

**УДК 504.062; 504.052**

Сысолятин А.С., Китаев А.В., Ушаков К.Ю., студенты группы  
ТЭб-121, Чемакин М.А., Крюков С.В., студенты группы ТЭб-132

Научный руководитель: А.Р. Богомолов, д.т.н., доцент, заведующий  
кафедрой теплоэнергетики

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.  
Горбачева

г. Кемерово

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ.**

В настояще время в мире сильно развивается промышленность, возрастае количество предприятий, вырабатывающих энергию и выбрасывающих в атмосферу огромное количество вредных веществ.

На данный момент установлено, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство. Одними из основных источников загрязнений являются теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ, оксиды азота; металлургические предприятия, которые выбрасывают в окружающую среду и другие вредные выбросы: сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка

Ежедневно в атмосферу выбрасываются тысячи тонн угарного газа, окислов азота, серы и других вредных веществ. Только 10% общего объема выбросов поглощается растениями. Окись серы (сернистый газ) – основной загрязнитель, источником которого являются тепловые электростанции, котельные, металлургические заводы [1, 2].

Выбросы двуокиси серы и окислов азота, порождают кислотные дожди, которые уничтожают урожай, растительность, вредно сказываются на состоянии рыбных запасов. Наряду с сернистым газом отрицательное воздействие на состояние атмосферы оказывает углекислый газ, который образуется в результате горения. Его источники – тепловые электростанции, металлургические заводы, транспорт. За все предшествующие годы доля углекислого газа в атмосфере увеличилась на 40% и продолжает увеличиваться на 0,2% в год.

Для борьбы с загрязнением воздуха установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ – выброс в атмосферу, измеряемые на уровне дыхания человека, т.е. на высоте 1,5 м от уровня поверхности Земли. Так, например, ПДК в районе расположения

котельных не должна превышать для золы и сернистого газа  $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ , окислов азота  $0,06 \text{ мг}/\text{м}^3$  и т.д.

В силу того, что котельные являются источником загрязнения воздушного бассейна, выбор места для их размещения регламентирован, а сами котельные должны быть расположены с подветренной стороны ближайших жилых и промышленных объектов и иметь санитарно-защитные зоны определенных размеров (от 15 до 200 м), зависящих от вида и качества топлива. При выборе размеров санитарно-защитной зоны предполагается, что дымовые газы в значительной степени очищены от содержащихся твердых частиц уноса и золы. В случае невозможности создания санитарно-защитной зоны необходимых размеров, например, при осуществлении встроенных в общественные и жилые здания котельных установок, их теплопроизводительность ограничивается величиной, обусловленной качеством топлива. [3]

Для улавливания твердых частиц из дымовых газов существуют сухие и мокрые золоуловители. Аппараты для сухой очистки дымовых газов основаны на использовании сил инерции, тяжести и центробежных или на образовании коронного разряда между электродами и направленного движения газа, несущего твердые частицы к положительному электроду, на котором частицы осаждаются. Принцип действия циклона основан на закручивании тангенциальным коробом входящего запыленного потока дымовых газов с последующим изменением направления движения (резким поворотом). Эффективность очистки газов циклонами около 90%. Эффективность же электрофильтров составляет 91%. [3]

К мокрым золоуловителям относятся центробежные скруббера ЦС-ВТИ, скруббера Вентури, мокро прутковые золоуловители МП-ВТИ и пенные газоочистители. По результатам многочисленных исследований и промышленных испытаний наиболее эффективным из них является скруббер Вентури (рис. 2). В нем осуществляется поглощение  $\text{SO}_2$  поглотителем, который из резервуара насосом подается на распыл в форсунку. Газожидкостная смесь после скруббера направляется в циклон, где происходит разделение на жидкую и газообразную фазы.

Для проведения исследований эффективной технологии улавливания вредных выбросов дымовых газов была разработана схема экспериментальной установки (рис. 1) [1]. Произведен расчет элементов основного оборудования: скруббера (трубы) Вентури и циклона на принятые в математической модели расходные характеристики абсорбента и абсорбива (рис. 2). Подробно рассмотрен принцип работы экспериментальной установки, измеряемые параметры и диапазон измерений, методика измерений и методика проведения исследований.

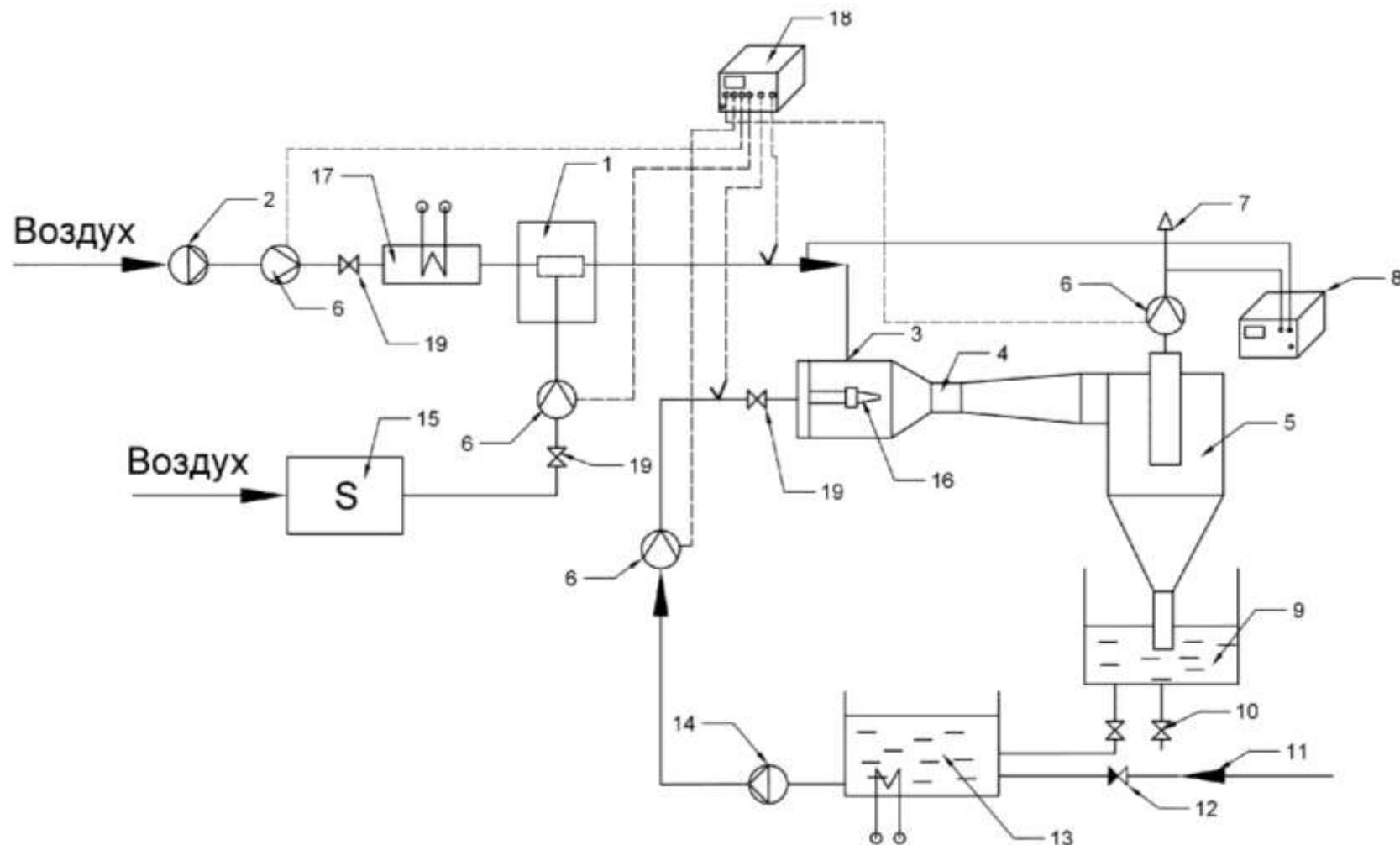


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

1 – инжекционное устройство; 2 – воздуходувка; 3 – ввод газовоздушной смеси в скруббер; 4 – скруббер Вентури; 5 – циклон; 6 – расходомер; 7 – выход очищенной газовой смеси; 8 – газоанализатор; 9 – резервуар; 10 – вентиль; 11 – вход подпиточного поглотителя; 12 – обратный клапан; 13 – резервуар для поглотителя; 14 – насос; 15 – печь; 16 – форсунка; 17 – подогреватель воздуха; 18 – аналогово-цифровая система контроля и измерения; 19 – регулировочный вентиль

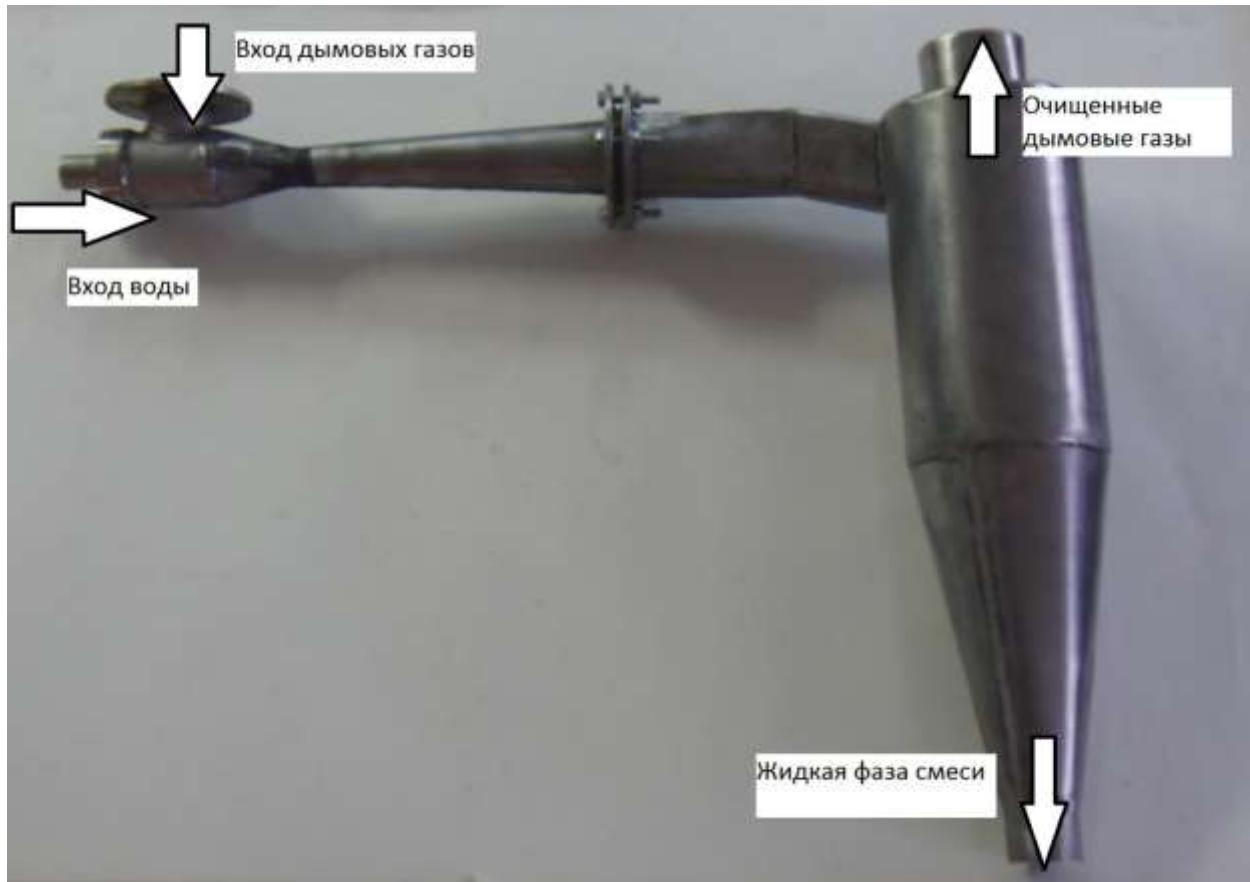


Рисунок 2 – Скруббер Вентури с циклоном

Экспериментальные исследований будут проведены при следующих расходных характеристиках:

- коэффициент орошения  $q$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^3$  – 0,015;
- начальная скорость капель  $V_{k0}$ ,  $\text{м/с}$  – 4,0;
- начальный размер капель  $d_{k0}$ ,  $\text{мкм}$  – 136,83;
- начальная температура капель  $T_{k0}$ ,  $\text{К}$  – 333;
- начальная скорость парогазового потока  $U_0$ ,  $\text{м/с}$  – 80;
- начальная концентрация  $\text{SO}_2$   $d_{10}$ ,  $\text{кг/кг сух. воздуха}$  – 0,1;
- начальное влагосодержание  $d_{n0}$ ,  $\text{кг/кг сух. воздуха}$  – 0,2;
- диаметр горловины ТВ,  $\text{м}$  – 0,02;
- длина диффузора  $l$ ,  $\text{м}$  – 0,2;
- угол раствора диффузора, град. – 6;
- начальная концентрация  $\text{SO}_2$  в капле  $c_{k1,0}$ ,  $\text{кг/кг воды}$  – 0;
- начальная концентрация частиц пыли в потоке  $C$ ,  $\text{г/м}^3$  – 0.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный принцип работы экспериментальной установки позволяет осуществлять проведение опытов в необходимом и широком диапазоне изменения определяющих параметров: температуры сред, концентрации компонентов на входе и выходе из поглотителя-абсорбера, расходы газового и жидкостного потоков.

2. Произведенные гидродинамические расчеты стали основой конструкторского проекта, в результате чего были разработаны и изготовлены элементы основного оборудования. Подобрано вспомогательное оборудование.

3. Результаты исследований позволяют подобрать пару абсорбтив-абсорбент, позволяющую достигнуть более эффективного улавливания SO<sub>2</sub> из газовой смеси по сравнению с существующей и применяемой схеме очистки на производстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках соглашения № 14.583.21.0004 ФЦП, RFMEF158314X0004.

## Список литературы:

1. Рамм, В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Изд-во «Химия», 1976. – 655 с.
2. Путилов, А. В. Охрана окружающей среды/ А. В. Путилов. – М., 2003. –154 с.
3. Роддатис, К.Ф. Котельные установки/ К.Ф. Роддатис. – М.: Энергия, 1997. – 432 с.