Открытое акционерное общество

«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА»
(ОАО «НИИ АТМОСФЕРА»)

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Санкт-Петербург
2012 г.

gost.e-ecolog.ru

Открытое акционерное общество

"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА"

(ОАО "НИИ АТМОСФЕРА")

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ПО АНАЛИТИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ

ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Санкт-Петербург

2012 г.

Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – Санкт-Петербург, НИИ Атмосфера, 2012 г.

Настоящее пособие разработано коллективом сотрудников НИИ Атмосфера в составе: В.В. Цибульский (ответственный исполнитель), Л.И. Короленко, М.А. Яценко-Хмелевская, О.Р. Синицына, М.В. Боровкова под общим руководством А.Ю. Недре.

Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу введено в действие письмом Заместителя Министра Минприроды России № 05-12-47/4521 от 29.03.2012 года.

Пособие предназначено для специалистов, занимающихся аналитическим контролем выбросов загрязняющих веществ от источников загрязнения атмосферы, работников подразделений по охране окружающей природной среды предприятий, специалистов научно-исследовательских, проектных и других организаций, занимающихся вопросами охраны атмосферного воздуха.

© НИИ охраны атмосферного воздуха (НИИ Атмосфера), 2012

Содержание

Введение.....3
Термины, определения и сокращения.....4
Общие положения.....6
1. Методы измерения параметров газовых потоков.....6
1.1. Требования к методикам и приборам измерения аэродинамических параметров выбросов.....6
1.2. Места измерения параметров и отбора проб.....7
1.3. Измерение температуры.....9
1.4. Измерение давления (разрежения).....11
1.5. Измерение скорости потока.....14
1.6. Измерение влажности.....16
1.7. Расчет объемного расхода газового потока.....20
2. Определение массовой концентрации загрязняющих веществ в выбросах.....21
2.1. Методики измерения концентраций.....21
2.2. Газоанализаторы.....22
2.3. Системы непрерывного автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ.....26
2.4. Расчет погрешности аналитических измерений параметров выбросов.....27
3. Определение выбросов по результатам инструментальных измерений.....32
3.1. Расчёт величины выброса по результатам измерений.....32
3.2. Аналитический контроль выбросов в условиях нестационарности выбросов.....35
3.3. Расчет сверхнормативных выбросов с учетом погрешности инструментальных измерений.....41
4. Требования к химическим лабораториям, осуществляющим контроль выбросов.....45
5. Требования техники безопасности при осуществлении аналитического контроля промышленных выбросов.....46
6. Разграничение инструментальных и расчетных методов.....47
6.1. Разграничение использования инструментальных и расчетных методов определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при проведении инвентаризации и контроле выбросов.....47
6.2. Сопоставление результатов определения выбросов загрязняющих веществ инструментальными и расчетными методами.....48
7. Литература.....48
Приложение 1. Информация о расположении и оборудовании мест отбора проб.....51
Приложение 2. Схема выбора места отбора проб.....52
Приложение 3. Оценка пределов допускаемой относительной погрешности измерения автоматических и полуавтоматических газоанализаторов при использовании их в рабочих условиях.....53

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее Пособие по аналитическому контролю промышленных выбросов посвящено методам и техническим средствам контроля нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Руководство состоит из 7 разделов.

В разделе 1 рассмотрены методы измерения параметров газовых потоков (температура, давление или разрежение, скорость, влажность).

В разделе 2 рассмотрены методические основы контроля концентраций загрязняющих веществ в выбросах с помощью либо лабораторных методик выполнения измерений массовой концентрации, либо с помощью газоанализаторов контроля промышленных выбросов.

В разделе 3 даны рекомендации определения выбросов по результатам инструментальных измерений, включая аналитический контроль выбросов в условиях нестационарности выбросов.

В разделе 4 приведены требования к химическим лабораториям, осуществляющим контроль выбросов.

В разделе 5 рассмотрены требования техники безопасности при осуществлении аналитического контроля промышленных выбросов.

В разделе 6 даны рекомендации по применению инструментальных и расчетных методов определения величин промышленных выбросов.

В разделе 7 представлены законодательные акты, нормативно-технические документы и литература.

Термины, определения и сокращения

Вредное (загрязняющее) вещество – химическое или биологическое вещество, либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Газоанализатор (анализатор газов, газоаналитический прибор) – средство измерений, предназначенное для количественного определения химического состава газовой среды.

Газоанализатор автоматический – газоанализатор, производящий без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала.

Газоанализатор полуавтоматический (автоматизированный) – газоанализатор, производящий в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций.

Газоанализатор специализированного назначения – газоанализатор, имеющий ограниченную область применения и предназначенный для эксплуатации на объектах определенного типа (типов) с конкретными характеристиками – качественным химическим составом и физическими параметрами анализируемой газовой среды.

Газоанализатор универсального назначения – газоанализатор, имеющий широкую область применения без указания типов и характеристик контролируемых объектов и применяемый в совокупности с методиками выполнения измерений, разработанными для конкретных измерительных задач.

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Инвентаризация выбросов – систематизация сведений о распределении источников на территории, количестве и составе выбросов.

Контроль загрязнения атмосферы – проверка соответствия содержания загрязняющих атмосферу веществ установленным требованиям.

Выброс загрязняющего вещества из неорганизованного источника – промышленный выброс, поступающий атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта.

Организованный промышленный выброс – промышленный выброс, поступающий в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздуховоды и трубы.

Погрешность результата измерений – отклонение результата измерений от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.

Абсолютная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

Пределы допускаемой погрешности измерения – максимальная погрешность измерения (плюс, минус), допускаемая для данной измерительной задачи.

Предельно допустимый выброс – норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фонового загрязнения атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

Примесь в атмосфере – рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Промышленная очистка газа – очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта.

Санитарная очистка газа – очистка газа от остаточного содержания загрязняющего вещества, при которой обеспечивается соблюдение установленных для последнего предельно-допустимых концентраций в воздухе населенных мест или производственных помещений.

Технический норматив выброса – норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для передвижных и стационарных источников выбросов, технологических процессов, оборудования и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу продукции, мощности, пробега транспортных или иных передвижных средств и другие показатели.

Сокращения

ГВС – газовоздушная смесь

ГОУ – газоочистное устройство

ЗВ – загрязняющее вещество

ИВ – источник выделения загрязняющих веществ

ИЗА – источник загрязнения атмосферы

КХА – количественный химический анализ

МВИ – методика выполнения измерений

НД – нормативная документация

ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия

ПГУ – пылегазоочистная установка

ПДВ – предельно допустимый выброс

ПДК – предельно допустимая концентрация

ССБТ – система стандартов безопасности труда

ТБ – техника безопасности

Основные понятия и определения в данном документе соответствуют ГОСТ 17.2.1.04-77 [1], а также справочному пособию [2, 3].

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящее Пособие по аналитическому контролю промышленных выбросов разработано в соответствии со следующими законодательными актами:

- Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ;
- Об охране атмосферного воздуха. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ;
- Положение о государственном контроле за охраной атмосферного воздуха. Постановление Правительства Российской Федерации № 31 от 15 января 2001 г.;
- Положение о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух и их источников. Постановление Правительства Российской Федерации № 373 от 21 апреля 2000 г.;
- Приказ Минприроды РФ от 31.10.2008 № 288 "Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по выдаче разрешений на выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду".
- Приказ Минприроды РФ от 31.10.2008 № 300 "Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по исполнению государственной функции по контролю и надзору за соблюдением в пределах своей компетенции требований законодательства Российской Федерации в области охраны атмосферного воздуха".
- Об осуществлении государственного контроля в области охраны окружающей среды (государственного экологического контроля). Постановление Правительства РФ № 53 от 27.01.2009.

1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

1.1. Требования к методикам и приборам измерения аэродинамических параметров выбросов

Стационарные источники выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух подразделяются на два типа [4]:

- источники с организованным выбросом;
- источники с неорганизованным выбросом.

Подавляющее большинство источников загрязнения атмосферы относятся к организованным источникам. Приводимые ниже методы измерения физических параметров и концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах относятся к контролю организованных источников. Аналитическое определение величин выбросов от неорганизованных источников осуществляется с применением специализированных расчётно-инструментальных методик.

Аэродинамические параметры на всех организованных источниках выбросов вне зависимости от метода определения качественных и количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ должны быть определены инструментальными методами или с использованием руководства (инструкции) по эксплуатации.

К измеряемым параметрам газовых потоков относятся: температура, давление (разрежение), влажность и скорость газа в газоходе. Важность их измерения объясняется тем, что скорость газового потока измеряется в реальных условиях (температура, избыточное давление (разрежение), влажность). Объемы отходящих газов из источников выбросов загрязняющих веществ, полученные по результатам инструментальных измерений, должны быть приведены к нормальным условиям (н.у.): 0°С, 101,3 кПа и сухому состоянию.

В соответствии с РД 52.04.59-85 [5] основная погрешность средств измерения объемного расхода газа не должна превышать 10 %.

Измерение физических параметров газовых потоков рекомендуется производить одновременно с отбором проб (или выполнением измерений концентраций с помощью газоанализаторов) и в тех же местах газохода. Способы обработки результатов измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.207 [6].

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 4.3 [7] при контроле за соблюдением ПДВ (ВСВ) выбросы вредных веществ определяют за период 20 минут, к которому относятся максимальные разовые ПДК. Если продолжительность выброса вредных веществ в атмосферу меньше 20 минут, контроль производят за это время, распространяя полученные значения на 20-ти минутный интервал.

При инструментальном контроле источника промышленных выбросов отбор проб загрязняющих веществ производят в строгом соответствии с методикой выполнения измерений (МВИ) концентрации определяемого вещества.

За результат измерения массовой концентрации загрязняющего вещества в отходящих газах должна приниматься приведенная к нормальным условиям массовая концентрация этого вещества в сухой газовоздушной смеси ($C_{изм\,i}$, мг/м^3).

При проведении инструментальных измерений параметров выбросов отбирают не менее трех проб, при этом для каждой пробы в процессе отбора измеряют расход ГВС.

Если время отбора одной пробы составляет несколько минут, то за период 20 минут необходимо отобрать несколько (не менее трех) проб, и результаты осреднить.

Если отбор пробы в соответствии с МВИ требует накопления определяемого загрязняющего вещества в течение более 20 мин., то полученный результат также следует привести к 20 минутному периоду.

Таким образом, результатом измерения любого из параметров является результат, соотнесённый к 20 минутному периоду времени. Определение результирующего значения измеряемой величины газопылевого потока по результатам разовых измерений представлено в разделе 2.4.

Все технические средства, применяемые для измерения физических параметров газовых потоков промышленных выбросов, должны быть аттестованы, внесены в Государственный реестр средств измерений и иметь методическое обеспечение.

Выполнение измерений вышеперечисленных физических параметров газовых потоков технически осуществляется с помощью соответствующих средств измерений (термометры, термопары, барометры, манометры, психрометры, пневмометрические трубки и др. [8].

Проведение измерений скорости, давления и температуры газопылевых потоков регламентируется соответствующими государственными стандартами [9, 10]. Выполнение измерений влажности газопылевых потоков осуществляется в соответствии с ГОСТ на выполнение измерения ее содержания в газопылевых потоках [11]. Вода не является загрязняющим веществом, однако, не учет влажности может приводить к значительным завышениям значений массовых выбросов.

1.2. Места измерения параметров и отбора проб

Выбранные места отбора проб [12, 13] должны обеспечивать проведение следующих работ:

- определение аэродинамических параметров газопылевого потока (температуры, скорости, влажности газовоздушной смеси и избыточного давления в газоходе);
- непосредственное измерение концентраций загрязняющих веществ с помощью газоанализаторов;
- отбор проб для последующего измерения концентраций загрязняющих веществ в лаборатории;
- определение степени улавливания загрязняющих веществ газоочистными и пылеулавливающими установками.

Правила заполнения и форма "Информации о расположении и оборудовании мест отбора проб" изложены в Приложении 1.

1.2.1. Выбор места измерения параметров и отбора проб

Место отбора следует выбирать на прямом участке газохода на достаточном расстоянии от мест, где изменяется направление потока газовоздушной смеси (колена, отводы и т.д.) или площадь поперечного сечения газохода (задвижки, дросселирующие устройства и т.д.).

Отрезок прямого участка газохода до места отбора проб должен быть длиннее отрезка за местом отбора проб (рис.1, Приложение 2).

Отношение длин отрезков газохода до места отбора проб (М1) и за ним (М2) устанавливается в соответствии с графиком (рис.2, Приложение 2).

Минимальная длина прямого участка газохода (М=М1+М2) должна составлять не менее 4-5 эквивалентных диаметров газохода (De).

Если нельзя выбрать мерное сечение, отвечающее этим требованиям, то можно проводить измерения на прямолинейном участке газохода, разбив его в соотношении 3:1 в направлении движения газового потока.

В случае если условие соблюдения минимальной длины не может быть обеспечено по техническим условиям, количество точек отбора проб следует увеличить в два раза.

При диаметре газохода более 500 мм должны быть оборудованы штуцера для измерения скорости ГВС и концентраций веществ находящихся в аэрозольном состоянии во взаимоперпендикулярных направлениях.

Рекомендуется выбирать места отбора проб в вертикальных участках газохода, чтобы избежать оседания крупных фракций пыли на стенках газохода под действием силы тяжести, т.к. в одном и том же месте измеряются не только термодинамические параметры, но и производится отбор проб аэрозольных частиц.

На вентиляционных системах, оснащенных пылеулавливающими или газоочистными установками, места отбора проб следует оборудовать таким образом, чтобы обеспечить одновременную работу персонала перед ГОУ и после.

1.2.2. Оборудование места измерения параметров и отбора проб

В газоходе должно быть оборудовано отверстие диаметром не меньше, чем диаметр наконечника пылезаборной трубки (патрона внутренней фильтрации) и позволяющее вводить в газоход изогнутые пробоотборные трубки и трубки Пито. Все пробоотборные и замерные отверстия должны быть оборудованы штуцерами с плотно завинчивающимися крышками.

В обмурованных газоходах, в вентиляционных шахтах и других толстостенных дымоходах в местах отбора проб должны быть установлены специальные патрубки с фланцем и с заглушкой, позволяющие вводить в газоход изогнутые пробоотборные трубки и трубки Пито;

При отборе проб в круглом воздуховоде диаметром более 500 мм или в прямоугольном воздуховоде с одной из сторон более чем 500 мм должно быть организовано два места отбора проб, расположенных взаимно перпендикулярно в одном сечении воздуховода.

Доступ к месту отбора должен быть свободным, не загроможденным, обеспечивать возможность доставки к месту отбора необходимой аппаратуры и быстрой эвакуации персонала в аварийной ситуации.

Место отбора должно обеспечивать удобную и безопасную работу персонала в количестве не менее 2-х человек.

Работы по отбору проб должны проводиться на прочных и устойчивых площадках шириной не менее 0,8 м, длиной не менее 1 м.

На площадке должно быть предусмотрено место для установки и надежного закрепления аппаратуры. Следует предпринять меры против падения (скольжения, сдувания ветром, проскакивания сквозь щели в настиле и т.д.) инструментов и приборов.

Места отбора проб должны быть освещены и обеспечены электрической розеткой (напряжение – 220 В) в соответствии с требованиями техники безопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-2009 [14], при необходимости подведена линия сжатого воздуха.

Отбор проб на высоте более 1 метра от поверхности грунта или перекрытий относится к работам, выполняемым на высоте. При производстве этих работ должны быть приняты меры, предотвращающие падение работающих.

При отборе проб промышленных выбросов на высоте (на свечах, дымовых трубах) работники руководствуются требованиями безопасности при работе на высоте согласно ГОСТ 12.2.003-91 [15].

Если не оборудована специальная площадка с ограждением в месте отбора проб промышленных выбросов, следует для отбора подбирать места на чердаках или на плоских крышах производственных зданий.

Зимой следует работать на площадках, предназначенных для отбора проб в зимних условиях, которые должны быть обшиты досками или шифером, при этом освещенность площадок, оборудованных контрольно-измерительной аппаратурой, должна быть не менее 50 лк.

Места отбора проб должны оборудоваться в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями к уровням шума и вибрации.

1.2.3. Оборудование места измерения параметров и отбора проб газовоздушной смеси на неорганизованных источниках

Отбор проб на открытых сооружениях

При проведении инструментальных измерений содержания вредных веществ в атмосферном воздухе вблизи открытых сооружений, точки отбора проб выбираются таким образом, чтобы обеспечить отбор возможно ближе к водной поверхности (0,3-0,5 м) и к центру сооружения. С этой целью должны быть организованы временные места отбора проб в виде мостков или возможно использование плавсредств.

Мостки и плавсредства должны быть оборудованы таким образом, чтобы обеспечить работу персонала в количестве не менее 2 человек.

Временные сооружения в виде мостков и плавсредств должны быть оборудованы ограждениями, предотвращающими падение работников и оборудования. Необходимо предусмотреть места для надежного закрепления аппаратуры и инструментов.

При наличии брызгоуноса с поверхности при сильном ветре или аэрации сооружения необходимо принять меры по защите от попадания брызг в пробоотборники и на персонал.

Отбор проб выбросов ЗВ из емкостей хранения нефтепродуктов

Отбор газовоздушных проб из газового пространства резервуаров, осуществляется из светового люка или от дыхательного клапана резервуаров или цистерн.

Рекомендуется устанавливать на люке стационарные пробоотборные трубки, соединенные с газовым пространством резервуара. При отсутствии пробоотборной трубки на люке необходимо обеспечить возможность отбора проб непосредственно из приоткрытого люка путем опускания пробоотборного устройства в газовое пространство резервуара на глубину не менее 0.5 м.

При работе на наземных резервуарах и цистернах, как и при работе на высоте, необходимо наличие пешеходных мостков и площадок с ограждением возле мест отбора проб.

1.3. Измерение температуры

Температуру газовоздушной смеси следует измерять в тех же местах газохода, где измеряют скорость, давление, влажность и другие характеристики потока, или в плоскости, находящейся не более 0,5 диаметра газохода от измерительного сечения.

Число измерительных точек **n** для измерения температуры определяют в зависимости от эквивалентного диаметра газохода $d_э$:

$d_э$, м	< 1,0	1,0 – 2,5	≥ 2,5
n	1	2	4

Точки измерения следует располагать следующим образом:

для n = 1 – на оси газохода;

для n > 1– по кольцу от 1/6 до 1/3 $d_э$ или на полосе от 1/6 до 1/3 линейного размера прямоугольного газохода. Точки измерения в этом случае следует располагать в противоположных по отношению к оси газохода областях и производить измерения в разных точках одновременно.

На газоходе в местах проведения измерений параметров газовоздушной смеси оборудуют штуцеры для термометров/термопар.

Измерения температуры осуществляется лабораторными термометрами, цифровыми термометрами или термопарами. Основными критериями выбора средства измерений являются диапазон измеряемых температур и стойкость средства измерения к газовой среде. Например, в среде отходящих газов от стекловаренных печей применение стеклянных термометров нецелесообразно, вследствие их быстрого разрушения в результате взаимодействия с фтористым водородом. В таблице 1.3.1 приведены диапазоны измерений для некоторых отечественных типов средств измерения.

Таблица 1.3.1

Тип	Пределы измерения, °С
Термометр жидкостный стеклянный, тип А, ГОСТ 28498	0...+500
Преобразователи термоэлектрические, ГОСТ 6616 - платинородий – платиновые, ТПП - хромель – алюмелевые, ТХА - хромель – копель, ТХК Вторичные измерительные приборы к преобразователям термоэлектрическим типа пирометрических милливольтметров	0...+1300 -40...+1200 -40...+600
Термопреобразователи сопротивления, ГОСТ 6651: - платиновые, ТСП	-50...+860
Измеритель температуры ИТ-1 по ТД	-50...+600

После установки термометра/термопары в газоход дается время на его прогрев до температуры газовоздушной смеси. Время прогрева τ зависит от инерционности средства измерения и определяется по формуле

$$\tau = 4 \times T \quad (1.3.1)$$

где T – инерционность средства измерения, с.

Как правило, время прогрева составляет 5-10 минут.

При выполнении измерений температуры необходимо соблюдать ряд следующих правил:

- глубина погружения средства измерения должна соответствовать паспортной;
- во избежание утечек теплового потока в месте установки термометра/термопары за счет подсоса воздуха из штуцера места установки должны быть тщательно уплотнены;
- средства измерения должны быть экранированы от излучения более нагретых тел (открытое пламя, нагретые стенки газоходов, раскаленные участки печи и т.п.).

Средства измерения должны быть поверены и иметь клеймо или свидетельство о поверке. Перед проведением измерений необходимо провести внешний осмотр термометров, при этом проверяют:

- отсутствие повреждений термометра (трещин, сколов и т.д.);
- отсутствие разрывов столбика жидкости в капилляре и следов испарившейся жидкости на его стенках;
- отсутствие смещение шкалы относительно капилляра и возможного скручивания капилляра по оси.

Также проверяют исправность вторичных приборов, используемых с термопарами и термометрами сопротивления, и устанавливают нулевую отметку отсчета показаний.

Измерения температуры проводят не менее 3-х раз и рассчитывают среднее значение. Результаты измерений записывают в рабочий журнал.

Погрешность измерения температуры оценивают в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [6].

Погрешность измерения температуры газа определяется погрешностью средств измерений, которая указывается в паспорте на средство измерения. Обычно в паспорте термометра указывается абсолютная погрешность.

Относительная погрешность выполнения измерений температуры рассчитывается по формуле:

$$\delta_t = \frac{\Delta_t \cdot 100}{273+t} \quad (1.3.2),$$

где: δ_t – относительная погрешность, %;

Δ_t – абсолютная погрешность, °С;

t – измеренная температура, °С.

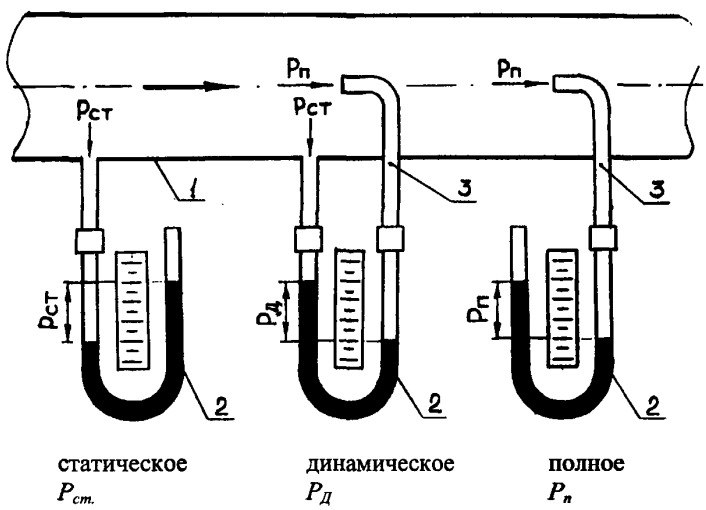
Если в паспорте на средство измерения, состоящее из двух приборов, указаны погрешности на каждый прибор, то погрешность выполнения измерений при доверительной вероятности 0,95 рассчитывается по формуле:

$$\Delta_t = 1.1 \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}, \quad (1.3.3),$$

где Δ_1 – абсолютная погрешность 1-го прибора, Δ_2 – абсолютная погрешность 2-го прибора.

1.4. Измерение давления

Определение аэродинамических параметров источника загрязнения атмосферы включает измерение полного, статического и динамического давления газовоздушной смеси, схемы измерения которых приведены на рис. 1.4.1.



статическое $P_{ст.}$ | динамическое $P_Д$ | полное $P_п$

Рис. 1.4.1. Схемы измерения давлений в газоходе: 1 – газоход; 2 – U-образный манометр; 3 – напорная трубка.

Для измерения давления в металлической стенке газохода просверливают отверстие диаметром 40 мм. К стенке газохода приваривают отрезок трубы или патрубок. Измерительное сечение выбирают на прямых участках газохода. Длина прямого участка газохода перед измерительным сечением должна быть возможно большей, т.е. измерительное сечение надо располагать как можно дальше от любых местных сопротивлений, способных вызвать ассиметрию, закрученность и повышенную турбулентность потока, но не менее 5-6 диаметров газохода до места измерения и 3-4 диаметров после места измерения. При значительном возмущении газового потока, движущегося в газоходе (после задвижек, колец, циклонов и т.д.), поток необходимо выпрямить, установив в газоходе перед измерительным сечением выпрямитель потока, изготавливаемый из тонких радиально расположенных пластин длиной 1,0-1,05 диаметра газохода.

При проведении временных измерений в качестве соединительных линий применяют резиновые трубки диаметром не менее 4 мм. Когда расстояние до средства измерений превышает 15 м, следует применять трубки большего диаметра. При проведении стационарных измерений средства измерений присоединяют к газоходу посредством трубы диаметром 10-38 мм. Диаметр трубы определяется степенью запыленности газов, значений измеряемого давления или разности давлений и отдаленностью средства измерений от измерительного сечения. При измерении давления газов с запыленностью менее 100 мг/м^3, давления 2,5 кПа и более и при расстоянии от измерительного сечения не более 15 м можно применять газовые трубы диаметром 10 мм. При измерении давления газов с запыленностью, превышающей 100 мг/м^3, давления до 250 Па и при расстоянии до измерительного сечения не более 50 м диаметр газовых труб следует увеличить до 25-38 мм.

Измерительную схему после сборки необходимо проверить на герметичность. Для этого в системе создают давление, превышающее рабочее давление в газоходе примерно на 25%, и, закрыв измерительные отверстия, следят за стабильностью показаний средства измерения давления в течение 15-30 мин. Если система герметична, то показания средства измерения не изменяются более, чем на 10%.

Динамическое и полное давления определяются в нескольких точках измерительного сечения газохода. Статическое давление в прямых газоходах можно измерять в одной точке у стенки. Для газоходов диаметром более 500 мм статическое давление необходимо измерять в четырех точках, расположенных на двух взаимно перпендикулярных диаметрах у стенок газохода.

Давление в газоходе определяют с помощью пневмометрических трубок, подсоединенных к средствам измерения давления, а именно, манометрам. Пневмометрическими трубками в комплекте с манометрами можно определить следующие параметры:

- полное положительное давление (на нагнетательной линии) путем присоединения конца пневмометрической трубки, воспринимающей полное давление, к штуцеру манометра со знаком «плюс»;
- полное отрицательное давление (на всасывающей линии) путем присоединения конца трубки, воспринимающей полное давление, к штуцеру манометра со знаком «минус»;
- статическое положительное давление – путем присоединения конца трубки, воспринимающей статическое давление, к штуцеру манометра со знаком «плюс»;
- статическое отрицательное давление – путем присоединения конца трубки, воспринимающей статическое давление, к штуцеру манометра со знаком «минус»;
- динамическое давление (скоростной напор) путем присоединения конца трубки, воспринимающей полное давление, к штуцеру манометра со знаком «плюс», а конец трубки, воспринимающей статическое давление, к штуцеру манометра со знаком «минус».

Манометры, а также различные виды пневмометрических трубок выбирают в зависимости от параметров газового потока. Характеристики отечественных пневмометрических трубок и манометров, которые наиболее часто применяют при измерении давления, приведены в табл. 1.4.1 и 1.4.2.

Таблица 1.4.1

Вид трубки	Измеряемые параметры
Пито	Полное, статистическое и динамическое давления
МИОТ	Полное, статистическое и динамическое давления
НИИОГАЗ	Полное и динамическое давления
Гинцветмет	Полное и динамическое давления

Примечание: *Непосредственно статическое давление может быть измерено с помощью пневмометрических трубок только с коэффициентом близким к единице (трубки типа Пито и МИОТ). Трубками типа НИИОГАЗ и Гинцветмет может быть измерено только полное и динамическое давления. В этом случае статическое давление* $P_{ст}$ *определяют по разности полного и динамического давлений* $P_{ст}=P_п-P_Д$, *где* $P_п$ *– полное давление газа, Па (мм вод. ст.);* $P_Д$ *– динамическое давление газа, Па (мм вод. ст.).*

Таблица 1.4.2

Средство измерения	Диапазон измерения
Дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-01М по ТД	до 200 мм вод.ст.
Микроманометр с наклонной трубкой ММН-2400, ГОСТ 11161	до 240 мм вод.ст.
U-образные жидкостные манометры, ТУ 92-891.026-91	20 - 500 мм вод.ст.
Манометры (вакуумметры), ГОСТ 2405	более 1000 мм вод.ст.
Барометр-анероид типа БАММ-1, ТУ 25-11,1513-79	80000-106000Па (600-795 мм рт.ст.)

При измерении давления с помощью пневмометрических трубок температура газа в газоходе не должна превышать 400°С, а скорость газового потока лежать в интервале 4-10 м/с. В зависимости от типа применяемой пневмометрической трубки запыленность газового потока должна быть не более 300 г/м^3 (НИИОГАЗ), не более 100 г/м^3 (Гинцветмет), не более 10 г/м^3 (Пито и МИОТ).

Пневмометрические трубки существуют различных типов и изготавливаются из различных материалов, в основном меди, латуни или нержавеющей стали. Длина трубок может быть различной и зависит от размеров газохода. Пневмометрические трубки снабжены двумя каналами. Выходное сечение одного из них направлено строго навстречу потоку газа, и, следовательно, в этом канале измеряют полное давление $P_П$; сечение второго – параллельно потоку, в нем измеряют статическое давление $P_{ст}$. Конструктивно пневмометрические трубки могут быть выполнены различным образом, что отражается на области их применения (рис. 1.4.2).

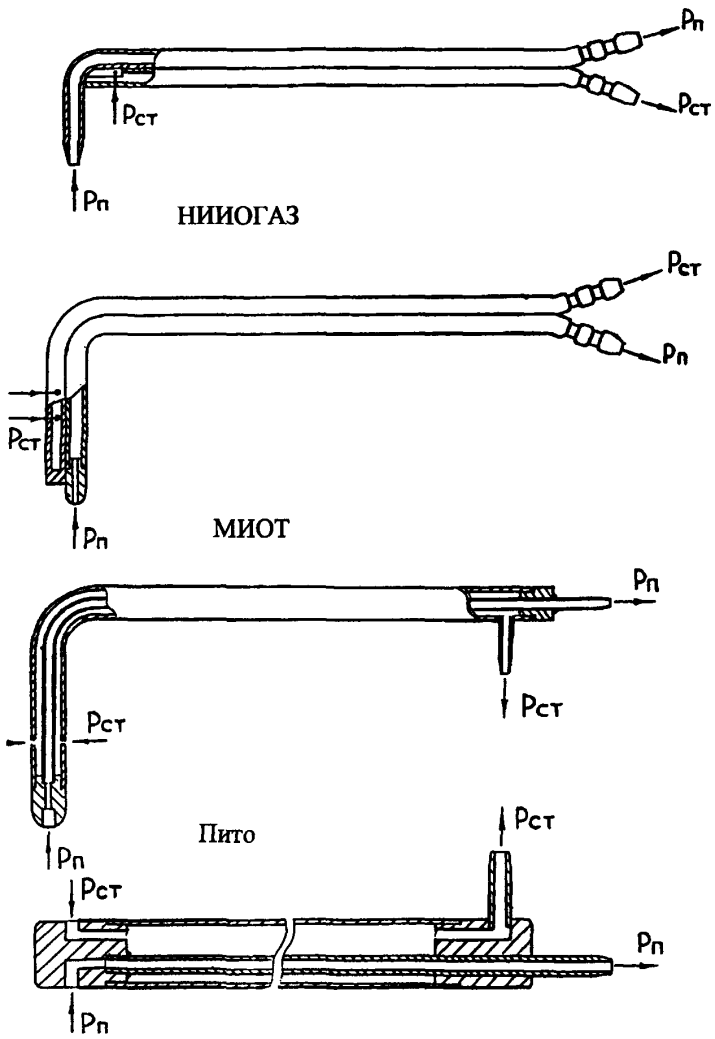


Рис.1.4.2. Основные конструкции пневмометрических трубок.

Трубки конструкции НИИОГАЗ – малочувствительны к отклонению от оси газового потока (допускается отклонение до 15^0), запыленность газа в газоходе может быть весьма значительной, трубка легко чистится. Коэффициент трубок равен приблизительно 0,5.

Трубки Пито – очень чувствительны к отклонению от оси газового потока, оно не должно превышать 2^0. Запыленность газа в газоходе может быть весьма значительной, коэффициент трубок К = 1±0,1.

Трубки Прандтля – малочувствительны к отклонению от оси газового потока (допускается отклонение до 15^0), однако они не могут применяться при высоких запыленностях газового потока. Коэффициент трубок равен приблизительно 1.

Трубки Гинцветмета – малочувствительны к отклонению от оси газового потока (допускается отклонение до 20^0). Трубки практически не забиваются пылью, однако в случае необходимости их чистка представляет серьезную проблему. Коэффициент трубок равен приблизительно 0,5.

Следует отметить, что коэффициент каждой конкретной трубки может изменяться в процессе работы (механические деформации, коррозия и т.п.) и соответственно трубки подлежат периодической поверке.

Подробно вопрос измерения скорости с применением пневмометрических трубок с приведением всех расчетных формул освещен в ГОСТ 17.2.4.06-90 [9].

При использовании в качестве средства измерения давления U-образных манометров, величина измеряемого давления определяется разностью уровней жидкости, выраженной в миллиметрах. При заполнении манометров водой измеряемое давление получается в мм вод.ст. Если манометр заполнен другой жидкостью, пересчет производят по формуле:

$$P_{ст} = \frac{h\rho_{ж}}{\rho_o} \quad (1.4.1),$$

где h – показания манометра, мм;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, залитой в манометр, г/см^3;

ρ_o – плотность жидкости, в единицах которой ведется отсчет (вода, ртуть), г/см^3.

При выполнении измерений с использованием пневмометрических трубок следует соблюдать следующие правила:

1. Динамический напор всегда является величиной положительной. Отрицательное его значение при правильном подсоединении трубки к микроманометру могут быть получены при измерениях неисправными приборами, при неправильной установке пневмометрической трубки в сечении газохода и при неправильном выборе места измерений.
2. Во время измерений при большой запыленности газового потока необходимо продувать трубки резиновой грушей или воздуходувкой.
3. При введении в газоход и выведении пневмометрической трубки из газохода микроманометр (дифманометр) должен быть отключен.
4. В случае заброса жидкости из микроманометра в резиновые трубки нарушается правильность выполнения измерений. Повторно резиновыми трубками можно пользовать только после того, как они будут высушены. Убедиться в отсутствии жидкости в резиновых трубках можно поочередно поднимая или опуская их по отношению к микроманометру, при этом показания его не должны меняться.
5. При выполнении измерений давления влажных газов, перед микроманометром ставят влагоотделители (например, двугорлые сосуды).
6. Если измеряемый динамический напор непостоянен (часто и значительно колеблется), что осложняет снятие показаний с микроманометра, можно погасить колебания, установив буферную емкость между каналом полного давления пневмометрической трубки и микроманометром.

1.5. Измерение скорости газовоздушного потока

Скорости потока в сечении газохода можно измерять механическими анемометрами, пневмометрическими трубками, термоанемометрами, ультразвуковыми анемометрами и другими приборами.

Измерение скорости потока с помощью пневмометрических трубок

Использование пневмометрических трубок основано на регистрации разности полного и статического давления:

$$P_Д = P_П - P_{ст} \quad (1.5.1)$$

где: $P_Д$ – динамическое давление газа, Па;

$P_П$ – полное давление газа, Па;

$P_{ст}$ – статическое давление газа, Па;

и дальнейшего расчета скорости газового потока (v, м/с) по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2P_Д}{\rho}} \quad (1.5.2)$$

где: ρ – плотность газа (для приближенных расчетов можно принять равной 1,29 кг/м^3).

Определение плотности газа в газоходе

Если известен объемный процент компонентов газа, то плотность газа $\rho_{н.у.}$ при нормальных условиях (t = 0°С и $P_{атм}$=101.3 кПа) рассчитывают по формуле:

$$\rho_{iн.у.} = \frac{1}{100} \cdot \sum_i \frac{m_i \cdot Q_i}{22.4} \quad (1.5.3)$$

где m_i – молекулярная масса i-го компонента, кг;

Q_i – объемная доля i-го компонента в газовом потоке, %;

22,4 – молярный объем компонента при н.у., м^3.

Если известен объемный процент компонентов газа и их плотность при нормальных условиях, то плотность смеси рассчитывают по формуле:

$$\sum_i \frac{\rho_{iн.у.} \cdot Q_i}{100} \quad (1.5.4)$$

где $\rho_{iн.у.}$ – плотность каждого компонента в смеси при нормальных условиях, кг/м^3.

Плотность газов при нормальных условиях с достаточной для практических расчетов точностью может быть принята равной плотности воздуха, $\rho_о$=1,29 кг/м^3.

Плотность газа при рабочих условиях рассчитывается по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_{н.у.} \cdot 273.15 \cdot (P_{атм.} \pm P_г)}{(273.15 + t) \cdot 101.3} \quad (1.5.5)$$

где $\rho_{н.у.}$ – плотность газа при н. у., кг/м^3;

$P_{атм.}$ – атмосферное давление, кПа;

$P_г$ – давление газа в газоходе, кПа;

$t_г$ – температура газа в газоходе, °С.

Молекулярные массы и плотности некоторых газов приведены ниже.

Газ	Молекулярная масса	Плотность (при н.у.), кг/м^3
Азот	28,02	1,25
Пары воды	18,02	0,804
Кислород	32,00	1,429
Оксид углерода	28,01	1,250
Диоксид углерода	44,01	1,963
Метан	16,04	0,717

Плотность влажного газа при нормальных условиях рассчитывается по формуле:

$$\rho_{0н.у} = \frac{\rho_0 + 0.001 \cdot F}{1 + 0.001 \cdot F / 0.804} \quad (1.5.6)$$

где $\rho_{овл}$ – плотность влажного газа при н. у., кг/м^3;

ρ_o – плотность сухого газа при н. у., кг/м^3;

F – влажность сухого газа, г/м^3 сух.;

0,804 – плотность паров воды при н.у., кг/м^3.

Плотность влажного газа при рабочих условиях рассчитывается по формуле:

$$\rho_{вл} = \frac{\rho_o + 0{,}001 f}{1 + 0{,}001 f / 0{,}804} \cdot \frac{273(P_a \pm P_{ст})}{(273+t)\cdot 760} = 0{,}359 \cdot \frac{(\rho_o + 0{,}001 f)\cdot(P_a \pm P_{ст})}{(0{,}804 + 0{,}001 f)\cdot(273+t)} \quad (1.5.7)$$

где $\rho_{вл}$ – плотность влажного газа при рабочих условиях, кг/м^3.

Динамическое давление газа вычисляется по формуле

$$P_Д = p \cdot \beta \cdot K_T \quad (1.5.8)$$

где: p – отсчет по шкале микроманометра;

β – коэффициент наклона трубки микроманометра;

K_T – коэффициент напорной трубки.

Измерение скорости потока с помощью термоанемометров

Использование термоанемометров основано на регистрации разницы температур, возникающей вследствие теплоуноса газовым потоком с одного из частей датчика. Измерение скорости потока воздуха термоанемометрами основано на законе вынужденной конвективной теплоотдачи от предельно обтекаемого потоком тела, обогреваемого стабилизированным источником тепла.

Для измерения скорости потока воздуха применяют термоанемометры типа ТЭ, представляющие собой первичный преобразователь, работающий в комплекте с блоком смещения и нормализации сигнала.

Преобразователи преобразуют местную скорость потока воздуха в сигнал, который с помощью блока преобразуется в унифицированный сигнал, поступающий на регистратор. Преобразователи обеспечивают измерение скорости потока воздуха в диапазоне 3-32 м/с.

Использование механических анемометров основано на регистрации скорости вращения пропеллера датчика или числа оборотов за определенный период времени. Механические анемометры применимы в основном для измерения скорости газовых потоков от фонарей.

Наряду с вышеперечисленными, существует также ряд других методов (например, лазерные и ультразвуковые измерители), которые применимы при наличии соответствующего методического и метрологического обеспечения.

1.6. Измерение влажности

Пары воды, содержащиеся в выбросе, не являются загрязняющим веществом, но при этом могут составлять значительную часть объема газовоздушной смеси, поступающей в атмосферу. Это приводит к тому, что для горячих источников загрязнения, у которых температура отходящих газов выше чем +30°С, интенсивность выброса загрязняющего вещества (мощность выброса ЗВ, г/с) может значительно завышаться. Поскольку величина приземной концентрации ЗВ, создаваемая его выбросом после рассеивания вещества в атмосфере, прямо пропорциональна мощности выброса из источника, такое завышение оценки мощности ведет к соответствующему завышению значений приземных концентраций, что приводит к неоправданным расходам предприятия.

Мощность выброса загрязняющего вещества из источника рассчитывается по формуле

$$M = C_{з.в.} \times V_{сух} \quad (1.6.1)$$

где: M – мощность выброса загрязняющего вещества из источника при нормальных условиях (н.у.) (О°С, 101,3 кПа, сухой газ), г/с;

$C_{з.в.}$ – концентрация загрязняющего вещества при н.у., мг/м^3;

$V_{сух}$ – объемный расход газовоздушной смеси, выбрасываемый из источника, приведенный к н.у., м^3/с.

Если принять, что при различных температурах относительная влажность газовоздушной смеси в газоходе равна 100 %, то при повышении температуры, в отсутствии учета содержания водяных паров, погрешность измерения объема газовоздушной смеси (ГВС) будет возрастать. В табл. 1.6.1 представлены максимальные погрешности, возникающие при измерении объема ГВС с увеличением температуры без учета влажности.

Таблица 1.6.1

Температура ГВС, tгвс, °С	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Погрешность измерения объема ГВС, %	0,6	1,9	3,4	5,8	9,8	16,3	27,5	48	90	213	2278	→ ∞

Существует ряд методов, позволяющих оценить относительную и абсолютную влажность в газопылевом потоке в источнике загрязнения атмосферы [11,16].

Гравиметрический (конденсационный) метод

Метод основан на измерении количества сконденсированных паров воды в пробе газа известного объема, отбираемых из газохода и охлажденных ниже точки росы. Этот метод позволяет определить абсолютную влажность в газопылевом потоке и, как правило, применяется для измерения влажности газов не насыщенных водяными парами.

Схема измерения влажности газа конденсационным методом представлена ниже:

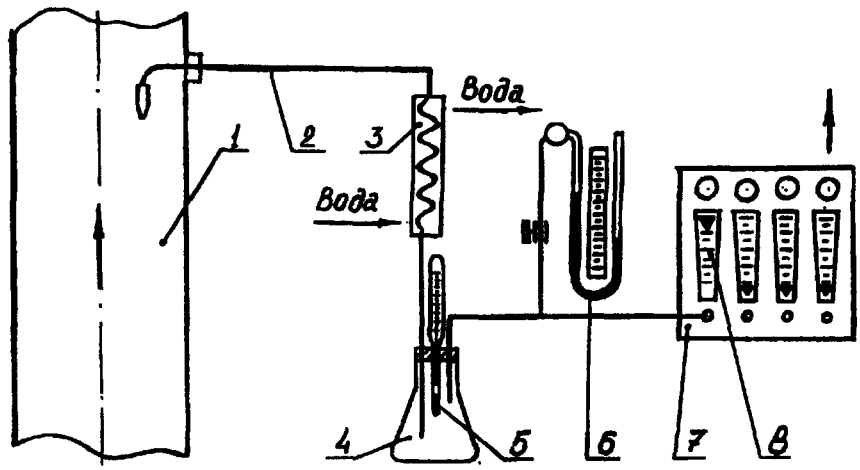


Рис. 1.6.1. Схема измерения влажности газа конденсационным методом.
1 – газоход; 2 – пылезаборная трубка внутренней фильтрации; 3 – холодильник; 4 – колба коническая; 5 – термометр; 6 – U-образный манометр; 7 – электроаспиратор; 8 – ротаметр.

При отборе проб паров воды необходимо исключить выпадение конденсата воды по газовому тракту до устройства конденсации. С этой целью необходимо выполнение ряда условий:
- температура точки росы анализируемого газа должна быть выше 60°С;
- не допускается попадание в устройство конденсации твердых взвешенных веществ, капельной влаги, а также веществ, влияющих на температуру точки росы;
- газозаборный тракт до холодильника должен быть минимальной длины и располагаться вертикально или под углом не менее 10°С;
- при температуре выше 100°С пробоотборный зонд и участок его соединения с устройством конденсации необходимо обогревать.

В целом, при отборе проб газовый поток в газоходе должен находиться при следующих условиях:

избыточное давление (разрежение)	± 10 кПа
температура в газоходе	от 0 до 450 ^{0}C
температура окружающей среды	от -5 до 35 ^{0}C
массовая концентрация паров воды (абсолютная влажность)	от 50 до 500 г/м^3
запыленность	до 1,0 г/м^3

Чтобы исключить попадание твердых взвешенных веществ при отборе пробы, пробоотборный зонд необходимо снабдить фильтрующим устройством, позволяющим устранить взвешенные вещества на стадии отбора пробы. Для исключения попадания капельной влаги, пробоотборный зонд должен быть снабжен специальной насадкой, позволяющей направить входное отверстие зонда по ходу газопылевого потока.

Для определения веса отобранной пробы необходимо взвесить устройство конденсации до отбора пробы, затем после отбора пробы. Перед отбором пробы, устройство конденсации и сорбции водяных паров взвешивают два раза на весах с точностью до 0,1 г. За результат измерения массы устройства принимают среднее арифметическое результатов двух единичных измерений, разность между которыми не должна превышать ±0,2 г.

Собирают пробоотборную систему согласно вышеуказанной схемы и проверяют систему на герметичность. Для этого, до ввода зонда в газоход, устанавливают расход газа около 5 дм^3/мин по ротаметру аспиратора и закрывают входное отверстие фильтрующего патрона: если через некоторое время (1-2 мин) расход снизится до нуля, то система герметична. Вместо пылезаборной трубки внутренней фильтрации можно использовать пробоотборный зонд, к входному отверстию которого подсоединен фильтрующий патрон. После отбора пробы выдерживают в течение часа в лаборатории и взвешивают на тех же весах, на которых был установлен первоначальный вес по аналогичной процедуре.

Массу паров воды (G, г) рассчитывают по формуле:

$$G_2 - G_1 = G \quad (1.6.2)$$

где G_2 – среднее значение массы устройства конденсации после отбора пробы, г;

G_1 – среднее значение массы устройства конденсации до отбора пробы, г.

Массовую концентрацию паров воды ($C_в$, г/м^3) в отходящих газах рассчитывают по формуле:

$$C_в = \frac{G}{V_0} \quad (1.6.3)$$

где V_0 – объем газовой пробы, м^3 , приведенной к н.у., рассчитывают по формуле:

$$V_0 = V \cdot \frac{273 \cdot (P_{атм} - \Delta P_c)}{101.3 \cdot (273 + t_c)} \quad (1.6.4)$$

где $P_{атм}$ – атмосферное давление, кПа; ΔP_c – разрежение перед счетчиком, кПа; t_c – температура газа перед счетчиком, ^{0}C; V – объем отобранной газовой пробы, м^3.

Объем отобранной пробы лучше измерять при помощи газового счетчика, т.к. в этом случае погрешность измерения объема отобранной пробы составляет ±2%.

Например, можно использовать счетчик газа бытовой Галлус–2000 или любой другой газовый счетчик, не уступающий ему по своим характеристикам.

Психрометрический метод

Метод основан на косвенном определении парциального давления водяных паров по показаниям температуры влажного и сухого термометров (или термодатчиков), последовательно обтекаемых струей газа при отборе пробы. При этом сухой термометр показывает температуру окружающего его насыщенного газа, а мокрый, помещенный в ту же среду, – более низкую температуру из-за расхода теплоты на испарение воды и насыщение газа её парами. Для реализации этого

метода используют психрометры Ассмана. Метод рекомендуется использовать для контроля газовых потоков, температура которых превышает температуру точки росы на 15–20 °С. Метод позволяет измерять относительную и абсолютную влажность в условиях газохода.

Для выполнения измерений необходимо выполнение следующих условий:

- пробу необходимо отбирать так, чтобы исключить выпадение конденсата паров воды по газовому тракту до психрометра;
- не допускается попадание твердых взвешенных веществ и капельной влаги в психрометр.

При отборе проб газовый поток в газоходе должен находиться при следующих условиях:

атмосферное давление	84 - 106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.)
избыточное давление (разрежение)	± 10 кПа
относительная влажность при температуре до 70° С	до 100 %
температура окружающей среды	от 10 до 35 °С

Перед измерением психрометр подготавливают к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации, заливая в него дистиллированную воду до метки. Собирают установку для отбора пробы.

Установка состоит из пробоотборного зонда, психрометра (для измерения температур "сухого" и "влажного" термометра), манометра для измерения разрежения в приборе, газового счетчика для измерения отобранного объема пробы (или ротаметра) и аспиратора. В газоходе должен быть установлен манометр для измерения избыточного давления (разрежения) в газоходе. Установку проверяют на герметичность, так как было изложено выше, при описании гравиметрического метода.

При проведении измерений предварительно отфильтрованный от пыли газ поступает в психрометр через входной патрубок и омывает сначала сухой, а затем влажный термометр и выходит из устройства через выходной патрубок.

Через прибор устанавливают расход газа не менее 15 – 20 дм^3/мин и прогревают прибор этим газом в течение 10 – 15 мин, при этом скорость омывания газом влажного термометра (термометра) должна быть выше 5 м/с.

Показания термометров снимают через каждые 5 мин. Следует сделать не менее 5 измерений, затем результаты усреднить.

Результаты измерений записывают в журнал наблюдений.

Парциальное давление водяных паров при условиях внутри психрометра рассчитывают по формуле:

$$P_{wn} = P_{нас} - c(t_c - t_в)\cdot(P_{атм} - \Delta P_п) \quad (1.6.5)$$

Парциальное давление водяных паров в анализируемом газе рассчитывают по формуле:

$$P_{wг} = \left[P_{нас} - c(t_c - t_в)\cdot(P_{атм} - \Delta P_п)\right]\cdot\frac{P_{атм} \pm \Delta P_г}{P_{атм} - \Delta P_п} \quad (1.6.6)$$

где: $P_{w\,г}$ – парциальное давление водяного пара в анализируемом газе, мм рт.ст.;

$P_{нас}$ – давление насыщенного водяного пара при температуре влажного термометра $t_в$, (справочные данные), мм рт.ст;

t_c – температура сухого термометра (измеренные данные), °С;

$t_в$ – температура влажного термометра (измеренные данные), °С;

$\Delta P_п$ – разрежение в психрометре (измеренные данные), мм рт.ст.;

$\Delta P_г$ – разрежение (давление) в газоходе (измеренные данные), мм рт.ст.;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, мм рт. ст.;

с – коэффициент, зависящий от скорости движения газа около влажного термометра (при скоростях газа более 5 м/с, с = 0,00066).

Согласно рассчитанному парциальному давлению водяного пара по психрометрическим таблицам в справочной литературе [17-19] можно найти соответствующую температуру точки росы.

Относительную влажность в газоходе (%) рассчитывают по формуле:

$$W_г = \frac{P_{wг}}{P_{wгг}} \cdot 100 \qquad (1.6.7)$$

где $P_{wгт}$ – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре газа в газоходе, мм рт. ст. (справочные данные [17-19]).

Массовую концентрацию водяного пара в газоходе определяют по формуле:

$$C_в = \frac{804 \cdot P_{wг}}{(P_{атм} \pm \Delta P_г) - P_{wг}} \qquad (1.6.8)$$

где $C_в$ – массовая концентрация водяного пара в газе, г/м^3; 804 – плотность водяного пара при нормальных условиях, г/м^3.

Датчик психрометра выполнен отдельным выносным блоком и снабжен съемным бачком для воды и пробоотборной трубкой с матерчатым противопыльным фильтром и укрепленным на ней нагревательным элементом.

Психрометр так же снабжен термопреобразователем, блоком измерений и блоком питания.

Первый по ходу газового потока термодатчик "сухой" принимает температуру газа. Второй, "влажный", смачивается водой и из-за испарения воды охлаждается. Возникает разность температур (психрометрическая разница), связанная с температурой и влажностью газового потока. Блок измерения индуцирует значения температуры "сухого" термодатчика и разности температур "сухого" и "влажного" термодатчиков в зависимости от положения переключателя.

Относительная влажность газа в условиях газохода рассчитывается по формуле:

$$W_г = \frac{(P_{атм} \pm \Delta P_г) \cdot (273 + t_c) \cdot C_{нс}}{(P_{атм} - \Delta P_п) \cdot (273 + t_г) \cdot C_{нг}} \cdot W_п \quad (1.6.9)$$

где $W_г$ – относительная влажность газа в условиях газохода, %; $W_п$ – относительная влажность газа в условиях психрометра, %; $P_{атм}$ – атмосферное давление, мм рт.ст.; $\Delta P_г$ – избыточное давление (разрежение) в газоходе, мм рт.ст.; $\Delta P_п$ – разрежение в психрометре, мм рт.ст.; t_c – температура "сухого" термодатчика, °С; $t_г$ – температура в газоходе, °С; $C_{нс}$ – абсолютная влажность насыщенного водяного пара при температуре "сухого" термодатчика, г/м^3; $C_{нг}$ –абсолютная влажность насыщенного водяного пара при температуре газа в газоходе, г/м^3.

Абсолютная влажность газа в газоходе рассчитывается по формуле:

$$C_{вг} = \frac{W_г \cdot C_{нг}}{100} \quad (1.6.10)$$

где $C_{вг}$ – абсолютная влажность газ в газоходе, г/м^3; 100 – коэффициент, %.

Основная абсолютная погрешность измерения относительной влажности газа не должна превышать ± 10%.

1.7. Расчет объемного расхода газового потока

Объемный расход газа при рабочих условиях $W_р$ (м^3/с) рассчитывают по формуле

$$W_р = v_г \cdot S \ (1.7.1)$$

где $V_Г$ – скорость газа, м/с; S – площадь измерительного сечения газохода, м^2.

Для круглого газохода площадь измерительного сечения рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 10^{-6} \ (1.7.2)$$

где D – внутренний диаметр газохода, мм.

Для прямоугольного газохода площадь измерительного сечения рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{A \cdot B}{10^6} \ (1.7.3)$$

где А, В – внутренние размеры прямоугольного сечения газохода, мм.

Площадь поперечного сечения пневмометрической трубки не должна превышать 1% площади измерительного сечения газохода. Если невозможно обеспечить это условие, действительную площадь измерительного сечения $S_Д$ в этом случае рассчитывают по формуле:

$$S_Д = S_Г - S_{тр} \quad (1.7.4)$$

где $S_Г$ – площадь сечения газохода, м^2; $S_{тр}$ – площадь сечения трубки, м^2.

Объемный расход газа (W_o, м^3/с), приведенный к нормальным условиям (t=0°С, P_a=101,3 кПа) рассчитывается по формуле:

$$W_o = V_Г \cdot \frac{273 \cdot (P_a \pm P_{ст})}{(273+T) \cdot 101.3} = 2.7 \cdot V_Г \cdot \frac{(P_a \pm P_{ст})}{(273+T)} \quad (1.7.5)$$

где $V_Г$ – объемный расход газа при рабочих условиям, м^3/с; P_a –атмосферное давление, кПа.; $P_{ст}$ – статическое давление газа в газоходе, кПа; Т – температура газа в газоходе, °С.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВЫБРОСАХ

Согласно государственному стандарту [7] при контроле промышленных выбросов приоритетными являются прямые методы, основанные на измерениях концентрации вредных веществ и объемов газовоздушной смеси. К прямым методам относятся измерения с помощью инструментально-лабораторных методик или газоанализаторов (переносных или стационарных).

При выборе инструментального метода для проведения измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах необходимо учитывать следующие факторы:

- область применения методики (газоанализатора) должна соответствовать параметрам контролируемого источника выбросов. К таким параметрам относятся, в частности, интервал (диапазон) определяемых концентраций загрязняющего вещества, температура, давление и влажность;

- возможность присутствия в выбросах контролируемого источника загрязнения атмосферы сопутствующих веществ, которые потенциально могли бы мешать определению данного загрязняющего вещества;

Газоанализаторы, как правило, используются для определения приоритетных газовых примесей (SO_2, NO_x, CO) и наиболее важных специфических загрязняющих веществ (NH_3, H_2S, фториды, меркаптаны, галогены и др.). Но число веществ, подлежащих контролю, достигает нескольких сотен, что делает невозможным создание автоматических приборов для каждого из загрязняющих веществ. Соответственно, в настоящее время инструментально-лабораторные методы играют ведущую роль в качестве источников получения информации о выбросах в атмосферу и основных средств контроля за соблюдением установленных нормативов выбросов.

2.1. Методики измерения концентраций

При контроле источников загрязнения атмосферы можно использовать только согласованные в установленном порядке методики, отвечающие требованиям [5, 20-22].

В соответствии с [23] «МВИ показателей загрязнения окружающей среды должны пройти экспертизу в организации (по специализации), уполномоченной федеральным органом исполнительной власти…». Такой организацией в области контроля промышленных выбросов является Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха (НИИ Атмосфера). НИИ Атмосфера проводит экспертизу методик. Метрологическая аттестация методик проводится в ГНМЦ: ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" (Санкт-Петербург), ФГУП "УНИИМ" (Екатеринбург) и в ФГУП "ВНИИМС" (Москва).

Эти центры в соответствии с требованиями [20] проверяют составляющие погрешности измерений методики, таким образом, чтобы суммарная погрешность измерений (неопределенность результата измерений) не превышала ±25%.

Экспертное заключение выдается сроком на 5 лет. При проведении экспертизы проверяется возможность получения достоверных результатов с помощью предлагаемой методики в заяв-

ленной в ней области применения (для каких технологических производств, при каких мешающих компонентах, при каких температурах, в каком диапазоне концентраций и т.д.).

По истечении 5-ти летнего срока действия методика должна быть актуализирована. Текст МВИ может быть доработан с учетом накопленного опыта ее использования и изменениями нормативных документов за последние 5 лет (актуализация и изменения государственных стандартов, технических условий и т.д.). Однако такие изменения не должны затрагивать сути метода и основных моментов МВИ (диапазона измеряемых концентраций, способа отбора пробы, метода анализа), так как в этом случае данная методика должна будет заново пройти всю процедуру согласования, после чего на нее будет выдано новое свидетельство о метрологической аттестации.

Не допускается использование при контроле выбросов методик, предназначенных для контроля воздуха рабочей зоны и загрязнения атмосферы.

Методика, имеющая свидетельство о метрологической аттестации и экспертное заключение, включается в «Перечень методик выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах в атмосферу», выпускаемый НИИ Атмосфера.

Перечень состоит из названий методик выполнения измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий, с указанием организаций разработчиков и окончания срока действия разрешительных документов на методику (свидетельство о метрологической аттестации, экспертное заключение), адресов организаций разработчиков и алфавитного указателя веществ.

По окончании срока действия разрешительных документов на методику или при подготовке новых методик необходимо привести их в соответствие с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009 и ГОСТ Р ИСО 5725-2002, ГОСТ 17.2.3.02-78 и РД 52.04.59-85 и представить на экспертизу.

В России также действует Государственный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для целей государственного экологического контроля и мониторинга, в который включены методики контроля промышленных выбросов. Реестр является открытым, т.е. он постоянно пополняется новыми методиками выполнения измерений, а методики с истекшим сроком действия свидетельства о метрологической аттестации пересматриваются разработчиками в установленном порядке.

Кроме того, в России существует Федеральный реестр методик выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, в котором также зарегистрированы методики, предназначенные для контроля выбросов загрязняющих веществ.

2.2. Газоанализаторы

Газоанализатор (анализатор газов, газоаналитический прибор) представляет собой средство измерения, предназначенное для количественного определения химического состава газовой среды. Газоанализаторы бывают автоматическими, т.е. производящими измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала, без непосредственного участия человека и полуавтоматическими (автоматизированными), т.е. производящими в автоматическом режиме одну или несколько измерительных операций. Кроме того, газоанализаторы подразделяются на газоанализаторы специализированного назначения и универсального назначения. Газоанализаторы специализированного назначения имеют ограниченную область применения и предназначены для эксплуатации на объектах определенного типа (типов) с конкретными характеристиками (качественным химическим составом и физическими параметрами анализируемой газовой среды). Газоанализаторы универсального назначения имеют широкую область применения без указания типов и характеристик контролируемых объектов и применяются в совокупности с методиками выполнения измерений, разработанными для конкретных измерительных задач [24, 25-27].

Как и в случае методик определения концентраций загрязняющих веществ, погрешность измерения концентраций газоанализаторами должна составлять не более ±25 % от измеряемой величины. Погрешность измерения определяется классом точности прибора в соответствии с ГОСТ 8.401-80 [28]. Класс точности – это обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также рядом других свойств, влияющих на точность осуществляемых с их помощью измерений. Классы точности регламентируются стандартами на отдельные виды средств измерения с использованием метрологи-

ческих характеристик и способов их нормирования. Обозначение классов точности вводится в зависимости от способов задания пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности могут задаваться либо в виде одночленной формулы

$$\Delta = \pm a \quad (2.2.1)$$

либо в виде двухчленной формулы

$$\Delta = \pm(a + bx) \quad (2.2.2),$$

где Δ и x выражаются одновременно либо в единицах измеряемой величины, либо в делениях шкалы измерительного прибора.

Более предпочтительным является задание пределов допускаемых погрешностей в форме приведенной или относительной погрешности.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности нормируются в виде одночленной формулы

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_n} = \pm p \quad (2.2.3),$$

где: $p = 1 \cdot 10^n,\ 1.5 \cdot 10^n,\ 2 \cdot 10^n,\ 2.5 \cdot 10^n,\ 4 \cdot 10^n,\ 5 \cdot 10^n,\ 6 \cdot 10^n$
($n = 1, 0, -1, -2\ldots$).

Пределы допускаемой относительной основной погрешности могут нормироваться либо одночленной формулой

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm q \quad (2.2.4)$$

либо двухчленной формулой

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm\left[c + d\left(\left|\frac{X_k}{X}\right| - 1\right)\right] \quad (2.2.5)$$

Где X_k – конечное значение диапазона измерений или диапазона значений воспроизводимой многозначной мерой величины, а постоянные числа q, c и d выбираются из того же ряда, что и число p.

В обоснованных случаях пределы допускаемой абсолютной или относительной погрешности можно нормировать по более сложным формулам или даже в форме графиков или таблиц.

Средствам измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых задаются относительной погрешностью по одночленной формуле (2.2.4), присваивают классы точности, выбираемые из ряда чисел p и равные соответствующим пределам в процентах. Так для средства измерений с δ=0,002 класс точности обозначается (0.2).

Если пределы допускаемой основной относительной погрешности выражаются двухчленной формулой (2.2.5), то класс точности обозначается как c/d , где числа c и d выбираются из того же ряда, что и p, но записываются в процентах. Так, измерительный прибор класса точности 0,02/0,01 характеризуется пределами допускаемой основной относительной погрешности

$$\delta = \pm\left[0.02 + 0.01\left(\left|\frac{X_k}{X}\right| - 1\right)\right] \ \% \quad (2.2.6)$$

Классы точности средств измерений, для которых пределы допускаемой основной приведенной погрешности нормируются по формуле (2.2.3), обозначаются одной цифрой, выбираемой из ряда для чисел p и выраженной в процентах.

Если, например, $\gamma = \pm 0{,}005 = \pm 0{,}5\%$, то класс точности обозначается как 0.5 (без кружка).

Классы точности обозначаются римскими цифрами или буквами латинского алфавита для средств измерений, пределы допускаемой погрешности которых задаются в форме графиков, таблиц или сложных функций входной, измеряемой или воспроизводимой величины. К буквам при этом допускается присоединять индексы в виде арабской цифры. Чем меньше пределы допускаемой погрешности, тем ближе к началу алфавита должна быть буква и тем меньше цифра.

Пределы относительной погрешности измерения концентраций загрязняющих веществ для газоанализаторов специализированного назначения должны быть указаны в эксплуатационных документах на газоанализаторы, а именно, в руководстве по эксплуатации или паспорте, и соответствовать значениям, установленным по результатам проведения метрологических испытаний газоанализаторов.

Пределы относительной погрешности измерения концентраций загрязняющих веществ для газоанализаторов универсального назначения должны быть указаны в методиках выполнения измерений, регламентирующих применение данных газоанализаторов для конкретных типов контролируемых объектов, и соответствовать значениям, установленным по результатам проведения метрологической аттестации МВИ.

При выполнении измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах должны применяться газоанализаторы, внесенные в Государственный реестр средств измерений РФ и прошедшие метрологическую сертификацию и имеющие заключение о возможности их применимости при контроле промышленных выбросов в конкретных отраслях промышленности. Газоанализаторы, прошедшие сертификацию на применение для контроля промышленных выбросов, должны обеспечивать выполнение требований, указанных в паспорте и технической документации прибора (газоанализаторы специализированного назначения). Газоанализаторы универсального назначения, которые применяются в совокупности с методиками выполнения измерений (МВИ), разработанными для конкретных измерительных задач и прошедших экспертизу и метрологическую аттестацию в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 [20], должны обеспечивать выполнение требований, указанных в документации прибора и МВИ. Информация о допущенных к применению при контроле промышленных выбросах приборах приводится в "Перечне приборов для измерения концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий", который формирует НИИ Атмосфера.

Газоанализаторы должны быть укомплектованы устройствами отбора и подготовки пробы к анализу, предназначенными для транспортировки, охлаждения, осушения и очистки пробы. Не допускается использование устройств типов, не указанных в эксплуатационных документах или МВИ на газоанализаторы.

Принципы работы газоанализаторов для контроля промышленных выбросов основаны на электрохимическом, оптическом и пламенно-ионизационном методах.

Электрохимические методы подразделяется на кондуктометрический и кулонометрический.

Кондуктометрический метод действия газоанализаторов основан на регистрации изменения электропроводности электролита, возникающей в результате его взаимодействия с анализируемой газовой смесью. Газоанализаторы, действующие на основе этого метода, отличаются высокой чувствительностью, быстродействием, простотой исполнения, портативностью и относительно невысокой ценой. К существенным недостаткам газоанализаторов, использующих кондуктометрический метод, относится низкая селективность по отношению к мешающим компонентам и сильная зависимость от параметров внешней среды.

Кулонометрический метод действия газоанализаторов основан на непрерывном автоматическом титровании анализируемого компонента реагентом, постоянно генерируемым за счет электрохимической реакции на одном из электродов ячейки. Сила тока, протекающего через ячейку, пропорциональна содержанию определяемого компонента в анализируемой среде. Газоанализаторы, действующие на этом принципе, также характеризуются высокой чувствительностью, быстродействием, портативностью и относительно невысокой ценой. По своей селективности они превосходят газоанализаторы, работающие на кондуктометрическом принципе. К общим недостаткам электрохимических газоанализаторов также можно отнести небольшой межповерочный интервал и необходимость периодической замены аналитических ячеек.

В настоящее время среди электрохимических газоанализаторов существует большое разнообразие многокомпонентных приборов, принцип действия которых основан на измерении нескольких соединений, обычно CO, SO_2, NO и O_2, с последующим обсчетом полученных аналитических сигналов встроенным процессором по заданной программе. При этом следует учитывать, что взаимное влияние различных компонентов исследовано на стенде и в программу обсчета аналитических сигналов внесены соответствующие зависимости только для небольшого количества процессов (обычно это процессы сжигания органического топлива). Поэтому применение таких газоанализаторов ограничено в основном котельными, ТЭЦ и другими аналогичными источниками, поскольку для этого типа приборов, главным образом, учтено влияние мешающих компонен-

тов, образующихся в процессе горения. Однако они не могут быть использованы для выполнения измерений в нагревательных печах, мусоросжигающих установках и пр., так как в данных процессах присутствуют в значительных количествах вещества, влияние которых на показания газоанализаторов не учтено. Газоанализаторы, работа которых основана на электрохимических принципах, в основном относятся к газоанализаторам специализированного назначения.

Оптические методы подразделяются на абсорбционные и эмиссионные. Абсорбционные методы основаны на способности вещества поглощать излучение в узких участках спектра. Газоанализаторы на основе этого метода отличаются значительным многообразием и могут работать в видимой, УФ- и ИК-областях спектра. Кроме того, указанные газоанализаторы различаются по методам регистрации поглощения светового потока, способам выделения длины волны зондирующего излучения и т.п. Газоанализаторы, основанные на абсорбционных методах, обладают хорошей чувствительностью и селективностью, обычно достаточно надежны в эксплуатации. Однако они требуют более квалифицированного персонала и их стоимость выше, чем у электрохимических газоанализаторов.

В основе действия газоанализаторов, работающих на эмиссионном принципе, лежит измерение излучения возбужденных молекул анализируемого компонента. В возбужденное состояние молекулы анализируемого компонента могут быть переведены, как за счет излучения (флуоресцентные газоанализаторы), так и за счет химических реакций (хемилюминисцентные газоанализаторы). Газоанализаторы, работающие на эмиссионном принципе, обладают в основном теми же достоинствами и недостатками, что и абсорбционные. Газоанализаторы, работающие на использовании оптических методов, относятся в большинстве случаев к газоанализаторам универсального назначения.

Действие специализированных оптических газоанализаторов (дымомеров и пылемеров) основано либо на абсорбционном методе, либо на явлении рассеяния света. При этом, поскольку оптические свойства пыли зависят от размера и формы частиц, пылемер необходимо калибровать для каждого типа источников выбросов, используя в качестве компаратора методику весового определения запыленности по ГОСТ 50820-95 [29].

Пламенно-ионизационный метод в газоанализаторах применяют для измерения содержания углеводородов. Он основан на измерении силы тока, проходящего через детектор газоанализатора при сгорании углеводородов в водородном пламени. К достоинствам данного типа газоанализаторов относится высокая чувствительность, большой линейный диапазон, высокая селективность по отношению к большинству неорганических примесей. К недостаткам относится отсутствие селективности по отношению к органическим соединениям других классов.

Кроме классификации по принципу действия, газоанализаторы подразделяются по методу отбора пробы:

а) непосредственный отбор пробы, ее транспортировка, подготовка и анализ;

б) отбор пробы с разбавлением, ее транспортировка и анализ микроконцентраций.

Способ а) предполагает, что в состав газоанализатора должны входить:

- пробоотборный зонд, который обычно представляет собой трубку из нержавеющей стали, снабженную металлокерамическим фильтром внутренней фильтрации для грубой очистки от пыли;

- магистраль транспортировки пробы, которая представляет собой трубку из фторопласта, при этом при значительной длине магистрали (превышающей 1,5 м) необходимо использовать обогреваемую магистраль, обеспечивающую температуру отбираемой пробы выше точки росы;

- устройство удаления избыточной влаги. Для этой цели обычно используют либо устройства охлаждения (холодильники), либо полупроницаемые трубки;

- устройство аспирации пробы;

- аналитический блок.

Способ б) предполагает, что в состав газоанализатора должны входить:

- пробоотборный зонд, включающий фильтр очистки от пыли и встроенное устройство разбавления (кварцевый капилляр или критическое сопло с эжектором);

- магистраль транспортировки пробы, которая в этом случае может иметь длину до нескольких десятков метров, так как происходит разбавление пробы сухим очищенным газом;

- компрессор с блоком очистки воздуха или баллон со сжатым воздухом;

- аналитический блок.

Оба этих метода реализованы в различных газоанализаторах и газоаналитических комплексах, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Отбор пробы с разбавлением позво-

ляет избежать применения обогреваемых магистралей и устройств влагоотделения и использовать газоанализаторы, разработанные для контроля атмосферного воздуха при контроле промышленных выбросов. Однако при этом способе необходимо обеспечивать большой поток чистого воздуха на разбавление, соответственно, указанный способ используется только в стационарных условиях или в виде передвижных комплексов. Непосредственный отбор пробы позволяет реализовать портативные переносные варианты газоанализаторов, при этом длина пробоотборной магистрали обычно ограничена, так как использование обогреваемых магистралей также приводит к увеличению габаритов и веса газоанализатора.

Для повышения производительности используется способ применения газоанализаторов в стационарных условиях с предварительным отбором пробы в эластичную емкость, изготовленную из инертного материала или газовую пипетку с последующей транспортировкой к месту стационарной установки газоанализатора. Этот метод, несмотря на кажущуюся простоту и удобство, имеет значительные ограничения из-за:

- отсутствия возможности отбора пробы из горячих влажных газоходов;
- ограничений по анализируемым компонентам (метод применим только к легколетучим, не конденсирующимся веществам) из-за их сорбции на поверхности пробоотборной емкости.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения концентраций загрязняющих веществ в рабочих условиях должны составлять не более ± 25% от измеренной величины.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения концентраций загрязняющих веществ в рабочих условиях для газоанализаторов специализированного назначения должны быть указаны в эксплуатационных документах на газоанализаторы (руководстве по эксплуатации или паспорте) и соответствовать значениям, установленным по результатам проведения метрологических испытаний газоанализаторов для целей утверждения типа средства измерений.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения концентраций загрязняющих веществ в рабочих условиях для газоанализаторов универсального назначения должны быть указаны в методиках выполнения измерений, регламентирующих применение данных газоанализаторов для конкретных типов контролируемых объектов, и соответствовать значениям, установленным по результатам проведения метрологической аттестации МВИ.

Оценка пределов допускаемой относительной погрешности измерения автоматических и полуавтоматических газоанализаторов при использовании их в рабочих условиях приведена в Приложении 3.

2.3. Системы непрерывного автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ

В целях обеспечения достоверной информации об объеме и уровнях воздействия на окружающую среду стационарные источники основных технологических процессов и оборудования должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета концентраций загрязняющих веществ.

Для обеспечения непрерывного аналитического контроля промышленных выбросов источники выбросов должны быть оборудованы газоанализаторами стационарного типа.

Для измерения диоксида серы (SO_2), оксидов азота (NO_x), а также оксида углерода (CO) в дымовых газах металлургического, строительного, химического производств и предприятий энергетики наиболее подходящими являются газоанализаторы стационарного типа, в которых применяется оптико-абсорбционный метод измерения. Помимо них для определения указанных веществ применяются газоанализаторы, использующие электрохимический и колориметрический методы измерения.

Система непрерывного контроля выбросов оксидов азота (NO_x), вне зависимости от ее комплектации (раздельное измерение NO и NO_2, конвертация NO в NO_2, или наоборот NO_2 в NO), должна обеспечивать получение суммарной концентрации NO_x (в пересчете на NO_2) в мг/м^3. Для определения выбросов NO и NO_2 в атмосферу полученное значение NOx должно быть пересчитано с учетом коэффициентов трансформации (требование п. 1.5. ОНД-86) [30].

Газоаналитические комплексы позволяют улучшить технологические процессы на предприятии, уменьшить вредные выбросы в атмосферу, оптимизировать потребление энергоресурсов. Компьютерная обработка измерительной информации должна позволять архивировать результаты измерений и тем самым отслеживать отклонения технологического процесса по результатам газоаналитического контроля.

2.4. Расчет погрешности аналитических измерений параметров выбросов

Источники выделения ЗВ, отнесенные к источнику загрязнения атмосферы, могут работать в разных режимах. Это связано с изменениями в технологическом процессе. При оценке мощности выброса ЗВ (г/с, т/год) из ИЗА необходимо выделить и оценить каждый режим. При проведении измерений параметров газопылевого потока (температура, скорость, разрежение, влажность, концентрация) в условиях одного режима в ИЗА следует помнить, что параметры меняются во времени. По единичному результату измерения параметра(ов) нельзя судить о его истинном значении.

Для каждого из рассматриваемых параметров газопылевого потока в качестве значения, характеризующего определенный режим выбросов ИЗА, принимается среднее значение этого параметра, определенное по ряду результатов определений разовых значений этого параметра при работе ИЗА в рассматриваемом режиме.

Примечание: Последовательность большинства из описываемых ниже в этом разделе вычислений одинакова для разных параметров газопылевого потока. Для того чтобы не повторять одинаковые формулы для разных параметров, в формулах, описывающих последовательность вычислений, вместо обозначения конкретного параметра использовали обозначение Z. Таким образом, в зависимости от того, какой параметр обсуждается, под Z в этих формулах можно понимать:

- *температура газопылевого потока в ИЗА в выбранном месте измерений, $t_г$ (°С);*
- *скорость газопылевого потока в ИЗА в месте измерений, $W_г$ (м/с);*
- *разрежение газопылевого потока в ИЗА в месте измерений, $\Delta P_г$, мм рт.ст.;*
- *концентрация паров воды газопылевого потока в месте измерений, $C_в$ (г/м^3);*
- *концентрация ЗВ газопылевого потока в месте измерений, С (мг/м^3).*

Среднее значение параметра $\overline{Z}_n$, по ряду (набору) из *n* разовых значений параметра, Z_i $(i=1,2,....n)$, определенных при рассматриваемом режиме выбросов ИЗА, рассчитывается по формуле:

$$\overline{Z}_n = \frac{Z_1 + Z_2 + ... + Z_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Z_i \quad (2.4.1)$$

Характеристики набора (ряда) разовых значений Z_i,, используемого для расчетов $\overline{Z}_n$: число членов набора, n; среднеквадратичное отклонение величин членов набора, Z_i, от $\overline{Z}_n$, (СКО), $S_{z,n}$; величины самих разовых значений, Z_i; должны удовлетворять следующим условиям:

1 критерий $$n \geq 3 \quad (2.4.2) \qquad (2.4.2)$$

2 критерий $$\left| Z_i - \overline{Z}_n \right| \leq S_{z,n} \cdot \zeta_{кр}(n) \quad (2.4.3) \qquad (2.4.3)$$

Для параметров, разовые значения которых, по их физическому смыслу, могут быть только неотрицательными числами (скорость, концентрация водяных паров), помимо (2.4.2) — (2.4.3), должны выполняться соотношения вида:

3 критерий $$\zeta_{кр}(n) \cdot S_{z,n} \leq \overline{Z}_n \qquad (2.4.4)$$

Для температур, $t_г$, концентраций водяных паров, $C_в$, скоростей, $W_г$, разрежения, $\Delta P_{иг}$ в газопылевом потоке должны также выполняться условия:

4 критерий

$$\delta_{\bar{t}_г} = \frac{S_{t_г,n}}{(\bar{t}_г)_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.1 \qquad (2.4.5)$$

$$\delta_{\bar{c}_в} = \frac{S_{c_в,n}}{(\bar{c}_в)_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.1 \qquad (2.4.6)$$

$$\delta_{\bar{w}_г} = \frac{S_{w_г,n}}{(\bar{w}_г)_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.1 \qquad (2.4.7)$$

$$\delta_{\Delta\bar{P}_г} = \frac{S_{\Delta P_г,n}}{(\Delta\bar{P}_г)_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.1 \qquad (2.4.8)$$

$$\delta_{\bar{c}_{зв}} = \frac{S_{c_{зв},n}}{(\bar{c}_{зв})_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.2 \qquad (2.4.9)$$

В (2.4.3) – (2.4.9):

$S_{z,n}$ рассчитывается по тому же набору значений Z_i, что и $\bar{Z}_n$, по формуле:

$$S_{z,n} = \sqrt{\frac{(Z_1 - \bar{Z}_n)^2 + (Z_2 - \bar{Z}_n)^2 + ... + (Z_n - \bar{Z}_n)^2}{n-1}} \qquad (2.4.10)$$

$\zeta_{кр}(n)$ – величина максимально допустимого относительного отклонения разового значения параметра от его среднего, рассчитанного по набору из n результатов;

$\omega_д(n)$ – множитель для вычисления ширины доверительного интервала (соответствующего 95%-й вероятности) определения среднего значения, $\bar{Z}_n$, по величине СКО, $S_{z,n}$ ряда из n результатов;

Значения коэффициентов $\zeta_{кр}(n)$ и $\omega_д(n)$ определяются по таблице 2.4.1.

$\delta_{\bar{Z}}$ – относительная погрешность определения величины $\bar{Z}_n$.

В том случае, когда разброс величин разовых значений параметров ИЗА для рассматриваемого режима выбросов ИЗА, настолько велик, что для величин СКО ($S_{z,n}$) этих параметров, рассчитанных по достаточно большому числу измерений, n, (n~10÷15) не выполняются условия (2.4.5) или (2.4.6-2.4.9), рассматриваемый режим выбросов ИЗА должен быть разделен на два или более отдельных режимов.

Таблица 2.4.1

Зависимость коэффициентов: $\zeta_{кр}$ и $\omega_д(n)$ от числа, n, членов ряда, по значениям, которых рассчитываются величины $\overline{Z}_n$ и $S_{z,n}$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\zeta_{кр}(n)$	1.41	1.69	1.87	2.00	2.09	2.17	2.24	2.29	2.34	2.39	2.43
$\omega_д(n)$	2.48	1.59	1.24	1.05	0.93	0.83	0.77	0.72	0.67	0.64	0.60
n	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\zeta_{кр}(n)$	2.46	2.49	2.52	2.55	2.58	2.60	2.62	2.64	2.66	2.68	2.70
$\omega_д(n)$	0.58	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42

Примечания:

Разовые значения параметров Z_i, для которых не выполняется условие (2.4.3), исключаются из рассматриваемого набора разовых значений. Для скорректированного таким образом набора значений повторяются действия, описанные выше.

Пример определения результирующего значения измеряемой величины газопылевого потока по результатам разовых измерений.

Все измерения необходимо проводить одновременно. Место отбора проб и измерений физических параметров должно быть оборудовано в соответствии с разделом 1.2. Перед проведением серии измерений необходимо провести ряд оценочных измерений параметров ГВП, например, для реализации условия изокинетичности при отборе проб ЗВ, измерения $\Delta P_г$ и $t_г$ для подбора условий отбора проб ЗВ и.т.д. Собирается полная информация о возможных технологических режимах на источниках выделения ЗВ, объединенных в один ИЗА. При измерениях необходимо фиксировать любые изменения в технологическом процессе на всем отрезке времени обследования ИЗА. Результаты измерений удобно представлять в табличном виде.

Разовое значение измеряемой величины – значение измеряемой величины, полученное осреднением за 20 минутный интервал времени.

В ряде случаев измерения скорости, температуры, разрежения в газопылевом потоке и, иногда, массовых концентраций ЗВ невозможно проводить в течение 20 минут, как того требует раздел 4 ГОСТ 17.2.3.02 [7] или ОНД – 86 [30]. Некоторые подходы к решению этой проблемы даны ниже.

Предположим, что в период времени с 9^{00} до 9^{20} необходимо измерить скорость газопылевого потока в ИЗА. Рекомендуется проводить измерения в начале, середине и конце этого периода времени. Получаем значения: w_1, w_2, w_3. Разовым значением скорости газопылевого потока в соответствии с вышеприведенным определением за период 20 минут является среднее значение из полученных величин.

Исходные данные, полученные при обследовании ИЗА

Время, Т(н) ÷Т(к), час, мин	9^{00} -9^{20}	9^{30} -9^{50}	10^{00} -10^{20}	10^{30} -10^{50}	11^{00} -11^{20}	11^{30} -11^{50}
Разовые значения скорости ГВП, $w_г$, м/с	15,6	14,8	16,0	25,0	15,3	14,0
Разовые значения температуры ГВП, $t_г$, °С	118	120	122	119	110	122
Разовые значения разрежения (давления) ГВП, $\Delta P_г$, мм рт. ст.	-2,5	-2,0	-1,5	-2,8	-2,0	-2,0

Разовые значения массовой концентрации водяных паров, $C_в$, г/м³	220	235	240	230	210	220
Разовые значения массовой концентрации ЗВ, $C_{зв}$, мг/м³	150	160	155	170	160	165

Среднее по ряду измерений – среднее значение величины, определенное по ряду разовых значений.

Так как процедура расчета и оценки для всех измеряемых величин ($w_г$, $t_г$, $\Delta P_г$, $C_в$, $C_{зв}$) будет идентичной, рассмотрим одну из них, например скорость газопылевого потока.

При обследовании провели 6 разовых измерений скорости газопылевого потока, то есть n = 6. Из таблицы 2.4.1 выбираем значения параметров:

$$\zeta_{кр}(n) = 2{,}00$$

$$\omega_д(n) = 1{,}05$$

1. Число членов набора измерений достаточное и удовлетворяет условиям критерия 1 $n \geq 3$ в нашем случае n = 6.

2. Считаем среднее значение по формуле: $\overline{Z}_n = \frac{Z_1 + Z_2 + ... + Z_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Z_i$,

$w_{ср}$ = 16,8 м/с.

3. Считаем среднеквадратическое отклонение (СКО) величин членов набора ряда по формуле:

$$S_{z,n} = \sqrt{\frac{(Z_1 - \overline{Z}_n)^2 + (Z_2 - \overline{Z}_n)^2 + ... + (Z_n - \overline{Z}_n)^2}{n-1}}$$

в нашем случае СКО = 4,08

4. Проводим оценку по критерию 2, при этом должно выполняться условие:

$$\left| Z_i - \overline{Z}_n \right| \leq S_{z,n} \cdot \zeta_{кр}(n)$$

в нашем случае: 1,18; 1,98; 0,78; **8,22;** 1,48; 2,78 - все значения должны быть $\leq 4{,}08 \cdot 2 = 8{,}16$

Критерий 2 не выполняется, значение 8,22 больше 8,16. Значение 25 м/с должно быть исключено из ряда как промах или оно соответствует другому режиму.

Дальнейшая проверка критериев, в этом случае, не целесообразна. Следует исключить значение 25 м/с и повторить все операции по расчетам и оценкам, до выполнения всех критериев.

Рассмотрим другой вариант:

Время, Т(н) ÷Т(к), час, мин	9^{00} -9^{20}	9^{30} -9^{50}	10^{00} -10^{20}	10^{30} -10^{50}	11^{00} -11^{20}
Разовые значения скорости ГВП, $w_г$, м/с	15,6	14,8	16,0	20,0	15,3

1. Критерий 1 выполнен, n = 5, из табл. 2.4.1 $\zeta_{кр}(n) = 1{,}87$, $\omega_д(n) = 1{,}24$
2. $w_{ср}$ = 16,3 м/с
3. СКО = 2,092
4. Критерий 2 выполняется так как: 0,74; 1,54; 0,34; 3,66; 1,04 - все значения меньше 3,91
5. Проводим оценку по критерию 3. Должно выполняться условие:

$$\zeta_{кр}(n) \cdot S_{z,n} \leq \overline{Z}_n$$

в нашем случае 3,91< 16,3 условие выполняется.

6. Проводим оценку по критерию 4. Должно выполняться условие:

$$\delta_{w_г} = \frac{S_{w_г,n}}{(w_г)_n} \cdot \omega_д(n) \le 0.1$$

в нашем случае оно не выполняется, так как $\delta_{wr} = 0,16$

В этом случае следует вернуться к результатам оценки по критерию 2, выбрать из ряда максимальное расхождение между средним значением и разовым (у нас это 3,66, соответствующее разовому значению в ряду измерений 20,0 м/с). Это значение следует выбросить из ряда и повторить всю процедуру снова, до тех пор, пока все критерии не будут выполняться. Значение 20,0 м/с в ряду измерений не является грубой ошибкой (промахом). Вероятно, оно относится к другому технологическому режиму, который тоже следует оценить, набрав определенный ряд дополнительных измерений в этом режиме. Может быть, это значение скорости газопылевого потока является следствием нарушения технологического режима и этим значением можно пренебречь.

Продолжим расчет и оценку ряда значений

1. Критерий 1 выполняется, так как n = 4,

из табл. 2.4.1 $\zeta_{кр}(n) = 1,69$, $\omega_д(n) = 1,59$

2. $w_{ср} = 15,425$
3. СКО = 0,505
4. Критерий 2 выполняется, так как 0,175; 0,625; 0,575; 0,125; 0,125 - все значения меньше 0,855
5. Критерий 3 выполняется, так как 0,855 < 15,425
6. Критерий 4 выполняется, так как 0,05 < 0,1

Вывод: среднее значение скорости газопылевого потока, измеренного в период времени с 9^{00} до 11^{20} составляет 15,4 м/с.

Измерения проводились с погрешностью 5% при n = 4.

Результаты и исходные данные удобно представлять в табличной форме, например:

Оценка и расчет среднего значения скорости газопылевого потока

Среднее значение величины, $w_г$, м/с	СКО	Критерий 1 выполняется или нет	$\zeta_{кр}(n)$	$\omega_д(n)$	Критерий 2 выполняется или нет	Критерий 3 выполняется или нет	Критерий 4 выполняется или нет
16,3	2,092	выполняется n = 5	2,00	1,05	выполняется 0,74 1,54 0,34 3,66 все значения <3,91	выполняется 3,91< 16,3	нет 0,16 > 0,1
Исключить из ряда значений 20,0 м/с (оно относится к другому технологическому режиму)							
15,4	0,507	выполняется n = 4	1,69	1,59	выполняется 0,18 0,63 0,58 0,13 все < 0,86	выполняется 0,85<15,4	выполняется 0,05<0,1
$\bar{w}_г$ = 15,4 м/с; при доверительной вероятности 0,95 погрешность 5% при n = 4							

Среднее значение по ряду измерений вблизи нижнего предела обнаружения методики выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ.

1. Среднее значение концентрации ($\bar{C}$) рассчитывается по формуле:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{n},$$

где C_i – значения концентраций (при i=1,...n);

2. Если получено несколько значений концентраций, величина которых выше и ниже нижнего предела обнаружения методики, то значения ниже нижнего предела обнаружения принимаются равными половине этого нижнего предела обнаружения методики.
Например:
получено три значения концентрации: 1,0; 1,1 и < 0,5, где 0,5 – нижний предел обнаружения методики, то среднее значение концентрации ($\overline{C}$) рассчитывается по формуле:

$$\overline{C_i} = \frac{1{,}0 + 1{,}1 + 0{,}25}{3} = 0{,}78(мг/м^3)$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Расчёт величины выброса по результатам измерений

Определение мощности выброса загрязняющего вещества

Величину мощности выброса (г/с) загрязняющего вещества на конкретном источнике определяют на основе инструментальных измерений концентрации загрязняющего вещества в выбросе и объемного расхода газовоздушной смеси (ГВС).

Определение концентрации загрязняющего вещества в выбросах выполняется путем отбора ряда проб с 20-минутным интервалом осреднения по каждой пробе и последующего их анализа, либо путем проведения ряда измерений с помощью соответствующего газоанализатора. Количество отобранных проб или измерений должно быть не менее трех, при этом в начале работы определяют расход ГВС. В случае нестационарности выбросов расход ГВС следует измерять в процессе отбора каждой пробы или измерения [см. п.3.2, и 31].

Разовое значение мощности выброса загрязняющего вещества, $G_{зв}$ (г/с), для организованного источника для каждой пробы рассчитывают по формуле:

$$G_{ЗВ(k)} = C_{ЗВ(k)} \times V_{1(k)} \times \frac{0{,}273}{T_Г + 273} \times \frac{1}{1 + \rho_В \times 1{,}243 \times 10^{-3}} K_t / 1000,$$

где:

$C_{зв(k)}$ – концентрация загрязняющего вещества в k-пробе (масса загрязняющего вещества, отнесенная к кубометру сухой ГВС при нормальных условиях), мг/м^3;

$V_{1(k)}$ – полный объем ГВС, измеренный в процессе отбора k-пробы, м^3/с (включая объем водяных паров), выбрасываемой в атмосферу из устья источника за 1 секунду при температуре ГВС, $T_г$(°С);

$T_г$(°С) – температура ГВС на выходе из источника; $\rho_в$(г/м$_{сн}^3$) - концентрация паров воды в ГВС на выходе из источника: масса водяных паров, отнесенная к кубометру сухой ГВС при нормальных условиях;

K_t – коэффициент, учитывающий длительность, τ(мин), выброса; он определяется по формуле:

$$K_t = \begin{cases} 1 & \text{при } \tau \geq 20\text{мин.} \\ \dfrac{\tau(\text{мин})}{20} & \text{при } \tau < 20\text{мин.} \end{cases}$$

Сомножитель $\frac{1}{1+\rho_в \cdot 1.243 \cdot 10^{-3}}$ в формуле учитывается только для источников, у которых $T_г \geq 30$ °С.

Фактическую величину мощности выброса загрязняющего вещества на конкретном источнике (G, г/с) рассчитывают путем усреднения величин выбросов для каждой пробы по формуле:

$$G = \frac{\sum G_{ЗВ(k)}}{m}$$

где m – число отобранных проб (не менее трех).

Определенный инструментальными методами объем газовоздушной смеси (ГВС) необходимо привести к фактическим параметрам ГВС, поступающей в атмосферу по формуле:

$$V_ф = V_н \times \frac{273 + T_Г}{273}$$

Например, если объем газовоздушной смеси, приведенный к нормальным условиям составляет $V_н = 2{,}3$ м^3/с, а фактическая температура $T_Г = 120^0$С, то значение объема газовоздушной смеси составит:

$$V_ф = 2{,}3 \times \frac{273 + 120}{273} = 3{,}311,\ \text{м}^3/\text{с}$$

Значение разовой мощности выбросов загрязняющих веществ при продолжительности выбросов менее 20 мин. т.е., при $\tau < 1200$ сек, определяется следующим образом:

$$G = Q/1200,$$

где Q (г) – суммарная масса загрязняющего вещества, выброшенная в атмосферу из рассматриваемого источника в течение времени его действия τ (сек).

В тех случаях, когда при инвентаризации выбросов определяется средняя интенсивность поступления загрязняющего вещества в атмосферу из рассматриваемого источника во время его функционирования, $G_н$ (г/с) (т.е. в период времени τ), значение Q (г) рассчитывается по формуле:

$$Q_{(г)} = G_н \times \tau_{(сек)}$$

Например, если из источника в течение 5 минут (300 сек) выбрасывается в атмосферу определенное загрязняющее вещество со средней мощностью $G_н = 0{,}5$ г/с, величина Q равна:

$$Q = 0{,}5 \times 300 = 150 \text{ г},$$

Величина определяемой при инвентаризации и используемой в расчетах загрязнения атмосферы мощности выброса составит:

$$G = 150/1200 = 0{,}125 \text{ г/с}$$

Для источников, время действия которых, τ, меньше 20 минут, значения используемой в расчетах мощности выброса загрязняющего вещества, G (г/с), меньше измеренной (за время τ) интенсивности поступления этого вещества в атмосферу, $G_н$ (г/с), при этом соотношение G (г/с) и $G_н$ (г/с) определяется формулой:

$$G = \tau\,(\text{сек})/1200 \times G_н$$

Случаи, когда продолжительность выделения (выброса) вредных веществ составляет менее 20 мин, и, следовательно, время отбора проб будет менее 20 мин., должны фиксироваться в отчете по инвентаризации, в частности, в графе «Примечания» таблицы «Характеристики выбросов загрязняющих веществ в атмосферу».

Если при проведении измерений концентрация загрязняющего вещества, присутствующего (в соответствии с технологическим процессом) в выбросах конкретного источника, оказалась меньше нижнего предела обнаружения, установленного в применяемой методике, то следует подобрать для измерений более чувствительную методику. В том случае, когда концентрация этого вещества оказалась меньше нижнего предела диапазона определения наиболее чувствительной методики измерений:

– концентрация считается равной половине нижнего предела диапазона измерения методики, если он не меньше 0,5 $ПДК_{р.з.}$, где $ПДК_{р.з.}$ – значение предельно допустимой концентрации измеряемого ЗВ в воздухе рабочей зоны;

– концентрация ЗВ полагается равной нулю, если нижний диапазон методики ее измерения меньше 0,5 $ПДК_{р.з.}$.

При проведении инструментальных измерений параметров выбросов отбирают не менее трех проб, при этом для каждой пробы в процессе отбора измеряют расход ГВС.

Определение валового выброса (т/год) загрязняющего вещества

Результаты определения валового выброса (т/год) должны характеризовать суммарный годовой выброс с учетом нестационарности выбросов во времени, в том числе остановок на профилактический ремонт технологического и пылегазоочистного оборудования. Значение суммарного годового выброса определенного загрязняющего вещества из рассматриваемого источника загрязнения атмосферы рассчитывается как сумма годовых выбросов этого вещества из источника при всех режимах его выбросов. Значение годового выброса загрязняющего вещества при определенном режиме выбросов источника рассчитывается исходя из средней мощности выброса этого вещества из рассматриваемого источника при данном режиме его выбросов и суммарной наибольшей продолжительности (в часах) работы источника в данном режиме в течение года. При производственном процессе циклического характера и работе с конкретной, характерной для данного производства нагрузкой, годовой выброс каждого загрязняющего вещества рассчитывается исходя из числа повторений рассматриваемого производственного цикла за год и среднегодовой величины выброса рассматриваемого ЗВ для одного производственного цикла [31].

Значение валового (годового) выброса загрязняющего вещества из источника загрязнения атмосферы при определенном, $k^{-м}$ режиме выбросов источника, $M_{k,год}$ (т/год), рассчитываются по формуле:

$$M_{k,год} = \overline{M}_k \cdot t_{k,год} \cdot 3600$$

где $\overline{M}_k$ (г/с) – средняя мощность выброса этого загрязняющего вещества из рассматриваемого источника при $k^{-м}$ режиме его выбросов; $t_{k,год}$ (час) – суммарная продолжительность (в часах) работы источника в $k^{-м}$ режиме в течение года.

Значение суммарного валового (годового) выброса определенного загрязняющего вещества из рассматриваемого источника, $M_{год}$, рассчитывается как сумма годовых выбросов этого вещества при всех режимах выбросов источника:

$$M_{год} = \sum_{k=1}^{N_{реж}} M_{k,год}$$

здесь $N_{реж}$ – число режимов выброса рассматриваемого источника загрязнения атмосферы.

При производственном процессе циклического характера и работе с конкретной, характерной для данного производства нагрузкой, валовой (годовой) выброс загрязняющего вещества может быть рассчитан по формуле:

$$M_{год} = \overline{\overline{M}}_ц \cdot N_ц$$

где $N_ц$ – число повторений рассматриваемого производственного цикла за год; $\overline{\overline{M}}_ц$ (тонн) – среднегодовая величина выброса рассматриваемого ЗВ для одного производственного цикла, рассчитываемая по формуле:

$$\overline{\overline{M}}_ц = \sum_{g=1}^{N_{ст}} \overline{\overline{M}}_{ст,g}$$

здесь $N_{ст}$ – число стадий технологического процесса, при которых выделяется рассматриваемое ЗВ; $\overline{\overline{M}}_{ст,g}$ (тонн) – среднегодовая величина суммарного выброса рассматриваемого ЗВ в ходе $g^{-й}$ стадии.

3.2. Аналитический контроль выбросов в условиях нестационарности выбросов

Понятие нестационарности выбросов загрязняющих веществ

Под нестационарностью выбросов загрязняющих веществ понимают зависимость параметров выброса, а именно, концентрации и расхода газовоздушной смеси (ГВС), от времени. В этом случае инструментальное измерение параметров выброса в какой-то определенный момент времени не отражает реальной картины выбросов загрязняющих веществ из данного источника, поскольку в другой момент времени концентрация или расход могут измениться во много раз, в зависимости от природы конкретного нестационарного технологического процесса.

Нестационарность выбросов, как правило, связана с нестационарностью выделения загрязняющих веществ. Исключение составляют случаи применения высокоэффективных методов пылегазоочистки, позволяющих компенсировать изменения во времени мощности выделения загрязняющих веществ. Основными причинами нестационарности выбросов являются, в частности:

- нестационарность самого технологического процесса;
- нестабильность работы газоочистного оборудования;
- неравномерность работы нескольких источников выделения, выбросы которых объединены в один источник.

Вследствие нестационарности некоторые стадии технологического процесса могут вообще не сопровождаться выбросами, тогда как на других стадиях выбросы могут достигать значительных величин.

Зависимость выброса загрязняющего вещества от времени может быть самой разнообразной. Так, нестационарность выброса может проявляться в течение нескольких часов, суток, месяцев, года, летнего и зимнего периодов и т.д. Наблюдаемая на практике зависимость выброса загрязняющего вещества от времени может являться результатом наложения нескольких нестационарных процессов, каждый из которых приводит к нестационарности выбросов.

Учет нестационарности выбросов проводится по каждому загрязняющему веществу отдельно.

Учет нестационарности выбросов загрязняющих веществ следует проводить на источниках, фактические выбросы которых, определенные в разные промежутки времени, отличаются более чем в 2 раза.

Аналитический контроль параметров выбросов загрязняющих веществ на источниках, выбросы которых характеризуются нестационарностью

Аналитический контроль параметров выбросов загрязняющего вещества на источниках, характеризующихся нестационарностью, следует осуществлять на стадии, на которой выбросы контролируемого вещества являются максимальными.

Для выявления стадии с максимальными выбросами загрязняющего вещества необходимо построение графика нестационарности или составление таблицы учета нестационарности.

На основе графика (таблицы) нестационарности выбирается стадия, на которой выбросы имеют наибольшие значения, определяется время начала стадии и ее продолжительность. Измерение параметров выбросов загрязняющих веществ проводится во время протекания указанной стадии.

Результаты контроля максимальных выбросов загрязняющих веществ на источнике удовлетворяют нормативам ПДВ/ВСВ, если разность между фактической величиной выброса этого загрязняющего вещества (G, г/с) и абсолютной максимальной погрешностью ее измерения (ΔG) не превышает величину норматива ПДВ (г/с), т.е.

$$G - \Delta G \leq ПДВ$$

Построение графика нестационарности выбросов загрязняющих веществ

Построение графика (таблицы) нестационарности выбросов следует начинать с изучения особенностей технологического процесса и анализа факторов, влияющих на параметры выбросов, с целью выявления стадий, на которых выбросы характеризуются относительным постоянством во времени (различаются менее, чем в 2 раза). При учете неравномерности функционирования источников выделения и загрязнения во времени выявляются наиболее неблагоприятные сочетания одновременно действующих факторов, влияющих на нестационарность параметров выбросов: изменчивость показателей качества сырья (топлива), нагрузка и продолжительность работы агрегатов, расход сырья и топлива разных сортов, одновременность загрузки оборудования и т.п. При этом необходимо учитывать, что параметры выброса могут меняться как в течение одной производственной смены, так и в течение суток и сезонов (например, на ТЭС выбросы золы из труб максимальны зимой, а ее вынос с золоотвалов – летом).

Для построения графика (таблицы) нестационарности на каждой выделенной стадии технологического процесса осуществляются измерения концентрации загрязняющего вещества и расхода газовоздушной смеси. Количество необходимых измерений и процедура обработки полученных данных приведены в ГОСТ 8.207 [32].

При необходимости, исследование нестационарности выброса загрязняющих веществ на конкретном источнике можно проводить в течение достаточно длительного периода времени, например, месяца, квартала или года в зависимости от источника. В этом случае удается зафиксировать все изменения, связанные с временами года, использованием различного сырья, изменением параметров газоочистного оборудования и т.д.

На основе обработки полученных результатов строится график нестационарности выбросов загрязняющего вещества от конкретного источника, т.е. зависимость выброса загрязняющего вещества от времени, или составляется таблица учета нестационарности, содержащая результаты определения выбросов загрязняющего вещества в различные моменты времени.

При проведении очередной инвентаризации выбросов загрязняющих веществ на предприятии график (таблица) нестационарности включается в отчет по инвентаризации и проект нормативов ПДВ (в раздел «План-график контроля нормативов выбросов»). В дальнейшем контроль выбросов осуществляется с учетом этого графика (таблицы).

При неизменности технологии построение графика нестационарности выбросов загрязняющих веществ для конкретного источника осуществляется однократно, а далее им пользуются постоянно, пока не произойдет изменение технологического процесса или его параметров.

Построение воспроизводимого во времени графика нестационарности возможно только в том случае, если прослеживается четкая, стабильная зависимость выбросов загрязняющих веществ от времени (см. ниже, рис. 3.2.1 – 3.2.3). Для некоторых нестационарных источников построение графика нестационарности нецелесообразно, поскольку зависимость выбросов загрязняющего вещества от времени имеет слишком сложный и невоспроизводимый характер. Как правило, это относится к случаям, когда нестационарность выбросов связана с неравномерностью работы нескольких источников выделения, выбросы которых объединены в один источник (см. ниже, пример 3). В этом случае выявляется стадия с максимальными выбросами загрязняющих веществ, на которой в дальнейшем и осуществляется инвентаризация и контроль выбросов. Стадия с максимальными выбросами может быть определена на основе изучения особенностей технологического процесса и анализа факторов, влияющих на параметры выбросов, рассмотрения технологических регламентов и других документов и т.д.

Если изменения параметров выброса от времени происходят в течение 20 минут, то нестационарность выбросов загрязняющих веществ нивелируется за счет осреднения, происходящего на стадии отбора проб.

При оборудовании источника выброса техническими средствами контроля непрерывного действия учет нестационарности выбросов загрязняющих веществ осуществляется автоматически путем постоянного измерения концентрации загрязняющего вещества в выбросе и расхода ГВС.

Примеры нестационарности выбросов загрязняющих веществ

1. Нестационарность выбросов загрязняющих веществ, обусловленная нестационарностью самого технологического процесса

При нестационарности технологического процесса количество выделяющихся загрязняющих веществ и расход ГВС могут существенно изменяться во времени, что приводит к нестационарности выбросов.

На рис. 3.2.1 приведена зависимость выбросов оксидов азота, углерода и серы от времени с начала цикла выплавки ферросплавов. Стрелками отмечены максимальные выбросы загрязняющих веществ, подлежащие контролю. Как видно, выбросы оксидов углерода и серы следует контролировать в период от 20 до 40 минут от начала цикла, а выбросы диоксида серы – в конце цикла, через три часа после начала процесса.

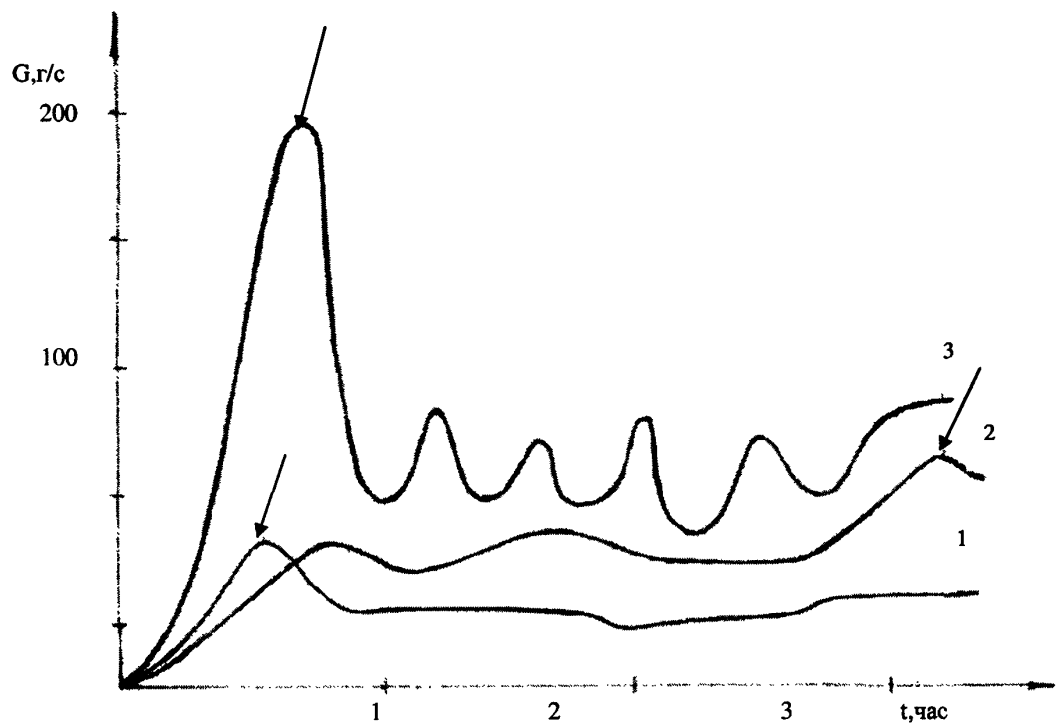


Рис. 3.2.1. График нестационарности выбросов оксидов углерода (1), азота (2) и серы (3) в цикле производства ферросплавов

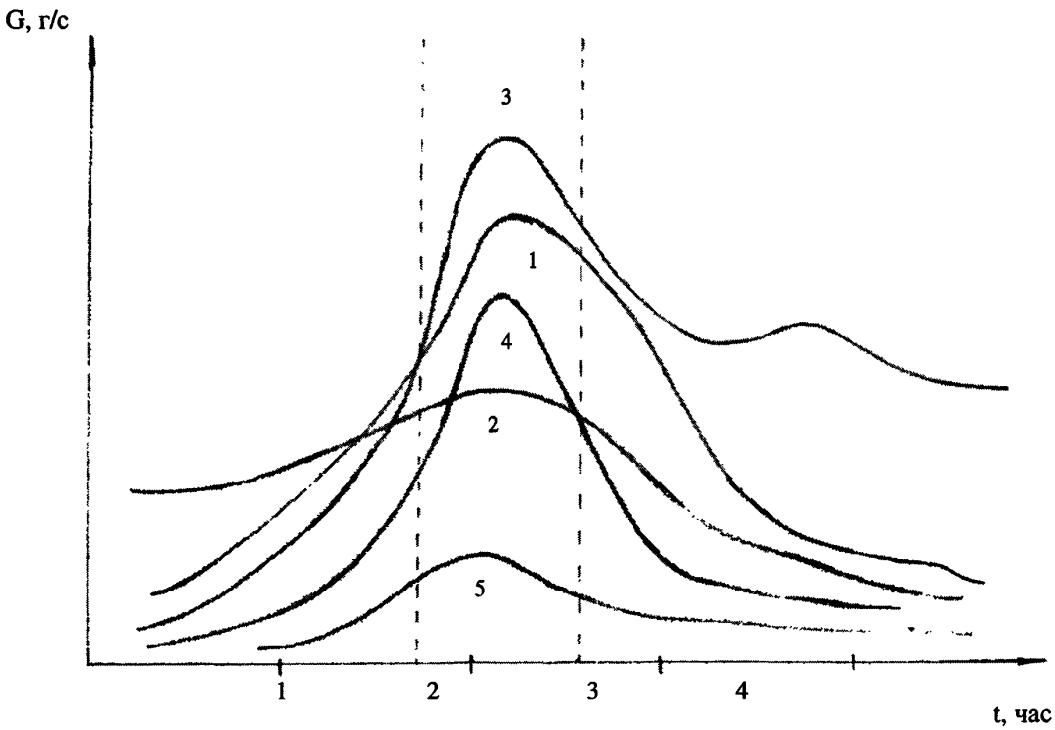


Рис. 3.2.2. График нестационарности выбросов пыли (1), оксидов азота (2), диоксида серы (3), летучих фторидов (4) и оксида углерода (5) при плавке металла в электропечи.

На рис.3.2.2 приведен график нестационарности выбросов загрязняющих веществ при плавке металла в электропечи. Как видно, максимальные выбросы всех указанных загрязняющих веществ происходят примерно через 2 часа после начала процесса и продолжаются в течение 40 минут. При аналитическом контроле измерение параметров выброса следует осуществлять именно в этот интервал времени.

Вместо графика нестационарности можно составить таблицу учета нестационарности. Пример такого рода таблицы для случая выплавки стали в вагранках приведен ниже. При заполнении таблицы, данные о "Времени начала стадий" и "Продолжительности стадий" определяются по технологическим регламентам и графику работы данного производства. Данные о концентрации вредного вещества (мг/м^3) и мощности выброса (г/с) на каждой стадии определяются инструментально.

2. Нестационарность выбросов загрязняющих веществ, обусловленная нестабильной работой газоочистного оборудования

Пример нестационарности выбросов загрязняющих веществ (оксидов азота), связанной с нестабильной работой газоочистного оборудования, приведен на рис. 3.2.3. На предприятии для очистки выбросов от оксидов азота используют катализатор. По мере выработки катализатора, его свойства ухудшаются, и выброс оксидов азота постепенно растет. Через 3-3,5 месяца использованный катализатор отправляют на регенерацию, а для очистки выбросов используют новый (регенерированный) катализатор. Данный процесс повторяется снова и снова, при этом зависимость выброса оксидов азота от времени имеет воспроизводимый характер. Контроль за выбросами оксидов азота на данном источнике следует проводить в конце цикла, перед заменой катализатора.

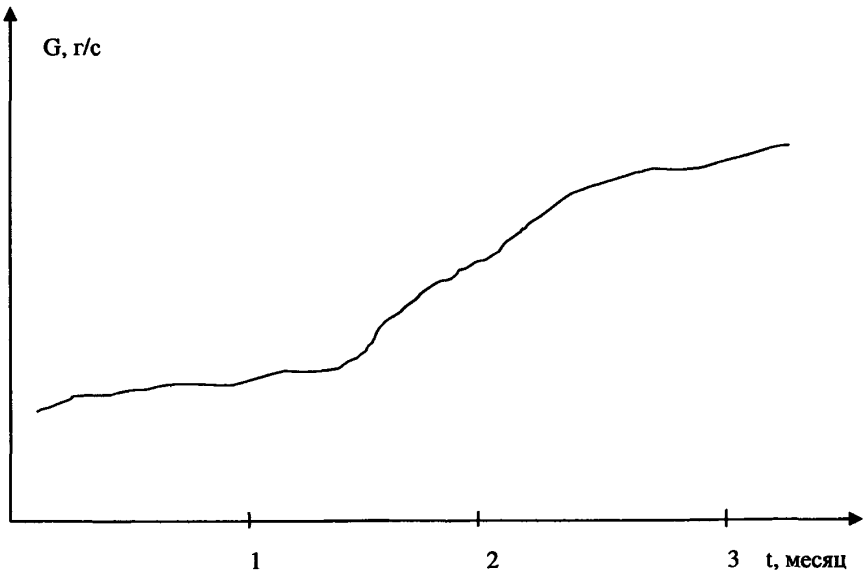


Рис. 3.2.3. График нестационарности выброса оксидов азота при производстве азотной кислоты

3. Пример нецелесообразности построения графика нестационарности выбросов загрязняющих веществ

Выбросы, возникающие за счет выделений загрязняющих веществ от различных агрегатов, время работы которых имеет невоспроизводимый характер, как правило, характеризуются нестационарностью. Например, при ручной окраске деталей из пульверизаторов на стационарных постах, оборудованных местными отсосами, которые связаны с одним источником загрязнения атмосферы, выброс загрязняющих веществ в течение рабочего дня может осуществляться неравномерно (окраску деталей может проводить один или несколько человек одновременно, окраска периодически прекращается на время смены деталей, используются разные краски с разным содержанием растворителей и т.д.). Построение графика нестационарности в этом случае нецелесообразно, поскольку никакой воспроизводимой зависимости выброса от времени наблюдаться не будет. При проведении контроля выбросов от такого рода источников измерения концентрации растворителей и расхода ГВС следует осуществлять при одновременной работе всех постов, т.е. определять максимально возможные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица

Исходные данные для учета нестационарности выбросов во времени

№	№ ист. выброса	Источники выделения	Характеристики технологических стадий						
			Наименование характеристики				Значения характеристик технологических стадий		
1	2	3	4				5	6	7
1	82	Вагранка № 1 (12 т)	Наименование стадии						
			Время начала стадии:_____час._____мин.						
			Продолжительность стадии:_____мин.						
			Характеристики выделяемых веществ	Наименование вещества	Наименование показателя	Размерность			
				Пыль	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Оксид углерода	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Диоксид азота	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Диоксид серы	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Углеводороды	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
2	82	Вагранка № 2 (12 т)	Наименование стадии						
			Время начала стадии:_____час._____мин.						
			Продолжительность стадии:_____мин.						
			Характеристики выделяемых веществ	Наименование вещества	Наименование показателя	Размерность			
				Пыль	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Оксид углерода	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Диоксид азота	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Диоксид серы	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			
				Углеводороды	концентрация выброс	мг/м^3 г/с			

3.3. Расчет сверхнормативных выбросов с учетом погрешности инструментальных измерений

Понятие сверхнормативного выброса загрязняющих веществ от конкретного источника

Сверхнормативный выброс загрязняющего вещества от конкретного источника загрязнения атмосферы (ИЗА) представляет собой массу загрязняющего вещества, поступившую в атмосферный воздух сверх нормативов, установленных для данного ИЗА в проекте нормативов ПДВ/ВСВ.

Превышение фактического выброса загрязняющего вещества над нормативным значением на конкретном источнике может возникнуть, в частности, по следующим причинам:

- произошло изменение параметров технологического процесса и/или газоочистного оборудования, что привело к увеличению выброса загрязняющего вещества;
- произошел аварийный выброс;
- нормативы ПДВ (ВСВ) были установлены неправильно.

При проведении инструментального контроля источников, нормативы ПДВ (ВСВ) которых были установлены на основе расчетных методов, одной из причин превышения измеренного выброса над нормативным значением может быть неправильное применение или несовершенство расчетной методики. В этом случае нормативы ПДВ (ВСВ) должны быть пересмотрены на основе инструментальных измерений параметров выбросов.

Величины ПДВ (ВСВ) являются нормативными значениями и устанавливаются без учета погрешности их определения. Результаты измерений концентрации и расхода газовоздушной смеси (ГВС) при контроле выбросов инструментальными методами имеют погрешность.

Погрешность определения выброса загрязняющего вещества (г/с) от конкретного источника (δ) складывается из погрешности определения концентрации α (не более ±25%) и погрешности средств измерения объемного расхода ГВС β (не более ±10%). Таким образом, максимальная погрешность определения выброса составляет:

$$\delta = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = \sqrt{25^2 + 10^2} = \pm 27\% \approx \pm 30\% \quad (3.3.1)$$

При установлении факта превышения норматива выброса загрязняющего вещества на конкретном источнике на основе инструментальных измерений учитывается максимальная погрешность измерения фактической величины выброса, равная ±30%. Факт превышения норматива выброса загрязняющего вещества на источнике считается установленным, если разность между фактической мощностью выброса этого загрязняющего вещества (G, г/с) и абсолютной максимальной погрешностью ее измерения (ΔG) превышает величину норматива ПДВ (ВСВ), г/с (рис. 3.3.1), т.е.

$$G - \Delta G > \text{ПДВ} \quad (3.3.2)$$

$$\Delta G = G \times 0{,}30 \quad (3.3.3)$$

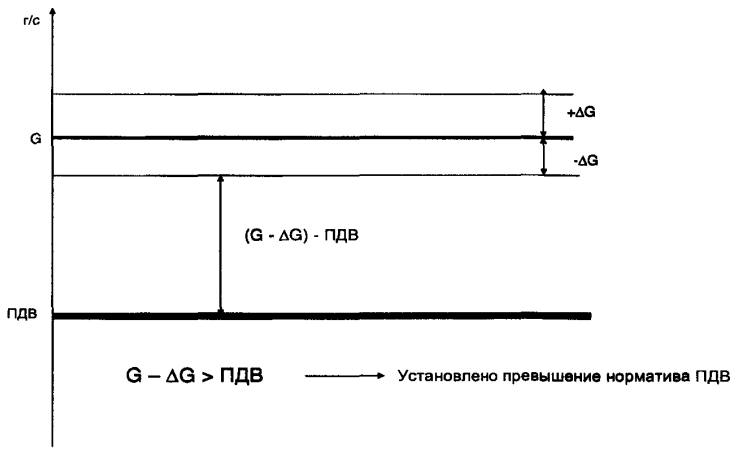


Рис. 3.3.1. Превышение фактической мощности выброса загрязняющего вещества над нормативным значением.

Превышение норматива выброса загрязняющего вещества на источнике отсутствует, если разность между фактической мощностью выброса этого загрязняющего вещества (G, г/с) и абсолютной максимальной погрешностью ее измерения (ΔG) меньше величины норматива ПДВ (ВСВ), г/с (рис. 3.3.2), т.е.

$$G - \Delta G \leq \text{ПДВ} \quad (3.3.4)$$

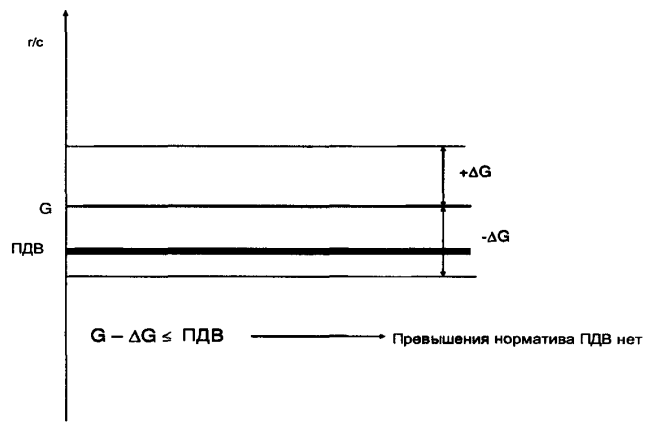


Рис. 3.3.2. Отсутствие превышения фактической мощности выброса загрязняющего вещества над нормативным значением.

При контроле источников, характеризующихся нестационарностью выбросов загрязняющих веществ, измерение параметров выбросов осуществляют на стадии, мощности выбросов которой имеют максимальное значение. Интервал времени, в течение которого в этом случае следует проводить измерения параметров выбросов, определяют в соответствии с графиком (таблицей) нестационарности.

Порядок расчета сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ от конкретных источников

В случае установления факта превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с) на конкретном источнике, фактический выброс загрязняющего вещества (т) за год (квартал) рассчитывается с учетом выбросов, происходящих в течение всего периода превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с).

В случае установления предприятию норматива ПДВ, сверхнормативный выброс загрязняющего вещества (ΔМ, т) от источника представляет собой разность между фактическим выбросом загрязняющего вещества за год (М, т) и соответствующим значением норматива ПДВ (т) для данного источника:

$$\Delta M = M - ПДВ \quad (3.3.5)$$

В случае установления предприятию норматива ВСВ, расчетным периодом является квартал.

Согласно нормативным документам [33, 34] плата за негативное воздействие на окружающую среду осуществляется предприятием раз в квартал, соответственно, сверхнормативный выброс также рассчитывается ежеквартально. При этом фактический выброс загрязняющего вещества за квартал (т) сравнивают с соответствующим значением норматива ВСВ (т) или норматива ПДВ (т), поделенного на 4. При неравномерности выбросов загрязняющих веществ в течение года за счет сезонности работы (например, котельные), годовые выбросы распределяются по кварталам с учетом нагрузки на каждый квартал.

При расчете фактического годового/квартального выброса загрязняющего вещества (т) погрешность измерения мощности выброса (г/с) не учитывается.

В период отсутствия на источнике превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с) годовой/квартальный выброс загрязняющего вещества (M_1, т) рассчитывают исходя из среднего значения мощности выброса или средневзвешенного при многостадийном процессе ($G_{ср}$, г/с) и продолжительности работы источника в течение года/квартала:

$$M_1 = G_{ср} \times T \times 0{,}0864 \quad (3.3.6)$$

$$G_{ср} = \frac{\sum_{n} G}{n} \quad (3.3.7),$$

где:

T – продолжительность работы источника в период отсутствия превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с) за год/квартал, сутки;

G – фактическая величина мощности выброса загрязняющего вещества от источника, установленная на момент проведения измерения, г/с.;

n – количество измерений, проведенных в течение года/квартала;

0,0864 = 3600 × 24 : 1 000000 – коэффициент пересчета секунд в сутки и граммов в тонны.

При установлении на источнике факта превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с) данного загрязняющего вещества, измеренное повышенное значение мощности выброса $G_{прев}$ (г/с) не участвует в усреднении с целью определения значения $G_{ср}$, а используется для расчета количества загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу в период превышения норматива ПДВ (M_2, т):

$$M_2 = G_{прев} \times t \times 0{,}0864 \quad (3.3.8)$$

где:

$G_{прев}$ – фактическая величина мощности выброса загрязняющего вещества, превышающая норматив ПДВ (ВСВ) (г/с), г/с.;

t – продолжительность выброса с повышенным содержанием загрязняющего вещества на данном источнике (продолжительность сверхнормативного выброса), сутки;

Фактический выброс загрязняющего вещества за год/квартал (М, т) определяют как сумму количества загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу в период отсутствия превышения норматива ПДВ (ВСВ) (M_1, т) и количества загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу в период превышения норматива ПДВ (ВСВ) (M_2, т):

$$M = M_1 + M_2 \quad (3.3.9)$$

При неоднократном установлении факта превышения норматива ПДВ (ВСВ) (г/с) на источнике, фактический выброс загрязняющего вещества за год/квартал рассчитывается с учетом количества загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу за каждый период превышения.

Величину мощности выброса загрязняющего вещества на конкретном источнике определяют на основе инструментальных измерений концентрации загрязняющего вещества в выбросе и объемного расхода ГВС.

Для измерения концентрации загрязняющего вещества отбирают не менее трех проб, при этом в начале отбора измеряют расход ГВС. В случае нестационарности выбросов расход ГВС следует измерять в процессе отбора каждой пробы.

Фактическую величину мощности выброса загрязняющего вещества для каждой пробы ($G_{i(k)}$, г/с) рассчитывают по формуле

$$G_{i(k)} = C_{i(k)} \times V_{i(k)}/1000 \quad (3.3.10),$$

где $C_{i(k)}$ – концентрация i-го загрязняющего вещества в k-пробе, приведенная к нормальным условиям, мг/м^3;

$V_{i(k)}$ – объемный расход ГВС, измеренный в процессе отбора k-пробы и приведенный к нормальным условиям, м^3/с.

Фактическую величину мощности выброса загрязняющего вещества на конкретном источнике (G_{ij}, г/с) рассчитывают путем усреднения величин выбросов для каждой пробы по формуле:

$$G_{ij} = \frac{\sum G_{i(k)}}{m} \quad (3.3.11),$$

где m – число отобранных проб (не менее трех).

Порядок действий контролирующих органов и предприятия при установлении факта превышения фактического выброса над нормативным значением ПДВ

По результатам мероприятия по государственному контролю за охраной атмосферного воздуха, проводимого на контролируемом предприятии, составляется акт проверки соблюдения требований законодательства Российской Федерации. Акт проверки составляется на месте проведения проверки в день ее окончания.

К акту проверки прилагаются документы, связанные с результатами инструментального контроля: протоколы измерения параметров ГВС (объем, температура, давление), отбора проб и их количественного химического анализа.

Один экземпляр акта проверки с копиями приложений вручается руководителю предприятия или его заместителю или направляется в адрес предприятия посредством почтовой связи с уведомлением о вручении.

В случае выявления превышения фактической мощности выброса загрязняющего вещества над нормативом ПДВ, должностным лицом, ответственным за проведение проверки предприятия, составляется протокол об административном правонарушении и даются предписания об устранении нарушений законодательства Российской Федерации в области охраны атмосферного воздуха.

Предприятие при установлении факта превышения фактической мощности выброса над нормативным значением на конкретном источнике выявляет и устраняет причину нарушения. После устранения причины возникновения сверхнормативного выброса предприятие измеряет параметры выбросов в тех же местах на источниках, где ранее были установлены факты превышений. Измерение параметров выбросов осуществляется лабораторией самого предприятия (аккредитованной или аттестованной) или привлеченной для этой работы аккредитованной лабораторией другой организации. Полученные результаты прилагаются к отчету об исполнении предписаний, составляемому предприятием.

Отчет об исполнении предписаний, приведших к превышению норматива выброса на конкретных источниках, должен содержать:

- установление и описание причин возникновения сверхнормативного выброса (например, изменение технологических параметров, использование другого сырья или топлива, неисправность газоочистного оборудования и т.д.);
- предполагаемую продолжительность сверхнормативного выброса, установленную на основе анализа причин возникновения превышения;
- описание мероприятий, направленных на уменьшение выброса;
- результаты инструментальных измерений параметров выбросов после устранения нарушений;

- документы, подтверждающие изменения технологических процессов, которые привели к сверхнормативному выбросу, а после проведения мероприятий – к его прекращению.

Для подтверждения факта прекращения сверхнормативного выброса на конкретном источнике орган исполнительной власти, осуществляющий государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, может провести повторные контрольные измерения.

В случае повторного установления факта превышения норматива ПДВ при проведении повторных контрольных измерений на источнике, продолжительность сверхнормативного выброса автоматически продляется до выяснения возможных причины несовпадения результатов производственного и государственного контроля параметров выбросов загрязняющих веществ. С этой целью анализируются все изменения в технологических процессах, происходящие за период, предшествующий сверхнормативному выбросу, во время сверхнормативного выброса, и в период времени, когда по результатам производственного контроля сверхнормативный выброс был ликвидирован. На основании анализа указанных данных делаются соответствующие выводы. Сверхнормативный выброс в т/год (квартал) рассчитывается при этом на основе среднеарифметического значения мощности выброса, полученной путем усреднения мощностей, измеренных во время первой и повторной проверок.

Одной из причин расхождения результатов инструментального производственного и государственного контроля выбросов может являться нестационарность выбросов загрязняющих веществ на данном источнике. В этом случае предприятию следует построить график (таблицу) нестационарности с целью выявления стадии с максимальными выбросами и в дальнейшем осуществлять контроль выбросов на этой стадии.

При невозможности выявления причин вышеуказанных расхождений, аналитические лаборатории, осуществляющие производственный и государственный контроль на данном предприятии, одновременно отбирают пробы выбросов загрязняющих веществ, по поводу которых существуют разногласия, и проводят их анализ. При повторном несовпадении результатов анализа, полученных разными лабораториями, орган исполнительной власти, осуществляющий государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, обращается в орган по аккредитации аналитических лабораторий для выяснения причин расхождения результатов инструментальных измерений в этих лабораториях.

В случае предоставления аналитической лабораторией предприятия недостоверных данных о результатах измерения параметров выбросов при проведении производственного контроля орган исполнительной власти, осуществляющий государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, обращается в орган по аккредитации аналитических лабораторий с требованием лишения данной лаборатории аттестата на осуществление подобных исследований или свидетельства об оценке состояния измерений в лаборатории.

Предприятие в установленном порядке может обжаловать решения должностного лица, ответственного за проведение проверки предприятия, вышестоящему по подчиненности должностному лицу органа исполнительной власти, осуществляющего государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, или обратиться в суд.

4. ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИТИЧЕСКИМ ЛАБОРАТОРИЯМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

В Российской Федерации осуществляется как государственный, так и производственный контроль выбросов загрязняющих веществ. Контроль выбросов загрязняющих веществ на предприятии может выполняться аналитической лабораторией самого предприятия или любой другой лабораторией на договорной основе.

Аналитическая лаборатория, осуществляющая контроль выбросов, должна удовлетворять следующим требованиям:

- При государственном контроле выбросов аналитическая лаборатория должна быть аккредитована в установленном порядке (ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 [35], ГОСТ Р 51000.4-2008 [36]).

- Производственный контроль параметров выбросов может производиться как аккредитованными лабораториями, так и аналитическими лабораториями, прошедшими процедуру оценки состояния измерений.

Область аккредитации лаборатории должна включать в качестве объекта анализа промышленные выбросы, а в качестве контролируемых показателей – определяемые компоненты (загрязняющие вещества) и диапазоны измерения их концентраций. Перечень загрязняющих веществ, выбросы которых контролируются лабораторией, а также диапазон измерения их концентраций в выбросах, должны соответствовать области аккредитации.

В случае отсутствия у производственной лаборатории аккредитации по каким-то загрязняющим веществам, для их определения может привлекаться сторонняя организация, имеющая аккредитацию по этим веществам. В этом случае сторонней организацией помимо протокола анализа промышленных выбросов предоставляется копия аттестата аккредитации.

Лаборатория должна использовать методики выполнения измерения концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах, отвечающие следующим требованиям:

- наличие титульного листа с указанием названия методики, организации-разработчика, являющейся владельцем авторских прав на данную методику, с утверждающей подписью руководителя данной организации и оригинальной печатью;
- наличие копии свидетельства о метрологической аттестации;
- наличие копии действующего экспертного заключения о возможности применения данной методики в контролируемой отрасли промышленности.

5. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

При выполнении измерений параметров газовоздушной смеси необходимо соблюдать требования техники безопасности (ТБ) и требования электробезопасности при работе с электроустановками (ГОСТ 12.1.019-2009 [14]).

Измерение на свечах, дымовых трубах должны осуществляться в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 [15].

При температуре стенок газохода выше 45^0С, участки газохода, на которых проводятся измерения, должны быть изолированы.

Площадки для отбора проб должны быть ограждены перилами и бортовыми листами, согласно требованиям ГОСТ 12.2.062-81 [37]. Расположение площадки для отбора проб должно обеспечивать безопасную работу персонала в количестве не менее двух человек.

Места отбора проб должны оборудоваться в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями к уровням шума и вибрации.

При выполнении измерений на конкретном предприятии необходимо руководствоваться правилами ТБ, действующими на этом предприятии.

Персонал должен быть обеспечен спецодеждой, необходимыми материалами и оборудованием в соответствии с требованиями безопасного проведения работ на данном предприятии.

1. К проведению работ по осуществлению контроля допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр (в том числе и медицинское освидетельствование на возможность работы на высоте), обучение и инструктаж по безопасности труда.

2. Работы по контролю проводятся только по письменному согласованию с руководством обследуемого предприятия.

3. Перед началом работ следует ознакомиться с правилами внутреннего трудового распорядка предприятия, с инструкцией по ТБ для обследуемого предприятия, правилами эксплуатации технологического оборудования, с перечнем вредных веществ данного технологического цикла и пройти на предприятии инструктаж по ТБ.

4. Перед началом работы необходимо ознакомиться с характером предстоящего обследования, состоянием рабочего места и подходов к нему, а также изучить правила пользования предохранительными приспособлениями.

5. При проведении работ по осуществлению контроля загрязнения атмосферного воздуха работник должен быть в аккуратно подогнанной спецодежде (отсутствие развевающихся концов одежды, концов пояса, обувь на низком каблуке) в соответствии с климатическими условиями. Запрещается:

- проводить работы при неблагоприятных метеорологических условиях, представляющих опасность для жизни и здоровья:

во время грозы или при ее приближении;

при сильном морозе, буране, сильном ветре, дожде, снегопаде, гололеде;

при температуре воздуха ниже -25 °С при скорости ветра 0 – 2 м/сек;

ниже -20 °С при скорости ветра 3 – 8 м/сек;

ниже -15 °С при скорости ветра 9 – 15 м/сек;

при любой температуре при скорости ветра на высоком уровне 15 м/сек и более [38-39];

- производить осмотр источников при метеоусловиях, вызывающих обледенение крыши, лестниц, площадок, работы можно производить только после подсыхания поверхностей, убедившись, что они не скользкие;
- проводить работы в условиях плохой видимости (темное время суток, туман) без дополнительного освещения;

6. Все работы осуществляются группой состоящей не менее чем из двух человек.
7. Необходимо знать и соблюдать межотраслевые инструкции и правила, где изложены основные требования техники безопасности работ, связанных с электрическими установками, сосудами, находящимися под давлением, химическими веществами, работой на высоте [40-43].
8. Уровни опасных и вредных производственных факторов не должны превышать допустимых значений, предусмотренных государственными стандартами и санитарно-гигиеническими нормами [15, 30, 44-55].

6. РАЗГРАНИЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ

6.1. Разграничение использования инструментальных и расчетных методов определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при проведении инвентаризации и контроле выбросов

Для определения выбросов загрязняющих веществ от организованных источников возможно использование как инструментальных, так и расчетных методов. Выбросы от неорганизованных источников определяются расчетными или инструментально-расчетными методами.

Первичная инвентаризация выбросов организованных источников предприятия должна быть проведена инструментальными методами, за исключением неорганизованных источников, а также вспомогательных производств, таких как сварочные и окрасочные работы, механическая обработка материалов, нанесение металлопокрытий гальваническим способом, котельные и другие топливосжигающие устройства малой производительности, транспортные средства и инфраструктура транспортных объектов, инвентаризация которых может быть проведена расчетными методами. При последующих инвентаризациях выбросы некоторых организованных источников, не оказывающих существенного воздействия на качество атмосферного воздуха, могут определяться расчетными методами. Аэродинамические параметры на всех организованных источниках выбросов должны быть определены инструментальными методами.

При контроле за соблюдением нормативов ПДВ основными должны быть прямые методы, использующие измерения концентрации вредных веществ и объемов газовоздушной смеси (ГОСТ 17.2.3.02-78 п. 4.2). В то же время, экономически нецелесообразно использование инструментальных методов измерения параметров выбросов на небольших источниках, не создающих повышенные концентрации загрязняющих веществ в воздухе жилой зоны (менее 0.5 ПДК).

При отсутствии инструментальных методик определения выбросов загрязняющих веществ, создающих по результатам рассеивания (полученным при подготовке расчетных материалов по оценке воздействия на окружающую среду) в совокупности от всех источников предприятия повышенные концентрации (более 0,5 $ПДК_{м.р.}$) в воздухе жилой зоны, предприятие должно разработать (самостоятельно или с помощью сторонней организации) соответствующую инструментальную методику, при этом результаты рассеивания были основаны на расчетных величинах выбросов.

Выбор расчетного или инструментального методов зависит от определяемой на основе результатов расчета рассеивания выбросов степени негативного воздействия выбросов на атмосферный воздух, что следует учитывать при формировании «Плана графика контроля за соблюдением нормативов выбросов на источниках выброса". Инструментальные методы следует использовать для определения выбросов тех загрязняющих веществ, совокупные выбросы которых создают в атмосферном воздухе жилой зоны концентрации, превышающие 0,5 $ПДК_{м.р.}$, при этом выбираются наиболее крупные источники, вносящие основной вклад в загрязнение атмосферы. Выбросы из организованного источника, которые в жилой зоне не формируют приземных концентраций более 0,1 $ПДК_{м.р}$ можно, при наличии соответствующей расчетной методики, определять расчетными методами.

На источниках выбросов загрязняющих веществ, оснащенных ГОУ, определение выбросов загрязняющих веществ, подлежащих очистке, осуществляется только инструментальными методами.

При проведении некоторых технологических процессов на предприятии осуществляется постоянный/непрерывный контроль технологических параметров, напрямую связанных с величинами выбросов загрязняющих веществ. При наличии разработанных и утвержденных в установленном порядке отраслевых методик контроля выбросов по результатам контроля технологических параметров контроль за выбросами даже крупных источников можно осуществлять путем контролирования параметров технологического процесса.

В некоторых случаях использование инструментальных методов при определении выбросов загрязняющих веществ по причине техники безопасности (высокое давление, температура, высота источника). Для таких источников по согласованию с органами исполнительной власти, осуществляющими контроль за охраной атмосферного воздуха, также возможно применение расчетных методов.

При возможности выбора между расчетным и инструментальным методами определения выбросов загрязняющего вещества на источнике, предприятие и/или организация, выполняющая инвентаризацию выбросов, самостоятельно решают, какой именно метод следует использовать при определении и производственном контроле выбросов. Государственные контролирующие органы могут производить инструментальные измерения параметров выбросов на любом источнике, независимо от того, какой метод используется при производственном контроле или инвентаризации. Для установления достоверности параметров выбросов загрязняющих веществ на любом источнике контролирующие органы могут привлекать независимую лабораторию, аккредитованную на проведение инструментальных измерений.

Если при проведении государственного контроля источников выбросов инструментальными методами выявлены случаи превышения нормативов ПДВ, обусловленные нарушением условий эксплуатации оборудования (вне зависимости от метода проведения инвентаризация), предприятию следует осуществлять производственный контроль на этих источниках инструментальными методами, поскольку только эти методы позволяют более оперативно и в полном объеме фиксировать нарушение технологического процесса.

6.2. Сопоставление результатов определения выбросов загрязняющих веществ инструментальными и расчетными методами

При установлении превышения фактического выброса, определенного на основе инструментальных измерений, над нормативным значением, установленным на основе расчетных методов, предприятие проводит серию измерений параметров выбросов с целью сопоставления значений выбросов, полученных инструментальным и расчетным методами. При несовпадении значений выбросов загрязняющих веществ, полученных инструментальным и расчетным методами (разброс значений более 50%), делается вывод о невозможности использования данной расчетной методики для определения выбросов загрязняющих веществ на конкретном источнике контролируемого предприятия. Нормативы ПДВ при этом должны быть пересмотрены с учетом данных инструментальных измерений.

При несовпадении расчетных и измеренных значений выбросов предприятию следует уведомить органы исполнительной власти, осуществляющие контроль за охраной атмосферного воздуха, о неработоспособности конкретной расчетной методики и предоставить, по их требованию, данные сопоставления выбросов загрязняющих веществ, полученные на основе инструментальных измерений и расчетов.

Органы исполнительной власти, осуществляющие контроль за охраной атмосферного воздуха, должны инициировать процедуру проверки расчетной методики или ее отзыва из списка расчетных методик, допущенных к применению, при различии величин выбросов загрязняющих веществ, полученных расчетным и инструментальным методами на трех и более предприятиях.

7. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ И ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17.2.1.04-77 «Охрана природы. Атмосфера. Метрологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения».
2. Охрана атмосферного воздуха. Основные понятия, термины и определения. Справочное пособие. ФГУП "НИИ Атмосфера", СПб, 2009.
3. Защита атмосферного воздуха от антропогенного загрязнения. Основные понятия, термины и определения. (Справочное пособие), СПб, 2003г.
4. Порядок проведения инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников
5. РД 52.04.59-85 Руководящий документ. Охрана природы. Атмосфера. Требования к точности контроля промышленных выбросов. Методические указания.
6. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
7. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

8. Руководство по измерению основных параметров и определению запыленности пылегазовых потоков на источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. ФГУП МНИИЭКО ТЭК. Пермь. 2002. 60 стр.
9. ГОСТ 17.2.4.06-90 Охрана природы. Атмосфера. Метод определения скорости газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
10. ГОСТ 17.2.4.07-90 Охрана природы. Атмосфера. Метод определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
11. ГОСТ 17.2.4.08-90 Охрана природы. Атмосфера. Метод определения влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
12. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентрации вредных веществ (газов и паров) в выбросах промышленных предприятий. ПНД Ф 12.1.1-99.
13. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентрации взвешенных частиц (пыли) в выбросах промышленных предприятий. ПНД Ф 12.1.2-99.
14. ГОСТ 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
15. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
16. МВИ массовой концентрации паров воды в газопылевом потоках, отходящих от источников загрязнения атмосферы, гравиметрическим методом. ООО «Центр "Маркетинг-экология"», 2000 г.
17. Руководство по эксплуатации 5К5.173.062.РЭ ГСП. Психрометр электронный цифровой ПТ-1. ОАО "Ангарское ОКБА" Иркутской области, 1997 г.
18. С.С. Кутателадзе, В.М. Боришанский «Справочник по теплопередачи» Госэнергоиздат, Москва, Ленинград, 1958 г.
19. Справочник химика, т.1, Л.: Химия, 1966 г.
20. ГОСТ 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений.
21. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Части 1-6.
22. ГОСТ Р 52361-2005 Контроль объекта аналитический. Термины и определения.
23. ГОСТ Р 8.589-2001. Контроль загрязнения окружающей природной среды.
24. Рекомендации по применению автоматических и полуавтоматических газоанализаторов при контроле промышленных выбросов. ООО «Центр «Маркетинг-Экология». СПб. 2004. 41 с.
25. ГОСТ 13320-81 Газоанализаторы автоматические промышленные. Общие технические условия.
26. ГОСТ Р 50759-95 Анализаторы газов для контроля промышленных и транспортных выбросов. Общие технические условия.
27. ГОСТ Р ИСО 11042-2001 Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ.
28. ГОСТ 8.401-80. Классы точности средств измерений.
29. ГОСТ 50820-95 Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков.
30. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л., Гидрометеоиздат, 1987.
31. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, НИИ Атмосфера, Санкт-Петербург, 2012 г.
32. ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
33. Методические рекомендации по администрированию платы за негативное воздействие на окружающую среду в части выбросов в атмосферный воздух, утвержденный приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 626 от 12.09.2007 г. РД 19-12-2007.
34. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 июня 2006 г. № 557 «Об установлении сроков уплаты платы за негативное воздействие на окружающую среду».
35. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».
36. ГОСТ Р 51000.4-2008 Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий.
37. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные.

38. Методические указания по охране труда при осуществлении контроля загрязнения атмосферного воздуха для системы Госкомэкологии России, СПб, 1999 г. 1. ПОТ Р М-012-2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте.
39. ПОТ Р М-004-97 Правила по охране труда при использовании химических веществ, Минтруд России, Москва, 1998 г.
40. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.42. ПОТ Р М-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (РД 153-34.0-03.150-00).
41. ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
42. ГОСТ 12.4.021-76 ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования.
43. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
44. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту.
45. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
46. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
47. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. 1. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
48. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
49. ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
50. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
51. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
52. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.

Приложение 1

ИНФОРМАЦИЯ

О РАСПОЛОЖЕНИИ И ОБОРУДОВАНИИ МЕСТ ОТБОРА ПРОБ

№ ист. загрязнения	№ места отбора	Цех, участок	Оборудование	Категория источника	Состояние места отбора	Описание расположения места отбора

Исполнитель: _____ _____
/_____/

должность работника природоохранной службы предприятия подпись ФИО

тел.

Ответственный: _____ _____
/_____/

должность руководителя природоохранной службы предприятия подпись ФИО

тел.

Приложение 2

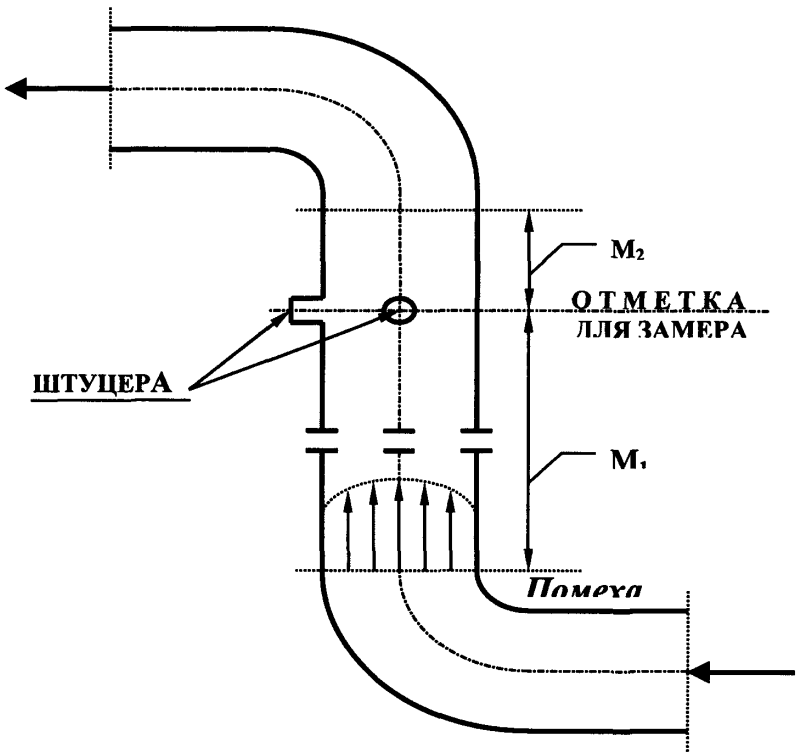


Рис. 1 Выбор места отбора проб

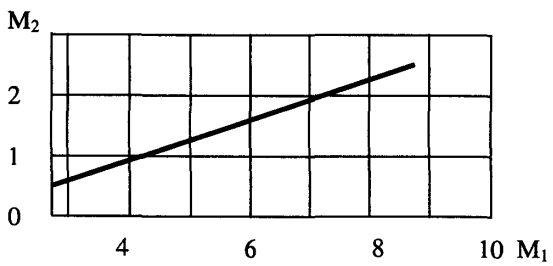


Рис. 2. Диаграмма для выбора соотношения длин прямолинейных участков

Приложение 3

Оценка пределов допускаемой относительной погрешности измерения автоматических и полуавтоматических газоанализаторов при использовании их в рабочих условиях

Пределы допускаемой основной погрешности измерения для газоанализаторов устанавливают при нормальных условиях, при которых выполняют их поверку.

При эксплуатации газоанализаторов в условиях, отличных от нормальных - рабочих условиях, возникают дополнительные погрешности газоанализаторов, которые необходимо учитывать при оценке суммарной погрешности измерений в рабочих условиях.

Дополнительные погрешности для газоанализаторов устанавливают при проведении испытаний газоанализаторов для целей утверждения типа средств измерений. При испытаниях уточняют влияющие величины, оказывающие воздействия на погрешность газоанализаторов. Например, насколько изменяется погрешность газоанализатора при отклонении температуры окружающей среды, при изменении давления, при изменении влажности воздуха и т.д. Обычно при изменении влияющих величин дополнительные погрешности для газоанализаторов указывают в виде пределов.

Если для газоанализатора заданы пределы допускаемой основной и дополнительных погрешностей, то суммарную погрешность газоанализатора в условиях эксплуатации оценивают по формуле

$$\Delta_{сум} = 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{пр} + \sum_{i=1}^{m} \Delta^2_i} \quad (П.1),$$

где:

$\Delta_{пр}$ – предел допускаемой основной погрешности газоанализатора, соответствующий нормальным условиям эксплуатации;

Δ_i – предел i-й составляющей дополнительной погрешности газоанализатора, появление которой вызвано воздействием i-й влияющей величины;

m – число дополнительных погрешностей, возникающих у газоанализатора при его эксплуатации в рабочих условиях, или число влияющих величин, оказывающих воздействие на погрешность газоанализатора.

Если для газоанализатора основная погрешность или дополнительные погрешности заданы двумя составляющими: случайной и систематической, то при оценивании суммарной погрешности газоанализатора, эксплуатируемого в рабочих условиях, сначала оценивают суммарные случайные погрешности, а потом суммарные систематические. Общую суммарную погрешность оценивают в соответствии с требованиями ГОСТ 8.207 [6].

Пример расчета основной (суммарной) погрешности газоанализатора и нижнего предела диапазона измерений, для которого суммарная относительная погрешность не превышает ± 25%

Исходные данные (по эксплуатационной документации):

1. Пределы допускаемой основной погрешности:

канал CO	от 0 до 100 млн$^{-1}$ (± 5% приведенной)	от 100 до 500 млн$^{-1}$ (± 5% относительной);
канал NO	от 0 до 50 млн$^{-1}$ (± 10% приведенной)	от 50 до 250 млн$^{-1}$ (± 10% относительной);
канал NO_2	от 0 до 50 млн$^{-1}$ (± 15% приведенной);	
канал SO_2	от 0 до 100 млн$^{-1}$ (± 10% приведенной)	от 100 до 500 млн$^{-1}$ (± 10% относительной).

2. Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении температуры окружающей среды от 10 до 40 °С, в долях от предела основной погрешности: 0,5.

3. Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении атмосферного давления в пределах от 84 до 106,7 кПа, в долях от предела основной погрешности: 0,5.

4. Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении напряжения питания сети переменного тока в пределах от 187 до 242 В (при работе от сети), в долях от предела основной погрешности: 0,5.

5. Предел допускаемой дополнительной погрешности при влиянии неизмеряемых компонентов, в долях от предела основной погрешности: 0,5.

6. Предел допускаемой дополнительной погрешности при воздействии вибрации частотой от 10 до 55 Гц, амплитудой до 0,15 мм, в долях от предела основной погрешности: 0,5.

7. Предел допускаемой дополнительной погрешности при наклоне газоанализатора в любом направлении от горизонтального на угол, равный 20 °С, в долях от предела основной погрешности: 0,5.

Расчеты

1. Определение суммарной относительной погрешности на участке диапазона, в котором нормирована основная относительная погрешность.

1.1. Канал CO, диапазон (100-500) млн$^{-1}$:

$$\Delta_{сум} = 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{пр} + \sum_{i=1}^{m} \Delta^2_i} = 1{,}1 \cdot \sqrt{5^2 + 6 \cdot 2{,}5^2} = 8{,}7\ \%$$

1.2. Канал NO (50-250) млн$^{-1}$, SO_2 (100-500) млн$^{-1}$:

$$\Delta_{сум} = 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{пр} + \sum_{i=1}^{m} \Delta^2_i} = 1{,}1 \cdot \sqrt{10^2 + 6 \cdot 2{,}5^2} = 12{,}9\ \%$$

1.3. Канал NO_2 (точка 50 млн$^{-1}$):

$$\Delta_{сум} = 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{пр} + \sum_{i=1}^{m} \Delta^2_i} = 1{,}1 \cdot \sqrt{15^2 + 6 \cdot 2{,}5^2} = 19{,}1\ \%$$

2. Определение максимально допустимого значения основной погрешности, при котором суммарная относительная погрешность не превышает ± 25%.

Для всех каналов (так как дополнительные погрешности одинаковы):

$$\Delta_{пр\ max} = \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{сум}}{1{,}1}\right)^2 + \sum_{i=1}^{m} \Delta^2_i} = \sqrt{\left(\frac{25}{1{,}1}\right)^2 + 6 \cdot 2{,}5^2} = 23{,}5\ \%$$

3. Определение нижнего предела диапазона измерений, для которого суммарная относительная погрешность не превышает ± 25% (то есть относительная погрешность не превышает 23,5%).

3.1. Канал оксида углерода:

$$X_H = \frac{\Delta_{пр} \cdot X_B}{\Delta_{пр\ max}} = \frac{5 \cdot 100}{23{,}5} = 21 \text{ млн}^{-1} = 27 \text{ мг/м}^3$$

где: X_B – верхний предел диапазона измерений, для которого нормирована основная приведенная погрешность.

3.2. Канал оксида азота:

$$X_H = \frac{\Delta_{пр} \cdot X_B}{\Delta_{пр\ max}} = \frac{10 \cdot 50}{23{,}5} = 21 \text{ млн}^{-1} = 29 \text{ мг/м}^3$$

3.3. Канал диоксида азота:

$$X_H = \frac{\Delta_{пр} \cdot X_B}{\Delta_{пр\ max}} = \frac{15 \cdot 50}{23{,}5} = 32 \text{ млн}^{-1} = 65 \text{ мг/м}^3$$

3.4. Канал диоксида серы:

$$X_H = \frac{\Delta_{пр} \cdot X_B}{\Delta_{пр\ max}} = \frac{10 \cdot 100}{23{,}5} = 43 \text{ млн}^{-1} = 122 \text{ мг/м}^3$$

4. Значения верхних пределов диапазонов измерений, для которых суммарная относительная погрешность не превышает ± 25%, принимаются равными значениям верхних пределов диапазонов измерений, указанным в эксплуатационной документации.

5. Таким образом, диапазоны измерений, для которых суммарная относительная погрешность не превышает ± 25%, для данного газоанализатора составляют:

по каналу CO: от 30 до 650 мг/м^3;
по каналу NO от 30 до 350 мг/м^3;
по каналу NO_2 от 65 до 100 мг/м^3;
по каналу SO_2 от 125 од 1500 мг/м^3.

Для заметок

Отпечатано в ООО «Контраст»
192029, пр. Обуховской обороны, д. 38.

gost.e-ecolog.ru