числе и их газовых составляющих. Помимо разбавления очищенного газопылевого потока, эжектирующие трубы обеспечивают доокисление и выброс потока с заданной скоростью, рассеивают его на большей площади и резко снижают уровень шума ГОУ, что является одним из их преимуществ по сравнению традиционными системами пылеулавливания.

Циклоны предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при различных технологических процессах, связанных с сушкой, обжигом, сжиганием топлива, а также очисткой аспирационного воздуха. В настоящее время являются самыми надежными аппаратами очистки газов.

Могут применяться самостоятельно или в сочетании с другими газоочистными аппаратами на нагнетательных или на всасывающих участках газоходов. Изготавливаются одиночного или батарейного типа из 2, 4, 6 и 8 циклонов одинакового диаметра. Недостаточно эффективны при улавливании мелкодисперсной пыли. Массовая концентрация пыли в очищаемом газе для слабо слипающихся пылей – не более 1000 г/м^3. Температура очищаемого газа

– не более 400°С. Нельзя применять для токсичных или взрывоопасных выбросов.

Вихревой с подачей потока сверху вниз и эжекторным отводом очищенного газа. Предназначен для технологических процессов, от которых требуется отвести запыленные газы с нестабильными физическими параметрами. В этом случае применение пылеуловителей такого типа позволяет повысить эффективность очистки запыленных газов за счет регулирования, стабилизации и устойчивости процесса газоочистки.

Пылеуловитель ВЗП со встречными закрученными потоками. Предназначен для очистки воздуха от полидисперсной пыли, удаляемой системами аспирации и пневмотранспорта. Отличается высокой эффективностью улавливания мелкодисперсной пыли. Работает по принципу центробежной сепарации частиц из газовой среды. Очищаемый воздух подается в пылеуловитель двумя потоками через патрубки тангенциальных завихрителей. Верхний и нижний потоки, проходя через завихрители, закручиваются навстречу друг другу. Пыль под действием центробежной силы отбрасывается к стенке, смывается нисходящим верхним потоком через кольцевую щель под отбойную шайбу в бункер пылеуловителя.

Эффект Коанда – один из базовых эффектов аэро- и гидродинамики, основанный на свойствах настилающих потоков, в которых скорость слоев вблизи твердой поверхности выше, чем на некотором удалении от нее. Причина этого состоит в том, что трение между твердыми поверхностями и граничными с ней слоями потока меньше, чем между слоями самого потока. Вследствие этого появляется слой с почти нулевой скоростью течения. С применением эффекта Коанда разработано оборудование, которое, кроме решения традиционных проблем очистки промышленных газов и выбросов, может выполнять еще ряд технологических задач — по разделению уловленной пыли на фракции, пневмотранспорту сыпучих и обеспыливанию дробленых материалов.

Пылеуловитель Коанда (рисунок 2) выполнен из вертикально ориентированных сегментов специального профиля. В его нижней части устанавливается бункер, на верхней части смонтирована всасывающая труба, через которую удаляется очищенный газовый поток. При работе плоская струя газопылевого потока поступает в пылеуловитель через щелевое сопло. При этом взвешенные частицы пыли попадают на поверхность торможения, где часть их, теряя свою скорость под действием гравитационных сил, опускается по стенке корпуса в бункер. Эффективность пылеуловителя

Коанда может достигать 99%. Его гидравлическое сопротивление на 30% ниже, чем при очистке газов циклоном.

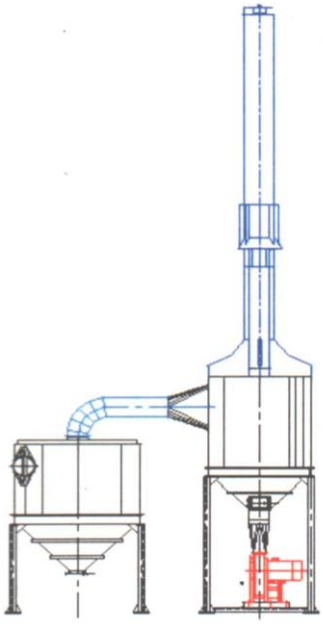

Рисунок 2 – Пылеуловитель Коанда

Технологический процесс электрической очистки газов имеет две разновидности – сухой и мокрой очистки. В первом случае температура газов достаточно высока – выше точки росы паров, находящихся в газах. Практически электрофильтры работают во всех отраслях промышленности, но есть такие технологические процессы, в которых они незаменимы, например, при высоком содержании пыли в несколько десятков и сотен граммов на один кубической метр и температуре очищаемых газов 450°С. Однако электрофильтры относятся к сложному оборудованию, требующему квалифицированного обслуживания.

Осадительные электроды фильтров — коронирующие, прутковые безрамной конструкции из проволочных элементов диаметром 2,5 мм, натянутые грузами. Высота электродов 7,5 м, 10 м; площадь активного сечения – 20, 30, 40, 60 м”; межэлектродный шаг – 260, 300 мм; количество электрических полей – 3-4; запыленность газов на входе – не более 50 г/м*. Встряхивание осадительных и коронирующих электродов ударно-молотковое.

Электростатические фильтры предназначены для очистки промышленных газов, действие которых основано на создании электрических зарядов на частицах пыли и их осаждении на электродах. Использование этих фильтров нового поколения позволяет автоматизировать процесс управления и увеличить межремонтный период на 30%. Электрофильтры снабжены механизмами встряхивания электродов, удаления осажденной пыли (в сухих электрофильтрах) или форсунками для смыва пыли (в мокрых электрофильтрах). Наиболее распространены вертикальные электрофильтры.

Гидравлическое сопротивление электрофильтров – 150–200 Па при скорости газа 1,5–1,8 м/с. Коэффициент очистки 98%. Производительность – до 300 тыс. м”/ч.

2. Описание лабораторной установки

Установка предусматривает изучение конструкции и принципов работы пылеулавливающего циклона с встречно-закрученными потоками и фильтра (рисунок 3). Поток воздуха через циклон и фильтр создается с помощью высоконапорной воздуходувки, попеременное подключение которых осуществляется с помощью гибкого шланга.

Воздух засасывается через нижний штуцер (II), снабженный регулировочным краном и далее через четырехзаходное завихрительное устройство подается во внутрь корпуса. Так же воздух всасывается через верхнюю насадку с двумя тангенциальными входами. Поток воздуха (I) всасывается через регулировочный кран, через второй (III) подается среднедисперсная пыль (манка, песок и др. с размером частиц более 10 мкм).

При подключении фильтра воздух забирается по линии VI и очищается в фильтре. В процессе испытаний можно менять фильтрующие элементы. Сопротивление пылеуловителя ВЗП и фильтра измеряется с помощью дифференциальных манометров. Использование частотного регулятора позволяет менять расход воздуха за счет изменения числа оборотов электродвигателя воздуходувки.

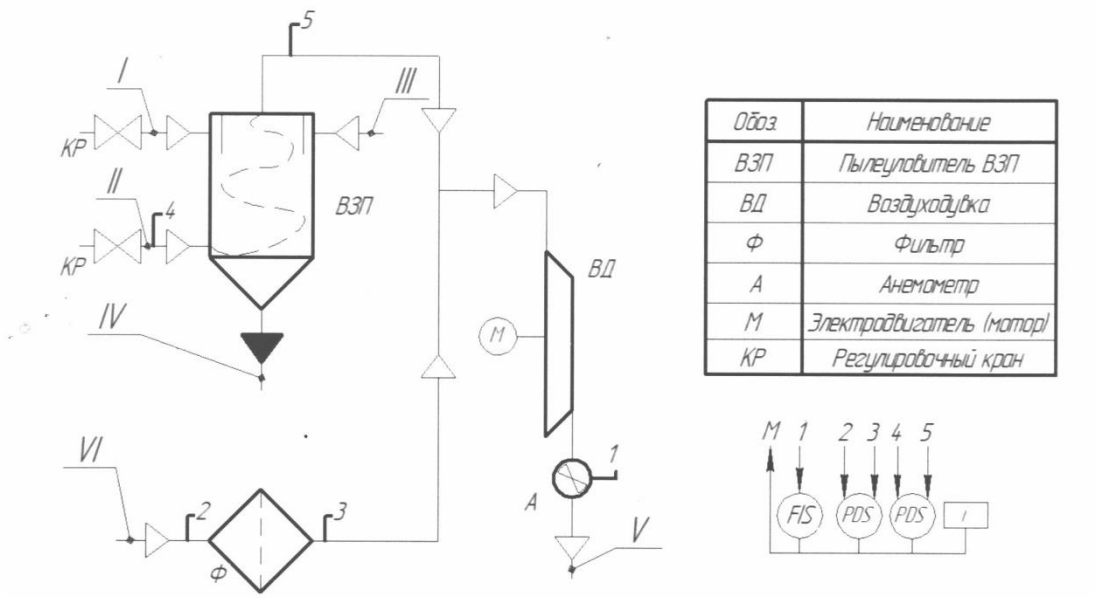

Рисунок 3 — Схема установки пылеулавливания

Замеряемые параметры

1 – Скорость воздуха

2, 3 – Разность давлений на фильтре, $\Delta P_{Ф}$

4, 5 – Разность давлений на пылеуловителе ВЗП, $\Delta P_{ВЗП}$

3. Порядок проведения работы:

1. Подключить стенд к сети 220 В.
2. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу «MeasLAB»: Пуск → Программы → MeasLAB → «Газоочистка».
3. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и расположением приборов. Составить ее описание и заготовить таблицы 1 и 2 для регистрации результатов испытаний.
4. Включить питание стенда кнопкой «Сеть».
5. Подключить воздуходувку с помощью гибкого шланга к пылеуловителю ВЗП.
6. В программе «MeasLAB» выставите частоту вращения 0 Гц и нажмите кнопку «Задать частоту».
7. На частотном преобразователе нажмите кнопку «Пуск».
8. В загрузочную воронку насыпьте небольшое количество пыли (манку или др.) и кранами отрегулируйте поток так, чтобы был виден вращающийся поток частиц.
9. После повторите задание частоты на 20 Гц, двигатель выйдет на требуемую частоту.
10. Запишите показания приборов в таблицу 1, давления измеряются в Паскалях.
11. Проведите аналогичный эксперимент на частотах 25, 30, 45 Гц и занесите данные в таблицу.
12. Подключите воздуходувку с помощью гибкого шланга к фильтру.
13. Меняя фильтрующие элементы, проведите эксперименты, результаты занесите в таблицу 2.
14. Произведите обработку данных по соответствующим формулам и ответьте на контрольные вопросы.

4. Обработка данных

Секундный расход воздуха определяется по полученному графику в разделе «График» программы. Скорость воздуха на выходе из воздуходувки рассчитывается по следующей формуле (м/с):

$$w = V/f, \tag{1}$$

где $f = \pi d^2/4$ — площадь сечения выходного патрубка воздуходувки (м^2), диаметр выходного отверстия воздуходувки – 0,03м.

Коэффициент сопротивления пылеуловителя ВЗП находим по формуле:

$$\xi_{\text{ВЗП}} = \frac{2 \cdot \Delta P_{\text{ВЗП}}}{w_{\text{ВЗП}}^2 \cdot \rho}, \tag{2}$$

где $\Delta P_{\text{ВЗП}}$ – перепад давления на ВЗП, Па;

ρ = 1,29 (кг/м^3) – плотность воздуха.

Скорость воздуха в ВЗП определяем по формуле:

$$w_{\text{ВЗП}} = w \cdot \frac{f}{f_{\text{ВЗП}}}, \tag{3}$$

где $f_{ВЗП}$ – площадь сечения ВЗП, м^2, внутренний диаметр корпуса ВЗП равен $d_{ВЗП}$= 0,046 м.

Коэффициент сопротивления фильтра рассчитываем по формуле:

$$\xi_{Ф} = \frac{2 \cdot \Delta P_{Ф}}{w_{Ф}^2 \cdot \rho}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{Ф}$ – перепад давления на фильтре, Па;
Скорость воздуха в фильтре определяем по формуле:

$$w_{Ф} = w \cdot \frac{f}{f_{Ф}}, \quad (5)$$

где $f_{Ф}$ – площадь сечения фильтра, м^2.

Таблица 1. Результаты испытаний пылеуловителя ВЗП

Частота вращения, Гц	Скорость воздуха, $w_{ВЗП}$, м/с	Перепад давления на ВЗП $P_{ВЗП}$, Па	Расход воздуха V, м^3/с	Коэффициент сопротивления циклона, $\xi_{ВЗП}$
20				
25				
30				
45				

Таблица 2. Результаты испытаний фильтра

Частота вращения, Гц	Скорость воздуха, $w_{Ф}$, м/с	Перепад давления на ВЗП $\Delta P_{Ф}$, Па	Расход воздуха V, м^3/с	Коэффициент сопротивления циклона, $\xi_{Ф}$
Фильтрующий элемент на базе синтепона				
20				
25				
30				
45				

Форма отчетности

1. Краткое описание работы установки
2. Схема установки
3. Результаты измерений
4. Анализ режимов работы установки

Контрольные вопросы

1. Опишите принцип работы циклона.
2. Какие существуют ограничения по использованию циклонов?
3. В чем отличие пылеуловителя ВЗП от циклона?
4. Расскажите о методах очистки воздуха от среднедисперсной пыли.
5. Какие существуют фильтры?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 3-е. В 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. — М.: Химия, 2002. – Кн.1. – 400 с.; кн. 2. – 368 с.

2. Павлов К.Ф Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. 9-е изд., пер. и доп. / К.Ф. Павлов, Н.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.

3. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов. / Под. ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 6-е изд., перераб. и доп. — Л: Химия, 1990. – 272 с.

Сводный план 2022 г., поз. 43

Абикенова Асель Амангельдиевна
Санатова Тоты Сабировна
Джамбаева Алтынай Зиятқызы

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗООЧИСТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов всех образовательных программ

Редактор: Жанабаева Е.Б.
Специалист по стандартизации: Ануарбек Ж.А.

Подписано в печать _____ Формат 60×84 1/16
Тираж 50 экз. Бумага типографская № 1
Объем 0,76 уч.-изд. л. Заказ ____ Цена 380 тенге.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, Байтурсынова, 126/1