

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/MEBG1583>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 37.01.94

<https://doi.org/10.48081/BVIM9546>***С. Н. Камарова¹, В. Л. Исаев², Е. Г. Нешина³**¹ *Карагандинский индустриальный университет,**Республика Казахстан, г. Темиртау*^{2,3} *Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,**Республика Казахстан, г. Караганда*¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8464-7204>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1187-4638>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>^{*}e-mail: cfekt.rfvfhidf@mail.ru

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКРУББЕРАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

В данной статье представлены методы расчета известных конструкций скрубберов Вентури «Сибэлком», для выявления условий обеспечения скрубберами экологической чистоты дымовых газов тепловых электрических станции. Обеспечения экологической безопасности выбросов дымовых газов является формирование идеального топочного процесса с полным окислением элементов в составе рабочего топлива, с полным его тепловыделением и применением скрубберов способных удалять вредные газовые компоненты.

Методика определения параметров дымовых газов включает в себя в себя несколько ключевых этапов, которые помогают оптимизировать выбор и конструкцию скруббера. Расчет расходов газа и жидкости, а также скорости их движения – это важный аспект для обеспечения эффективного взаимодействия между фазами. Определение оптимальных геометрических параметров скруббера, таких как диаметр, высота и форма, позволяет увеличить площадь поверхности контакта, что повышает эффективность процесса очистки. Анализ процессов массообмена

и переноса массы в скруббере, дает возможность оценить его способность к удалению загрязняющих веществ из дымовых газов, а также сделать анализ затрат на проектирование, установку и эксплуатацию скруббера, чтобы определить его экономическую целесообразность с точки зрения снижения затрат на очистку дымовых газов.

Использование этих методов позволяет разработать оптимальный дизайн скруббера, который обеспечивает эффективную очистку дымовых газов и соответствует требованиям экологической безопасности.

Ключевые слова: скруббер, дымовые газы, труба Вентури, топочный процесс, пылезолонос.

Введение

Скруббер является устройством для очистки дымовых газов ТЭЦ [1; 2, с. 113] и котельных, сжигание твердых, жидких и газообразных топлив в котлах требует комплексного подхода к проектированию и эксплуатации оборудования. Котлы, работающие на комбинированном топливе, должны проектироваться с учетом специфических характеристик каждого типа топлива. Комбинирование различных видов топлива может способствовать снижению вредных выбросов в атмосферу, что особенно актуально в условиях строгого экологического законодательства.

Свойство дымовых газов определяет топочный процесс в топке, вид сжигаемого топлива. Сложный состав имеют дымовые газы при сжигании рабочей массы твердых топлив: каменных и бурых углей. Состав угля [3, с.18] определяет его поведение при сжигании, чем выше содержание углерода и водорода, тем выше теплотворная способность угля.

В процессе сжигания топлива происходит окисление углерода, водорода и серы. Окисление углерода приводит к образованию (CO_2), а окисление водорода к образованию воды (H_2O). Постоянный доступ кислорода необходим для поддержания этих реакций.

При сжигании мазута или других жидких топлив могут образовываться нестойкие продукты, такие как маслянистые смолы, которые могут влиять на систему сжигания и требовать дополнительной обработки, например, улавливания

Сжигание природного газа считается более чистым по сравнению с углём и мазутом, благодаря его более высоким показателям теплотворности и низкому содержанию серы.

Характерной структурной схемой конструкции скруббера является скруббер Вентури. Скруббер Вентури «Сибэлком» [4, сс. 72-74] включает трубу Вентури. В верхней зоне трубы Вентури выполнен прямоточный каплеуловитель и горловина для вывода очищенных дымовых газов, в нижней зоне трубы Вентури выполнен бак-отстойник очищенных выбросов дымовых газов. К трубе Вентури «Сибэлком» тангенциально установлен конфузорно-диффузорный подвод дымовых газов из газохода котла, в горловине конфузора установлено брызгальное устройство для орошения входящих дымовых газов осветленной водой из бака-отстойника, подаваемой насосом.

Материалы и методы

Известны конструкции скрубберов «Планета ЭКО» [5] и другие типы скрубберов [6; 7]. Общая схема очистки дымовых газов от пылезолоуноса в этих конструкциях заключается в использовании центробежного потока дымовых газов из тангенциального подвода диффузора. Под действием центробежной силы пылегазовый поток разделяется, тяжелые пылевые включения пылезолоуноса прижимаются центробежной силой к увлажненным стенкам трубы Вентури и смываются внизходящим потоком в бак-отстойник.

Скрубберы Вентури являются важной технологией для очистки дымовых газов от твердых частиц, таких как зола, а также других загрязняющих веществ [8]. Скруббер Вентури с регулируемым сечением состоит из конвергентной и дивергирующей частей, создающих изменение давления, когда дымовые газы проходят через горловину происходит увеличение скорости дымовых газов и падение давления, что создает условия для образования вихрей. Эти вихревые потоки обеспечивают эффективное взаимодействие между газами и жидкостями.

Для обеспечения эффективной очистки дымовых газов от окислов углерода, азота и серы, а также от золоуноса, необходимо проведение химического анализа дымовых газов и определение температуры дымовых газов. Комплексный подход к расчету и проектированию скрубберов для эффективной очистки дымовых газов включает в себя анализ исходных

данных, выбор подходящей конструкции, гидродинамические расчеты, системы удаления золы и создание механизмов мониторинга и управления процессами.

В зависимости от состава дымовых газов и требуемой степени очистки выбирается тип скруббера: водяной, щелочной, сухой и т. д. Необходимо определить расход воды, скорость движения газа и жидкости в скруббере, размеры скруббера и др. Проводится расчет эффективности очистки скруббера, исходя из его конструкции и параметров работы. Проводится анализ затрат на проектирование, установку и эксплуатацию скруббера для оценки его экономической целесообразности. На основе проведенных расчетов и анализа выбирается оптимальный вариант скруббера, который обеспечивает необходимую степень очистки дымовых газов с учетом экономических и экологических факторов.

Идеальный топочный процесс характеризуется полной переработкой топлива, что означает, что все его компоненты окисляются полностью, и отсутствуют остаточные продукты сгорания. В реальной эксплуатации возникают различные факторы (температура, давление, качество топлива и его состав), которые приводят к неполному сгоранию и образованию дымовых газов.

Таким образом, негативные для экологической обстановки среды обитания свойства сложных дымовых газов зависят от свойств составляющих оксидов и пылезолоуноса. Обеспечение экологических норм выбросов в дымовых газах осуществляют их очисткой скрубберами-устройствами очистки. Функции скруббера включают функции удаления пылезолоуноса и нейтрализации полных окислов. Конструкции скрубберов характерны заложенными в них функциями.

Основными функциями всех конструкций скрубберов является:

- отделение смеси окислов, содержащихся в сложных дымовых газах от пылезолоуноса;
- нейтрализация каждого конечного окисла;
- удаления загрязнений из дымовых газов либо по отдельности (пылезолоунос и газовые окислы), либо в составе смеси.

Разработка новых технологий или улучшение существующих, таких как скрубберы на основе мембранной технологии, фильтровальных систем, а также комбинированных очисток (например, использование

каталитических реакторов в сочетании со скрубберами). Комбинирование нескольких технологий очистки в единую систему, позволяющую более точно управлять процессами удаления различных типов загрязняющих веществ, включая полное осаждение углерода и азота. Поиск и использование более эффективных химических реагентов для нейтрализации и удаления CO_2 и NO_x может значительно повысить общую эффективность системы.

Скрубберы играют важную роль в уменьшении выбросов и очистке дымовых газов, однако улучшение их возможностей в нейтрализации углерода и азота, а также в достижении более полного удаления золоноса является задачей для научных исследований и инженерных разработок. Постоянное обновление технологий и внедрение новых методов очистки являются необходимыми шагами для достижения устойчивых экологических стандартов.

Результаты и обсуждение

В основу методики расчета скруббера Вентури лежит закон Бернулли (1), который устанавливает зависимость скорости идеального газового потока, его давления в различных сечениях трубы Вентури при прохождении дымовых газов:

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{\vartheta_1^2}{2} = gZ_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{\vartheta_2^2}{2} \quad (1)$$

Удельная механическая энергия жидкости — это энергия, которая относится к единице массы жидкости. Она включает в себя различные компоненты, представляющие потенциальную и кинетическую энергию. Удельная энергия жидкости есть энергия, отнесенная к единице ее массы [10], где gZ -удельная энергия положения; $\frac{p}{\rho}$ - удельная энергия давления, энергия демонстрирует, на какую высоту может подняться данный объем жидкости при отсутствии других сил – это отношение давления к плотности дает представление о потенциальной энергии, связанной с давлением; $gZ + \frac{p}{\rho}$ – удельная потенциальная энергия жидкости; $\frac{\vartheta^2}{2}$ - удельная кинетическая энергия жидкости, отражает кинетическую энергию жидкости, связанную с её движением. Чем выше скорость, тем больше кинетическая энергия

Полная удельная механическая энергия идеальной движущейся жидкости:

$$H \cdot g = Z \cdot g + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

Уравнение (1) после преобразований приводится к размерности давления (Па):

$$\rho g Z_1 + P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \rho g Z_2 + P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (3)$$

где $\rho g Z$ - весовое давление;

P - гидростатическое давление;

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление.

В реальном потоке вязкой жидкости распределение скоростей в сечении неравномерное.

Допускаем, что гидростатический напор в сечении потока для всех точек рассматриваемого сечения одинаковый:

$$Z + \frac{P}{\rho g} = \text{const}$$

Уравнение Бернулли, как известно, описывает, как изменяются различные формы энергии в потоке жидкости. В случае с вязкими жидкостями, уравнение адаптируется с учетом потерь энергии на трение и неравномерности распределения скоростей $\alpha = \frac{v_g}{v_{ng}}$, есть отношение действительной кинетической энергии потока вязкой жидкости к ее значению при равномерном распределении скоростей в идеальной жидкости:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \cdot \frac{v_{cp1}^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \cdot \frac{v_{cp2}^2}{2g} + \sum hn, \quad (4)$$

где hn – потери энергии, включают все потери, связанные с трением, изменениями направления, расширением и сжатием потока, а также расходами на работу оборудования.

Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости (1, 2, 3) есть закон сохранения механической энергии, для реальной жидкости это уравнение баланса энергии с учетом потерь (4) [10, с. 71].

Для анализа движения дымовых газов с пылезолоуносом в трубе Вентури используются механические принципы, описывающие динамику потоков в трубопроводах и особенности скрубберов. Движение дымовых газов с пылезолоуносом в трубе Вентури создает сложный поток, в котором участвуют инерция, гравитация и центробежные силы. При вращении потока газов вокруг вертикальной оси (ось oZ) возникают центробежные силы, которые влияют на частицы пыли и другие вещества в потоке. Вихревое движение газов может быть представлено как спиральное, где частицы движутся вдоль винтовой траектории. Инерционное взаимодействие, обозначенное как $\Delta N_{ин}$, учитывает изменения скорости и направления потока в осевом и радиальном направлениях.

Движение частицы пылезолоуноса по винтовой линии цилиндра скруббера Вентури можно рассмотреть, как сложение двух условно равномерных движений. Движение частицы как k -той материальной точке в относительном прямолинейном движении по линии oZ образующей цилиндра:

$$Z_k = f(Z(t)), \quad (5)$$

и переносное движение цилиндра вместе с k -той точкой во вращательном движении вокруг неподвижной оси oZ :

$$\omega_k = f(\omega(t)). \quad (6)$$

Совмещение двух движений, уравнения (5), (6), представляет движение k -той точки по винтовой линии. Степень очистки от пылезолоуноса в дымовых газах определяет разница между исходной суммарной массой частиц пылезолоуноса и интенсивностью убывания массы частиц при выпадении в бак-отстойник.

Сила инерции $\frac{\omega^2 \cdot r}{g}$ на единицу веса, работа этой силы при перемещении вдоль радиуса на расстоянии dr равно: $\frac{\omega^2 \cdot r \cdot dr}{g}$, но при перемещении от радиуса r_1 до r_2 по кривой есть работа этих сил:

$$\frac{\omega^2}{g} \int_{r_1}^{r_2} r \cdot dr$$

После интегрирования получим инерционный напор [9], с.38:

$$\Delta N_{\text{ин}} = \frac{\omega^2}{2 \cdot g} (r_1^2 - r_2^2) \quad (7)$$

Методика расчета движения дымовых газов с пылезолоуносом характеризуется учетом в реальном потоке потери удельной энергии hn в уравнении Бернули (4) и инерционного потока $\Delta N_{\text{ин}}$ (7).

Выводы

Таким образом, методика расчета движения дымовых газов с пылезолоуносом включает учет потерь удельной энергии в реальном потоке и инерционного потока. При движении газов через скруббер происходят потери энергии из-за трения газа о стенки и другие препятствия, а также из-за перемешивания газа и жидкости. Эти потери учитываются в уравнении Бернулли, которое описывает энергетические изменения в потоке. Инерционный поток возникает из-за изменения направления движения газа внутри скруббера, например, из-за изгибов, сужений или расширений каналов. Поток газа обладает инерцией, и при изменении направления движения часть энергии теряется в результате инерции газа.

Учет этих факторов в методике расчета позволяет более точно определить движение дымовых газов с пылезолоуносом внутри скруббера. Точные расчеты потерь энергии и инерционного потока играют ключевую роль в проектировании и оптимизации скрубберов. Максимизация эффективности очистки дымовых газов уменьшает токсичность выбросов и способствует соблюдению экологических норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Голицын, А. Н.** Основы промышленной экологии [Текст]. – М. : Издательский центр «Академия». – 2011. – 240 с.

2 **Кормина, Л. Н., Полянская, А. А.** Пути интенсификации процесса золоулавливания выбросов дымовых газов теплоэнергетических установок [Текст] // Ползуновский Вестник. 2014. – №3. – С. 201–202.

3 **Шарапов, Р. Р., Харламов, Е. В., Агарков, А. М.** Влияния объема аспирируемого воздуха инерционного концентратора на эффективность пылеулавливания [Текст] // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78. – № 11. С. 26-29.

4 Effect of venturi tube structure parameters on degrading rhodamine b dye wastewater with hydrodynamic cavitation technique [Текст] // Zhongbei daxue xuebao (ziran kexue ban), 2017. - №1. – P. 72-77.

5 Форсуночные скрубберы, насадочные и полые: разбор насадок, плюсы и минусы [Электронный ресурс] – URL: <https://fakel-f.ru/blog/forsunochnye-skrubbery> (Дата обращения: 27.04.2024)

6 Системы скрубберов [Электронный ресурс] – URL: – <https://ergil.com/ru/sistemy-skrubberov> (Дата обращения: 27.04.2024)

7 **Чалов, В. А.** Теоретическое обоснование конструктивного совершенствования центробежного пылеуловителя [Текст] // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2011. № 4. С. 68–70.

8 **Вольчин, И. А.** Влияние уровня нагрузки котлоагрегата ТЭС и расхода орошающей воды на эффективность мокрого скруббера Вентури [Текст] // Энергетика и электрификация. – 2012. – № 10. – С. 24–28.

9 **Уваров, В. А., Подпороин, Б. Ф., Семенов, А. С.** Методы и средства очистки вентиляционных выбросов [Текст]. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2013. – 96 с.

10 **Панин, В. Ф., Сечин, А. И., Федосова, В. Д.** Экология: Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления Глобального экологического кризиса: учебник для вузов [Текст]. - Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2014. – 327 с.

REFERENCES

1 **Golicyn, A. N.** Osnovy promyshlennoj ekologii [Fundamentals of industrial ecology]. – Moscow: Publishing center «Academy», 2011. – 240 p.

2 **Kormina, L. N., Polyanskaya, A. A.** Puti intensivifikacii processa zoloulavlivaniya vybrosov dymovyh gazov teploenergeticheskikh ustanovok [Ways to intensify the process of ash collection of flue gas emissions from thermal power plants] [Text] // Polzunovsky Vestnik. 2014. – No. 3. – R. 201–202.

3 **Sharapov, R. R., Harlamov, E. V., Agarkov, A. M.** Vliyaniya ob"ema aspiriruemogo vozduha inercionnogo koncentratora na effektivnost' pyleulavlivaniya [The effect of the volume of aspirated air of the inertial concentrator on the efficiency of dust collection] [Text] // Mechanization of construction. – 2017. Vol. 78. No. 11. P. 26–29.

4 Effect of venturi tube structure parameters on degrading rhodamine b dye wastewater with hydrodynamic cavitation technique [Text] // Zhongbei daxue xuebao (ziran kexue ban), 2017. – No. 1. – P. 72–77.

5 Forsunochnye skrubbery, nasadochnye i polye: razbor nasadok, plyusy i minusy [Nozzle scrubbers, nozzle and hollow: disassembly of nozzles, pros and cons] [Electronic resource]. – URL: – <https://fakel-f.ru/blog/forsunochnye-skrubbery> (Date of access: 04/27/2024)

6 Sistemy skrubberov [Scrubber systems] [Electronic resource] – URL: – <https://ergil.com/ru/sistemy-skrubberov/> (Access date: 04/27/2024)

7 **CHalov, V. A.** Teoreticheskoe obosnovanie konstruktivnogo sovershenstvovaniya centrobezhnogo pyleulovatelya [Theoretical justification of the constructive improvement of the centrifugal dust collector] [Text]. // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. – 2011. № 4. P. 68–70.

8 **Vol'chin, I. A.** Vliyaniye urovnya nagruzki kotloagregata TES i raskhoda oroshayushchej vody na effektivnost' mokrogo skrubbera Venturi [The influence of the load level of the TPP boiler unit and the flow of irrigation water on the effectiveness of the wet Venturi scrubber] [Tekst] // Energy and electrification. - 2012. – № 10. – P. 24–28.

9 **Uvarov, V. A., Podporinov, B. F., Seminenko, A. S.** Metody i sredstva ochistki ventilyacionnyh vybrosov [Methods and means of cleaning ventilation emissions] [Text]. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2013. – 96 p.

10 Panin, V. F., Sechin, A. I., Fedosova, V. D. Ekologiya: Obshcheekologicheskaya koncepciya biosfery i ekonomicheskie ryhagi preodoleniya Global'nogo ekologicheskogo krizisa: uchebnik dlya vuzov [Ecology: The general biological concept of the biosphere and economic levers to overcome the Global environmental crisis; review of modern principles and methods of protecting the biosphere: textbook for universities] [Text]. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University. unita, 2014. – 327 p.

Поступило в редакцию 01.05.24

Поступило с исправлениями 19.08.24

Принято в печать 05.09.24

*С. Н. Камарова¹, В. Л. Исаев², Е. Г. Нешина³

¹Қарағанды индустриалды университеті,
Қазақстан Республикасы, Теміртау қ.

^{2,3}Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

01.05.24 ж. баспаға түсті.

19.08.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ТҮТІН ГАЗДАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗАЛЫҒЫН СКРУББЕРЛЕРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ШАРТТАРЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

Бұл мақалада жылу электр станцияларының түтін газдарының экологиялық тазалығын скрубберлермен қамтамасыз ету шарттарын анықтау үшін «Сибелком» Вентури скрубберлерінің белгілі конструкцияларын есептеу әдістері келтірілген. Түтін газдары шығарындыларының экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету жұмыс отынының құрамындағы элементтердің толық тотығуымен, оның толық жылу шығаруымен және зиянды газ компоненттерін кетіруге қабілетті скрубберлерді қолданумен тамаша от жағу процесін қалыптастыру болып табылады.

Түтін газының параметрлерін анықтау әдістемесі скрубберді таңдау мен дизайнды оңтайландыруға көмектесетін бірнеше негізгі қадамдарды қамтиды. Газ бен сұйықтықтың шығынын, сондай-ақ олардың қозғалу жылдамдығын есептеу фазалар арасындағы тиімді өзара әрекеттесуді қамтамасыз етудің маңызды аспектісі болып табылады. Диаметрі, биіктігі және пішіні сияқты скруббердің оңтайлы геометриялық параметрлерін анықтау жанасу бетінің ауданын ұлғайтуға мүмкіндік береді, бұл тазалау процесінің тиімділігін арттырады. Скруббердегі масса алмасу және масса тасымалдау процестерін талдау оның түтін газдарынан ластаушы заттарды кетіру қабілетін бағалауға, сондай-ақ түтін газын тазарту шығындарын азайту тұрғысынан оның экономикалық орындылығын анықтау үшін скрубберді жобалау, орнату және пайдалану шығындарын талдауға мүмкіндік береді.

Бұл әдістерді қолдану түтін газдарын тиімді тазартуды қамтамасыз ететін және экологиялық қауіпсіздік талаптарына сәйкес келетін скруббердің оңтайлы дизайнын жасауға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: скруббер, түтін газдары, Вентури құбыры, жылыту процесі, шаңсорғыш.

* S. N. Kamarova¹, V. L. Isaev², E. G. Neshina³

¹ Karaganda Industrial University, Republic of Kazakhstan, Temirtau

^{2,3} Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov,

Republic of Kazakhstan, Karaganda

Received 01.05.24

Received in revised form 19.08.24

Accepted for publication 05.09.24

CALCULATION METHOD FOR IDENTIFYING CONDITIONS FOR ENSURING ENVIRONMENTAL CLEANLINESS OF FLUE GASES BY SCRUBBERS

This article presents methods for calculating well-known designs of Sibelcom Venturi scrubbers to determine the conditions for ensuring the environmental friendliness of flue gases of thermal power plants with scrubbers. Ensuring the environmental safety of flue gas emissions consists in the formation of an excellent ignition process with complete oxidation of elements in the working fuel, its full heat release and the use of scrubbers capable of removing harmful gas components.

The method for determining flue gas parameters includes several basic steps that will help optimize the selection and design of the scrubber. The calculation of the flow rate of gas and liquid and the speed of their movement is an important aspect of ensuring effective interaction between phases. Determining the optimal geometric parameters of the scrubber, such as diameter, height and shape, allows you to increase the contact surface area, which increases the efficiency of the cleaning process. Analysis of the processes of mass transfer and mass transfer in the scrubber allows you to assess its ability to remove pollutants from flue gases, as well as analyze the costs of designing, installing and operating the scrubber to determine its economic feasibility in terms of reducing flue gas treatment costs.

The use of these methods allows you to create an optimal design of the scrubber, which provides effective flue gas purification and meets environmental safety requirements.

Keywords: scrubber, flue gases, Venturi pipe, furnace process, dust removal.

Теруге 10.09.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржиқова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4277

Сдано в набор 10.09.2024 г. Подписано в печать 30.09.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржиқова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4277

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz