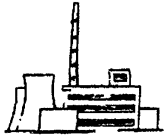
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»

Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ



РД 153-34.1-11.353–2001

АООТ «ВТИ»
Москва 2002

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»

Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ

РД 153-34.1-11.353–2001

АООТ «ВТИ»
Москва 2002

Разработано Акционерным обществом открытого типа «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт» (АООТ «ВТИ»)

Исполнители *М.Я. МОТРО, В.С. БЕСКОВ, С.Ш. ПИНТОВ, Г.В. ЦЕЛУНОВА*

Утверждено Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 29.03.2001

Первый заместитель начальника *А.П. ЛИВИНСКИЙ*

Срок первой проверки РД – 2006 г., периодичность проверки – один раз в 5 лет.

Аттестована 31.03.2001 г. метрологической службой ВТИ (аттестат аккредитации при ВНИИМС № 01.00038-97)

Ключевые слова: дымовые газы котлов, массовый выброс, электрохимическая ячейка, концентрация CO, NO_x, NO_2, NO, SO_2, содержание O_2, влажность, скорость, расход, методика, датчик.

© АООТ «ВТИ», 2002

УДК 621.182:543.271.08

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ

РД 153-34.1-11.353–2001

Введено впервые

Срок действия установлен
с 2001–10–01
до 2011–10–01

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий руководящий документ устанавливает методику выполнения измерений (МВИ) массовых выбросов (массовых расходов) загрязняющих веществ [оксидов азота в пересчете на диоксид азота (далее по тексту NO_2), монооксида углерода (далее по тексту CO), диоксида серы (далее по тексту SO_2)] с дымовыми газами от котельных установок, потребляющих различные виды органического топлива (газ, мазут, уголь).

Массовые выбросы загрязняющих веществ измеряются с применением газоанализаторов с электрохимическими датчиками.

1.2 Положения данной МВИ распространяются на измерения массовых выбросов в сечениях газоходов (далее по тексту измерительные сечения), расположенных за газоочистной установкой или при отсутствии этой установки (на газомазутных котлах) в любых сечениях газоходов, в которых температура отходящих газов не превышает 600 °С.

1.3 Данная МВИ предназначена для использования при контроле выбросов: периодическом в соответствии с требованиями РД 153-34.0-02.306–98; при оценке эффективности проводимых мероприятий по их сокращению; при инспекционном.

Издание официальное

Настоящий отраслевой руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения РАО «ЕЭС России» и г АООТ «ВТИ»

2 УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Требования к параметрам окружающей среды при проведении измерений:

Температура окружающего воздуха, °С 0–40
Относительная влажность, % 15–90
Атмосферное давление, кПа 84–106
Вибрация:
частота, Гц 0,5–35
амплитуда, мм ..... До 0,75
Напряженность постоянных магнитных
и переменных полей сетевой частоты, А/м ..... Не более 400

2.2 Требования к параметрам и составу анализируемой среды:

Температура[1], °С 50–600
Влажность, г/м^3 30–240
Давление, кПа ..... –5 ...+5
Содержание:
твердых частиц на входе в пробоотборный зонд, г/м^3 0,01–5
сажи[2], г/м^3 0–0,5
водорода (объемная доля), % 0–0,1
метана (объемная доля), % 0–0,1
триоксида серы (объемная доля), % 0–0,007
кислорода (объемная доля), % 1–25
Концентрация, мг/м^3:
монооксида углерода 80–5000
монооксида азота 60–2000
диоксида азота 2–100
диоксида серы 120–5800
Массовый расход (выброс)[3], г/с:
монооксида углерода 0,1–2000
оксидов азота 0,2–1000
диоксида серы 1–2500

---

[1] При измерении содержания SO_2 температура дымовых газов должна быть не менее 100 °С.

[2] При сжигании мазута.

[3] Указанные значения относятся к одной котельной установке. Диапазоны изменения массовых расходов (выбросов) и массовых концентраций загрязняющих веществ в зависимости от вида топлива приведены в приложении А.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИПИСАННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1 Предел приписанной относительной погрешности измерения массового выброса устанавливается ±20 % для каждого загрязняющего вещества. Расчетные формулы и примеры оценки погрешности приведены в приложении Б.

4 МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

4.1 Измерения массового выброса загрязняющего вещества являются косвенными, осуществляемыми на основе прямых измерений массовой концентрации CO, SO_2, NO и косвенных измерений NO_x (оксидов азота) и объёмного расхода уходящих дымовых газов. Массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества M_i, г/с, через газоход определяют по формуле

$$M_i = 0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot c_i \cdot V_{сг}, \qquad (1)$$

где c_i – массовая концентрация *i*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при нормальных условиях[1], определяемая в измерительном сечении, мг/м^3;

$V_{сг}$ – объемный расход сухих дымовых газов через измерительное сечение при нормальных условиях, м^3/ч.

4.2 Метод измерения массовых концентраций

4.2.1 Массовые концентрации CO, SO_2 и NO измеряют с помощью переносного газоанализатора с электрохимическими датчиками (далее по тексту газоанализатор)[2].

4.2.2 Массовую концентрацию NO_x определяют расчетом по измеренным с помощью газоанализатора значениям массовой концентрации монооксида азота (далее по тексту NO) по формуле

$$c_{NO_x} = (\rho_{NO_2}/\rho_{NO}) \cdot c_{NO} + c_{NO_2}, \qquad (2)$$

где ρ_{NO_2} и ρ_{NO} – плотность, соответственно, диоксида и оксида азота;

c_{NO} – массовая концентрация NO;

c_{NO_2} – массовая концентрация диоксида азота (далее по тексту NO_2), содержащегося в анализируемых дымовых газах (определяют, исходя из измеренного значения c_{NO} как $0{,}05 \cdot 1{,}53 \cdot c_{NO}$, где $1{,}53 = \rho_{NO_2}/\rho_{NO}$).

Примечание – Несмотря на то, что ряд газоанализаторов с электрохимическими датчиками имеет датчик для измерения NO_2, представительность результатов анализа этого загрязняющего вещества, как показала практика, не может быть обеспечена. Содержание NO_2 в дымовых газах котельных установок составляет, по опытным данным, от 2 до 7 % NO, соответственно (0,02–0,07) NO; принято 0,05.

4.2.3 Метод измерения массовых концентраций загрязняющих веществ основан на применении в газоанализаторе электрохимических ячеек, являющихся чувствительными элементами датчиков.

---

[1] Здесь и далее нормальные условия: давление 101,3 кПа и температура 0 °С.

[2] Измеренные значения массовых концентраций CO, SO_2 и NO здесь и далее относятся к осушенной пробе дымового газа.

4.2.4 Принцип действия электрохимической ячейки состоит в следующем: анализируемый газ поступает через проницаемую мембрану в ячейку, где происходит окислительно-восстановительная реакция с участием компонента, концентрация которого определяется. Сила тока, возникающая в электрохимической ячейке, прямо пропорциональна массовой концентрации определяемого компонента.

4.2.5 Кроме определяемого загрязняющего вещества, на процесс измерения могут влиять и другие компоненты, содержащиеся в газовой пробе, близкие к этому веществу по химической природе. Возникает так называемая перекрестная чувствительность – влияние одного измеряемого компонента на выходной сигнал датчика другого, а также чувствительность к неизмеряемым компонентам. Отдельные компоненты могут оказывать разрушающее действие на датчики. Например, при измерении концентрации CO сильное влияние на выходной сигнал датчика оказывают SO_2 – перекрестная чувствительность и H_2 – неизмеряемый компонент (если SO_2 и H_2 присутствуют в пробе). Кроме того, SO_2 оказывает разрушающее действие на датчик CO. Поэтому электрохимические датчики должны быть снабжены системой компенсации перекрестной чувствительности, а датчик CO – дополнительно иметь компенсацию от влияния водорода и защиту от диоксида серы.

4.2.6 Показания газоанализаторов выражают в единицах массовой концентрации для объема дымовых газов, соответствующего нормальным условиям: температуре 0 °C, абсолютному давлению дымовых газов 101,3 кПа.

4.3 Методы измерения объемного расхода сухих дымовых газов

4.3.1 Для измерения объемного расхода сухих дымовых газов могут использоваться *два косвенных (расчетных) метода,* в которых исходными данными являются:

- *в первом* – средняя скорость потока дымовых газов в измерительном сечении, влажность дымовых газов в этом сечении и его площадь, а также средняя температура газового потока и его абсолютное давление;
- *во втором* – расход топлива, низшая теплота сгорания и влажность рабочей массы топлива, содержание кислорода (далее по тексту O_2) в измерительном сечении.

Первый метод может применяться для определения объемного расхода дымовых газов при сжигании природного газа, мазута и угля; второй – только при сжигании природного газа и мазута.

4.3.2 При использовании первого метода по п. 4.3.1:

- средняя скорость дымовых газов в измерительном сечении определяется в соответствии с п. 4.4 ГОСТ 17.2.4.06 по динамическому давлению потока дымовых газов в контрольной точке измерительного сечения с учетом среднего коэффициента неравномерности поля динамических давлений (динамическое давление в точке измерительного сечения измеряется по разности полного и статического давлений с помощью пневиометрических (напорных) трубок конструкций «НИИОГАЗ», Прандтля, Пито и др., к которым подключается прибор для измерения разности давлений);

- влажность дымовых газов измеряется в соответствии с разделом 3 ГОСТ 17.2.4.08 психрометрическим или конденсационным методом;

- площадь измерительного сечения определяют в соответствии с пп. 3.4.2 – 3.4.4 ГОСТ 17.2.4.06 с помощью рулетки (наружные или внутренние размеры сечения) и в случае необходимости штангенциркуля (толщину стенки газохода в месте расположения измерительного сечения);

- температуру газового потока измеряют с помощью термоэлектрических термометров, устанавливаемых в средней части измерительного сечения;

- абсолютное давление определяют как сумму атмосферного и статического давления с помощью тех же средств, которые используются для измерения динамического давления.

4.3.3 При определении объемного расхода сухих дымовых газов вторым методом (п. 4.3.1) специальных методов для измерения расхода, влажности и низшей теплоты сгорания топлива не применяют, а используют результаты штатных определений этих параметров; содержание O_2 измеряют одновременно с концентрацией загрязняющих веществ одним и тем же газоанализатором.

5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И МАТЕРИАЛЫ

5.1 Средства измерений, вспомогательные устройства и материалы, используемые при измерении массовой концентрации загрязняющих веществ и содержания кислорода, приведены в таблицах 1–3.

5.2 Средства измерений, вспомогательные устройства и материалы, используемые при измерении объемного расхода сухих дымовых газов, приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 1 – **Средства измерений (СИ)**

Наименование	Основные технические характеристики	Контролируемый параметр
1 Многокомпонентный переносной газоанализатор с электрохимическими датчиками в комплекте с пробоотборным зондом. Перечень некоторых типов газоанализаторов с указанием их характеристик приведен в приложении В	Диапазоны измерения: CO .....80 – 5000 мг/м³ NO .....60 – 2000 мг/м³ SO_2 .....120 – 6000 мг/м³ O_2 .....0 – 21 (объемная доля), % Относительная погрешность не более 10 %*	Массовая концентрация NO, CO, SO_2, объемная доля O_2
2 Термометр лабораторный ТЛ-2 по ГОСТ 28498	Диапазон измерения от 0 °С до 55 °С. Цена деления 1 °С	Температура окружающей среды
3 Психрометр ПБУ-1 по ТУ 2511-1219	Пределы измерения от 10 % до 100 %. Цена деления 0,2 %	Относительная влажность окружающей среды (атмосферного воздуха)
4 Барометр-анероид М 67 по ТУ 2504-1797	Цена деления 1 мм рт. ст. Погрешность 0,3 мм рт. ст.	Атмосферное давление среды
5 Ротаметр РМ-0,25Г УЗ по ТУ 25-02.070213	Диапазон измерения 0–250 дм³/ч. Диаметр условного прохода 6 мм. Габариты 26,5 × 360 мм	Расход калибровочного газа
6 Мановакуумметр двухтрубный жидкостный МВ–2–6000 по ТУ 92–891.0261	Диапазон измерения –6...+6 кПа. Цена деления 0,01 кПа	Давление (разрежение) анализируемой среды
7 Цифровой термометр ТТЦ 06-1300	Диапазон измерения 0–1300 °С. Погрешность не более 6 °С	Температура газового потока

* Для обеспечения допускаемой погрешности газоанализатора следует использовать поверочные газовые смеси (ПГС) по ТУ 6-16-2956 в баллонах емкостью (4–10) л и азот газообразный особой чистоты по ГОСТ 9273. Характеристики ПГС приведены в таблице 2.

Примечания

1 СИ по пп. 2–4 применяют при контрольных проверках условий измерения.

2 Допускается использование других средств измерений, не уступающих вышеуказанным по техническим характеристикам.

3 Длину зонда газоанализатора по п. 1 выбирают в зависимости от расположения точек отбора пробы по поперечному сечению газохода.

Таблица 2 – Характеристики ПГС

Определяемый компонент	Номинальное объемное содержание, ppm	Предел допускаемой абсолютной погрешности, ppm	Номер ГСО по Госреестру
CO	280	± 10	3808–87
	2800	± 100	3814–87
NO	800	±40	4015–87
	1100	± 30	4018–87
SO_2	1400	± 50	5894–91

Таблица 3 – Вспомогательные устройства и материалы

Вспомогательное устройство, материал	Количество и краткая техническая характеристика устройств
1 Вентиль регулирующий по ТУ 5Л4.463.003-02	2 шт.
2 Трубка соединительная Т-образная (тройник) по ГОСТ 25336	2 шт.
3 Трубка поливинилхлоридная (ПВХ) по ГОСТ 64-2-286	Диаметр 12 × 2 мм, длина 1 м Диаметр 10 × 2 мм, длина 3 м Диаметр 6 × 1,5 мм, длина 2 м

Таблица 4 – Средства измерений

Наименование	Основные технические характеристики	Контролируемый параметр
1	2	3
1 Дифференциальный манометр цифровой с обработкой данных ДМЦ-01/М в комплекте с пневмометрической трубкой конструкции «НИИОГАЗ»	Диапазон измерения: динамического давления 0–2000 Па, статического давления 0–20000 Па. Основная приведенная погрешность измерения не более 1 %	Статическое и динамическое давления потока дымовых газов и автоматический расчет скорости и расхода
2 Рулетка металлическая ЗВД-3 по ГОСТ 7502	Длина – 30 м, цена деления 1 мм	Линейные размеры измерительного сечения
3 Штангенциркуль ШЦ-2	Диапазон измерения 0–400 мм, погрешность 0,1 мм	Толщина стенки газохода

Окончание таблицы 4

1	2	3
4 Весы лабораторные ВЛР-200М по ГОСТ 24104	Верхний предел взвешивания 200 г. Погрешность 1 мг	Масса конденсата при определении влажности дымовых газов
5 Реометр стеклянный лабораторный типа РДС 4 по ГОСТ 9932	Диапазон измерения расхода 0–10 л/мин. Погрешность 2 %	Расход пробы дымовых газов при определении влажности дымовых газов
6 Секундомер механический СО-2 по ГОСТ 5072	Диапазон измерения 0–30 мин. Погрешность 0,2 с	Время отбора пробы при определении влажности дымовых газов
7 Термометр лабораторный по ГОСТ 27544	Диапазон измерения 0–50 °С. Цена деления не более 0,2 °С	Температура пробы в сборнике конденсата при определении влажности дымовых газов

Примечания

1 Средства измерений, приведенные в таблице 3, применяются при использовании первого метода по п. 4.3.1. Кроме этих средств используются барометр и цифровой термометр (см. таблицу 1).

2 При использовании второго метода определения объемного расхода сухих дымовых газов по п. 4.3.1 применяется газоанализатор (см. таблицу 1) для измерения содержания кислорода в потоке газов, проходящих через измерительное сечение. Диапазон измерения содержания кислорода (объемная доля) 0,8–25 %, абсолютная погрешность определения его объемной доли ±0,2 %.

3 Допускается применение других средств измерений, не уступающих вышеуказанным по техническим характеристикам.

Таблица 5 – **Вспомогательные устройства и материалы**

Наименование вспомогательного устройства, материала	Количество и краткая техническая характеристика устройств
1 Холодильник спиральный ХСВ по ГОСТ 25336	1 шт.
2 Колба коническая Кн-2-250-240 ТС по ГОСТ 25336	1 шт.
3 Трубки медицинские резиновые типа 1 по ГОСТ 3399 или полиэтиленовые по ГОСТ 18599	Диаметр 10 × 2 мм, длина 4 м

5.3 Все средства измерений, указанные в таблицах 1 и 4, должны иметь действующие свидетельства о поверке, а газовые смеси в баллонах под давлением – действующие паспорта.

6 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед началом выполнения измерений определяют место расположения измерительного сечения и оборудуют рабочие места в соответствии с требованиями п. 7.1.2.1. ОНД-90.

6.2 Определяют неравномерность полей динамических давлений в измерительном сечении, а если оно выбрано в зоне конвективного газохода, то и неравномерность полей массовых концентраций. Для чего:

6.2.1 Измеряют линейные размеры, выполняют эскиз и проводят (условно) разбивку площади измерительного сечения на равновеликие части, количество которых определяют в соответствии с пп. 2.5 и 2.6 ГОСТ 17.2.4.06.

6.2.2 Определяют на эскизе координаты «*л*» точек измерения локальных значений параметров в соответствии с п. 2.5 ГОСТ 17.2.4.06 и места ввода пневмометрической трубки (пробоотборного зонда), которые должны быть расположены так, чтобы можно было наконечник пневмометрической трубки (пробоотборного зонда) установить в каждую точку. Пример разбивки измерительного сечения, расположения точек измерения и мест ввода пневмометрической трубки показан на рисунке 1.

6.2.3 В местах ввода пневмометрической трубки (пробоотборного зонда) в стенке газохода сверлят отверстия и приваривают соответствующие штуцера и бобышки для ее крепления.

6.2.4 Подготавливают приборы для измерения динамического давления, массовых концентраций загрязняющих веществ и содержания кислорода в соответствии с их руководствами по эксплуатации.

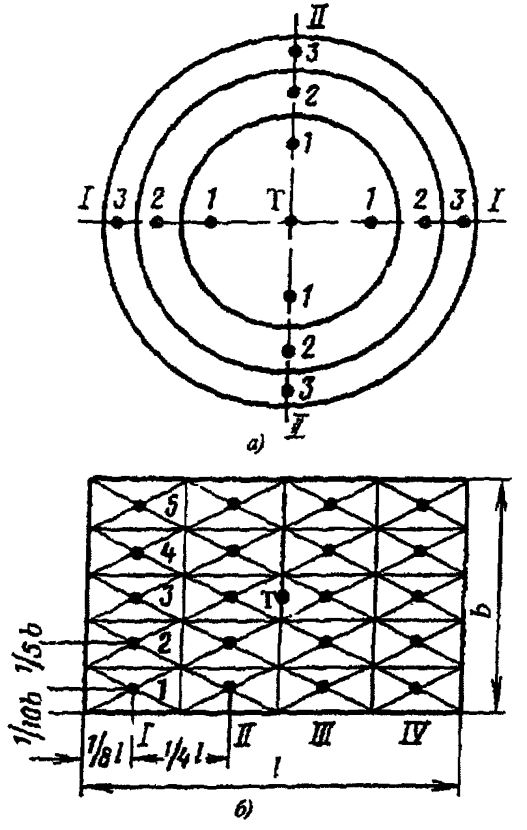
Примечание – При подготовке приборов следует обратить внимание на герметичность соединительных линий, через которые отбираются пробы и передается воздействие давления (пробоотборные зонды, соединительные трубки, устройства пробоподготовки и т.д.). Герметичность этих устройств проверяют методом отсчета спада давления в замкнутой системе, находящейся под испытательным давлением 1 кПа. Падение давления в этих устройствах за 1 мин не должно превышать 0,05 кПа.

6.2.5 Пневмометрическую трубку (пробоотборный зонд) располагают на рабочей площадке (в среде атмосферного воздуха), подключают к прибору, включают его и после установления рабочего режима контролируют показания, которые должны иметь значения 0 (для приборов, измеряющих динамическое давление, массовые концентрации NO, CO, SO_2) и 20,9 (для прибора, измеряющего содержание O_2).

6.2.6 Пневмометрическую трубку (пробоотборный зонд), не отключая от прибора, устанавливают в подготовленные места ввода в газоход и измеряют локальные значения динамических давлений (массовых кон-

центраций), помещая наконечник трубки (пробоотборного зонда) в точки сечения, определенные в соответствии с п. 6.2.2. При этом необходимо следить за тем, чтобы наконечник был направлен навстречу потоку.

Неравномерность поля должна измеряться при стабильной работе котельной установки.



а – круглое сечение: I и II – места ввода пневмометрической трубки; *1–3* – номера точек измерений; Т – контрольная точка; *б* – прямоугольное сечение: I – IV – номера рядов точек ввода зонда по ширине газохода; *1–5* – номера рядов по глубине газохода; • – места ввода пневмометрической трубки.

Рисунок 1 – Разбивка измерительного сечения газохода на равновеликие площади

6.2.7 Определяют средний коэффициент неравномерности поля динамических давлений и поля массовых концентраций (при необходимости). Для этого:

- фиксируют значения динамического давления $p_{дк}$ и массовой концентрации $c_к$ в точке (далее по тексту контрольная точка), расположенной в геометрическом центре измерительного сечения;
- определяют средние коэффициенты неравномерности $K^{p}_{нср} = \sqrt{p_{дj} / p_{дк}}$ и $K^{c}_{нср} = c_j / c_к$ для каждой точки,

где $p_{дj}$ – динамическое давление в j-ой точке измерительного сечения,

c_j – концентрация i-го загрязняющего вещества в j-ой точке измерительного сечения;

- подсчитывают средние коэффициенты неравномерности полей динамических давлений и массовых концентраций, соответственно:

$$K^{p}_{нср} = 1/n \cdot \sum_{j=1}^{n} K^{p}_{нj}, \qquad (3)$$

$$K^{c}_{нср} = 1/n \cdot \sum_{j=1}^{n} K^{c}_{нj}, \qquad (4)$$

где n – количество точек измерения;

$K_{нj}$ – коэффициент неравномерности динамических давлений (индекс p) или концентраций (индекс c) в j-ой точке.

6.2.8 Операции по пп. 6.2.6 и 6.2.7 проводят для трех технологических режимов работы котельной установки, соответствующих 50, 75, 100 % тепловой нагрузки $Q_к$. Эти измерения для каждого измерительного сечения выполняют 1 раз после его выбора. В последующем пользуются полученными результатами.

6.2.9 После определения средних коэффициентов неравномерности полей динамических давлений и массовых концентраций строят графики функций $K^{p}_{нср} = f(Q_к)$ и $K^{c}_{нср} = f(Q_к)$, которые используют при подсчете массовых выбросов.

6.3 Находят площадь измерительного сечения газохода в соответствии с п. 3.4 ГОСТ 17.2.4.06.

6.4 Подготовку к выполнению измерений влажности газового потока выполняют в соответствии с п. 2 ГОСТ 17.2.4.08, а температуры и статического давления – в соответствии с руководством по эксплуатации соответствующих приборов

6.5 Если котельная установка работает на твердом топливе, то необходимо предусмотреть заземление пробоотборного зонда в процессе измерений во избежание накопления на нем заряда статического электричества

7 ОПЕРАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 В зависимости от выбранного метода определения объемного расхода дымовых газовых (см. п. 4.3.1) выполняют измерения:

- массовой концентрации загрязняющих веществ;
- динамического давления потока дымовых газов в контрольной точке;
- статического давления потока дымовых газов в измерительном сечении;
- влажности дымовых газов;
- температуры газового потока в средней части измерительного сечения;
- атмосферного давления или только массовой концентрации загрязняющих веществ и содержания кислорода.

7.2 При измерении массовой концентрации собирают схему, показанную на рисунке 2, *а*, и проводят следующие операции:

7.2.1 Включают газоанализатор и ожидают завершения процесса его автокалибровки, при этом пробоотборный зонд должен находиться в среде атмосферного воздуха.

7.2.2 После установки показаний кислородного датчика 20,9 % и нулевых показаний остальных пробоотборный зонд вводят в газоход таким образом, чтобы проба отбиралась из контрольной точки.

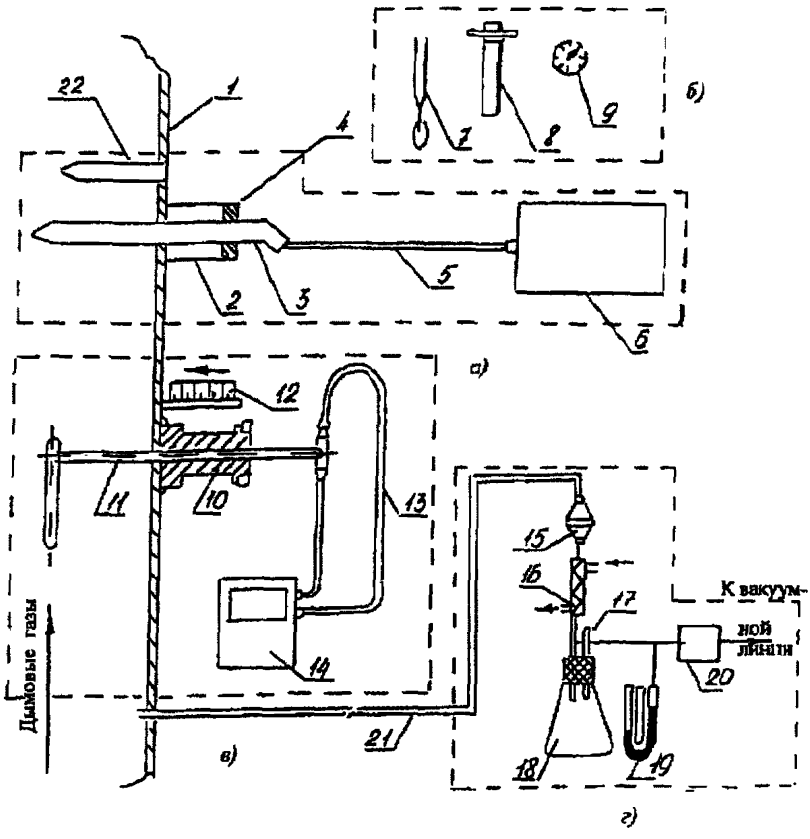
7.2.3 После стабилизации показаний прибора начинают регистрировать результаты измерений в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Одновременно в случае необходимости записывают результаты измерений содержания кислорода.

7.3 Для определения динамического давления собирают схему, показанную на рисунке 2, *в*, и проводят измерения в соответствии с инструкцией по эксплуатации дифференциального манометра ДМЦ-01/М. Одновременно с помощью этого же прибора измеряют статическое давление в газовом потоке.

7.4 Влажность в соответствии с п. 3.2 ГОСТ 17.2.4.08 измеряют по схеме, показанной на рисунке 2, *г*.

7.5 Температуру газового потока измеряют в соответствии с инструкцией по эксплуатации цифрового термометра. Датчик вводят в газоход через специальный штуцер и располагают его чувствительный элемент на расстоянии от стенки не меньше 0,2L (L – расстояние между противоположными стенками газохода).

7.6 Измерения должны проводиться в течение 20 мин в одних и тех же условиях при неизменных параметрах, определяющих выбранный режим работы котельной установки, сериями, количество которых должно быть не менее трех. Интервал между сериями должен составлять не менее 3 мин. Количество наблюдений каждого параметра в серии должно быть не менее трех. Измерения в каждой серии проводятся непрерывно в по-



а – схема измерения концентраций; *б* – приборы для контроля окружающей среды; *в* – схема измерения скорости (расхода) газа; *г* – схема измерения влажности газа; *1* – газоход; *2* – штуцер; *3* – газоотборный зонд газоанализатора; *4* – уплотнение; *5* – шланг; *6* – аналитический блок; *7* – термометр; *8* – психрометр; *9* – барометр; *10* – держатель; *11* – напорная трубка; *12* – линейка; *13* – соединительные штанги; *14* – дифманометр; *15* – фильтр; *16* – холодильник; *17* – термометр; *18* – сборник конденсата; *19* – манометр; *20* – реометр; *21* – линия отбора пробы; *22* – датчик температуры.

Примечание – Приборы (поз. *7–9* и *22*) используют при необходимости контроля условий проведения измерений.

Рисунок 2 – Схемы выполнения измерений массовых выбросов загрязняющих веществ в уходящих дымовых газах

следовательности заполнения горизонтальных строк и фиксируются в журнале, форма которого приведена в приложении Г. В период выполнения измерений периодически каждые 10 мин регистрируют атмосферное давление по барометру-анероиду.

8 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 За результат измерения данного параметра принимают среднее арифметическое результатов наблюдений, полученных в n сериях измерений.

8.2 Определяют массовый M выброс i-го загрязняющего вещества по результатам выполненных измерений по формуле

$$M_i = 0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot K^{c}_{\text{иср}} \cdot c_{i\text{ср}} \cdot V_{\text{сг}}, \qquad (5)$$

где $K^{c}_{\text{иср}}$ – средний коэффициент неравномерности поля концентраций по измерительному сечению газохода. Для измерительного сечения, находящегося в конвективном газоходе, его определяют в соответствии с п. 6.2.9, для остальных участков газоходов $K^{c}_{\text{иср}} = 1$;

$c_{i\text{ср}}$ – результат измерения массовой концентрации i-го загрязняющего вещества, мг/м^3. При определении массового выброса NO_x значения c_{NO_x} подсчитывают по измеренной массовой концентрации c_{NO}, как c_{NO_x}=1,61*· c_{NO};

$V_{\text{сг}}$ – объемный расход сухих дымовых газов, определяемый по формуле

$$V_{\text{сг}} = 7350 K^{p}_{\text{иср}} \sqrt{K_{\text{т}}\, p_{\text{дкс}} \left(p_{\text{б}} + p_{\text{гс}}\right) / \left(273 + t_{\text{гс}}\right)} \times \times \left[1 - \left(1{,}245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{\text{NC}}\right)\right] S, \qquad (6)$$

где $K^{p}_{\text{иср}}$ – средний коэффициент неравномерности поля динамических давлений, полученный в соответствии с п. 6.2.9;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент напорной трубки;

$p_{\text{дкс}}$, $p_{\text{гс}}$, $t_{\text{гс}}$, f_{NC}, $p_{\text{б}}$, S – результаты измерений, соответственно: перепада давления в контрольной точке измерительного сечения, статического давления, температуры, влажности

---

* В соответствии с формулами, приведенными в п. 4.2.2, имеем c_{NO_x} =1,53 c_{NO} + + 1,53 · 0,05 c_{NO} = 1,61 c_{NO}.

** Формулы (6), (8) и (9) получены на основе зависимостей, приведенных в ГОСТ 17.2.4.06–90 и монографии «Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива» (авт. Я.Л. Пеккер). Вывод формул см. в приложении Д.

потока дымовых газов, атмосферного давления, площади измерительного сечения.

8.3 Определяют массовый выброс i-го загрязняющего вещества по значениям $V_{сгш}$, полученным на основе измерений штатными приборами и измерений массовых концентраций загрязняющих веществ и содержания кислорода, выполненных по данной МВИ, по формуле

$$M_i = 0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot K^{c}_{нср} \cdot c_{ср} \cdot V_{сгш}, \qquad (7)$$

где $V_{сгш}$ – объемный расход сухих дымовых газов, подсчитываемый с использованием штатных измерений по формуле

$$V_{сгш} = B_м \cdot [(21 - 0{,}05 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}06] \cdot 1{,}10 \times \times \left[\left(Q_i^r + 25W^r\right) / 4190\right] \cdot 10^3 \qquad (8)$$

при использовании в качестве топлива мазута и

$$V_{сгш} = B_г \cdot [(21 - 0{,}1 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}104] \cdot 1{,}11 \times \times \left[\left(Q_i^r + 25W^r\right) / 4190\right] \cdot 10^3 \qquad (9)$$

при использовании в качестве топлива природного газа,

где $B_м$, $B_г$ – расход топлива (мазута и газа соответственно) на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. $м^3$/ч);

c_{O_2} – результат измерения содержания кислорода;

Q_i^r – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, кДж/кг для твердого и жидкого топлива и кДж/$м^3$ для газообразного;

W^r – влажность топлива на рабочую массу, %.

За значения Q_i^r и W^r принимают последние результаты их определения, полученные при анализе топлива в аналитической лаборатории ТЭС.

Примечание – Формулы (8), (9) относятся к случаю сжигания одного вида топлива. При совместном сжигании мазута и природного газа $V_{сгш}$ рассчитывают для каждого топлива в отдельности и полученные результаты суммируют.

9 КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Точность результатов определения массовых выбросов обеспечивается точностью результатов измерений отдельных параметров.

9.2 Контроль точности результатов измерений массовых концентраций CO, NO, SO_2 и содержания O_2 в дымовых газах переносным газоанализатором проводят в случае возникновения сомнений в результатах измерений указанных компонентов, а также периодически по каждому измерительному каналу с помощью баллонов с ПГС.

При отрицательном результате контроля проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора корректировку показаний газоанализатора, относящихся к тем компонентам, погрешность результатов измерений которых превышает допустимую. Эту операцию выполняют, если она предусмотрена в эксплуатационной документации для потребителя. В других случаях газоанализатор следует направить в сервисную службу для корректировки и ремонта.

9.3 Точность результатов измерений температуры, избыточного давления, скорости, площади измерительного сечения, расхода и влажности газового потока контролируют путем проведения периодических поверок средств измерений, используемых при выполнении данных измерений, в соответствии с нормативной документацией по поверке на каждый конкретный тип СИ.

10 ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ, СПОСОБЫ И ФОРМЫ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

10.1 В качестве показателя точности измерения массовых выбросов загрязняющих веществ принимается интервал, в котором находится абсолютная погрешность измерения.

10.2 Устанавливается следующая форма представления результатов измерения:

$$M_i,\ |\Delta_L| \div |\Delta h|, \qquad (10)$$

где M_i – массовый выброс i-ого загрязняющего вещества, г/с;

$|\Delta_L|$ и $|\Delta h|$ – нижняя и верхняя границы интервала, в котором находится абсолютная погрешность измерения массового выброса, г/с.

Верхнюю и нижнюю границы интервала находят по значению приписанной относительной погрешности измерения (см. п. 3.1), как $\pm 0{,}2 \cdot M_i$.

11 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА

К работе по измерению массового выброса загрязняющих веществ с помощью переносного газоаналитического комплекта допускаются лица, имеющие высшее и среднее специальное техническое образование, изу-

чившие инструкции по эксплуатации приборов, входящих в газоаналитический комплект и "Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы" ОНД-90, и имеющие опыт проведения газового анализа не менее 6 мес.

12 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

12.1 Перед началом работы лица, проводящие измерения состава и расхода дымовых газов с помощью газоаналитического комплекта, должны быть ознакомлены с действующими на данном предприятии правилами безопасности.

12.2 Работы, связанные с отбором проб на высоте, допускается проводить только при наличии прочных устойчивых площадок, огражденных перилами высотой не менее 1 м.

Запрещается устраивать временные настилы на случайных опорах, ставить леса, подмостки на конструкционные элементы, не рассчитанные на дополнительную нагрузку, а также крепить их к малоустойчивым частям здания.

12.3 Монтаж, установку и эксплуатацию приборов проводить в вентилируемых взрывобезопасных существующих или специально построенных помещениях. Концентрация агрессивных и токсичных газов и паров в воздухе помещений должна быть не выше указанных в ГОСТ 12.1.005 значений. Помещения должны быть освещены в соответствии с действующими нормами СНиП П-4.

12.4 При проведении ремонтных и монтажных работ приборы должны быть отключены от сети с помощью сетевых разъемов. Баллоны с газами при этом должны быть перекрыты.

12.5 При работе с баллонами, наполненными поверочными газовыми смесями, необходимо соблюдать следующие требования:

- баллоны должны быть установлены на расстоянии не менее 1 м от источника тепла;
- не допускать утечек газа в местах подсоединения баллонов к соединительным шлангам, проверяя их мыльной пеной не реже 1 раза в месяц;
- давление поверочных газовых смесей должно быть не более 50 кПа.

12.6 Эксплуатация электроприборов и электроустановок, используемых в процессе проведения измерений, должна проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019, правилами технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденными Госэнергонадзором РФ.

Приложение А
(справочное)

Минимальные и максимальные значения массовых выбросов (расходов) загрязняющих веществ, г/с, при нормальной эксплуатации котлов

Топливо	NO_x в пересчете на NO_2		SO_2		CO	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Уголь	0,2	1000	1	2500	0,1	2000
Мазут малосернистый	0,2	1000	1,5	1000	0,2	2000
Мазут, содержащий более 1 % серы	0,2	1000	3,8	2500	0,2	2000
Газ природный	0,2	1000	–	–	0,1	1500
Примечание – Указанные в графах «макс» значения соответствуют блокам 800 МВт, работающим на угле, и блоку 1200 МВт, работающему на газе-мазуте.						

Минимальные и максимальные значения массовых концентраций загрязняющих веществ, мг/м^3, при нормальной эксплуатации котлов

Топливо	NO		NO_2		SO_2		CO	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Уголь	130	1600	2	80	430	5000	12	400
Мазут малосернистый	100	1300	2	80	600	1400	30	400
Мазут, содержащий более 1 % серы	100	1200	2	80	1500	6000	30	400
Газ природный	30	1500	2	100	–	–	5	300

Приложение Б
(рекомендуемое)

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА (ВЫБРОСА) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Массовый расход (выброс) данного загрязняющего вещества является косвенно измеряемой величиной, определяемой по формуле

$$M_i = 0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot K^c_{\text{иср}} \cdot c_{i\text{ср}} \cdot V_{\text{сг}}, \qquad (Б.1)$$

где $c_{i\text{ср}}$ – среднеарифметическое значение результатов наблюдений за концентрацией i-го загрязняющего вещества (см. приложение Г);

$V_{\text{сг}}$ – расход сухих газов, находится по формуле

$$V_{\text{сг}} = 7350 \cdot K^p_{\text{иср}} \cdot \sqrt{K_{\text{т}} \cdot p_{\text{дкс}} \cdot (p_{\text{б}} + p_{\text{гс}})/(273 + t_{\text{гс}})} \times \times \left(1 - 1{,}245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{NC}\right) \cdot S, \qquad (Б.2)$$

если измеряют скорость, площадь сечения газохода, влажность дымовых газов, или

$$V_{\text{сг}} = B_{\text{м}} \cdot [(21 - 0{,}05 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}06] \cdot 1{,}10 \times \times [(Q^r_i + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3, \qquad (Б.3)$$

если его определяют по измеренным расходу (используют штатные измерения), теплотворной способности и влажности мазута (с учетом данных штатного лабораторного контроля), содержанию кислорода в дымовых газах (измеряют в выбранном сечении), и

$$V_{\text{сг}} = B_{\text{т}} \cdot [(21 - 0{,}1 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}104] \times \times 1{,}11 \cdot [(Q^r_i + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3, \qquad (Б.4)$$

если определяется по измеренным расходу природного газа (используют штатные измерения), его теплотворной способности (используют данные штатного лабораторного контроля), содержанию кислорода в дымовых газах (измеряют в выбранном сечении).

Для удобства оценки погрешности вводим условные величины:

$$A = \sqrt{K_{\text{т}} \cdot p_{\text{дкс}} \cdot (p_{\text{б}} + p_{\text{гс}})/(273 + t_{\text{гс}})}. \qquad (Б.5)$$

$$B = (p_{\text{б}} + p_{\text{гс}}), \qquad (Б.6)$$

$$C = (1 - 1{,}245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{NC}), \qquad (Б.7)$$

$$E = [(21 - 0{,}05 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}06], \qquad (Б.8)$$

$$G = [(21 - 0{,}1 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}104], \qquad (Б.9)$$

$$F = [(Q^{r}_{i} + 25W^{r}) / 4190]. \qquad (Б.10)$$

Погрешность косвенно измеряемых величин, вычисляемых по формулам (Б.1), (Б.2), (Б.3), (Б.4), определяют из следующих выражений:

$$dM_i = \sqrt{(0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot c_{ep} \cdot V_{cr} \cdot dK^{c}_{исp})^2 + (0{,}278 \cdot 10^{-6} \times}$$

$$\overline{\times c_{исp} \cdot V_{cr} \cdot dc_{ep})^2 + (0{,}278 \cdot 10^{-6} \cdot K^{c}_{исp} \cdot c_{ep} \cdot dV_{cr})^2}; \qquad (Б.11)$$

$$dV_{cr} = \sqrt{(7350 \cdot K^{p}_{исp} \cdot C \cdot S \cdot dA)^2 + (7350 \cdot K^{p}_{исp} \cdot A \cdot S \cdot dC)^2 +}$$

$$\overline{+ (7350 \cdot A \cdot C \cdot S \cdot dK^{p}_{исp})^2 + (7350 \cdot K^{p}_{исp} \cdot A \cdot C \cdot dS)^2}, \qquad (Б.12)$$

$$dV_{cr} = \sqrt{(E \cdot 1{,}10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dB_м)^2 + (B_м \cdot 1{,}10 \times}$$

$$\overline{\times F \cdot 10^3 \cdot dE)^2 + (B_м \cdot E \cdot 1{,}10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dF)^2}, \qquad (Б.13)$$

$$dV_{cr} = \sqrt{(G \cdot 1{,}10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dB_т)^2 + (B_т \cdot 1{,}10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dG^2) +}$$

$$\overline{+ (B_т \cdot G \cdot 1{,}10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dF)^2}. \qquad (Б.14)$$

Оценка погрешности условных величин:

$$dA = \sqrt{[\sqrt{p_{пкс} \cdot B / (K_т \cdot (273 + t_{гс}))} \cdot 1/2 \cdot dK_т]^2 + [\sqrt{K_т \cdot B / (p_{пкс}(273 + t_{гс}))} \times}$$

$$\overline{\times 1/2 \cdot dp_{пкс}]^2 + [\sqrt{p_{пкс} \cdot K_т / (B \cdot (273 + t_{гс}))} \cdot 1/2 \cdot dB]^2 + [\sqrt{K_т \cdot p_{пкс} \cdot B / (273 + t_{гс})} \times}$$

$$\overline{\times 1/(2 \cdot (273 + t_{гс})) \times dt_{гс}]^2}; \qquad (Б.15)$$

$$dB = \sqrt{(dp_б)^2 + (dp_{тр})^2}\ ; \qquad (Б.16)$$

$$dC = 1{,}245 \times 10^{-3} \times df_{NC}\ ; \qquad (Б.17)$$

$$dE = 19{,}95/(21 - c_{O_2})^2 \times dc_{O_2}\ ; \qquad (Б.18)$$

$$dG = 18{,}9/(21 - c_{O_2})^2 \times dc_{O_2}\ ; \qquad (Б.19)$$

$$dF = [(dQ^r + 25W^r)/4190]\ . \qquad (Б.20)$$

Таблица Б.1 – Пример расчета погрешности измерения массовых выбросов через сечение перед дымососом котла ПТВМ-30 (топливо – мазут)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение	Источник информации
1	2	3	4	5
Содержание кислорода	c_{O_2}	%	1,5	Протокол измерений
Погрешность определения c_{O_2}	dc_{O_2}	%	0,2	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Вспомогательная величина E	E	–	1,0131	Расчет по формуле (Б.8)
Погрешность определения E	dE	–	0,0105	Расчет по формуле (Б.18)
Теплотворная способность	Q	кДж/кг	39356	Лабораторный журнал энергообъекта
Погрешность определения Q	dQ	кДж/кг	130	Принято по РД 34.321-96
Содержание влаги в топливе	W	%	3	Лабораторный журнал энергообъекта
Погрешность определения W	dW	%	0,06	Принято по РД 34.321-96
Вспомогательная величина F	F	–	9,411	Расчет по формуле (Б.10)
Погрешность определения F	dF	–	0,0358	Расчет по формуле (Б.20)
Расход мазута на котел	$B_м$	т/ч	1,8	Протокол измерений (штатный контроль)
Погрешность определения $B_м$	$dB_м$	т/ч	0,0036	Принято по РД 34.321-96

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5
Объемный расход дымовых газов	V_{cr}	м³/ч	18876,9	Расчет по формуле (Б.3)
Погрешность определения V_{cr}	dV_{cr}	м³/ч	704,9	Расчет по формуле (Б.13)
Концентрация NO	c_{NO}	мг/м³	150	Протокол измерений
Концентрация NO_x (в пересчете на N_{O_2})	c_{NO_x}	мг/м³	241	Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{NO} \cdot 1,05$
Погрешность определения c_{NO}	dc_{NO}	мг/м³	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения c_{NO_x}	dc_{NO_x}	мг/м³	24	Расчетные данные
Концентрация SO_2	c_{SO_2}	мг/м³	500	Протокол измерений
Погрешность определения c_{SO_2}	dc_{SO_2}	мг/м³	50	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация CO	c_{CO}	мг/м³	0	Протокол измерений
Погрешность определения c_{CO}	dc_{CO}	мг/м³	–	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентрации	$K^c_{нер}$	–	0,9	Протокол измерений
Погрешность определения $K^c_{нер}$	$dK^c_{нер}$	–	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс NO_x	M_{NO_x}	г/с	1,14	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{NO_x}	dM_{NO_x}	г/с	0,17	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{NO_x}	$\%NO_x$	%	14,63	Расчет по формуле $(dM_{NO_x} / M_{NO_x}) \cdot 100$
Массовый выброс SO_2	M_{SO_2}	г/с	2,36	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{SO_2}	dM_{SO_2}	г/с	0,26	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{SO_2}	$\%SO_2$	%	11,09	Расчет по формуле $(dM_{SO_2} / M_{SO_2}) \cdot 100$

Таблица Б.2 – **Пример расчета погрешности измерения массовых выбросов через сечение перед дымососом котла БКЗ-420 (топливо – уголь)**

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение	Источник информации
1	2	3	4	5
Коэффициент напорной трубки	$K_т$	–	0,56	Паспорт на напорную трубку
Погрешность определения $K_т$	$dK_т$	–	0,0168	То же
Динамическое давление	$p_{дкс}$	кПа	200	Протокол измерений
Погрешность измерения $p_{дкс}$	$dp_{дкс}$	кПа	10	Оценка на основе паспортных данных на прибор ДМЦ
Температура дымовых газов	$t_{гс}$	°С	140	Протокол измерений
Погрешность определения $t_{гс}$	$dt_{гс}$	°С	6	Оценка на основе паспортных данных на прибор ТТЦ
Вспомогательная величина A	A	–	5,142	Расчет по формуле (Б.5)
Погрешность определения A	dA	–	0,1546	Расчет по формуле (Б.15)
Барометрическое давление	$p_б$	кПа	100	Протокол измерений
Погрешность определения $p_б$	$dp_б$	кПа	0,04	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Давление дымовых газов	$p_{гс}$	кПа	–2,5	Протокол измерений
Погрешность определения $p_{гс}$	$dp_{гс}$	кПа	0,2	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Вспомогательная величина B	B	–	97,5	Расчет по формуле (Б.6)
Погрешность определения B	dB	–	0,24	Расчет по формуле (Б.16)
Влажность дымовых газов	f_{NC}	г/м^3	50	Протокол измерений
Погрешность определения f_{NC}	df_{NC}	г/м^3	1,1	Оценка на основе ГОСТ 17.2.4.08-90

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5
Вспомогательная величина C	C	–	0,938	Расчет по формуле (Б.7)
Погрешность определения C	dC	–	0,0014	Расчет по формуле (Б.17)
Коэффициент неравномерности поля скоростей	$K^{v}_{нср}$	–	0,8	Протокол измерений
Погрешность определения $K^{v}_{нср}$	$dK^{v}_{нср}$	–	0,08	Оценка на основе специальных измерений
Площадь сечения	S	$м^2$	7	Протокол измерений
Погрешность определения S	dS	$м^2$	0,14	Расчет
Объемный расход сухих дымовых газов	$V_{сг}$	$м^3/ч$	198472	Расчет по формуле (Б.2)
Погрешность определения $V_{сг}$	$dV_{сг}$	$м^3/ч$	21103,8	Расчет по формуле (Б.12)
Концентрация NO	c_{NO}	$мг/м^3$	474	Протокол измерений
Концентрация NO_x (в пересчете на NO_2)	c_{NO_x}	$мг/м^3$	761	Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{NO} \cdot 1,05$
Погрешность определения c_{NO}	dc_{NO}	$мг/м^3$	50	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения c_{NO_x}	dc_{NO_x}	$мг/м^3$	80	Расчет
Концентрация SO_2	c_{SO_2}	$мг/м^3$	700	Протокол измерений
Погрешность определения c_{SO_2}	dc_{SO_2}	$мг/м^3$	70	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация CO	c_{CO}	$мг/м^3$	100	Протокол измерений
Погрешность определения c_{CO}	dc_{CO}	$мг/м^3$	10	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентраций	$K^{c}_{нср}$	–	0,95	Протокол измерений
Погрешность определения $K_{нср}$	$dK^{c}_{нср}$	–	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс NO_x	M_{NO_x}	г/с	39,91	Расчет по формуле (Б 1)

Окончание таблицы Б.2

1	2	3	4	5
Погрешность определения M_{NO_x}	dM_{NO_x}	г/с	7,07	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{NO_x}	$\%NO_x$	%	17,72	Расчет по формуле $(dM_{NO_x} / M_{NO_x}) \cdot 100$
Массовый выброс SO_2	M_{SO_2}	г/с	36,69	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{SO_2}	dM_{SO_2}	г/с	6,38	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{SO_2}	$\%SO_2$	%	17,40	Расчет по формуле $(dM_{SO_2} / M_{SO_2}) \cdot 100$
Массовый выброс CO	M_{CO}	г/с	5,24	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{CO}	dM_{CO}	г/с	0,91	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{CO}	%CO	%	17,40	Расчет по формуле $(dM_{CO} / M_{CO}) \cdot 100$

Таблица Б.3 – Пример расчета погрешности измерения массовых выбросов через сечение перед дымососом котла ПТВМ-30 (топливо – природный газ)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение	Источник информации
1	2	3	4	5
Содержание кислорода	c_{O_2}	%	2	Протокол измерений
Погрешность определения c_{O_2}	dc_{O_2}	%	0,2	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Вспомогательная величина G	G	–	0,9907	Расчет по формуле (Б.9)
Погрешность определения G	dG	–	0,0105	Расчет по формуле (Б.19)
Теплотворная способность	Q	кДж/кг	34330	Лабораторный журнал энергообъекта
Погрешность определения Q	dQ	кДж/кг	170	Принято по РД 34.321-96

Продолже ·че таблицы Б.3

1	2	3	4	5
Содержание влаги в топливе	W	%	0	Лабораторный журнал энергообъекта
Погрешность определения W	dW	%	0	Принято по РД 34.321-96
Вспомогательная величина F	F	–	8,19	Расчет по формуле (Б.10)
Погрешност ·пределения F	dF	–	0,041	Расчет по формуле (Б.20)
Расход газа на котел	$B_г$	тыс. $м^3/ч$	2	Протокол измерений (штатный контроль)
Погрешность определения $B_г$	$dB_г$	тыс. $м^3/ч$	0,032	Принято по РД 34.321–96
Объемный расход дымовых газов	$V_{сг}$	$м^3/ч$	18020,7	Расчет по формуле (Б.4)
Погрешность определения $V_{сг}$	$dV_{сг}$	$м^3/ч$	801,4	Расчет по формуле (Б.14)
Концентрация NO	c_{NO}	$мг/м^3$	100	Протокол измерений
Концентрация NO_x (в пересчете на NO_2)	c_{NO_x}	$мг/м^3$	161	Расчет по формуле $1{,}53 \cdot c_{NO} \cdot 1{,}05$
Погрешность определения c_{NO}	dc_{NO}	$мг/м^3$	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения c_{NO_x}	dc_{NO_x}	$мг/м^3$	24	Расчет
Концентрация SO_2	c_{SO_2}	$мг/м^3$	0	Протокол измерений
Погрешность определения c_{SO_2}	dc_{SO_2}	$мг/м^3$	–	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация CO	c_{CO}	$мг/м^3$	150	Протокол измерений
Погрешность определения c_{CO}	dc_{CO}	$мг/м^3$	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентрации	$K^c_{нер}$	–	0,9	Протокол измерений
Погрешность $K^c_{нер}$	$dK^c_{нер}$	–	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс NO_x	M_{NO_x}	г/с	0,724	Расчет по формуле (Б.1)

Окончание таблицы Б.3

1	2	3	4	5
Погрешность определения M_{NO_x}	dM_{NO_x}	г/с	0,1345	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{NO_x}	$\%NO_x$	%	18,6	Расчет по формуле $(dM_{NO_x} / M_{NO_x}) \cdot 100$
Массовый выброс SO_2	M_{SO_2}	г/с	0	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{SO_2}	dM_{SO_2}	г/с	–	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{SO_2}	$\%SO_2$	%	–	Расчет по формуле $(dM_{SO_2} / M_{SO_2}) \cdot 100$
Массовый выброс CO	M_{CO}	г/с	0,676	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения M_{CO}	dM_{CO}	г/с	0,1003	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения M_{CO}	%CO	%	14,8	Расчет по формуле $(dM_{CO} / M_{CO}) \cdot 100$

Приложение В
(справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ
ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ

Тип газоанализатора, фирма-изготовитель	Определяемые компоненты	Диапазоны измерения (объёмная доля)	Пределы допускаемой погрешности
1 KM 9106 (QUINTOX), фирма «KANE MAY» (Великобритания)	O_2	0–25 %	±0,2%, объёмная доля
	CO	0–10000 ppm	±10 %
	NO	0–5000 ppm	±5 %
	SO_2	0–2000 ppm	±5 %
2 TESTO 350, фирма «TESTO GmbH» (Германия)	O_2	0–21 %	±0,2 %, объёмная доля
	CO	0–10000 ppm	±5 %
	NO	0–3000 ppm	±5 %
	SO_2	0–5000 ppm	±5 %
3 MSI 150, фирма «DRAGERWERK» (Германия)	O_2	0–21 %	±0,2 %, объёмная доля
	CO	0–4000 ppm	±10 %
	NO	0–2000 ppm	±10 %
	SO_2	0–4000 ppm	±10 %
4 ДАГ – 16, фирма «ДИТАНГАЗ» (Россия, г. Н. Новгород)	O_2	0–20,9 %	±0,25 %, объёмная доля
	CO	0–6000 ppm	±5 %
	NO	0–1000 ppm	±10 %
	SO_2	0–4000 ppm	±10 %
5 ГАЗОТЕСТ-201, фирма НПО «Химавтоматика» (Россия, г. Москва)	O_2	0–21 %	±0,4 %, объёмная доля
	CO	0–1000 ppm	±10 %
	NO	0–400 ppm	±10%
	SO_2	0–1000 ppm	±10 %

Приложение Г
(рекомендуемое)

ЖУРНАЛ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Место испытаний Номер установки

Дата: Время: начало –
окончание –

Атмосферное давление $p_б$, кПа:

Температура окружающего воздуха $t_{окр}$, °С:

Влажность дымовых газов f_{NC}, г/м^3:

Площадь измерительного сечения S, м^2:

Номер серии измерений	Номер наблюдения	Показания газоанализатора					Показания ДМЦ	
		c_{NO_x}, мг/м^3	c_{CO}, мг/м^3	c_{SO_2}, мг/м^3	c_{O_2}, объемная доля %	t, °С	Динамическое давление $p_д$, Па	Статическое давление $p_т$, кПа
1	1							
	2							
	3							
2	1							
	2							
	3							
3	1							
	2							
	3							
		Средние значения						

Массовый выброс, г/с		
M_{NO_x}	M_{CO}	M_{SO_2}

Примечания

1 Предусматривается, что датчик температуры имеется в комплекте газоанализатора. При необходимости эти измерения могут также проводиться с помощью отдельного датчика и соответствующего измерительного прибора.

2 При использовании измерений штатными приборами в графы для $p_д$ и $p_т$ записывают Q^r, W^r, а в графу t – расход топлива В, соответственно заменяя обозначения.

Приложение Д
(справочное)

ФОРМУЛЫ (6), (8) И (9) ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЁМНОГО РАСХОДА СУХИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Формулы получены на основе зависимостей, приведенных в [1] и [2]*

Д.1 Формула (6) – Расчёт расхода сухих дымовых газов по измеренной скорости потока

Д.1.1 Расход дымовых газов V, $м^3/с$, при рабочих условиях – фактических значениях температуры $t_{гс}$, °С, атмосферного давления $p_б$, кПа, статического давления $p_{гс}$, кПа, и влажности f_{NC}, $г/м^3$, – определяют в соответствии с [1] по формуле

$$V = w_{ср} \cdot S, \qquad (Д.1)$$

где $w_{ср}$ – средняя скорость потока дымовых газов, м/с;
S – площадь измерительного сечения газохода, $м^2$.

Д.1.2 Среднюю скорость потока дымовых газов вычисляют по формуле, приведенной в [1]:

$$w_{ср} = K^{p}_{исср} \sqrt{2p_{дк}/\rho}, \qquad (Д.2)$$

где $K^{p}_{исср}$ – коэффициент неравномерности поля скоростей;
$p_{дк}$ – динамическое давление в контрольной точке измерительного сечения, Па;
ρ – плотность газа при рабочих условиях, $кг/м^3$.

Д.1.2.1 Динамическое давление определяют по формуле из [1]

$$p_{дк} = p \times \beta \times K_т, \qquad (Д.3)$$

где p – отсчёт по шкале микроманометра, Па;
β – коэффициент, зависящий от угла наклона измерительной трубки микроманометра;
$K_т$ – коэффициент напорной трубки, определяемый при её метрологической аттестации.

---

* Здесь и далее: [1] – ГОСТ 17.2.4.06–90. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения; [2] – Пеккер Я.Л. Теплотехнические расчёты по приведенным характеристикам топлива (обобщённые методы). – М.: Энергия, 1977.

При использовании в комплекте с напорной трубкой цифрового дифференциального манометра (например, ДМЦ-01/М) значения динамического давления определяют по формуле

$$p_{дк} = p_{дкс} \cdot K_т , \qquad (Д.4)$$

где $p_{дкс}$ – измеренный перепад давлений на напорной трубке.

Д.1.2.2 Плотность дымовых газов при рабочих условиях определяют на основе уравнения состояния газов по формуле

$$\rho = \rho_N [273 / (273 + t_{гс})] [(p_б + p_{гс}) / 101{,}3] , \qquad (Д.5)$$

где ρ_N – плотность дымовых газов при нормальных условиях ($p_б$ = 101,3 кПа; $t_{гс}$ = 0 °С), кг/м^3, принимают равной ρ_N = 1,293 кг/м^3 [1].

Д.1.3 Расход дымовых газов при нормальных условиях ($V_{ну}$, м^3/с) с учетом [1] и уравнения состояния газов определяют по формуле

$$V_{ну} = V \cdot [273 / (273 + t_{гс})] \cdot [(p_б + p_{гс}) / 101{,}3] \qquad (Д.6)$$

или, определяя $V_{ну}$ в м^3/ч, получаем:

$$V_{ну} = 3600 \cdot V \cdot [273 / (273 + t_{гс})] \cdot [(p_б + p_{гс}) / 101{,}3]. \qquad (Д.7)$$

Д.1.4 Расход сухих дымовых газов при нормальных условиях ($V_{сг}$, м^3/ч) определяют как разность объемов полного и занимаемого водяными парами по формуле

$$V_{сг} = V_{ну} \cdot (1 - r_{H_2O}) , \qquad (Д.8)$$

где r_{H_2O} – объёмная доля водяных паров в потоке дымовых газов.

Используя формулы (Д.1) – (Д.8), получаем

$$V_{сг} = 7350 \cdot K^{p}_{исрр} \sqrt{K_т \cdot p_{дкс} \cdot (p_б + p_{гс}) / (273 + t_{гс})} \times$$
$$\times (1 - r_{H_2O}) \cdot S. \qquad (Д.9)$$

Д.1.5 Значение r_{H_2O} определяют с помощью закона Авогадро по формуле

$$r_{H_2O} = f_{NC} \cdot (V_м / M_{H_2O}) , \qquad (Д.10)$$

где f_{NC} – влажность потока дымовых газов при нормальных условиях, измеренная в соответствии с ГОСТ 17.2.4.08, г/м^3;

$V_м$ – молярный объём газа при нормальных условиях ($V_м$ = 22,41 × × 10^{-3} м^3/моль);

M_{H_2O} – молярная масса водяного пара, равная 18 г /моль.

Д.1.6 С учетом формулы (Д.10) получаем расчетную формулу (6) для определения $V_{сг}$:

$$V_{сг} = 7350 \cdot K^{p}_{нср} \cdot \sqrt{K_{т} \cdot p_{дкс} \cdot (p_{б} + p_{гс}) / (273 + t_{гс})} \times$$

$$\times (1 - 1{,}245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{NC}) \cdot S .$$

Д.2 Формулы (8) и (9) для расчёта расхода сухих дымовых газов по расходу топлива

Д.2.1 Действительный объём сухих дымовых газов, образующихся при сгорании 1кг мазута ($v_{сг}$, м^3/кг) или 1 м^3 природного газа ($v_{сг}$, м^3/м^3)* при нормальных условиях, определяют в соответствии с [2] по формуле

$$v_{сг} = [\alpha - (21 - x) / 100] \cdot a \cdot [(Q^{г}_{i} + 25\,W^{г}) / 4190] , \qquad (Д.11)$$

где α – коэффициент избытка воздуха;
x, a – коэффициенты, зависящие от вида топлива;
$Q^{г}_{i}$ – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, кДж/кг для жидкого топлива и кДж/м^3 для газообразного топлива;
$W^{г}$ – влажность топлива на рабочую массу, %.

Д.2.1.1 Значения α определяют по формуле, приведенной в [2]:

$$\alpha = (21 - y \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) , \qquad (Д.12)$$

где y – коэффициент, зависящий от вида топлива;
c_{O_2} – содержание кислорода в дымовых газах.

Д.2.1.2 Значения коэффициентов x, a, y на основании данных [2] приведены ниже:

Топливо	a	x	y
Мазут	1,10	15,0	0,05
Природный газ	1,11	10,6	0,1

Д.2.2 Объёмный расход сухих дымовых газов ($V_{сг}$, м^3/ч) при сгорании данного количества топлива при нормальных условиях определяют по формуле

---

* Для мазута размерность здесь и далее м^3/кг, для природного газа – м^3/м^3. Все расчёты для газообразного топлива относятся к 1 м^3 сухого газа при нормальных условиях (p = 101,3 кПа; t = 0 °С).

$$V_{сг} = B \cdot v_{сг} \cdot 10^3, \qquad (Д.13)$$

где B – часовой расход топлива, т/ч (для мазута) *или* тыс. м^3/ч (*для* природного газа).

Д.2.3 С учётом формул (Д.11) – (Д.13) и значений коэффициентов, приведенных в п. Д.2.1.2, получаем расчетные формулы (8) и (9) для определения объемного расхода сухих дымовых газов при использовании в качестве топлива:

мазута

$$V_{сгш} = B_м \cdot [(21 - 0{,}05 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}06] \cdot 1{,}10 \times$$
$$\times [(Q_i^r + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3,$$

природного газа

$$V_{сгш} = B_г \cdot [(21 - 0{,}1 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0{,}104] \cdot 1{,}11 \times$$
$$\times [(Q_i^r + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3,$$

где $B_м$, $B_г$ – соответственно расход мазута или природного газа на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. м^3/ч).

Приложение Е
(справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ НД, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ В РД 153-34.1-11.353–2001

Обозначение НД	Наименование НД	Пункт, в котором имеется ссылка
1	2	3
ГОСТ 12.1.005–88	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны	12.3
ГОСТ 12.1.019–79	ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты	12.6
ГОСТ 17.2.4.06–90	Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения	4.3.2; 6.2.1; 6.2.2; 6.3; приложение Д
ГОСТ 17.2.4.08–90	Охрана природы. Атмосфера. Методы определения влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения	4.3.2; 6.4; 7.4; приложение Д
ГОСТ 64-2-286–79	Трубки поливинилхлоридные	5.1
ГОСТ 3399–76	Трубки медицинские резиновые	5.2
ГОСТ 5072–79	Секундомеры механические	5.2
ГОСТ 7502–80	Рулетки металлические	5.2
ГОСТ 9293–74	Азот газообразный и жидкий. Технические условия	5.1
ГОСТ 9932–75	Реометры стеклянные лабораторные	5.2
ГОСТ 18599–83	Трубки полиэтиленовые	5.2
ГОСТ 24104–88	Весы лабораторные	5.2
ГОСТ 25336–82Е	Посуда и оборудование лабораторные и стеклянные. Типы, основные параметры и размеры	5.1; 5.2
ГОСТ 27544–87	Термометры лабораторные	5.2
ГОСТ 28498–90	Термометры жидкостные стеклянные. Общие требования. Методы испытаний	5.1
ТУ 6-16-2956–87	Поверочные газовые смеси. Технические условия	5.1
ТУ 5Л4.463.003–02	Вентили регулирующие. Технические условия	5.1
ТУ 25-02.070213–82	Ротаметры для измерения расхода жидкости и газа типа РМ	5.1

Окончание приложения Е

1	2	3
ТУ 25-04-1797–75	Барометр-анероид контрольный М-67	5.1
ТУ 2511-1219–76	Психрометр универсального типа	5.1
ТУ 92-891.0261–91	Мановакуумметры жидкостные	5.1
ОНД–90	Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы	6.1; 11.1
СНиП П-4–79	Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение	12.3
РД 34.321–96	Нормы погрешности измерений технологических параметров тепловых электростанций и подстанций	Приложение Б
РД 153-34.0-02.306–98	Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных	1.3

СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 3

2 УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ 4

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИПИСАННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ..... 4

4 МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ 5

5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И МАТЕРИАЛЫ 7

6 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ..... 11

7 ОПЕРАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ 14

8 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ 16

9 КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ... 17

10 ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ, СПОСОБЫ И ФОРМЫ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ 18

11 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА 18

12 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 19

Приложение А МИНИМАЛЬНЫЕ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МАССОВЫХ ВЫБРОСОВ (РАСХОДОВ) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, Г/С, ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛОВ..... 20

Приложение Б РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА (ВЫБРОСА) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК..... 21

Приложение В ПЕРЕЧЕНЬ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ..... 30

Приложение Г ЖУРНАЛ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ..... 31

Приложение Д ФОРМУЛЫ (6),(8) И (9) ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЁМНОГО РАСХОДА СУХИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ..... 32

Приложение Е ПЕРЕЧЕНЬ НД, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ В РД 153-34.1-11.353–2001 36



Редактор *Л.М. Мальцева*
Технический редактор *И.Р. Шанто*
Корректор *Н.Н. Клюева*
Компьютерная верстка *Е.В. Беспалова*

Подписано в печать 15.05.02. Формат 60×90 1/16.
Печ. л. 2,25. Тираж 350 экз. Заказ № 98 .

ПМБ ВТИ. 115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23

gost.e-ecolog.ru