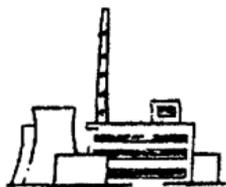


**РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ  
«ЕЭС РОССИИ»**

**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**

**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<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, содержание O<sub>2</sub>, влажность, скорость, расход, методика, датчик.

*Срок действия устанавливаем  
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  $\text{NO}_x$ ), монооксида углерода (далее по тексту  $\text{CO}$ ), диоксида серы (далее по тексту  $\text{SO}_2$ )] 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» ил : 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 <sup>1)</sup> , °С .....	50-600
Влажность, г/м <sup>3</sup> .....	30-240
Давление, кПа .....	-5 ... +5
Содержание:	
твердых частиц на входе в пробоотборный зонд, г/м <sup>3</sup> .....	0,01-5
сажи <sup>2)</sup> , г/м <sup>3</sup> .....	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 <sup>3</sup> :	
монооксида углерода .....	80-5000
монооксида азота .....	60-2000
диоксида азота .....	2-100
диоксида серы .....	120-5800
Массовый расход (выброс) <sup>3)</sup> , г/с:	
монооксида углерода .....	0,1-2000
оксидов азота .....	0,2-1000
диоксида серы .....	1-2500

<sup>1)</sup> При измерении содержания SO<sub>2</sub> температура дымовых газов должна быть не менее 100 °С.

<sup>2)</sup> При сжигании мазута.

<sup>3)</sup> 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  $\pm 20\%$  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<sub>2</sub>, NO и косвенных измерений NO<sub>x</sub> (оксидов азота) и объемного расхода уходящих дымовых газов. Массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества  $M_i$ , т/с, через газоход определяют по формуле

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

где  $c_i$  – массовая концентрация *i*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при нормальных условиях<sup>1)</sup>, определяемая в измерительном сечении, мг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{ст}}$  – объемный расход сухих дымовых газов через измерительное сечение при нормальных условиях, м<sup>3</sup>/ч.

### 4.2 Метод измерения массовых концентраций

4.2.1 Массовые концентрации CO, SO<sub>2</sub> и NO измеряют с помощью переносного газоанализатора с электрохимическими датчиками (далее по тексту газоанализатор)<sup>2)</sup>.

4.2.2 Массовую концентрацию NO<sub>x</sub> определяют расчетом по измеренным с помощью газоанализатора значениям массовой концентрации монооксида азота (далее по тексту NO) по формуле

$$c_{\text{NO}_x} = (\rho_{\text{NO}_2}/\rho_{\text{NO}}) \cdot c_{\text{NO}} + c_{\text{NO}_2}, \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{NO}_2}$  и  $\rho_{\text{NO}}$  – плотность, соответственно, диоксида и оксида азота;

$c_{\text{NO}}$  – массовая концентрация NO;

$c_{\text{NO}_2}$  – массовая концентрация диоксида азота (далее по тексту NO<sub>2</sub>), содержащегося в анализируемых дымовых газах (определяют, исходя из измеренного значения  $c_{\text{NO}}$  как  $0,05 \cdot 1,53 \cdot c_{\text{NO}}$ , где  $1,53 = \rho_{\text{NO}_2}/\rho_{\text{NO}}$ ).

*Примечание* – Несмотря на то, что ряд газоанализаторов с электрохимическими датчиками имеет датчик для измерения NO<sub>2</sub>, представительность результатов анализа этого загрязняющего вещества, как показала практика, не может быть обеспечена. Содержание NO<sub>2</sub> 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.

<sup>1)</sup> Здесь и далее нормальные условия: давление 101,3 кПа и температура 0 °С.

<sup>2)</sup> Измеренные значения массовых концентраций CO, SO<sub>2</sub> 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 проникаемую 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<sub>2</sub> – перекрестная чувствительность и H<sub>2</sub> – неизмеряемый компонент (если SO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> присутствуют в пробе). Кроме того, SO<sub>2</sub> 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 O<sub>2</sub>) 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 конструкции «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/м <sup>3</sup> NO .....60 – 2000 мг/м <sup>3</sup> SO <sub>2</sub> .....120 – 6000 мг/м <sup>3</sup> O <sub>2</sub> .....0 – 21 (объемная доля), % Относительная погрешность не более 10 %*	Массовая концентрация NO, CO, SO <sub>2</sub> , объемная доля O <sub>2</sub>
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 <sup>3</sup> /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><i>Примечания</i></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 <sub>2</sub>	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><i>Примечания</i></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 <math>\pm 0,2</math> %.</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 газотока, 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 «м» 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 газотока 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.

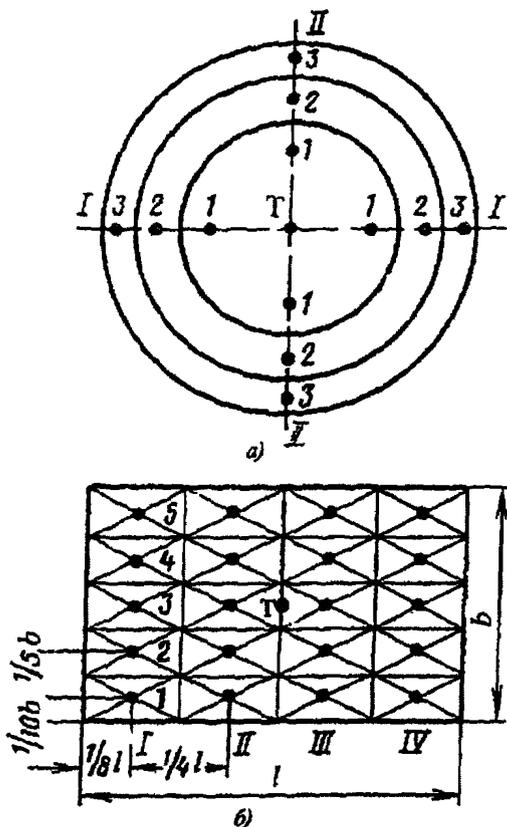
*Примечание* – При подготовке приборов следует обратить внимание на герметичность соединительных линий, через которые отбираются пробы и передается воздействие давления (пробоотборные зонды, соединительные трубки, устройства пробоподготовки и т.д.). Герметичность этих устройств проверяют методом отсчета 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<sub>2</sub>) и 20,9 (для прибора, измеряющего содержание O<sub>2</sub>).

6.2.6 Пневмометрическую трубку (пробоотборный зонд), не отключая от прибора, устанавливают в подготовленные места ввода в газоток 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  $p_{дж}$  и массовой концентрации  $c_k$  в точке (далее по тексту контрольная точка), расположенной в геометрическом центре измерительного сечения;

- определяют средние коэффициенты неравномерности  $K_{нсп}^p = \sqrt{p_{dj} / p_{дж}}$  и  $K_{нсп}^c = c_j / c_k$  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:

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

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

где  $n$  – количество точек измерения;

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

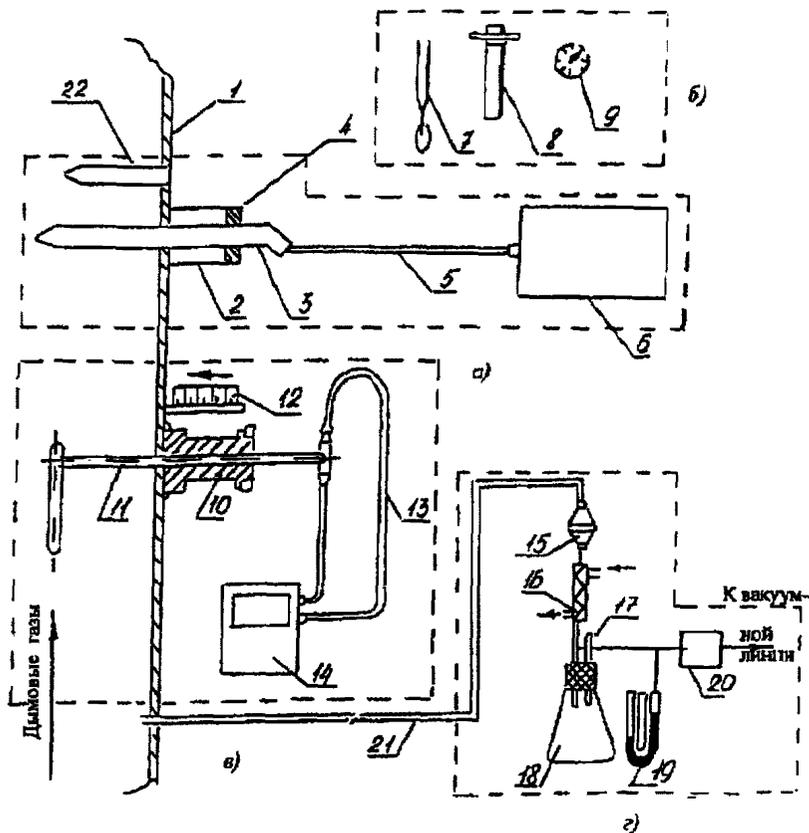
7.2.3 После стабилизации показаний прибора начинают регистрировать результаты измерений в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Одновременно в случае необходимости записывают результаты измерений содержания кислорода.

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 - газодод; 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

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

где  $K_{иср}^c$  — 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  $K_{иср}^c = 1$ ;

$c_{иср}$  — результат измерения массовой концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>. При определении массового выброса NO<sub>x</sub> значения  $c_{NO_x}$  подсчитывают по измеренной массовой концентрации  $c_{NO}$ , как  $c_{NO_x} = 1,61^* \cdot c_{NO}$ ;

$V_{гр}$  — объемный расход сухих дымовых газов, определяемый по формуле

$$V_{гр} = 7350K_{иср}^p \sqrt{K_T P_{дик} (P_6 + P_{гс}) / (273 + t_{гс})} \times \\ \times \left[ 1 - \left( 1,245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{НС} \right) \right] S, \quad ** \quad (6)$$

где  $K_{иср}^p$  — средний коэффициент неравномерности поля динамических давлений, полученный в соответствии с п. 6.2.9;

$K_T$  — коэффициент напорной трубки;

$P_{дик}$ ,  $P_{гс}$ ,  $t_{гс}$ ,  $f_{НС}$ ,  $P_6$ ,  $S$  — 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  $c_{NO_x} = 1,53 c_{NO} + 1,53 \cdot 0,05 c_{NO} = 1,61 c_{NO}$ .

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

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

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

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

при использовании в качестве топлива мазута и

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

при использовании в качестве топлива природного газа,

где  $V_{\text{в}}$ ,  $V_{\text{г}}$  – расход топлива (мазута и газа соответственно) на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. м<sup>3</sup>/ч);

$c_{\text{O}_2}$  – результат измерения содержания кислорода;

$Q_i^r$  – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, кДж/кг для твердого и жидкого топлива и кДж/м<sup>3</sup> 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  $V_{\text{отн}}$  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<sub>2</sub> и содержания O<sub>2</sub> 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 проверок 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:

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

где  $M_i$  – массовый выброс  $i$ -ого загрязняющего вещества, г/с;  
 $|\Delta_i|$  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 ознакомились 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 II-4.

**12.4** При проведении ремонтных и монтажных работ приборы должны быть отключены от сети с помощью сетевых разъёмов. 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 <sub>2</sub> в пересчете на NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>		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<sup>3</sup>,  
при нормальной эксплуатации котлов**

Топливо	NO		NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>		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

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

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

$V_{гр}$  — расход сухих газов, находится по формуле

$$V_{гр} = 7350 \cdot K_{иср}^p \cdot \sqrt{K_T \cdot p_{жс} \cdot (p_6 + p_{гс}) / (273 + t_{гс})} \times \\ \times (1 - 1,245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{НС}) \cdot S, \quad (Б.2)$$

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

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

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

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

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:

$$A = \sqrt{K_T \cdot p_{жс} \cdot (p_6 + p_{гс}) / (273 + t_{гс})}, \quad (Б.5)$$

$$B = (p_6 + p_{гс}), \quad (Б.6)$$

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

$$E = [(21 - 0,05 \cdot c_{02}) / (21 - c_{02}) - 0,06], \quad (Б.8)$$

$$G = [(21 - 0,1 \cdot c_{02}) / (21 - c_{02}) - 0,104], \quad (Б.9)$$

$$F = [(G^2 + 25W^2) / 4190]. \quad (Б.10)$$

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

$$dM_f = \sqrt{(0,278 \cdot 10^{-6} \cdot c_{ср} \cdot V_{ср} \cdot dK_{ср}^c)^2 + (0,278 \cdot 10^{-6} \times \\ \times c_{ср} \cdot V_{ср} \cdot d\alpha_{ср})^2 + (0,278 \cdot 10^{-6} \cdot K_{ср}^c \cdot \alpha_{ср} \cdot dV_{ср})^2}; \quad (Б.11)$$

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

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

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

Оценка погрешности условных величин:

$$dA = \sqrt{[\sqrt{p_{инс}} \cdot B / (K_T \cdot (273 + t_{ре})) \cdot 1/2 \cdot dK_T]^2 + [\sqrt{K_T \cdot B / (p_{инс} \cdot (273 + t_{ре}))} \times \\ \times 1/2 \cdot dp_{инс}]^2 + [\sqrt{p_{инс}} \cdot K_T / (B \cdot (273 + t_{ре})) \cdot 1/2 \cdot dB]^2 + [\sqrt{K_T \cdot p_{инс}} \cdot B / (273 + t_{ре}) \times \\ \times 1 / (2 \cdot (273 + t_{ре})) \times dt_{ре}]^2}; \quad (Б.15)$$

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

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

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

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

$$dF = [(dG)^2 + 25W^2] / 4190]. \quad (\text{Б.20})$$

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	$V_{гр}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	18876,9	Расчет по формуле (Б.3)
Погрешность определения $V_{гр}$	$dV_{гр}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	704,9	Расчет по формуле (Б.13)
Концентрация NO	$c_{\text{NO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	150	Протокол измерений
Концентрация $\text{NO}_x$ (в пересчете на $\text{NO}_2$ )	$c_{\text{NO}_x}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	241	Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{\text{NO}} \cdot 1,05$
Погрешность определения $c_{\text{NO}}$	$dc_{\text{NO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения $c_{\text{NO}_x}$	$dc_{\text{NO}_x}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	24	Расчетные данные
Концентрация $\text{SO}_2$	$c_{\text{SO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	500	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{\text{SO}_2}$	$dc_{\text{SO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	50	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация CO	$c_{\text{CO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	0	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{\text{CO}}$	$dc_{\text{CO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	—	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентрации	$K_{\text{ср}}$	—	0,9	Протокол измерений
Погрешность определения $K_{\text{ср}}$	$dK_{\text{ср}}$	—	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс $\text{NO}_x$	$M_{\text{NO}_x}$	г/с	1,14	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения $M_{\text{NO}_x}$	$dM_{\text{NO}_x}$	г/с	0,17	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения $M_{\text{NO}_x}$	$\% \text{NO}_x$	%	14,63	Расчет по формуле $(dM_{\text{NO}_x} / M_{\text{NO}_x}) \cdot 100$
Массовый выброс $\text{SO}_2$	$M_{\text{SO}_2}$	г/с	2,36	Расчет по формуле (Б.1)
Погрешность определения $M_{\text{SO}_2}$	$dM_{\text{SO}_2}$	г/с	0,26	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения $M_{\text{SO}_2}$	$\% \text{SO}_2$	%	11,09	Расчет по формуле $(dM_{\text{SO}_2} / M_{\text{SO}_2}) \cdot 100$

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	$P_{дин}$	кПа	200	Протокол измерений
Погрешность измерения $P_{дин}$	$dP_{дин}$	кПа	10	Оценка на основе паспортных данных на прибор ДМЦ
Температура дымовых газов	$t_{ге}$	°С	140	Протокол измерений
Погрешность определения $t_{ге}$	$dt_{ге}$	°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	$P_{ге}$	кПа	-2,5	Протокол измерений
Погрешность определения $P_{ге}$	$dP_{ге}$	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 <sup>3</sup>	50	Протокол измерений
Погрешность определения $f_{нс}$	$df_{нс}$	г/м <sup>3</sup>	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	$K_{\text{нр}}^v$	—	0,8	Протокол измерений
Погрешность определения $K_{\text{нр}}^v$	$dK_{\text{нр}}^v$	—	0,08	Оценка на основе специальных измерений
Площадь сечения	$S$	$\text{м}^2$	7	Протокол измерений
Погрешность определения $S$	$dS$	$\text{м}^2$	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 $\text{NO}$	$c_{\text{NO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	474	Протокол измерений
Концентрация $\text{NO}_x$ (в пересчете на $\text{NO}_2$ )	$c_{\text{NO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	761	Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{\text{NO}} \cdot 1,05$
Погрешность определения $c_{\text{NO}}$	$dc_{\text{NO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	50	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения $c_{\text{NO}_2}$	$dc_{\text{NO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	80	Расчет
Концентрация $\text{SO}_2$	$c_{\text{SO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	700	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{\text{SO}_2}$	$dc_{\text{SO}_2}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	70	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация $\text{CO}$	$c_{\text{CO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	100	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{\text{CO}}$	$dc_{\text{CO}}$	$\text{мг}/\text{м}^3$	10	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентраций	$K_{\text{нр}}^c$	—	0,95	Протокол измерений
Погрешность определения $K_{\text{нр}}^c$	$dK_{\text{нр}}^c$	—	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс $\text{NO}_x$	$M_{\text{NO}_x}$	$\text{т}/\text{с}$	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	$c_{O_2}$	%	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

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	$V_r$	тыс. м <sup>3</sup> /ч	2	Протокол измерений (штатный контроль)
Погрешность определения $V_r$	$dV_r$	тыс. м <sup>3</sup> /ч	0,032	Принято по РД 34.321-96
Объемный расход дымовых газов	$V_{gr}$	м <sup>3</sup> /ч	18020,7	Расчет по формуле (Б.4)
Погрешность определения $V_{gr}$	$dV_{gr}$	м <sup>3</sup> /ч	801,4	Расчет по формуле (Б.14)
Концентрация NO	$c_{NO}$	мг/м <sup>3</sup>	100	Протокол измерений
Концентрация NO <sub>x</sub> (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	$c_{NO_x}$	мг/м <sup>3</sup>	161	Расчет по формуле $1,53 \cdot c_{NO} \cdot 1,05$
Погрешность определения $c_{NO}$	$dc_{NO}$	мг/м <sup>3</sup>	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Погрешность определения $c_{NO_x}$	$dc_{NO_x}$	мг/м <sup>3</sup>	24	Расчет
Концентрация SO <sub>2</sub>	$c_{SO_2}$	мг/м <sup>3</sup>	0	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{SO_2}$	$dc_{SO_2}$	мг/м <sup>3</sup>	-	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Концентрация CO	$c_{CO}$	мг/м <sup>3</sup>	150	Протокол измерений
Погрешность определения $c_{CO}$	$dc_{CO}$	мг/м <sup>3</sup>	15	Оценка на основе паспортных данных на прибор
Коэффициент неравномерности поля концентрации	$K_{кр}$	-	0,9	Протокол измерений
Погрешность $K_{кр}$	$dK_{кр}$	-	0,09	Оценка на основе специальных измерений
Массовый выброс NO <sub>x</sub>	$M_{NO_x}$	т/с	0,724	Расчет по формуле (Б.1)

Окончание таблицы Б.3

1	2	3	4	5
Погрешность определения $M_{NO_2}$	$dM_{NO_2}$	г/с	0,1345	Расчет по формуле (Б.11)
Относительная погрешность определения $M_{NO_2}$	% $NO_2$	%	18,6	Расчет по формуле $(dM_{NO_2} / M_{NO_2}) \cdot 100$
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	Диагоны измерения (объемная доля)	Пределы допустимой погрешности
1 KM 9106 (QUINTOX), фирма «KANE MAY» (Великобритания)	O <sub>2</sub>	0-25 %	±0,2%, объемная доля ±10 % ±5 % ±5 %
	CO	0-10000 ppm	
	NO	0-5000 ppm	
	SO <sub>2</sub>	0-2000 ppm	
2 TESTO 350, фирма «TESTO GmbH» (Германия)	O <sub>2</sub>	0-21 %	±0,2 %, объемная доля ±5 % ±5 % ±5 %
	CO	0-10000 ppm	
	NO	0-3000 ppm	
	SO <sub>2</sub>	0-5000 ppm	
3 MSI 150, фирма «DRAGERWERK» (Германия)	O <sub>2</sub>	0-21 %	±0,2 %, объемная доля ±10 % ±10 % ±10 %
	CO	0-4000 ppm	
	NO	0-2000 ppm	
	SO <sub>2</sub>	0-4000 ppm	
4 ДАГ-16, фирма «ДИТАНГАЗ» (Россия, г. Н. Новго- род)	O <sub>2</sub>	0-20,9 %	±0,25 %, объемная доля ±5 % ±10 % ±10 %
	CO	0-6000 ppm	
	NO	0-1000 ppm	
	SO <sub>2</sub>	0-4000 ppm	
5 ГАЗОТЕСТ-201, фирма НПО «Химва- томатика» (Россия, г. Москва)	O <sub>2</sub>	0-21 %	±0,4 %, объемная доля ±10 % ±10% ±10 %
	CO	0-1000 ppm	
	NO	0-400 ppm	
	SO <sub>2</sub>	0-1000 ppm	

**Приложение Г**  
**(рекомендуемое)**

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

Место испытаний

Номер установки

Дата: \_\_\_\_\_ Время: начало – \_\_\_\_\_  
окончание – \_\_\_\_\_

Атмосферное давление  $p_6$ , кПа: \_\_\_\_\_

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

Влажность дымовых газов  $f_{H_2O}$ , г/м<sup>3</sup>: \_\_\_\_\_

Площадь измерительного сечения  $S$ , м<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_

Номер серии измерений	Номер на-бло-дения	Показания газоанализатора					Показания ДМЦ	
		$c_{NO_2}$ , мг/м <sup>3</sup>	$c_{CO}$ , мг/м <sup>3</sup>	$c_{SO_2}$ , мг/м <sup>3</sup>	$c_{O_2}$ , 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		
$M_{NO_2}$	$M_{CO}$	$M_{SO_2}$

*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  $\lambda$  – расход топлива  $B$ , соответственно заменяя обозначения.

Приложение Д  
(справочное)

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

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

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

Д.1.1 Расход дымовых газов  $V$ , м<sup>3</sup>/с, при рабочих условиях – фактических значениях температуры  $t_{гв}$ , °С, атмосферного давления  $p_в$ , кПа, статического давления  $p_{ст}$ , кПа, и влажности  $f_{НС}$ , г/м<sup>3</sup>, – 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, м<sup>2</sup>.

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

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

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

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

$\rho$  – плотность газа при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

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

$$p_{дх} = p \times \beta \times K_{т}, \quad (Д.3)$$

где  $p$  – отсчёт по шкале микроманометра, Па;

$\beta$  – 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

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

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

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

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

где  $\rho_{\text{Н}}$  – плотность дымовых газов при нормальных условиях ( $p_{\text{б}} = 101,3$  кПа;  $t_{\text{гс}} = 0$  °С), кг/м<sup>3</sup>, принимают равной  $\rho_{\text{Н}} = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> [1].

Д.1.3 Расход дымовых газов при нормальных условиях ( $V_{\text{нр}}$ , м<sup>3</sup>/с) с учетом [1] и уравнения состояния газов определяют по формуле

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

или, определяя  $V_{\text{нр}}$  в м<sup>3</sup>/ч, получаем:

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

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

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

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

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

$$V_{\text{сг}} = 7350 \cdot K_{\text{тср}} \sqrt{K_{\text{т}} \cdot P_{\text{дк}} \cdot (p_{\text{б}} + p_{\text{гс}}) / (273 + t_{\text{гс}})} \times \\ \times (1 - r_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot S. \quad (\text{Д.9})$$

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

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

где  $f_{\text{НС}}$  – влажность потока дымовых газов при нормальных условиях, измеренная в соответствии с ГОСТ 17.2.4.08, г/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{м}}$  – молярный объем газа при нормальных условиях ( $V_{\text{м}} = 22,41 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/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  $V_{cr}$ :

$$V_{cr} = 7350 \cdot K_{пер}^p \cdot \sqrt{K_{гг} \cdot \rho_{жжс} \cdot (p_8 + p_{сг}) / (273 + t_{сг})} \times \\ \times (1 - 1,245 \cdot 10^{-3} \cdot f_{НС}) \cdot S.$$

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

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

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

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$x, a$  – коэффициенты, зависящие от вида топлива;

$Q^f$  – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, кДж/кг для жидкого топлива и кДж/м<sup>3</sup> для газообразного топлива;

$W^f$  – влажность топлива на рабочую массу, %.

Д.2.1.1 Значения  $\alpha$  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 Объемный расход сухих дымовых газов ( $V_{сг}$ , м<sup>3</sup>/ч) при сгорании данного количества топлива при нормальных условиях определяют по формуле

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

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

где  $B$  – часовой расход топлива, т/ч (для мазута) или тыс. м<sup>3</sup>/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*

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

*природного газа*

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

где  $B_m, B_r$  – соответственно расход мазута или природного газа на котельную установку, измеряемый штатным расходомерным устройством, т/ч (тыс. м<sup>3</sup>/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
СНяП 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 ОБЪЕМНОГО 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. Кислова*  
*Компьютерная верстка Е.В. Беспалова*

---

Подписано в печать 15.05.02. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.

Печ. л. 2,25. Тираж 350 экз. Заказ № 08 .

---

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