

Е.А. ЕРЕМЕЕВ, студент гр. ТЭб-231 (КузГТУ)  
И.П. ШЕЛЕМЕТЬЕВ, студент гр. ТЭб-221 (КузГТУ)  
Н.Д. ВИЛИСОВ, аспирант гр. ТТа-241 (КузГТУ)  
Научный руководитель В.З. ГОРИНА старший преподаватель (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Одним из основных источников загрязнения воздуха твердыми частицами являются выбросы от сжигания твердого топлива. Данные загрязнения оказывают значительное воздействие на экологию и здоровье легких жителей, находящихся вблизи промышленных предприятий. Эффективная очистка данных газов с каждым годом становится все более актуальной и важной в связи с ужесточением экологических норм, требованию к качеству атмосферного воздуха и частых жалоб жителей городов.

Существует несколько методов очистки дымовых газов от загрязнения, к таким методам относят сухую (циклонные, рукавные, электростатические фильтры) и мокрую (Скрубберы Вентури) очистку [1]. Одним самых распространённых является последний способ очистки, скруббер Вентури. В данном устройстве газовый поток с большой скоростью контактирует с оросительной жидкостью. Хотя мокрые скрубберы в целом эффективны, однако даже они не всегда обеспечивают соответствие современным экологическим нормам.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности мокрой очистки является использование ультразвукового (УЗ) воздействия, усиливающего процесс коагуляции частиц золы и капель жидкости. При наложении акустического поля высокой интенсивности мелкие частицы приобретают дополнительное колебательное движение, в следствии чего сближаются и объединяются в более крупные агрегаты, что значительно повышает вероятность их захвата водой.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на выявления эффективностей использования ультразвукового поля при улавливании частиц. Данные исследования показывают, что при внедрении ультразвука в зону скруббера Вентури увеличивается эффективность улавливания золы уноса до 98-99%, а концентрация мелких частиц (менее 5 мкм) снижается более чем в 15 раз [2-5]. Это делает ультразвуковую коагуляцию одним из наиболее перспективных способов модернизации существующих золоулавливающих установок.

Целью данной работы является разработка экспериментальной установки по очистке дымовых газов, основанной на работе скруббера Вентури с внедрением ультразвукового поля, предназначенного для интенсификации процесса коагуляции и улавливания золы уноса.

На рисунке 1 показана схема трубы Вентури, изготовленная из нержавеющей стали, принцип работы которой основан эффекте Вентури, являющемся следствием закона Бернулли, согласно которому при прохождении потока через конфузور его поперечное сечение уменьшается, что вызывает увеличение скорости движения среды и снижение давления. Затем поток проходит через горловину, где достигается максимальная скорость и минимальное давление. После прохождения горловины среда попадает в диффузор, где сечение увеличивается, скорость потока снижается, а давление восстанавливается. В быстро движущемся газовом потоке возникают завихрения, которые дробят распылённую форсунками жидкость на капли, которые обволакивают пылевые частицы, вызывая их слипание.

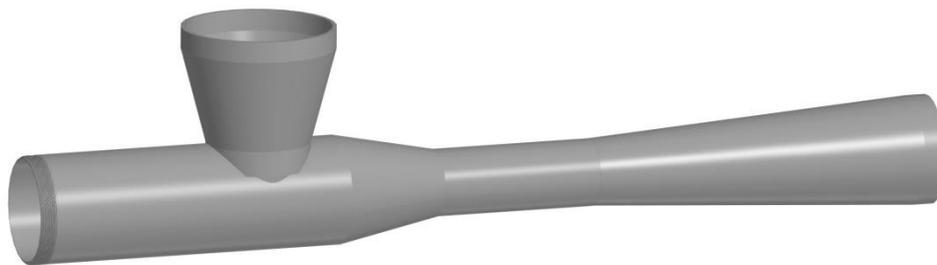


Рис. 1. Труба Вентури

Труба Вентури является частью экспериментальной установки, представленной на рисунке 2, для очистки дымовых газов путем увеличения скорости потока и создания условий для интенсивного взаимодействия частиц золы с очищающей средой. Применение ультразвука в сочетании с трубой Вентури позволяет дополнительно разрушать агломераты загрязняющих веществ, улучшая качество очистки и снижая выброс вредных компонентов в атмосферу.

Принцип работы установки заключается в следующем. В трубу Вентури 3 подают воду и золу, тем самым происходит интенсивное взаимодействие с каплями воды. Также происходит подача воздуха совместно с УЗ воздействием преобразователя 2. Ультразвук возбуждает газожидкостные микроколебания, усиливая ортокинетический механизм (увеличение скорости частиц и капель) и гидродинамический механизм (притяжение частиц к каплям за счет несимметричного акустического поля). После трубы поток попадает в емкость 4, тангенциально закручиваясь и осаждаясь на стенках. В результате наложения ультразвукового поля на газожидкостную среду усиливаются процессы коагуляции и агломерации частиц золы,

что способствует их укрупнению и более эффективному захвату каплями воды. Измерение концентрации золы в объеме очищенного воздуха осуществляют на выходе из установки 5.

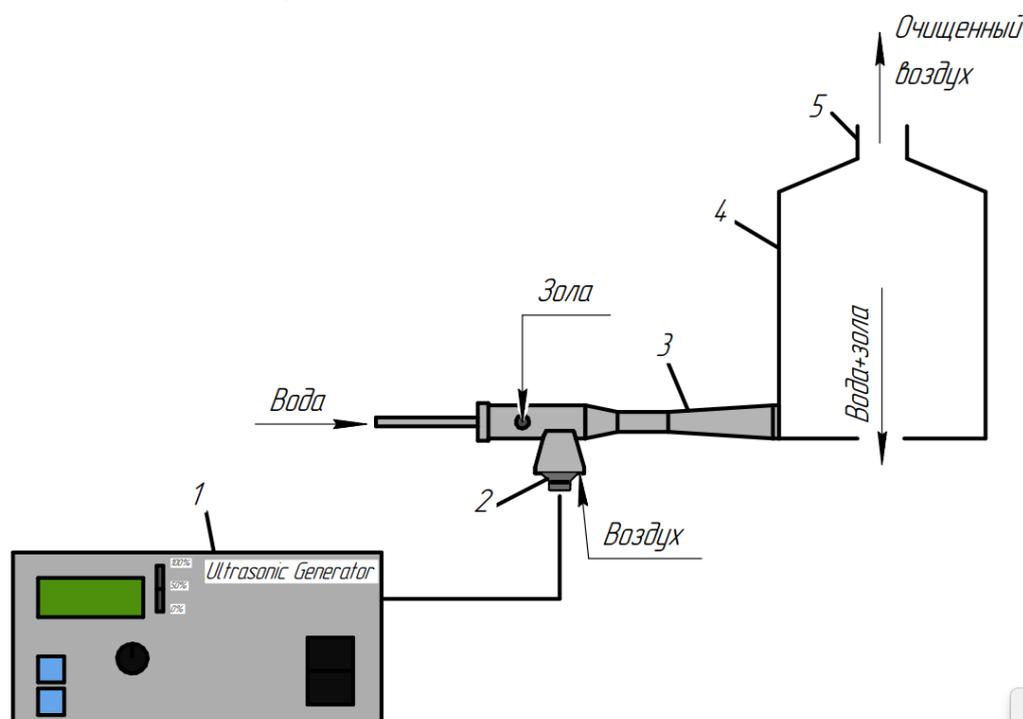


Рис. 2. Схема установки Скруббера Вентури: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – ультразвуковой преобразователь; 3 – труба Вентури; 4 – емкость для разделения/очистки; 5 – измерение концентрации золы в объеме очищенного воздуха

Для создания акустического поля в установке применяется ультразвуковой генератор Ultrasonic Generator (производитель: Китай), характеристики которого показаны в таблице 1. Диапазон регулирования мощности составляет 10...100%. Для получения ультразвука используется преобразователь, имеющий аналогичную частоту 20 кГц мощностью 100 Вт.

Таблица 1

Технические характеристики УЗ генератора

Параметр	Значение
Частота воздействия	20 ± 3 кГц
Мощность	2000 Вт

Известно, что после очистки на выходе из газоочистного оборудования дымовые газы имеют запыленность не более 0,25 г/м<sup>3</sup>, что соответствует современным экологическим требованиям для ТЭЦ и промышленных котлов [2].

При достижении оптимальных параметров эффективность очистки дымовых газов составляет порядка 98,2-99,2%, что превышает показатели

стандартных мокрых скрубберов на 3-5%. Особенно выраженный эффект наблюдается при мелкодисперсных частицах (менее 5 мкм), концентрация которых снижается до 15 раз [2].

Данная установка в дальнейшем будет использована в экспериментальных исследованиях по определению концентрации золых частиц после ультразвуковой очистки в трубе Вентури.

#### Список литературы:

1. Соколов, Б. В. Котельные установки и их эксплуатация : учебник для нач.проф.образования / Б. В. Соколов. – 3-е издание. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с. ISBN 978-5-7695-4933-5.

2. Хмелев, В. Н. Ультразвуковая коагуляция в скрубберах вентури: особенности реализации и эффективность применения / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, С. Н. Цыганов и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2020. – №5. – с. 128-139. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=43037511> (дата обращения: 22.10.2025).

3. Хмелев, В. Н. Исследование режимов ультразвукового воздействия для распыления различных по свойствам жидкостей / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. С. Доровских // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2020. – с. 111-119. – DOI: 10.17277/vestnik.2017.01.pp.111-119.

4. Хмелев, В. Н. Повышение эффективности золоулавливающей установки с помощью высокоинтенсивного ультразвукового воздействия / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. Н. Голых // Ползуновский вестник № 4. – 2014. – с. 36-41. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=23532031> (дата обращения: 22.10.2025).

5. A mechanistic explanation of the increase in particle scavenging in the ultrasonic scrubber / W. Ran, J.R. Saylor // Journal of Aerosol Science, 2015. – p. 88-101. – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2015.05.005>.

#### Информация об авторах:

Еремеев Егор Артемович, студент гр. ТЭБ-231, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [erem.eg@mail.ru](mailto:erem.eg@mail.ru)

Шелеметьев Илья Павлович, студент гр. ТЭБ-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [shelemetev03@mail.ru](mailto:shelemetev03@mail.ru)

Вилисов Никита Дмитриевич, аспирант гр. ТТа-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [vilisovnd@kuzstu.ru](mailto:vilisovnd@kuzstu.ru)

Горина Вероника Зиннуровна, старший преподаватель кафедры теплоэнергетики, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [gorinavz@kuzstu.ru](mailto:gorinavz@kuzstu.ru)