

**МЕТОДИКА
ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА
В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ**

МТ 34-70-021-86

РД 34, 11, 306



**СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1986**

**МЕТОДИКА
ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА
В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ**

МТ 34-70-021-86

РАЗРАБОТАНО Всесоюзным дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом им.Ф.Э.Дзержинского (ВИ им.Ф.Э.Дзержинского), предприятием Средазтехэнерго Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей

ИСПОЛНИТЕЛИ В.С.БАЛОВНЕВ, В.Д.МИРОНОВ (ВИ им.Ф.Э.Дзержинского); Л.В.БОЙЧЕНКО (Средазтехэнерго)

УТВЕРЖДЕНО Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 03.03.86 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Совзтехэнерго, 1986.

Ответственный редактор Н.К.Демурова
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор К.И. Миронова

Подписано к печати 05.12.86	Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л. 1,16 Уч.-изд.л. 1,1	Тираж 1150 экз.
Заказ № 543/86	Издат. № 86768 Цена 17 коп.

Производственная служба передового опыта эксплуатации
энергопредприятий Совзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д. 15
Участок оперативной полиграфии СПО Совзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В УХОДЯЩИХ
ГАЗАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

МТ 34-70-021-86
Вводится впервые

Срок действия установлен
с 01.01.87 г.
до 01.01.97 г.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящая Методика распространяется на выполнение измерений содержания кислорода в уходящих газах энергетических котлов тепловых электростанций.

1.2. Методика устанавливает методы и средства измерений, алгоритмы подготовки и проведения измерений, а также алгоритмы обработки результатов измерений.

Методика обеспечивает получение достоверных количественных показателей точности измерений в базисном режиме работы энергооборудования и устанавливает способы их выражения.

1.3. Требования Методики обязательны при проектировании и эксплуатации систем измерения содержания кислорода в дымовых газах энергетических котлов.

2. НОРМЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Принятые нормы точности измерений содержания кислорода в уходящих газах энергетических котлов установлены по результатам специально проведенной научно-исследовательской работы и состоявляют:

Диапазон измерений, % O_2 об.	0-1	0-2	0-5	0-10
Суммарная погрешность измерений, % диапазона измерения.....	10	9	7	6

2.2. Нормы точности установлены для базисного режима работы энергооборудования. Для маневренного режима пуска и останова энергооборудования нормы точности не устанавливаются.

2.3. Погрешности измерений, полученные при аттестации настоящей Методики, не должны превышать значений, указанных в п.2.2.

3. ИЗМЕРЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Содержание кислорода в уходящих газах является одним из важнейших технологических параметров на ТЭС.

Содержание кислорода в уходящих газах измеряется с двух сторон газохода котла перед экономайзером по ходу газов.

Результаты измерений содержания кислорода в уходящих газах используются для управления технологическим процессом и расчета технико-экономических показателей энергооборудования ТЭС.

3.2. Диапазоны изменения измеряемого параметра в зависимости от вида сжигаемого топлива составляют, % O_2 об.:

- от 0,4 до 4,0 вкл. - для газа;
- от 0,4 до 4,5 вкл. - для мазута;
- от 2,9 до 9,6 вкл. - для угля.

3.3. Место отбора пробы газа выбирают так, чтобы запаздывание показаний было минимальным, проба должна быть представительной.

3.4. Представительность пробы обеспечивается при отборе из точки, расположенной примерно на 1/3 диаметра поперечного сечения круглого газохода (шунтовой трубы) или на 1/3 длины по диагонали от лобового угла газохода прямоугольного сечения.

3.5. Шунтирующий трубопровод прокладывают параллельно с основным газовым потоком. Шунтируется хвостовая часть котла - участок экономайзеров и воздухоподогревателей.

4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ И СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

4.1. Измерение содержания кислорода в уходящих газах энергетических котлов следует выполнять методом, основанным на использовании явления термомагнитной конвекции исследуемой газовой смеси, обусловленной магнитными свойствами присутствующего в ней кислорода, которые резко отличают его от всех остальных компонентов смеси.

4.2. Под термомагнитной конвекцией подразумевается конвекция газа, окружающего нагретое тело (чувствительный элемент), расположенное в неоднородном магнитном поле. При этом меняется тем-

пература чувствительного элемента, а следовательно, его сопротивление. Изменение сопротивления вызывает разбаланс измерительного моста, выходное напряжение которого преобразуется в перемещение движка реохорда (способом автокомпенсации).

По изменению сопротивления чувствительного элемента судят о концентрации кислорода в газовой смеси.

4.3. Возможны два варианта общей организации системы контроля содержания кислорода в уходящих газах котлов: децентрализованная и централизованная с помощью средств вычислительной техники (рис.1).

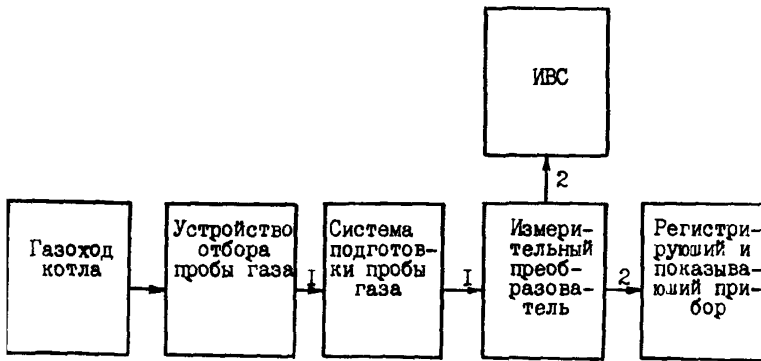


Рис.1. Структурная схема системы измерения содержания кислорода в уходящих газах котлов:

1 - соединительные (импульсные) трубки; 2 - экранированный провод

4.3.1. При децентрализованной системе контроля движок реохорда кинематически связан с кареткой средства представления информации, которая обеспечивает запись значений измеряемого параметра на диаграммной бумаге и отсчитывает эти же значения по шкале.

4.3.2. При централизованной системе контроля изменение сопротивления реохорда преобразуется в унифицированный сигнал постоянного тока 0-5 мА, который передается на информационно-вычислительный комплекс для автоматической обработки результатов измерений.

5. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

5.1. При выполнении измерений должны быть применены средства измерений и вспомогательные устройства, выпускаемые выпускным заводом газоанализаторов и приведенные в таблице.

Наименование	Тип, технические условия	Диапазон измерения, % O_2 об.	Основная допускаемая погрешность, %
Автоматический газоанализатор на кислород	МН-5130У4 ТУ 25-02-1975-75	0-1 0-2 0-5	± 5 ± 5 ± 5
Автоматический термоманнитный газоанализатор кислорода	МН-5106-2 ТУ 25-05-2151-76	0-1 0-2 0-5 0-10	± 5 ± 5 ± 5 ± 2
Устройство отбора пробы газа	-	-	-
Устройство подготовки пробы газа	-	-	-

Примечание. Основная допускаемая погрешность приведена для нормальных условий работы комплекта газоанализатора, включающего измерительный преобразователь и регистрирующий прибор (без системы газоподготовки).

5.2. Допускается применение других средств измерений, обеспечивающих получение суммарной погрешности измерения в пределах заданных норм точности.

5.3. Параметры анализируемой пробы газа должны соответствовать следующим значениям:

Температура 5-50°C
 Относительная влажность Не более 95 %
 Избыточное давление Не более 50 кПа
 Расход анализируемой газовой смеси через газоанализатор $(12 \pm 4) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$
 Содержание механических примесей Не более 0,001 г/м³
 Содержание коррозионно-активных примесей Не более 0,01 г/м³

5.4. При выполнении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

Температура окружающего воздуха.....	От 5 до 50 °С
Относительная влажность окружающего воздуха.....	До 90 %
Атмосферное давление	От 90,6 до 104,6 кПа
Вибрация:	
амплитуда	До 0,1 мм
частота	25 Гц
Напряженность внешних магнитных полей	Не более 400 А/м
Напряженность внешних электрических переменных однородных полей	Не более 50 кВ/м
Параметры электрического питания:	
напряжение переменного тока	220^{+22}_{-33} В
частота.....	50 ± 1 Гц
Давление питающего конденсата на входе системы газоподготовки.....	300 ± 100 кПа

6. АЛГОРИТМ ОПЕРАЦИЙ ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Требования к монтажу средств измерения

6.1.1. Проба газа отбирается из шунтовой трубы, которая должна быть выполнена из покрытой теплоизоляцией стальной трубы с внутренним диаметром 80-200 мм и в месте отбора может иметь расширение с патрубком, позволяющее разместить в нем устройство для отбора пробы газа.

6.1.2. При конструктивной невозможности прокладки шунтовой трубы проба газа отбирается непосредственно из газохода котла в режимном сечении (перед экономайзером по ходу газов).

6.1.3. Газоанализаторы должны устанавливаться в местах, не подверженных вибрации и расположенных вдали от нагретых поверх-

ностей, и защищаться от воздействия местных перегревов и сильных потоков воздуха.

6.1.4. Средство представления информации (самопишущий и показывающий прибор) должно быть установлено на расстоянии не более 300 мм от измерительного преобразователя (при использовании средств измерений по п.5.1). В случае применения средств измерения других типов это расстояние регламентируется инструкцией по их монтажу.

6.1.5. Блоки газоанализаторов должны устанавливаться вертикально на щитах и кронштейнах и проверяться по уровню.

6.1.6. Вспомогательные устройства монтируются в соответствии со схемой, приведенной в паспорте газоанализатора, и указаниями в паспортах соответствующих вспомогательных устройств.

6.1.7. Отдельные блоки газоанализатора при монтаже газовой схемы следует соединять металлическими трубками диаметром 8x1 мм из нержавеющей стали или трубками ПМ-1/42 диаметром 8x1 мм. Рекомендуемая газовая функциональная схема приведена на рис.2.

6.1.8. Электрическая схема должна монтироваться в соответствии с инструкцией по эксплуатации газоанализатора и действующими на объекте правилами и нормами.

6.1.9. Соединение измерительного преобразователя со средством представления информации должно быть выполнено экранированным проводом сечением не менее 1 мм².

6.1.10. Для предохранения и защиты от механических повреждений и электрических помех соединительные провода следует прокладывать в гибких металлических шлангах или трубках, которые необходимо заземлять.

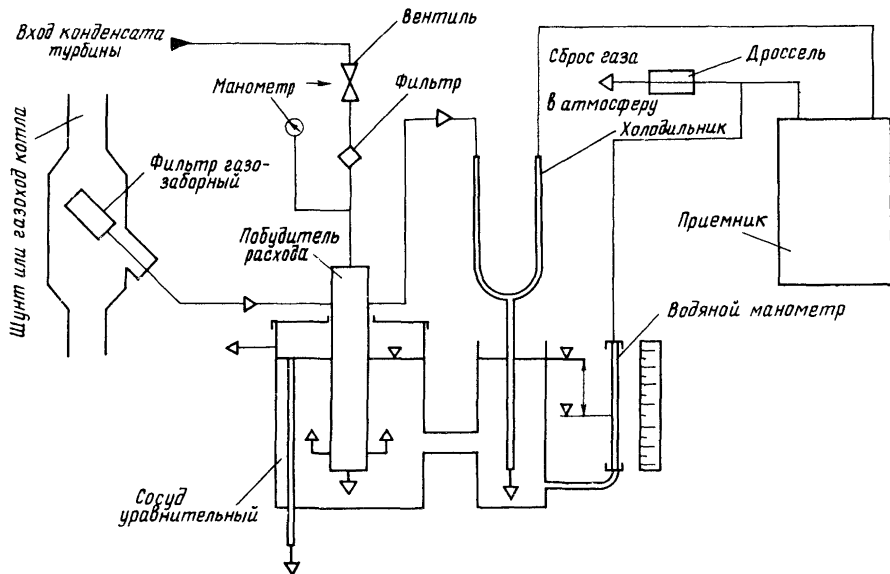


Рис.2. Газовая функциональная схема

6.2. Требования к подготовке измерений

6.2.1. Перед выполнением измерений необходимо провести проверку:

- правильности монтажа устройства отбора и подготовки пробы газа и комплекта газоанализатора;
- наличия электропитания на первичном измерительном преобразователе и средстве представления информации;
- герметичности газового тракта (от места установки устройства отбора пробы газа до измерительного преобразователя);
- отсутствия присосов воздуха в месте установки устройства отбора пробы газа;
- наличия расхода конденсата на водоструйный эжектор.

6.2.2. К измерениям допускаются средства измерения, прошедшие государственную (ведомственную) поверку, имеющие действующие поверительные клейма.

При обнаружении какого-либо несоответствия вышеизложенным требованиям измерения нельзя производить до его устранения.

6.2.3. После осмотра и устранения дефектов подается напряжение питания.

6.3. Выполнение измерений

6.3.1. Через 60 мин после включения питания проверяются контрольные точки шкалы газоанализатора ("Нуль" и "Чувствительность"), проводится соответствующая корректировка.

В процессе выполнения измерений корректировка "Нуля" и "Чувствительности" выполняется ежедневно.

6.3.2. Измерения содержания кислорода в уходящих газах котлов выполняются с одновременной автоматической записью результатов на диаграммной бумаге.

7. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ, СПОСОБЫ И ФОРМЫ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

7.1. В качестве показателя точности измерения содержания кислорода в уходящих газах котла по ГОСТ 8.011-72 принимается интервал, в котором с установленной вероятностью находится суммарная погрешность измерения.

7.2. Устанавливается следующая форма записи результатов измерения:

$$O_2; \quad \Delta O_2; \quad \text{от } \Delta O_{2н} \text{ до } \Delta O_{2в}; P,$$

где O_2 - результат измерения содержания кислорода в уходящих газах котла, % O_2 об.;

$\Delta O_2, \Delta O_{2н}, \Delta O_{2в}$ - соответственно погрешность измерения, нижняя и верхняя ее границы, % O_2 об.;

P - установленная вероятность, с которой погрешность находится в этих границах ($P = 0,95$).

8. АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ

8.1. Обработать результаты измерений содержания кислорода в уходящих газах котлов следует способом определения средних значений с использованием полярного планиметра. Тогда среднее содержание кислорода в уходящих газах котла может быть определено по формуле

$$O_{2cp} = \frac{F m_{O_2} m_{\tau'}}{\tau_0}, \quad (1)$$

где F - площадь планиметрируемой части диаграммной бумаги, см^2 ;
 m_{O_2} - масштаб содержания кислорода, % O_2 об/см;
 $m_{\tau'}$ - масштаб времени, ч/см;
 τ_0 - интервал усреднений (1; 8; 24 ч).

$$m_{O_2} = \frac{O_{2max} - O_{2min}}{C} \cdot 10, \quad (2)$$

где O_{2max}, O_{2min} - начальное и конечное значения шкалы, % O_2 об.;

C - ширина диаграммной бумаги, мм.

$$m_{\tau} = \frac{1}{V} \cdot 10, \quad (3)$$

где V - скорость продвижения диаграммной бумаги, мм/ч.

8.2. При использовании информационно-вычислительного комплекса, прошедшего метрологическую аттестацию, применяется формула

$$Q_{2cp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{2i}, \quad (4)$$

где n - число циклов опроса за данный интервал усреднения;

Q_{2i} - значение содержания кислорода в дымовых газах котла в i -м цикле опроса, % $O_{2об}$.

8.3. Оценка показателей точности измерения содержания кислорода в уходящих газах котлов проводится при метрологической аттестации методик выполнения измерения на конкретном оборудовании ТЭС.

8.4. Доверительные границы погрешности измерения содержания кислорода в уходящих газах котлов (% $O_{2об}$.) определяется по формуле

$$\Delta_H = \Delta_B = \frac{\Delta_i}{\sqrt{K}}, \quad (5)$$

где Δ_i - суммарная погрешность измерения содержания кислорода в i -м канале измерения, % $O_{2об}$;

K - число каналов измерения.

Суммарная погрешность измерения определяется расчетным путем с использованием данных НТД на средства измерения по формуле

$$\Delta_i = \frac{\delta_i - P_H}{100}, \quad (6)$$

где δ_i - суммарная относительная погрешность измерения содержания кислорода, %;

P_H - нормирующее значение, % O_2 об.

В качестве P_H принято значение диапазона измерений.

Суммарная относительная погрешность измерения содержания кислорода выражается формулой

$$\delta_i = \pm \sqrt{\delta_{iHy}^2 + \delta_{ig}^2}, \quad (7)$$

где δ_{iHy} - предел суммарной относительной погрешности измерительной системы при нормальных условиях, %;

δ_{ig} - суммарная дополнительная погрешность канала измерения при отклонении внешних влияющих факторов от нормальных значений, %;

$$\delta_{iHy} = \pm \sqrt{\delta_r^2 + \delta_{yOr}^2 + \delta_{cгп}^2 + \delta_{га}^2 + \delta_{обр}^2}, \quad (8)$$

где δ_r - погрешность, вносимая в результате измерения газомходом котла, %;

δ_{yOr} - погрешность устройства отбора пробы газа, %;

$\delta_{cгп}$ - погрешность системы подготовки пробы газа, %;

$\delta_{га}$ - предел допускаемой погрешности комплекта газоанализатора (измерительный преобразователь и средство представления информации), %;

$\delta_{обр}$ - погрешность обработки результатов измерения (предел допускаемой погрешности от индивидуальных особенностей планиметра и условий работы), %; $\delta_{обр} = 1, 1\%$;

$$\delta_{ig} = \pm \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}, \quad (9)$$

где $\delta_1 - \delta_n$ - составляющие суммарной дополнительной погрешности измерения содержания кислорода за счет отклонения влияющих факторов (температуры, напряжения, частоты, расхода газовой смеси и др.) от области нормальных значений, приведенных в НТД на средства измерения, %.

Для определения составляющих (по формуле 8) следует вычислить математическое ожидание каждой влияющей величины по формуле

$$M = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \psi_i, \quad (10)$$

где ψ_i - значение влияющей величины (i - измерение);
 L - количество измерений влияющего фактора за интервал усреднения.

По полученным значениям M определяют значения составляющих суммарной погрешности по НТД или данным, приведенным в приложении I.

Приведенный метод является упрощенным способом оценки погрешности измерений в эксплуатационных условиях.

8.5. Пример расчета погрешности измерения содержания кислорода в уходящих газах котлов с рекомендуемыми средствами измерений по приведенному методу дан в приложении 2.

8.6. Обработка результатов измерений для получения более достоверных оценок погрешности измерения содержания кислорода в уходящих газах проводится в соответствии с ГОСТ 8.207-76.

9. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ

К выполнению измерений и обработке их результатов допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие квалификацию:

- для выполнения измерений - электрослесарь 3-го-4-го разрядов;
- для обработки результатов измерений - техник или инженер-метролог.

10. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

10.1. При выполнении измерений содержания кислорода в уходящих газах энергетических котлов должны соблюдаться действующие "Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей" (М.: Энергоатомиздат, 1985) и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" (М.: Энергоатомиздат, 1986), а также требования ГОСТ 12.2.007.0-75.

10.2. К выполнению измерений по настоящей Методике допускаются лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже III при работе с электрическими цепями с напряжением до 1000 В.

Приложение I
Справочное

СОСТАВЛЯЮЩИЕ СУММАРНОЙ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ

Т а б л и ц а I

Дополнительные погрешности комплекта
газоанализатора (измерительный преобразователь
и регистрирующий прибор) от воздействия
влияющих факторов

Факторы, вызывающие дополнительные погрешности	Значения дополнительных погрешностей в долях предела основной погрешности для диапазонов, % $Q_{2об}$.			
	0-1	0-2	0-5	0-10
Изменение только напряжения питания на каждые $\pm 10\%$	0,2	0,2	0,3	0,3
Изменение только расхода газовой смеси на каждые $4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$ от номинального $12 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$	0,4	0,4	0,6	0,6
Изменение только атмосферного давления на каждые 3,3 kPa (25 мм рт.ст.) от градуировочного	0,4	0,4	0,6	0,6
Изменение только температуры окружающей среды на каждые 10°C от градуировочной	0,8	0,8	1,0	1,0
Изменение только наклона в любом направлении на 5° от положения, принятого при градуировке	0,5	0,5	0,8	0,8

Окончание таблицы 1

Факторы, вызывающие дополнительные погрешности	Значения дополнительных погрешностей в долях предела основной погрешности для диапазонов, % O ₂ об.			
	0-1	0-2	0-5	0-10
Изменение только частоты питания на каждые 0,5 Гц от номинального 50 Гц	0,2	0,2	0,3	0,3
Изменение только концентрации водорода на 1% об. по сравнению с градуировочным	1,00	1,00	1,00	0,75
Изменение концентрации двуокиси углерода на каждые 2,5% об. по сравнению с градуировочным	1,0	0,5	0,5	0,5
Изменение концентрации двуокиси углерода на 10% об. по сравнению с градуировочным	-	-	-	0,5

Таблица 2

Дополнительные погрешности, вносимые в результат измерений устройством отбора пробы газа, газоходом котла и системой подготовки пробы газа

Диапазон измерения, % O ₂ об.	Топливо	Точка измерения, % O ₂ об.	Погрешность, % O ₂ об.		
			Газоход котла	Устройство отбора пробы газа	Система подготовки пробы газа
0-1	Природный газ	0,5	0,010	0,015	0,026
		1,0	0,018	0,030	0,050
	Мазут	0,5	0,010	0,015	0,026
		1,0	0,020	0,030	0,050
0-2	Природный газ	0,5	0,010	0,015	0,026
		2,0	0,034	0,060	0,101
	Мазут	0,5	0,010	0,015	0,026
		2,0	0,039	0,060	0,101
0-5	Природный газ	0,5	0,010	0,015	0,026
		5,0	0,080	0,150	0,252
		0,5	0,010	0,015	0,026
	Мазут	5,0	0,085	0,150	0,252

Окончание таблицы 2

Диапазон измерений, % O_2 об.	Топливо	Точка измерения, % O_2 об.	Погрешность, % O_2 об.		
			Газоход котла	Устройство отбора пробы газа	Система подготовки проб газа
0-10	Каменный уголь	3,5	0,180	0,105	0,276
		10,0	0,370	0,300	0,504

Примечание. Погрешности на остальных точках шкалы определяются путем линейной интерполяции.

Приложение 2
Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА
ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА
В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ КОТЛА

Исходные данные:

Сжигаемое топливо - природный газ.

Автоматический газоанализатор на кислород - МН-5130У4.

Диапазон измерений - от 0 до 5% O_2 об.

Основная допустимая погрешность записи - 2,0 % об.

Планиметр ППР-1.

Ширина диаграммной бумаги $S = 160$ мм.

Скорость продвижения диаграммной бумаги $V = 20$ мм/ч.

Интервал усреднения $T_{\text{ср}} = 8$ ч.

Расход газовой смеси $16 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Атмосферное давление 101,325 кПа.

Частота питающего напряжения 50 Гц.

Содержание N_2 и CO_2 в пробе газа соответствует градуировочному.

Средняя температура окружающего воздуха +30°C.

Напряжение питания 220 В.

Площадь планиметрируемой части диаграммной бумаги $F = 34$ см².

Наименование	Способ и источник	Расчет и результат
Масштаб содержания кислорода, % O_2 об /см	(2)	$m_{O_2} = \frac{5 - 0}{160} \cdot 10 = 0,3$
Масштаб времени, ч/см	(3)	$m_{\tau} = \frac{1}{20} \cdot 10 = 0,3$
Результат измерения содержания кислорода в уходящих газах, % O_2 об.	(1)	$O_{2cp} = \frac{34 \cdot 0,3 \cdot 0,5}{8} = 0,64$
Предел допускаемой погрешности комплекта кислородомера (погрешность записи), %		$\delta_{га} = 2,0$
Погрешность газохода котла, %	Табл.2	$\delta_r = \frac{0,01 \cdot 100}{5} = 0,2$
Погрешность устройства отбора пробы газа, %	Табл.2	$\delta_{уог} = \frac{0,015 \cdot 100}{5} = 0,3$
Погрешность системы подготовки пробы газа, %	Табл.2	$\delta_{сп} = \frac{0,026 \cdot 100}{5} = 0,52$
Погрешность обработки (погрешность планирования), %	Журнал "Измерительная техника", 1982, №3	$\delta_{обр} = 1,1$
Суммарная относительная погрешность измерительной системы в нормальных условиях, %	(8)	$\delta_{ину} = \frac{\pm \sqrt{2,0^2 + 0,2^2 + 0,3^2 + 0,52^2 + 1,1^2}}{1,1} = \pm 2,37$
Составляющие суммарной дополнительной погрешности за счет отклонения, %: температуры расхода газовой смеси	Табл.1	$\delta_1 = 2,0$ $\delta_2 = 1,2$
Суммарная дополнительная погрешность при отклонении внешних влияющих факторов от градуировочных значений, %	(9)	$\delta_g = \pm \sqrt{2^2 + 1,2^2} = \pm 2,33$
Суммарная относительная погрешность измерения содержания кислорода в уходящих газах, %	(7)	$\delta = \pm \sqrt{2,37^2 + 2,33^2} = \pm 3,33$ Погрешность соответствует установленной норме точности (см.п.2.2)

Наименование	Способ и источник	Расчет и результат
Доверительные границы погрешности измерения, % O ₂ об. Результат измерения содержания кислорода в уходящих газах	(5) —	$\Delta_H = \Delta_B = \frac{5 \cdot 3,33}{100} = 0,166$ 0,64% O ₂ об.; Δ от - 0,166 до + 0,166 при P = 0,95

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Назначение и область применения	3
2. Нормы на показатели точности измерений	3
3. Измеряемый параметр и условия измерения	4
4. Метод измерения и структура измерительной системы	4
5. Условия применения средств измерения	6
6. Алгоритмы операций подготовки и выполнения измерений	7
7. Показатели точности измерений, способы и формы их представления	10
8. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценка показателей точности	11
9. Требования к квалификации операторов	14
10. Требования техники безопасности	14
П р и л о ж е н и е 1. Составляющие суммарной дополнительной погрешности	15
П р и л о ж е н и е 2. Пример расчета погрешности измерения содержания кислорода в уходящих газах котла	17