

ИЗМЕРЕНИЯ В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ И КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЫМОВЫХ ТРУБ ТЭС

Аннотация

При контроле выбросов загрязняющих веществ дымовых труб ТЭС остаются нерешенными задачи:

- для больших дымовых труб – оценка расслоения потока и однородности распределения измеряемых величин в измерительных сечениях труб при применении автоматизированных систем контроля (АСК) выбросов из-за невозможности применения перемещаемых зондов в сечениях с длиной измерительной линии больше 4 м и находящихся на высоте;

- для малых дымовых труб – замена намечаемых к применению дорогостоящих АСК выбросов на более дешевые средства контроля.

Авторы статьи предлагают решать упомянутые задачи силами персонала и переносными средствами измерений существующих в стране испытательных лабораторий контроля выбросов загрязняющих веществ, применяя разработанный авторами гибкий тросовый зонд с дистанционным управлением.

Показаны преимущества гибких зондов перед перемещаемыми зондами.

Abstract

When controlling emissions of pollutants from chimneys of TPPs, the following tasks remain unsolved:

- for large chimneys – assessment of flow separation and homogeneity of the distribution of measured values in measuring sections of pipes when using automated emission control systems (ASC) due to the impossibility of using movable probes in sections with a measuring line length of more than 4 m and being at a height;

- for small chimneys – the replacement of the planned to use expensive ASC emissions with cheaper means of control.

The authors of the article propose to solve the above-mentioned tasks by personnel and portable measuring instruments of existing in the country testing laboratories for controlling emissions of pollutants, using the flexible remote-controlled cable probe developed by the authors.

The advantages of flexible probes over movable probes are shown.

В Беларуси примерно на двух десятках дымовых трубах ТЭС контроль выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) выполняется автоматизированными системами контроля (АСК). Контроль выбросов остальных дымовых труб осуществляет персонал испытательных лабораторий. При этом персонал периодически измеряет концентрации ЗВ, скорость и температуру газов и определяет выбросы в находящихся практически на нулевой отметке измерительных сечениях котлов и установок, газы которых поступают в дымовую трубу. Полученный суммарный выброс считается выбросом дымовой трубы. Контролировать выбросы в находящихся на высоте измерительных сечениях дымовых труб для персонала невозможно. В последнее время в теплоэнергетике наметилась тенденция устанавливать АСК выбросов и на относительно небольшие дымовые трубы.

Мы предлагаем решение, которое позволяет контроль выбросов в небольших дымовых трубах осуществлять силами персонала и переносными средствами измерений существующих испытательных лабораторий с нулевой отметки, применяя в находящихся на высоте измерительных сечениях разработанный нами гибкий тросовый зонд с ручным дистанционным управлением.

Периодические измерения концентрации ЗВ, скорости и температуры газов в дымовых трубах обеспечивают реализацию разных целей: определение расслоения потока по результатам измерения концентрации ЗВ [1], оценку однородности распределения концентраций ЗВ и скорости газов в измерительном сечении и определение точки с представительной пробой для АСК выбросов [2], определение выбросов ЗВ (мг/с) [3–6], предпроектное обследование стационарных источников загрязнения атмосферы.

Кроме того известно, что в США реализуют компромиссный метод, когда при работающей АСК выбросов с помощью мобильной измерительной станции в измери-

тельных точках поперечного сечения дымовых труб (рис. 1) измеряют концентрации ЗВ, скорость, температуру и влажность газов, используя перемещаемый зонд и расширенную рабочую площадку.

Посредством анализа результатов измерения мобильной станции и АСК выбросов определяют измерительную точку с представительной пробой, в которую устанавливают начало зонда стационарного газоанализатора АСК.

С учетом особенностей конструкции дымовых труб СНГ и аэродинамики газовых потоков в них еще в большей степени, чем в западных странах, необходимо выполнять периодические измерения концентрации ЗВ, скорости, температуры и влажности газов при контроле выбросов.

Контроль выбросов стационарных источников загрязнения атмосферы осуществляется испытательными лабораториями согласно [3–6], а контроль автоматизированными системами – согласно [7–8]. В теплоэнергетике спроектированы и введены в работу АСК выбросов примерно на 20 дымовых трубах, в которых измерительные сечения диаметром от 5 до 12 м находятся на высотах 50–130 м. При этом остается нерешенной задача оценки расслоения потока [1] и од-

Рис. 1. Расположение измерительных точек

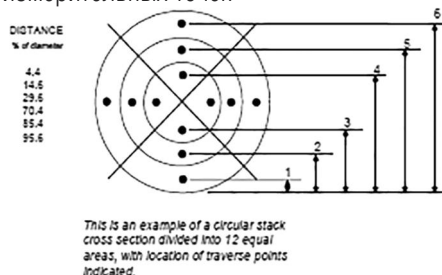




Рис. 2. Зонд с телескопической удочкой

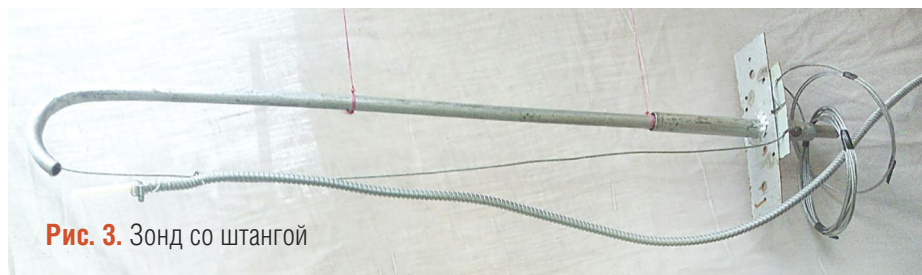


Рис. 3. Зонд со штангой

Технические характеристики зондов

Зонд	Длина, м	Вес, кг	Температура газов, °С
С тросом	от 1 до 16	до 2,5	до 250; от 250 до 450*
С телескопической удочкой	от 0,5 до 3	1,5	до 250; от 250 до 450*
Со штангой	от 0,5 до 3	до 4	до 250; от 250 до 450*

*до 250°С – с гибкой тефлоновой трубкой внутри стального гофрированного шланга; от 250 до 450 °С – из шланга удалена тефлоновая трубка.

нородности распределения измеряемых величин в измерительном сечении таких труб [2] из-за невозможности применения перемещаемых зондов в сечениях с длиной измерительных линий больше 4 м и находящихся на высоте.

В ноябре 2018 года Минские тепловые сети РУП «Минскэнерго» провели тендер на закупку аналитической аппаратуры для четырех АСК выбросов дымовых труб водогрейных котлов. Котлы работают ограниченное количество часов в год. Измерительные сечения труб находятся на высоте примерно 30 м, а их диаметр 3,2 м. Тепловые сети планируют установить еще ряд АСК выбросов на относительно небольшие дымовые трубы.

Для реализации измерений согласно ТНПА [1–7] инициативной группой граждан Беларуси за свой счет разработаны специальные инструментальные средства – гибкие зонды. Группа опубликовала по теме ряд статей [9–11], опробовала гибкие зонды (рис. 2–4) в газоходе котла Гомельской ТЭЦ-2.

Отдел экологической безопасности и энергосбережения на транспорте Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ) опробовал гибкий зонд с тросом

(рис. 4) в дымовой трубе (отм. +72,0 м, диаметр 6 м) ТЭС и освоил упомянутые измерения.

По нашей инициативе на базе Минского филиала БелГУТ в 2018 году проведен семинар на тему «Совершенствование контроля выбросов стационарных источников загрязнения атмосферы». Зонд с тросом демонстрировался

Рис. 4. Зонд тросовый для одной измерительной линии



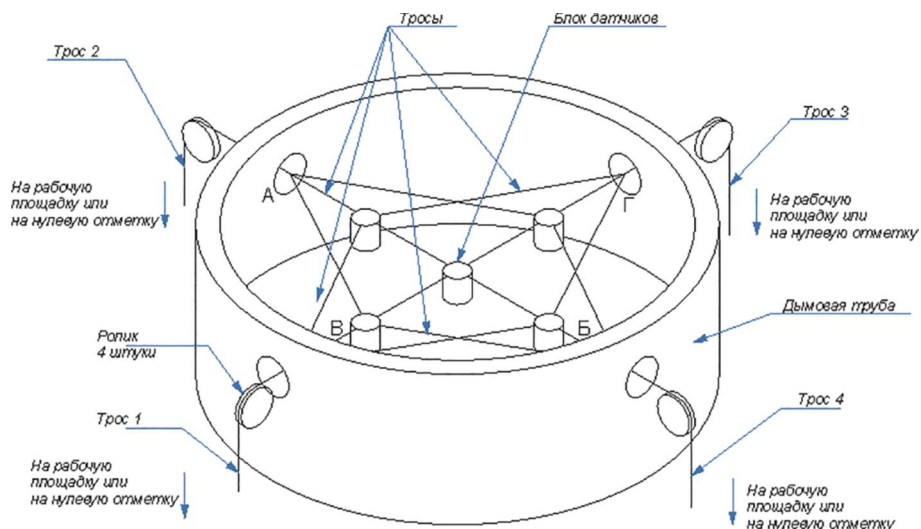
в 2018 году на ярмарке инновационных разработок и стенде Минприроды XXIII Белорусского энергетического форума.

Для выполнения упомянутых измерений РУП «БЕЛТЭИ», являющийся головной организацией Минэнерго по АСУ ТП, в проектируемой АСК выбросов дымовых труб ТЭС предусматривает порты в стенах этих труб.

Сегодня в Беларуси персонал испытательных лабораторий успешно осваивает измерения выбросов по разработанной РЦАК методике [3] (за дымососами, практически на нулевой отметке). Выполнять такие измерения даже в относительно небольших дымовых трубах персоналу затруднительно, особенно зимой, т. к. это требуется делать на высоте. Поэтому нами разработан гибкий тросовый зонд (рис. 5), позволяющий персоналу с нулевой отметки периодически измерять переносными средствами измерений концентрации ЗВ, скорость, температуру и влажность газов в измерительных сечениях, находящихся на высотах до 50 м.

В зонде имеется блок датчиков (рис. 5), удерживаемый четырьмя приводными тросами. Тросы через измерительные порты выводятся на рабочую площадку или через ролики опускаются вниз на нулевую отметку. На концах ▶

Рис. 5. Четырехтросовый привод блока датчиков гибкого тросового зонда



тросов имеются метки. Двое сотрудников лаборатории с помощью тросов 2 и 4 могут перемещать блок датчиков вдоль измерительной линии АВ. С помощью тросов 1 и 3, оставив свободными тросы 2 и 4, они могут перемещать блок вдоль линии ВГ. Таким образом они могут устанавливать датчики в измерительные точки [3]. В блоке датчиков крепятся датчик скорости газов (трубка Пито или крыльчатка $\varnothing 25$ мм фирмы Testo), термопара с кабельным выводом и входной конец гибкой пробоотборной трубки в гофрированном шланге (рис. 4). Передача измерительной информации от датчиков к находящимся снаружи дымовой трубы приборам осуществляется по гибким трубкам и проводам, выведенным через один из измерительных портов.

Измерения, выполняемые с нулевой отметки

Измерительное сечение находится на высоте до 50 м. Выходной конец гибкой пробоотборной трубки в гофрированном шланге присоединяют к линии транспортировки пробы, которая может быть необогреваемой или обогреваемой с кратковременным включением обогрева, например, при необходимости измерения концентрации SO_2 , NO_2 , влажности газов или при отрицательной температуре окружающего воздуха.

Персонал лаборатории, как сказано выше, перемещает блок датчиков (рис. 5) в соответствующие измерительные точки и выполняет в них измерения концентрации $ЗВ$, скорости, температуры и влаж-

ности газов и вычисления выбросов согласно [3–7]. После окончания измерений персонал для прекращения воздействия агрессивных дымовых газов на датчики перемещает блок датчиков в измерительный порт, в который подсасывается атмосферный воздух.

В качестве газоанализаторов применяются имеющиеся в испытательных лабораториях переносные газоанализаторы. Анализируемые газы в зависимости от длины линии транспортировки пробы отбирают переносными газоанализаторами с применением микрокомпрессора или аспиратора. Определение влажности газов выполняют конденсационным методом.

Измерители скорости – это дифференциальный цифровой манометр ДЦМ-01 и Testo 445. Измеритель температуры газов – переносный потенциометр ПП 63.

Эти измерения персонал вначале выполняет для различных нагрузок котла (котлов), установки с учетом их режимных карт, отобразив результаты измерений в виде таблиц или графических зависимостей. Это позволит в дальнейшем обойтись меньшим количеством измерений.

Выбросы определяются по величине площади измерительного сечения и средним в нем значениям концентраций $ЗВ$, скорости (расхода), температуры и влажности газов.

Стоимость такого гибкого тросового зонда, линии транспортировки пробы, указанного комплекта переносных средств измерений испытательной лаборатории и монтажных работ в десятки раз меньше

стоимости АСК выбросов, равной 400–500 тыс. рублей.

По существу у пользователей небольших дымовых труб ТЭС появляется альтернатива: контроль выбросов испытательной лабораторией или АСК выбросов.

Измерения, выполняемые с рабочей площадки

Измерительное сечение находится выше 50 м. Персонал отдельных испытательных лабораторий обучают технике безопасности выполнения такой работы на высоте.

На кольцевой рабочей площадке присоединяют:

- выходной конец гибкой пробоотборной трубки в гофрированном шланге – к переносному газоанализатору;
- удлинительные трубки от трубки Пито – к дифференциальному цифровому манометру ДМЦ-01;
- концы проводов от крыльчатки – к измерителю скорости газов Testo 445;
- кабельный вывод термопары – к переносному потенциометру ПП 63.

Персонал лаборатории с помощью тросов с метками перемещает блок датчиков (рис. 5) в соответствующие измерительные точки. Измерения концентрации $ЗВ$, скорости, температуры и влажности газов, а также обработку результатов измерений выполняют согласно [1–7].

В перспективе можно вместо переносного газоанализатора применить имеющий лучшие метрологические и технические характеристики полустационарный газоана-

С учетом особенностей конструкции дымовых труб СНГ и аэродинамики газовых потоков в них еще в большей степени, чем в западных странах, необходимо выполнять периодические измерения концентрации $ЗВ$, скорости, температуры и влажности газов при контроле выбросов.



лизатор и таким образом реализовать один из референтных методов измерений [2], а также применяемый в США компромиссный метод.

Также могут применяться зонд с телескопической удочкой и зонд со штангой (рис. 2 и 3) [10]. При этом к вершине телескопической удочки крепятся конец помещенной в гофрированный шланг пробоотборной трубки с входным отверстием, датчик скорости газов и термопара с кабельным выводом.

Сегодня в Беларуси такие измерения могут быть выполнены отделом экологической безопасности и энергосбережения БелГУТ, персонал которого имеет допуск к работам на высоте, необходимые средства техники безопасности и средства измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если по каким-то причинам на котлах башенной компоновки оборудовали измерительные порты перед входом в дымовую трубу, то измерения можно выполнить аналогично вышеописанным. Но в этом случае не требуется допуск к работам на высоте.

Необходимость этих измерений и порядок их выполнения определяются требованиями распространяемой на экологию законодательной метрологии.

Измерения концентраций ЗВ стационарным пробоотборным газоанализатором

Рассмотрим вариант, когда для измерений концентраций ЗВ в дымовой трубе применяют стационарный пробоотборный газоанализатор.

К его пробоотборнику вместо пробоотборной трубы присоединяют выходной конец гибкой пробоотборной трубки гибкого тросового зонда. Находящийся на нулевой отметке персонал лаборатории перемещает блок датчиков (рис. 5) в соответствующие измерительные точки. Устройство пробоподготовки стационарного газоанализатора отбирает пробу через гибкую пробоотборную трубку, пробоотборник и линию транспортировки пробы, а газоанализатор измеряет концентрации ЗВ в измерительных точках. Персонал определяет средние по сечению их значения и точку с представительной пробой, в которую и устанавливает входной конец гибкой пробоотборной трубки тросового зонда или пробоотборную трубку газоанализатора.

Преимущества гибких зондов перед перемещаемыми зондами

1. Открывается возможность выполнять:

– дистанционное ручное или автоматическое управление перемещением блока датчиков гибкого зонда в измерительном

сечении и устанавливать его в измерительные точки;

– измерения концентраций ЗВ, скорости и температуры газов в трубах при непрерывном перемещении блока датчиков вдоль измерительных линий.

2. Не требуется расширение существующей светофорной площадки дымовой трубы, используемой в качестве рабочей. В Евросоюзе и США рабочие площадки делают под перемещаемые зонды, увеличивая размеры кольцевых светофорных площадок [2, 7]. Невозможность использования в дымовых трубах СНГ применяемых в западных странах рабочих площадок и перемещаемых зондов определяется необходимостью увеличения ширины площадки и длины перемещаемых зондов хотя бы до половины длины измерительных линий (до 8 м) упомянутых труб и использования их на высотах до 130 м [9];

3. Существенно уменьшается стоимость измерений.

4. Гибким зондам свойственна легко изменяемая конфигурация и компактность.

Выводы

1. Пользователи дымовых труб с диаметром измерительных сечений 1–4 м на высоте до 50 м:

– привлекают специализированные организации, которые выполняют монтажные работы по реализации контроля выбросов дымовых труб с нулевой отметки персоналом и средствами измерений испытательной лаборатории согласно [3–7];

– обращаются в надзорно-разрешительные органы Минприроды с просьбой осуществлять упомянутый контроль выбросов, не устанавливая АСК выбросов, обеспокоивая это необходимостью экономить финансовые средства.

2. Пользователи дымовых труб со значительным выбросом ЗВ (диаметр измерительных сечений более 4 м, высота более 50 м), которые планируют установить или уже установили АСК выбросов:

– привлекают специализированные организации, которые выполняют монтажные работы по реализации измерений концентрации ЗВ, скорости, температуры и влажности газов с применением гибких зондов с рабочей площадкой;

– приглашают испытательную лабораторию, освоившую упомянутые измерения в измерительных сечениях дымовых труб на высоте, и ставят перед ней задачу оценить расслоение потока и однородность распределения измеряемых величин, связанных с применением АСК выбросов на этих трубах.

3. Гибкие зонды при своей легко изменяющейся конфигурации и компактности имеют ряд преимуществ перед переме-

щаемыми зондами и могут найти применение в Беларуси, Российской Федерации, Украине, Китае. Они также могут найти применение и в западных странах, т.к. не требуют расширения существующих светофорных площадок, когда последние используют для контроля выбросов загрязняющих веществ дымовых труб.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 10396-2012. Выбросы стационарных источников. Отбор проб при автоматическом определении содержания газов с помощью постоянно установленных систем мониторинга.

2. ГОСТ Р ЕН 15259-2015. Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерительных секций и мест измерений, цели и плану измерений и составлению отчета.

3. МВИ.МН 1003-2017 Методика выполнения измерений с использованием газоанализаторов с электрохимическими датчиками.

4. СТБ 17.08.05-02-2016 «Методы определения скорости и расхода газов, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов».

5. СТБ 17.08.05-03-2016 «Методы определения давления и температуры газов, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов».

6. СТБ 17.08.05-01-2016 «Методы определения влажности газов, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов».

7. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности».

8. ТКП 17.13-01.2008 (02120). «Охрана окружающей среды и природопользование. Мониторинг окружающей среды. Правила проектирования и эксплуатации автоматизированных систем контроля за выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух».

9. Емельянчиков В.И., Елисеенко Ю.Ю. Непрерывный контроль выбросов загрязняющих веществ дымовых труб ТЭС в комплексе с периодическими измерениями параметров потоков отходящих газов // Энергетика и ТЭК. – 2017. – №9.

10. Емельянчиков В.И., Елисеенко Ю.Ю. Предпроектное обследование источников выбросов: вопросы о необходимости и возможности проведения измерений // Экология на предприятии. – 2017. – № 1.

11. Емельянчиков В.И., Елисеенко Ю.Ю., Елисеенко А.Ю. Организация измерений концентрации загрязняющих веществ в потоке отходящих газов дымовых труб // Экология на предприятии. – 2016. – № 5. ■

Статья поступила в редакцию 31.01.2019.