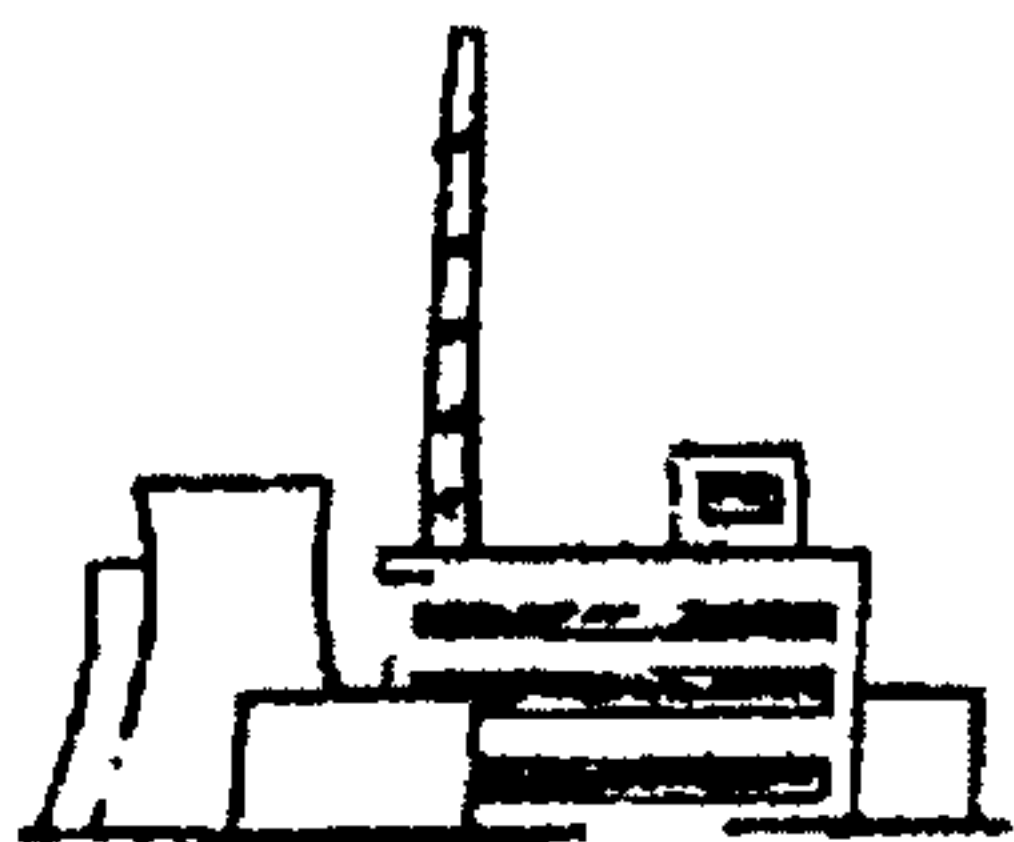


**РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»**

Департамент научно-технической политики и развития

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



РД 153-34.1-11.353-2001

**АООТ «ВТИ»
Москва 2002**

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, NO₂, NO, SO₂, содержание O₂, влажность, скорость, расход, методика, датчик.

**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_x), 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 $600\text{ }^\circ\text{C}$.

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» или АОФТ «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 SO₂ 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, SO₂, 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

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

где c_i – массовая концентрация *i*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при нормальных условиях¹⁾, определяемая в измерительном сечении, мг/м³;

$V_{ст}$ – объёмный расход сухих дымовых газов через измерительное сечение при нормальных условиях, м³/ч.

4.2 Метод измерения массовых концентраций

4.2.1 Массовые концентрации CO, SO₂ 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

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

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 NO₂), 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 NO₂, представительность результатов анализа этого загрязняющего вещества, как показала практика, не может быть обеспечена. Содержание NO₂ 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, SO₂ 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 SO₂ – перекрестная чувствительность и H₂ – неизмеряемый компонент (если SO₂ и H₂ присутствуют в пробе). Кроме того, SO₂ 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 °С, 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 O₂) 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 пневмометрических (напорных) трубок конструкций «НИИОГАЗ», Прадтля, 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: CO80 – 5000 мг/м ³ NO60 – 2000 мг/м ³ SO ₂120 – 6000 мг/м ³ O ₂0 – 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 дм ³ /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 допустимой 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. | | |
| <p>Примечания</p> <p>1 СИ по пп. 2–4 применяют при контрольных проверках условий измерения.</p> <p>2 Допускается использование других средств измерений, не уступающих вышеуказанным по техническим характеристикам.</p> <p>3 Длину зонда газоанализатора по п. 1 выбирают в зависимости от расположения точек отбора пробы по поперечному сечению газотока.</p> | | |

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 |
| <p>Примечания</p> <p>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).</p> <p>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 $\pm 0,2$ %.</p> <p>3 Допускается применение других средств измерений, не уступающих вышеуказанным по техническим характеристикам.</p> | | |

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.

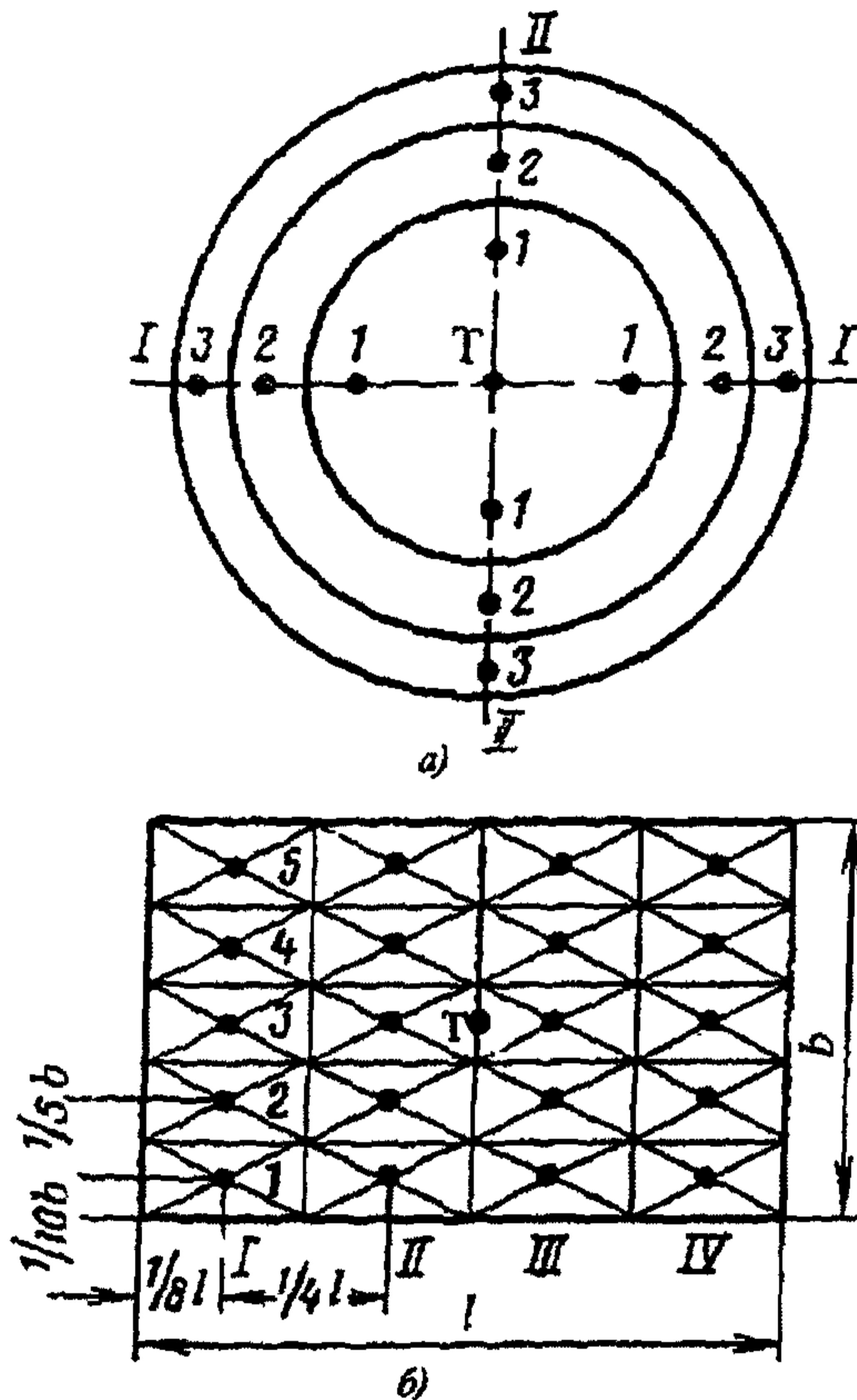
Примечание – При подготовке приборов следует обратить внимание на герметичность соединительных линий, через которые отбираются пробы и передается воздействие давления (пробоотборные зонды, соединительные трубки, устройства пробоподготовки и т.д.). Герметичность этих устройств проверяют методом отсчета 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, SO₂) и 20,9 (для прибора, измеряющего содержание O₂).

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; T – 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 $p_{дж}$ и массовой концентрации c_k в точке (далее по тексту контрольная точка), расположенной в геометрическом центре измерительного сечения;

- определяют средние коэффициенты неравномерности $K_{иср}^p = \sqrt{p_{dj} / p_{дж}}$ и $K_{иср}^c = c_j / c_k$ для каждой точки,

где p_{dj} – 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:

$$K_{иср}^p = 1/n \cdot \sum_{j=1}^n K_{пj}^p, \quad (3)$$

$$K_{иср}^c = 1/n \cdot \sum_{j=1}^n K_{пj}^c, \quad (4)$$

где n – количество точек измерения;

$K_{пj}$ – 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_k . 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 $K_{иср}^p = f(Q_k)$ и $K_{иср}^c = f(Q_k)$, 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.

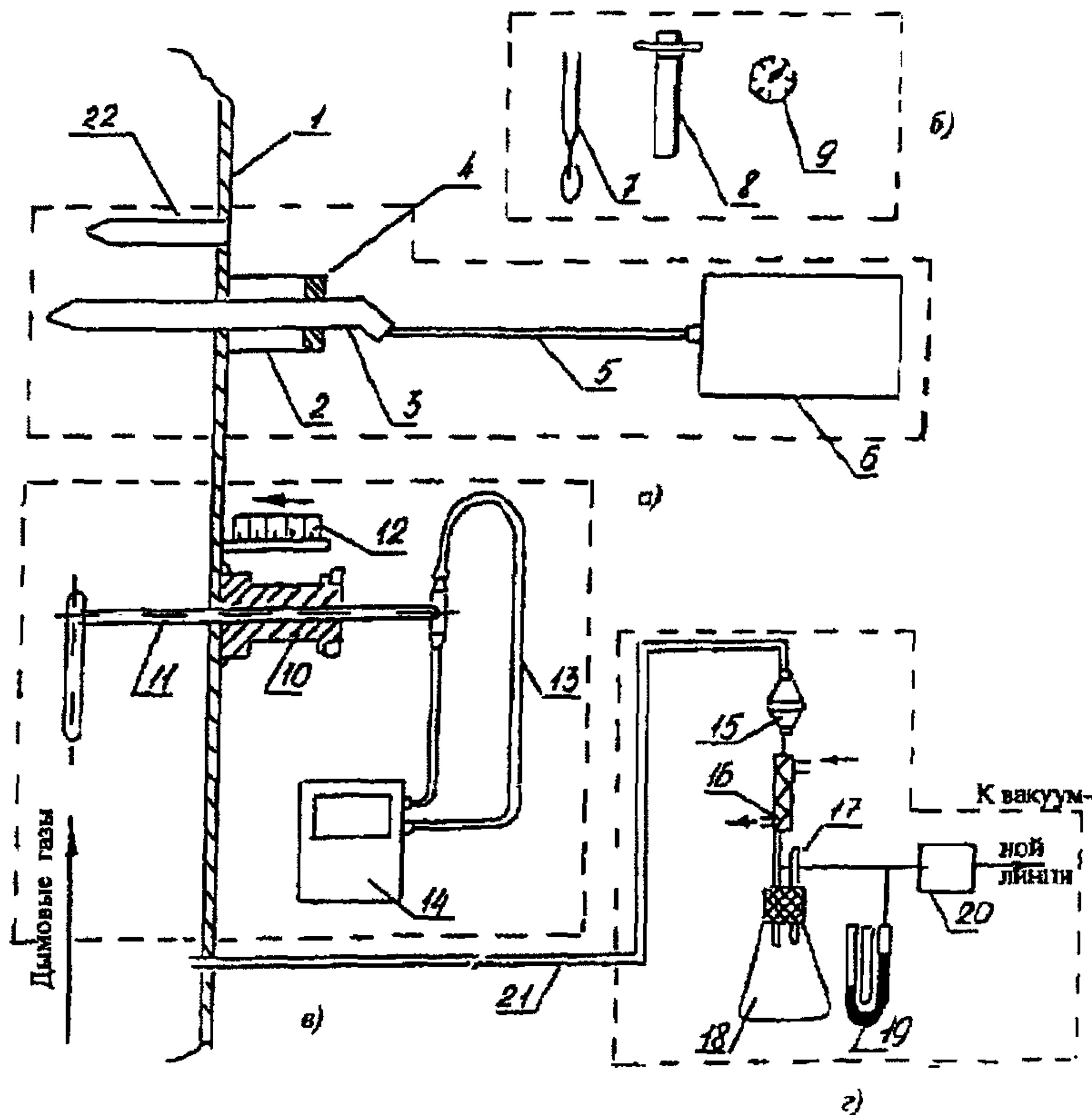
7.2.3 После стабилизации показаний прибора начинают регистрировать результаты измерений в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Одновременно в случае необходимости записывают результаты измерений содержания кислорода.

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, з.

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 – газокондуктор; 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

$$M_i = 0,278 \cdot 10^{-6} \cdot K_{\text{иср}}^c \cdot c_{\text{иср}} \cdot V_{\text{сг}} \quad (5)$$

- где $K_{\text{иср}}^c$ — 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 $K_{\text{иср}}^c = 1$;
- $c_{\text{иср}}$ — результат измерения массовой концентрации i -го загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$. При определении массового выброса NO_x значения c_{NO_x} подсчитывают по измеренной массовой концентрации c_{NO} , как $c_{\text{NO}_x} = 1,61^* \cdot c_{\text{NO}}$;
- $V_{\text{сг}}$ — объемный расход сухих дымовых газов, определяемый по формуле

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

- где $K_{\text{иср}}^p$ — средний коэффициент неравномерности поля динамических давлений, полученный в соответствии с п. 6.2.9;
- K_t — коэффициент напорной трубки;
- $p_{\text{дкс}}, p_{\text{гс}}, t_{\text{гс}}, f_{\text{НС}}, p_{\text{б}}, S$ — 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 $c_{\text{NO}_x} = 1,53 c_{\text{NO}} + 1,53 \cdot 0,05 c_{\text{NO}} = 1,61 c_{\text{NO}}$.

** 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 $V_{\text{стн}}$, полученным на основе измерений штатными приборами и измерений массовых концентраций загрязняющих веществ и содержания кислорода, выполненных по данной МВИ, по формуле

$$M_i = 0,278 \cdot 10^{-6} \cdot K_{\text{иср}}^c \cdot c_{\text{ср}} \cdot V_{\text{стн}}, \quad (7)$$

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

$$V_{\text{стн}} = B_{\text{м}} \cdot [(21 - 0,05 \cdot c_{\text{O}_2}) / (21 - c_{\text{O}_2}) - 0,06] \cdot 1,10 \times \\ \times [(Q_i^r + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3 \quad (8)$$

при использовании в качестве топлива мазута и

$$V_{\text{стн}} = B_{\text{г}} \cdot [(21 - 0,1 \cdot c_{\text{O}_2}) / (21 - c_{\text{O}_2}) - 0,104] \cdot 1,11 \times \\ \times [(Q_i^r + 25W^r) / 4190] \cdot 10^3 \quad (9)$$

при использовании в качестве топлива природного газа,

где $B_{\text{м}}$, $B_{\text{г}}$ – расход топлива (мазута и газа соответственно) на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. м³/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/м³ 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 $V_{\text{стн}}$ 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, SO₂ и содержания O₂ 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:

$$M_i, |\Delta_L| = |\Delta h|, \quad (10)$$

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, подмости 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 ₂ 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/м³,
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

$$M_i = 0,278 \cdot 10^{-6} \cdot K_{иср}^c \cdot c_{иср} \cdot V_{сг}, \quad (Б.1)$$

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

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

$$V_{сг} = 7350 \cdot K_{иср}^p \cdot \sqrt{K_T \cdot p_{дкс} \cdot (p_б + p_{гс}) / (273 + t_{гс})} \times \\ \times (1 - 1,245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{НС}) \cdot S, \quad (Б.2)$$

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

$$V_{сг} = B_{к} \cdot [(21 - 0,05 \cdot c_{O_2}) / (21 - c_{O_2}) - 0,06] \cdot 1,10 \times \\ \times [(Q_i^f + 25W^f) / 4190] \cdot 10^3, \quad (Б.3)$$

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

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

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:

$$A = \sqrt{K_T \cdot p_{дкс} \cdot (p_б + p_{гс}) / (273 + t_{гс})}, \quad (Б.5)$$

$$B = (p_б + p_{гс}), \quad (Б.6)$$

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

$$E = [(21 - 0,05 \cdot c_{\text{O}_2}) / (21 - c_{\text{O}_2}) - 0,06], \quad (\text{Б.8})$$

$$G = [(21 - 0,1 \cdot c_{\text{O}_2}) / (21 - c_{\text{O}_2}) - 0,104], \quad (\text{Б.9})$$

$$F = [(Q^{\text{I}} + 25W^{\text{I}}) / 4190]. \quad (\text{Б.10})$$

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

$$dM_{\text{I}} = \sqrt{(0,278 \cdot 10^{-6} \cdot G_{\text{ср}} \cdot V_{\text{ср}} \cdot dK_{\text{иср}}^{\text{с}})^2 + (0,278 \cdot 10^{-6} \times \\ \times G_{\text{иср}} \cdot V_{\text{ср}} \cdot dG_{\text{ср}})^2 + (0,278 \cdot 10^{-6} \cdot K_{\text{иср}}^{\text{с}} \cdot G_{\text{ср}} \cdot dV_{\text{ср}})^2}; \quad (\text{Б.11})$$

$$dV_{\text{ср}} = \sqrt{(7350 \cdot K_{\text{иср}}^{\text{P}} \cdot C \cdot S \cdot dA)^2 + (7350 \cdot K_{\text{иср}}^{\text{P}} \cdot A \cdot S \cdot dC)^2 + \\ + (7350 \cdot A \cdot C \cdot S \cdot dK_{\text{иср}}^{\text{P}})^2 + (7350 \cdot K_{\text{иср}}^{\text{P}} \cdot A \cdot C \cdot dS)^2}, \quad (\text{Б.12})$$

$$dV_{\text{ср}} = \sqrt{(E \cdot 1,10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dB_{\text{м}})^2 + (B_{\text{м}} \cdot 1,10 \times \\ \times F \cdot 10^3 \cdot dE)^2 + (B_{\text{м}} \cdot E \cdot 1,10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dF)^2}, \quad (\text{Б.13})$$

$$dV_{\text{ср}} = \sqrt{(G \cdot 1,10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dB_{\text{г}})^2 + (B_{\text{г}} \cdot 1,10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dG)^2 + \\ + (B_{\text{г}} \cdot G \cdot 1,10 \cdot F \cdot 10^3 \cdot dF)^2}. \quad (\text{Б.14})$$

Оценка погрешности условных величин:

$$dA = \sqrt{[\sqrt{p_{\text{атм}}} \cdot B / (K_{\text{T}} \cdot (273 + t_{\text{гс}})) \cdot 1/2 \cdot dK_{\text{T}}]^2 + [\sqrt{K_{\text{T}} \cdot B / (p_{\text{атм}}(273 + t_{\text{гс}})) \times \\ \times 1/2 \cdot dp_{\text{атм}}]^2 + [\sqrt{p_{\text{атм}}} \cdot K_{\text{T}} / (B \cdot (273 + t_{\text{гс}})) \cdot 1/2 \cdot dB]^2 + [\sqrt{K_{\text{T}} \cdot p_{\text{атм}} \cdot B / (273 + t_{\text{гс}}) \times \\ \times 1 / (2 \cdot (273 + t_{\text{гс}})) \times dt_{\text{гс}}]^2}; \quad (\text{Б.15})$$

$$dB = \sqrt{(d\rho_6)^2 + (d\rho_{тс})^2}; \quad (\text{Б.16})$$

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

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

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

$$dF = [(dQ^f + 25W^f) / 4190]. \quad (\text{Б.20})$$

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_m | т/ч | 1,8 | Протокол измерений (штатный контроль) |
| Погрешность определения B_m | dB_m | т/ч | 0,0036 | Принято по РД 34.321-96 |

Окончание таблицы Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------------------------------------|-------------|----------|---------|------------------------------------------------------|
| Объемный расход дымовых газов | $V_{гр}$ | $м^3/ч$ | 18876,9 | Расчет по формуле (Б.3) |
| Погрешность определения $V_{гр}$ | $dV_{гр}$ | $м^3/ч$ | 704,9 | Расчет по формуле (Б.13) |
| Концентрация NO | c_{NO} | $мг/м^3$ | 150 | Протокол измерений |
| Концентрация NO _x (в пересчете на NO ₂) | c_{NO_x} | $мг/м^3$ | 241 | 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 | Расчетные данные |
| Концентрация SO ₂ | c_{SO_2} | $мг/м^3$ | 500 | Протокол измерений |
| Погрешность определения c_{SO_2} | dc_{SO_2} | $мг/м^3$ | 50 | Оценка на основе паспортных данных на прибор |
| Концентрация CO | c_{CO} | $мг/м^3$ | 0 | Протокол измерений |
| Погрешность определения c_{CO} | dc_{CO} | $мг/м^3$ | — | Оценка на основе паспортных данных на прибор |
| Коэффициент неравномерности поля концентрации | $K_{нр}$ | — | 0,9 | Протокол измерений |
| Погрешность определения $K_{нр}$ | $dK_{нр}$ | — | 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_T | – | 0,56 | Паспорт на напорную трубку |
| Погрешность определения K_T | dK_T | – | 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 | $f_{нс}$ | г/м ³ | 50 | Протокол измерений |
| Погрешность определения $f_{нс}$ | $df_{нс}$ | 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 | $K_{\text{нсп}}^v$ | — | 0,8 | Протокол измерений |
| Погрешность определения $K_{\text{нсп}}^v$ | $dK_{\text{нсп}}^v$ | — | 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 | $V_{\text{ср}}$ | $\text{м}^3/\text{ч}$ | 198472 | Расчет по формуле (Б.2) |
| Погрешность определения $V_{\text{ср}}$ | $dV_{\text{ср}}$ | $\text{м}^3/\text{ч}$ | 21103,8 | Расчет по формуле (Б.12) |
| Концентрация NO | c_{NO} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 474 | Протокол измерений |
| Концентрация NO_x (в пересчете на NO_2) | c_{NO_x} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 761 | Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{\text{NO}} \cdot 1,05$ |
| Погрешность определения c_{NO} | dc_{NO} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 50 | Оценка на основе паспортных данных на прибор |
| Погрешность определения c_{NO_x} | dc_{NO_x} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 80 | Расчет |
| Концентрация SO_2 | c_{SO_2} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 700 | Протокол измерений |
| Погрешность определения c_{SO_2} | dc_{SO_2} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 70 | Оценка на основе паспортных данных на прибор |
| Концентрация CO | c_{CO} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 100 | Протокол измерений |
| Погрешность определения c_{CO} | dc_{CO} | $\text{мг}/\text{м}^3$ | 10 | Оценка на основе паспортных данных на прибор |
| Коэффициент неравномерности поля концентраций | $K_{\text{нсп}}^c$ | — | 0,95 | Протокол измерений |
| Погрешность определения $K_{\text{нсп}}^c$ | $dK_{\text{нсп}}^c$ | — | 0,09 | Оценка на основе специальных измерений |
| Массовый выброс NO_x | M_{NO_x} | $\text{т}/\text{с}$ | 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 | CO_2 | % | 2 | Протокол измерений |
| Погрешность определения CO_2 | dCO_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 |

Продолжение 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) |
| Погрешность определения F | dF | - | 0,041 | Расчет по формуле (Б.20) |
| Расход газа на котел | B_r | тыс. м ³ /ч | 2 | Протокол измерений (штатный контроль) |
| Погрешность определения B_r | dB_r | тыс. м ³ /ч | 0,032 | Принято по РД 34.321-96 |
| Объемный расход дымовых газов | V_{cr} | м ³ /ч | 18020,7 | Расчет по формуле (Б.4) |
| Погрешность определения V_{cr} | dV_{cr} | м ³ /ч | 801,4 | Расчет по формуле (Б.14) |
| Концентрация NO | c_{NO} | мг/м ³ | 100 | Протокол измерений |
| Концентрация NO ₂ (в пересчете на NO ₂) | c_{NO_2} | 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_2} | dc_{NO_2} | 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 | $K_{нр}$ | - | 0,9 | Протокол измерений |
| Погрешность $K_{нр}$ | $dK_{нр}$ | - | 0,09 | Оценка на основе специальных измерений |
| Массовый выброс NO _x | M_{NO_x} | т/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 (объемная доля) | Пределы допускаемой погрешности |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 KM 9106 (QUINTOX), фирма «KANE MAY» (Великобритания) | O ₂ CO NO SO ₂ | 0-25 % 0-10000 ppm 0-5000 ppm 0-2000 ppm | ±0,2%, объемная доля ±10 % ±5 % ±5 % |
| 2 TESTO 350, фирма «TESTO GmbH» (Германия) | O ₂ CO NO SO ₂ | 0-21 % 0-10000 ppm 0-3000 ppm 0-5000 ppm | ±0,2 %, объемная доля ±5 % ±5 % ±5 % |
| 3 MSI 150, фирма «DRAGERWERK» (Германия) | O ₂ CO NO SO ₂ | 0-21 % 0-4000 ppm 0-2000 ppm 0-4000 ppm | ±0,2 %, объемная доля ±10 % ±10 % ±10 % |
| 4 ДАГ - 16, фирма «ДИТАНГАЗ» (Россия, г. Н. Новго- род) | O ₂ CO NO SO ₂ | 0-20,9 % 0-6000 ppm 0-1000 ppm 0-4000 ppm | ±0,25 %, объемная доля ±5 % ±10 % ±10 % |
| 5 ГАЗОТЕСТ-201, фирма НПО «Химав- томатика» (Россия, г. Москва) | O ₂ CO NO SO ₂ | 0-21 % 0-1000 ppm 0-400 ppm 0-1000 ppm | ±0,4 %, объемная доля ±10 % ±10% ±10 % |

Приложение Г
(рекомендуемое)

**ЖУРНАЛ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

Место испытаний

Номер установки

| Дата: | | Время: начало – | | | | | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| | | окончание – | | | | | | |
| Атмосферное давление p_b , кПа: | | | | | | | | |
| Температура окружающего воздуха $t_{окр}$, °С: | | | | | | | | |
| Влажность дымовых газов $f_{НС}$, г/м ³ : | | | | | | | | |
| Площадь измерительного сечения S , м ² : | | | | | | | | |
| Номер серии измере- ний | Номер на- блю- дения | Показания газоанализатора | | | | | Показания ДМЦ | |
| | | c_{NO_x} мг/м ³ | c_{CO} мг/м ³ | c_{SO_2} мг/м ³ | c_{O_2} объ- емная доля % | t , °С | Динамиче- ское давле- ние p_d , Па | Статиче- ское давле- ние p_s , 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_d и p_s записывают Q , W , а в графу t – расход топлива B , 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 , м³/с, при рабочих условиях – фактических значениях температуры $t_{гс}$, °С, атмосферного давления p_b , кПа, статического давления $p_{гс}$, кПа, и влажности $f_{НС}$, г/м³, – определяют в соответствии с [1] по формуле

$$V = w_{ср} \cdot S, \quad (Д.1)$$

где $w_{ср}$ – средняя скорость потока дымовых газов, м/с;
 S – площадь измерительного сечения газохода, м².

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

$$w_{ср} = K_{иср}^p \sqrt{2p_{дк}/\rho}, \quad (Д.2)$$

где $K_{иср}^p$ – коэффициент неравномерности поля скоростей;

$p_{дк}$ – динамическое давление в контрольной точке измерительного сечения, Па;

ρ – плотность газа при рабочих условиях, кг/м³.

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

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

где p – отсчёт по шкале микроманометра, Па;

β – коэффициент, зависящий от угла наклона измерительной трубки микроманометра;

K_t – 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

$$P_{\text{дк}} = P_{\text{дкс}} \cdot K_{\tau}, \quad (\text{Д.4})$$

где $P_{\text{дкс}}$ – измеренный перепад давлений на напорной трубке.

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

$$\rho = \rho_N [273 / (273 + t_{\text{гс}})] [(p_6 + p_{\text{гс}}) / 101,3], \quad (\text{Д.5})$$

где ρ_N – плотность дымовых газов при нормальных условиях ($p_6 = 101,3$ кПа; $t_{\text{гс}} = 0$ °С), кг/м³, принимают равной $\rho_N = 1,293$ кг/м³ [1].

Д.1.3 Расход дымовых газов при нормальных условиях ($V_{\text{нн}}$, м³/с) с учетом [1] и уравнения состояния газов определяют по формуле

$$V_{\text{нн}} = V \cdot [273 / (273 + t_{\text{гс}})] \cdot [(p_6 + p_{\text{гс}}) / 101,3] \quad (\text{Д.6})$$

или, определяя $V_{\text{нн}}$ в м³/ч, получаем:

$$V_{\text{нн}} = 3600 \cdot V \cdot [273 / (273 + t_{\text{гс}})] \cdot [(p_6 + p_{\text{гс}}) / 101,3]. \quad (\text{Д.7})$$

Д.1.4 Расход сухих дымовых газов при нормальных условиях ($V_{\text{сг}}$, м³/ч) определяют как разность объемов полного и занимаемого водяными парами по формуле

$$V_{\text{сг}} = V_{\text{нн}} \cdot (1 - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}), \quad (\text{Д.8})$$

где $\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$ – объёмная доля водяных паров в потоке дымовых газов.

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

$$V_{\text{сг}} = 7350 \cdot K_{\text{иср}}^p \sqrt{K_{\tau} \cdot P_{\text{дкс}} (p_6 + p_{\text{гс}}) / (273 + t_{\text{гс}})} \times \\ \times (1 - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot S. \quad (\text{Д.9})$$

Д.1.5 Значение $\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$ определяют с помощью закона Авогадро по формуле

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = f_{\text{НС}} \cdot (V_{\text{м}} / M_{\text{H}_2\text{O}}), \quad (\text{Д.10})$$

где $f_{\text{НС}}$ – влажность потока дымовых газов при нормальных условиях, измеренная в соответствии с ГОСТ 17.2.4.08, г/м³;

$V_{\text{м}}$ – молярный объём газа при нормальных условиях ($V_{\text{м}} = 22,41 \times 10^{-3}$ м³/моль);

$M_{\text{H}_2\text{O}}$ – молярная масса водяного пара, равная 18 г/моль.

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

$$V_{ст} = 7350 \cdot K_{иср}^p \cdot \sqrt{K_T \cdot \rho_{жс} \cdot (p_б + p_{ис}) / (273 + t_{гс})} \times \\ \times (1 - 1,245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{НС}) \cdot S.$$

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 1 кг мазута ($v_{ст}$, м³/кг) или 1 м³ природного газа ($v_{ст}$, м³/м³)* при нормальных условиях, определяют в соответствии с [2] по формуле

$$v_{ст} = [\alpha - (21 - x) / 100] \cdot a \cdot [(Q_f^l + 25 W^l) / 4190], \quad (Д.11)$$

где α – коэффициент избытка воздуха;

x, a – коэффициенты, зависящие от вида топлива;

Q_f^l – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, кДж/кг для жидкого топлива и кДж/м³ для газообразного топлива;

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

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

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

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 ($V_{ст}$, м³/ч) при сгорании данного количества топлива при нормальных условиях определяют по формуле

* Для мазута размерность здесь и далее м³/кг, для природного газа – м³/м³. Все расчёты для газообразного топлива относятся к 1 м³ сухого газа при нормальных условиях ($p = 101,3$ кПа; $t = 0$ °С).

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

где B – часовой расход топлива, т/ч (для мазута) или тыс. м³/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

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

природного газа

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

где B_m, B_r – соответственно расход мазута или природного газа на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. м³/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 ВЫЧИСЛЕ- НИЯ ОБЪЁМНОГО РАСХОДА СУХИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ..... | 32 |
| | Приложение Е ПЕРЕЧЕНЬ НД, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ В РД 153-34.1-11.353-2001 | 36 |



ВТИ

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

Подписано в печать 15.05.02. Формат 60×90^{1/16}.
Печ. л. 2,25. Тираж 350 экз. Заказ № 08 .

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