Российское акционерное общество "Газпром"

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ПО КОНТРОЛЮ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ГАЗОМОТОКОМПРЕССОРОВ

Москва 1995

gost.e-ecolog.ru

Российское акционерное общество "Газпром"
Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий
(ВНИИгаз)
Информационно-рекламный центр газовой промышленности
(ИРЦ Газпром)

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ГАЗОМОТОКОМПРЕССОРОВ

Москва 1995

УДК 614.72:622.691.4.052.012

Инструкцией определены условия проведения испытаний при измерениях концентраций загрязняющих веществ в отработавших газах газомотокомпрессоров, эксплуатируемых в газовой промышленности. Инструкция регламентирует режимы испытаний, номенклатуру измеряемых параметров, методы измерения, порядок обработки и оформления результатов измерения.

Утверждена нач. Управления НТП и экологии РАО "Газпром" А.Д.Седых 03.07.1995 г.

Разработчики: Г.С.Акопова, к.т.н., Н.Г.Гладкая (ВНИИгаз)

Содержание

1. Общие положения 3
2. Подготовка агрегата к испытаниям, условия проведения измерений, измеряемые параметры 8
3. Обработка результатов измерений 17
4. Определение расхода отработавших газов ГМК 24
Приложение 1 29
Приложение 2 40
Список использованной литературы 43

© Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий (ВНИИгаз), 1995

© Информационно-рекламный центр газовой промышленности (ИРЦ Газпром), 1995

1. Общие положения

1.1. В инструкции изложены порядок подготовки, проведения и обработки результатов экологических испытаний газомотокомпрессоров (ГМК) мощностью 0,6-7,0 МВт типоразмеров, эксплуатируемых в газовой промышленности.

1.2. Испытания проводятся в целях определения:

параметров выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами газомотокомпрессоров путем непосредственного замера;

экологических характеристик ГМК на рабочих режимах расчетным путем по измеренным параметрам работы ГМК и параметрам выбросов;

нагрузочных (технологических и экологических) характеристик ГМК.

1.3. Инструкция по контролю (измерению параметров) вредных выбросов с отработавшими газами газомотокомпрессоров различных типоразмеров, эксплуатируемых в газовой промышленности, разработана на основе типовой инструкции по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу [1] и с учетом требований ряда отраслевых и государственных документов [2-10].

1.4. Инструкция регламентирует:

порядок проведения станционных (эксплуатационных) и стендовых испытаний в целях определения концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в отработавших газах ГМК; количества и обьемов выбросов ЗВ в атмосферу с отработавшими газами ГМК следующих типоразмеров: Купер, 10 ГК, 10 ГКМ, 10 ГКН, 10 ГКНА, 10 ГКНАМ, МК-8, МК-8М, ДР-12, а также опытных образцов разрабатываемых ГМК;

режимно-технологические условия испытаний;

номенклатуру измеряемых технологических и экологических параметров;

методы и средства измерений;

порядок обработки и оформления результатов испытаний.

1.5. Инструкция разработана применительно к переносному газоанализатору типа "Testo-33" (фирма "Тесто-Терм", Германия), зарегистрированному в Государственном реестре средств измерений под № 12639-91.

Таблица 1

Перечень отечественных газоанализаторов и методик для определения компонентного состава отработавших газов ГМК

Газоанализатор, методика	Регистрируемые концентрации ЗВ	Объекты контроля	Точность прибора	Принцип действия
1	2	3	4	5
344-ХЛ-04	NO от 30 до 200 мг/м^3	Отходящие газы котлоагрегатов и т.д.	Погрешность ±10, ±15% быстродействие 90 с	Хемилюминесцентный
344-ХЛ-05/06	NO_x ($NO+NO_2$) от 0,02 до 0,15 % об., т.е. 400-3000 мг/м^3	Отходящие газы технологических линий производства слабой азотной к-ты	Погрешность ±10%, быстродействие 90 с	То же
344-ХЛ-07	NO_x от 300 до 3000 мг/м^3	Промышленные выбросы	Погрешность ±10%, быстродействие 90 с	-"-
344-ХЛ-08	NO от 1000 до 3000 мг/м^3	Промышленные выбросы ТЭС	Погрешность ±10%, быстродействие 60 с	-"-
344-09/10	NO_x от 0,02 до 0,15% об. т.е. от 400 до 3000 мг/м^3	Отходящие газы технологических линий производства азотной кислоты	Погрешность ±10%, быстродействие 60 с	-"-
344-ХЛ-11	NO_x от 300 до 3000 мг/м^3	Промышленные выбросы	Погрешность ±10%, быстродействие 60 с	-"-
Многокомпонентный 305-ФА01	NO 0-500 мг/м^3 NO_2 0-100 мг/м^3 SO_2 0-10000 мг/м^3 CO 0-15000 мг/м^3 NH_3 0-5000 мг/м^3	Промышленные выбросы	Погрешность: по NO ±10%, быстродействие 90 с по NO_2 ± 10%, быстродействие 90 с и т.д.	Инфракрасный

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5
ФГИ-1	CO 0,25-5,0 % об. CO 0,5-15,0 % об. ΣC_xH_x 0,001-1,0 % об.	Отходящие газы	Погрешность ± 5%	Инфракрасный
ГЛ 1122	ΣC_xH_x 0,001-1,0 % об.	То же	Погрешность ±5%	То же
121 ФА-01	CO 0-5, 0-10 мг/м^3	- " -	Погрешность ± 4%	- " -
Методика определения концентрации оксидов азота фотометрическим методом с использованием реактива Грисса-Илосвая	NO_x 0-1000 мг/м^3	- " -	Погрешность ± 20%	Фотометрический
Методика определения концентрации оксидов азота фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой	То же	- " -	То же	То же

Таблица 2

Перечень зарубежных приборов, рекомендуемых для автоматического определения содержания ЗВ в отработавших газах газомотокомпрессоров

Фирма, страна	Тип и марка газоанализатора	Определяемый компонент	Диапазон измерения, %об./(мг/м^3)	Погрешность (поправка) от всей шкалы,%	Метод анализа
1	2	3	4	5	6
ИМР (Германия)	IMR	O_2 CO CO_2 NO_x NO_2 H_2S SO_2	0-20,9 ppm 0-6000 ppm 0-20 % 0-2000 ppm 0-100 ppm 0-200 ppm 0-4000 ppm	± 2 -"- -"- -"- -"- -"- -"-	Электро-химический
Тесто-терм (Германия)	Testo-33	O_2 CO CO_2 NO_2 NO SO_2	0-21 % 0-4000 ppm 0-18 % 0-100 ppm 0-1200 ppm 0-2000 ppm	± 0,2 ± 5 -"- -"- -"- -"-	Электро-химический
Янагимото (Япония)	ЕИ-91	NO	0-0,1 0-1340 0-0,4 0-5360	± 1	Оптико-акустический недисперсионный
То же	ЕИ-81	NO и др.	0-0,1 0-1340 0-0,4 0-5360	± 1	Оптико-акустический

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
Хориба (Япония)	MEXA-240	NO	0-0,1 0-1340 0-0,3 0-4020	± 5	Оптико-акустический недисперсионный
То же	MEXA-77	NO	0-0,1 0-1340 0-0,2 0-2688	± 1	Оптико-акустический
Гартман-Браун (ФРГ)	Vras 2EX	NO_x	0-0,1 и выше 0-1340	-	Оптико-акустический
Янагимото (Япония)	ECL-7	O,NO_x	0-0,5 0-6700	± 1	Хемилюминесцентный
Бекман (США)	665	O,NO_x	0-0,1 0-1340	-	Инфракрасный
Грабб-Парсонс (Англия)	Chemitox	NO	0-0,5 0-6700	± 1	Ультрафиолетовый фотоабсорбционно-метрический

Допускается применение других газоанализаторов с аналогичными метрологическими характеристиками, а также использование методов анализа отработавших газов, рекомендованных Минприроды РФ [11]. Перечень рекомендуемых отечественных газоанализаторов приведен в табл.1, зарубежных газоанализаторов - в табл.2.

1.6. Природный газ, перекачиваемый по газопроводам, используемый в качестве топлива ГМК, соответствует ГОСТ 5542-87 и практически не содержит соединений серы. Измеренные концентрации диоксида серы SO_2 не превышают значений требований ГОСТ 5542-87, т.е. близки к нулю. Контроль диоксида серы не является обязательным в номенклатуре ЗВ отработавших газов ГМК.

1.7. В камерах сгорания современных ГМК обеспечивается уровень полноты сгорания топлива, при котором содержание несгоревших углеводородов (в частности, метана CH_4) находится в пределах точности средств измерения. Поэтому концентрация несгоревших углеводородов также не является предметом обязательного контроля и учета в номенклатуре ЗВ.

1.8. Основными компонентами продуктов сгорания газа для обязательного контроля определены оксиды азота и оксид углерода.

1.9. Инструкция предназначена для определения следующей номенклатуры показателей ЗВ и экологических характеристик ГМК:

концентрации в сухих продуктах горения оксида азота NO, диоксида азота NO_2, оксида углерода CO, мг/нм^3;

мощность выброса NO, NO_2, CO, г/с;

удельный выброс NO, NO_2, CO на единицу эффективной мощности, г/кВт·ч;

удельный выброс NO, NO_2, CO на единицу топливного газа, г/м^3.

1.10. На основе измерений параметров газовых потоков (потока воздуха или потока отработавших газов) определяются объемные расходы газовых потоков (м^3/с, или нм^3/с).

2. Подготовка агрегата к испытаниям, условия проведения измерений, измеряемые параметры

2.1. Места отбора проб должны соответствовать требованиям ОНД-90 [11], ГОСТ 24585-81 [8].

Оборудование и организация рабочего места при испытаниях должны соответствовать требованиям безопасности ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.004-85 [12,13].

2.2. Подготовку мест для отбора проб отработавших газов и замеров скорости воздуха необходимо осуществлять при остановленном агрегате.

2.3. Измерения концентрации ЗВ, температуры, давления и скорости потока проводят в установившемся потоке газа.

Измерения в газоходе отработавших газов проводятся в специально оборудованной точке на прямолинейном участке длиной 8-10 наибольших размеров поперечного сечения. Аналогично выбирается место для измерения параметров потока воздуха, поступающего в агрегат.

Как правило, точка замера на воздуховоде выбирается на прямолинейном участке за воздушным фильтром. Схемы рекомендуемого расположения замерных точек для ГМК различных типоразмеров представлены на рис. 1.

Не следует выбирать точки измерения вблизи мест изменения сечения, поворотов газоходов, арматуры, вентиляторов и т.д.

В случае невозможности соблюдения данного условия необходимо особо тщательно снимать поле показателей (скоростей, температур, концентраций), увеличив число точек и замеров при обязательном получении близких по значению результатов.

С помощью газозаборного зонда газоанализатора "Testo-33" отбор проб отработавших газов осуществляется через отверстия диаметром 12 мм.

На газоходе определяется, согласно ранее изложенным требованиям, расположение точки отбора, снимаются обшивка и изоляция, проваривается отверстие, на которое наваривается патрубок с внутренним диаметром 12 мм, на наружную стенку патрубка наносится резьба для накидной гайки, закрывающей внутреннее отверстие (рис.2).

Аналогично оборудуется точка для замера скорости воздуха анемометром "Testo-4500", при этом диаметр внутреннего отверстия патрубка составляет 24 мм (см. рис.2).

Для других средств измерения оборудуются аналогичные точки замера (ввод), внутренний диаметр которых зависит от габаритов вводимого в газоход (или воздуховод) прибора.

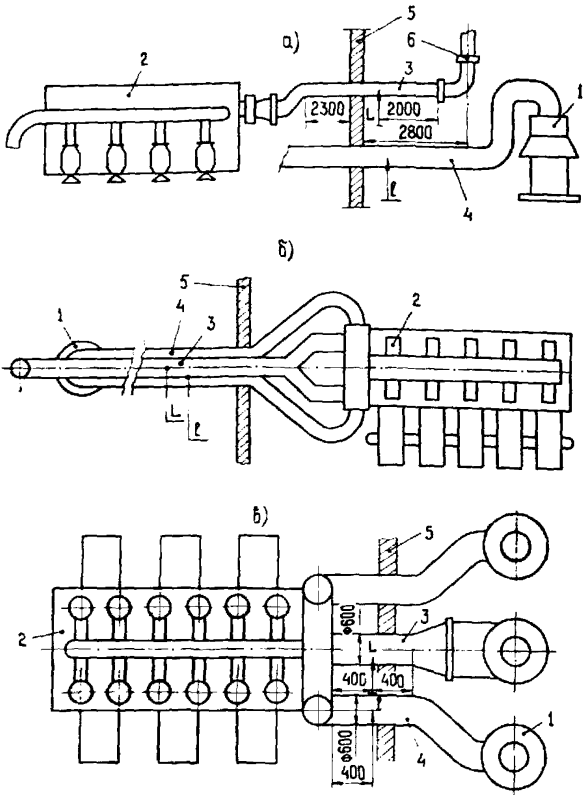


Рис. 1. Расположение точек замера для различных типов ГМК: а - МК-8 (МК-8М); б - 10 ГКН (10 ГКНА); в - ДР-12; а - вид сбоку; б,в - вид сверху:

1 - воздухозаборное устройство (ВЗУ); 2 - ГМК; 3 - выхлопной газоход; 4 - воздуховод; 5 - стена цеха; 6 - шумоглушитель; L - точка замера на газоходе; l - точка замера на воздуховоде

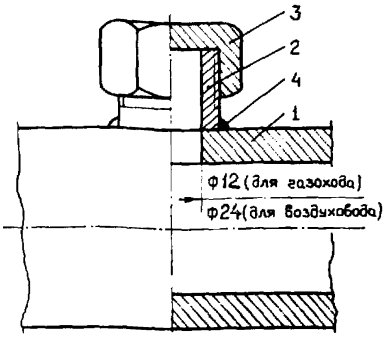


Рис. 2. Схема оборудования точки замера: 1 - газоход; 2 - патрубок с резьбой на наружной стенке; 3 - накидная гайка (заглушка); 4 - место сварки патрубка со стенкой газохода (воздуховода)

2.4. Концентрации ЗВ, температура, скорость газовых потоков (отработавших газов или воздуха) должны замеряться не менее чем в шести точках по сечению, измеренные значения усредняются.

В случае равномерности поля концентраций (или скоростей) по сечению глубина погружения газозаборного зонда в газоход должна составлять 0,5-0,8 внутреннего диаметра газохода.

При необходимости в качестве удлинителя к зонду используется трубка из стали 1х18н9(10)Т и переходные (соединительные) тефлоновые шланги. Все соединения тщательно герметизируются.

2.5. Измерения скорости газа в газоходах, равной 4 м/с и более, рекомендуется проводить с помощью пневмометрических трубок, разработанных Гинцветметом и НИИОгазом, ВТИ, а также трубок Пито-Прандтля и микроманометров (ГОСТ 1116-84); скоростемера ДМЦ-01 (измерение избыточного давления, разрежения, динамического напора в пределах -200 ÷ +200 мм вод.ст.); скоростемера ОЗОН-3 (измерение избыточного давления, разрежения, динамического напора в пределах 5-200 Па, скорости газового потока в пределах 5-50 м/с). Методика измерения скорости и объема газов в газоходе представлена в Приложении 1.

2.6. Регламент проведения измерений определяется видом контроля, согласно требованиям действующей нормативно-технической документации [1,2,11].

В станционных условиях измерения проводятся при рабочих режимах агрегата.

В стендовых условиях измерения проводятся по программам научно-исследовательских или приемно-сдаточных межведомственных испытаний, предусматривающих измерения параметров на нескольких режимах (не менее трех) от номинального в диапазоне нагрузок Ne от 50 до 100 %. рекомендуемые уровни нагрузок при испытаниях 25, 50, 70 и 100 %.

Перед каждым отбором пробы отработавших газов следует проводить тщательную проверку и регулировку двигателя ГМК, в результате которой расхождение температур по цилиндрам не должно превышать: при $Ne \geq 70\%$ - 25°С, при $50 \leq Ne < 70$ - 40°С [14].

2.7. При измерении выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами ГМК в станционных условиях определяемые параметры, их обозначения, единицы величин, погрешность измерения или расчета должны соответствовать указанным в табл.3.

Средства испытания и измерения, используемые в стендовых условиях завода "Двигатель революции", даны в Приложении 2.

При проведении испытаний технологические параметры работы агрегата должны регистрироваться в начале и по завершении измерений концентраций ЗВ.

Измерения проводятся при установившихся (стабильных) режимах работы ГМК.

Стабильность рабочего процесса в двигателе ГМК оценивается по температуре отработавших газов отдельных цилиндров.

2.8. При использовании газоанализатора "Testo-33" может проводиться непосредственное измерение концентраций следующих ингредиентов отработавших газов ГМК: оксида азота NO; диоксида азота NO_2; оксида углерода CO; кислорода O_2; диоксида серы SO_2.

Концентрация диоксида углерода CO_2 рассчитывается по измеренной концентрации O_2.

2.9. Надежная работа газоанализатора "Testo-33" с отработавшими газами ГМК обеспечивается выполнением ряда требований:

не рекомендуется непрерывное использование газоанализатора "Testo-33" в течение суток (24ч) и ежедневно в течение 30 дней;

допускается работа анализатора в условиях превышения пределов концентраций, установленных для датчиков индивидуально на каждый компонент, в течение 1-2 мин.

Пределы концентраций SO_2 - 2000 ppm, NO -2000 ppm, NO_2 - 100 ppm.

Таблица 3

Типовой перечень измеряемых параметров

Параметры	Способ измерения	Примечание
1	2	3
Барометрическое давление B, кг/см^2	Штатный барометр-анероид	
Температура атмосферного воздуха $t_в$, °C	Testo-33 Testo-4500 Штатный термометр	Значения первых трех параметров допускается принимать по данным ближайшей метеостанции
Относительная влажность атмосферного воздуха r, %	То же	
Характеристика топливного газа: состав, % об.: CH_4 C_2H_6 C_3H_8 и т.д. плотность при стандартных условиях (t=20°C, P=1,033 кг/см^2) ρ_1, кг/м^3	По данным химической лаборатоКС То же	

Продолжение табл.3

1	2	3
теплота сгорания газа при стандартных условиях $Q_н^р$, ккал/м^3	То же	
Частота вращения вала двигателя/турбокомпрессора $n_д/n_т$, (об/мин)/(об/мин)	Штатный тахометр	
Угол опережения (запаздывания) зажигания Q, °ПКВ	Стробоскоп	
Положение регуляторов производительности (позиция регулирования)	Журнал машиниста	
Максимальное давление сгорания $P_{сгор}$, кгс/см^2	Поршневой индикатор "Майгак"	
Давление наддува воздуха P_2, кгс/см^2	Штатный прибор	
Перепад давления воздуха в диафрагме ΔP_2, мм вод.ст.	Манометр	В случае измерения расхода воздуха
Давление топливного газа P_1, кгс/см^2	Штатный манометр	
Перепад давления топливного газа в диафрагме ΔP_1, мм вод.ст.	Манометр	При измерении расхода топливного газа на каждом агрегате

Продолжение табл.3

1	2	3
Давление газа в выхлопном коллекторе в точке замера концентраций ЗВ и скоростей потока $P_з$, mbar	Testo-33	
Давление технологического газа всасывание/нагнетание $P_{всас}/P_{нагн}$, кгс/см^2	Штатный манометр	
Температура технологического газа всасывание/нагнетание $t_{всас}/t_{нагн}$, °С	Штатный термометр	
Температура наддува воздуха в ресивере t_2, °С	То же	
Температура воздуха перед диафрагмой $t_{2(д)}$, °С	-"-	В случае измерения расхода воздуха
Температура топливного газа перед диафрагмой $t_{тг(д)}$, °С	Термометр	При измерении расхода топливного газа на каждом агрегате
Температура отработавших газов по всем цилиндрам, °С $t_{з(1)}$, $t_{з(2)}$, $t_{з(3)}$, $t_{з(4)}$ и т.д.	Штатный замер	

Продолжение табл.3

1	2	3
Температура отработавших газов в точке замера t_3, °С	Testo-33	
Температура воды на входе/выходе $t'_в/t''_в$, °С	Штатный замер	
Температура масла на входе/выходе $t'_м/t''_м$, °С	То же	
Внутренний диаметр выходного газохода вточке замера d_3, мм	По проекту	
Внутренний диаметр воздуховода в точке замера d_2, мм	По проекту	
Концентрация компонентов отработавших газов ГМК:		
$C_п$, % об.	То же	
кислорода O_2, % об.	-"-	
диоксида углерода CO_2, ppm	-"-	
оксида азота NO, ppm	-"-	
диоксида азота NO_2, ppm	-"-	
оксида углерода CO, ppm	-"-	
диоксида серы SO_2, ppm	-"-	

Работа анализатора более 1-2 мин с концентрациями, превышающими эти пределы, может привести к быстрому расходованию ресурсов газовых ячеек, т.е. выходу прибора из строя, поэтому необходима тщательная продувка всей системы газоанализатора чистым воздухом по окончании фиксаций показаний прибора в следующем порядке.

После извлечения зонда из газохода, не включая прибора, поместить зонд в поток чистого воздуха и продуть прибор до полной очистки ячеек, т.е. до момента, когда на табло измерений по всем ингредиентам будет фиксироваться нулевое значение.

2.10. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами ГМК зависят от многих факторов, в том числе и от атмосферных условий. Возможен значительный разброс замеренных концентраций ЗВ на одном и том же агрегате, работающем в одинаковых режимах в различное время года [14,15].

Поэтому при проведении испытаний ГМК обязательным в момент замеров является регистрация температуры, барометрического давления и влажности атмосферного воздуха.

3. Обработка результатов измерений

3.1. Газоанализатор "Testo-33" определяет концентрации компонентов газов в следующих единицах:

кислород - % об.;

диоксид углерода - % об.;

оксид азота, диоксид азота - ppm (объемные доли на миллион).

3.2. В целях унификации данных о концентрациях загрязняющих веществ отработавших газов ГМК рекомендуется в качестве основной единицы измеряемых концентраций C^{Φ} принять ppm (ч.н.м.).

3.3. Соотношения между единицами концентраций следующие:

оксид азота NO в пересчете на диоксид NO_2, а также диоксид азота NO_2 — 1 ppm = 2,054 мг/нм^3 = 1×10^{-4} % об.

оксид азота NO — 1 ppm = 1,34 мг/нм^3 = 1×10^{-4} % об.

оксид углерода CO — 1 ppm = 1,25 мг/нм^3 = 1×10^{-4} % об.

Коэффициенты соотношений при переводе объемных концентраций в весовые определяются по формуле

$$\rho_i = \mu_i / 22{,}412, \qquad (1)$$

где ρ_i - плотность i-ого газа (NO_2, CO и т.д.);
μ_i - молярная масса i-ого газа;
22,412 - объём одной килограмм-молекулы.

С помощью газоанализаторов как правило измеряются концентрации компонентов в сухих продуктах сгорания при нормальных условиях $C^{o}_{(сух)i}$. Концентрация $C^{o}_{(сух)}$ - массовое содержание загрязняющего вещества в сухих продуктах сгорания ($нм^3$ - при давлении 0,1013 МПа и температуре 0°С).

3.4. Концентрация оксидов азота $C^{ф}_{(сух)\,NO_x}$ определяется как сумма фактически измеренных концентраций NO и NO_2, т.е.

в ppm (ч.н.м.): $C^{ф}_{(сух)\,NO_x} = C^{ф}_{(сух)NO} + C^{ф}_{(сух)NO_2}$; (2)

в $мг/нм^3$: $C^{o}_{(сух)\,NO_x} = 1{,}34\, C^{ф}_{(сух)\,NO} + 2{,}05\, C^{ф}_{(сух)\,NO_2}$. (3)

Концентрация оксидов азота (суммарно) $C^{o}_{(сух)\,NO_x(NO_2)}$ (в пересчете на диоксид) определяется ($мг/нм^3$) по формуле

$$C^{o}_{(сух)NO_x(NO_2)} = 2{,}05 \times [(C^{ф}_{(сух)NO} + C^{ф}_{(сух)NO_2})] . \qquad (4)$$

3.5. Для приведения измеренных концентраций к различным стандартным значениям кислорода используется соотношение

$$C^{ст}_i = C^{o}_i (21 - CO^{см}_2)/21 - CO^{ф}_2 ; \qquad (5)$$

$$C^{ст}_i = C^{ф}_i (21 - CO^{см}_2)/21 - CO^{ф}_2 ,$$

где $C^{ст}_{O_2}$ - стандартное значение концентрации кислорода.

Для газотурбинных установок в качестве стандартного значения определена концентрация O_2, равная 15% об. [16], для котлоагрегатов, эксплуатируемых в газовой промышленности - 6 % об. [17]. Для газомотокомпрессоров такое значение не определено. Так как номинальные значения концентрации O_2 в отработавших газах большинства типопараметров ГМК находятся в пределах 10-15 % об., в качестве стандартного значения кислорода предлагается 15 % об.

3.6. Газоанализаторы как правило измеряют концентрации ЗВ в сухих отработавших газах. Массовая концентрация ЗВ во влажных отработавших газах определяется по формуле

$$C^{o}_{i(вл)}=C^{o}_{i(сух)}/K_в\ , \qquad (6)$$

где $K_в$ - соотношение сухих и влажных продуктов сгорания; определяется по измеренной концентрации кислорода [16]

$$K_в = 89{,}5/110{,}5\text{-}C^{ф}_{O_2}\ , \qquad (7)$$

где $C^{ф}_{O_2}$- измеренная концентрация кислорода в пробе, % об.

3.7. Мощность выброса загрязняющего вещества определяется (г/с)

$$M_i = C^{o}_{(сух)_i} \times Q^{o}_{з(вл)} \times 10^{-3};\quad M_i = C^{o}_{(вл)_i} \times Q^{o}_{(вл)} \times 10^{-3}\ ;$$

$$M_i = C^{o}_{(сух)_i} \times K^{ф}_в \times Q^{o}_{(вл)} \times 10^{-3}\ , \qquad (8)$$

где $Q^{o}_{з(вл)}$ и $Q^{o}_{(сух)}$ - расход влажных и сухих продуктов сгорания соответственно при нормальных условиях ($нм^3/с$); определяется либо экспериментально, согласно п.2 настоящей инструкции, либо расчетным путем по нагрузочным характеристикам (см.п.4 инструкции).

3.8. Удельный выброс на единицу топливного газа (индекс выброса) рассчитывается по уравнению ($г/м^3$топл.газа)

$$m^{тг}_i = 3600 \times M_i/Q_1\ , \qquad (9)$$

Перечень параметров, рассчитываемых по результатам измерений

Рассчитываемый параметр	*Расчетная формула, методика*
Плотность газа при нормальных условиях ($t=0^{\circ}C$, $P=0,1013$ МПа) ρ_1^0, кг/нм^3	$\rho_1^0 = 1,073 \times \rho_1$
Теплота сгорания газа при нормальных условиях $Q_н^{p(0)}$, ккал/нм^3	$Q_н^{p(0)} = 1,073 \times Q_н^p$
Расход топливного газа (при $t=20^{\circ}C$, $P=0,1013$ МПа) Q_1, м^3/ч	$Q_1 = 0,2109 \times a_1 \times \varepsilon_1 \times d_1^2 \sqrt{\Delta P_1 \times P_1 / \rho_1 \times T_1 \times z_1}$
Коэффициент расхода a_1, б/р	Определяется согласно §2 [23]
Поправочный множитель на расширение измеряемой среды ε_1, б/р	Определяется согласно §4 [23]
Диаметр отверстия сужающего устройства d_1 (мм) при температуре измеряемой среды перед сужающим устройством T_1 (К)	Дано в характеристиках диафрагмы

Рассчитываемый параметр	*Расчетная формула, методика*
Перепад давления в сужающем устройстве ΔP_1, кгс/см^2	Измеряется
Абсолютное давление газа перед сужающим устройством P_1, кгс/см^2	Измеряется
Коэффициент сжимаемости газа z_1, б/р	Определяется согласно §3 [23]
Температура измеряемой среды перед сужающим устройством T_1, К	Измеряется
Коэффициент сжимаемости газа z (б/р)	Определяется по графикам [18] с учетом ρ_1 и Q^p
Расход топливного газа при нормальных условиях объемный (массовый) $Q_1^0(G_1)$, нм^3/ч, кг/ч	$Q_1^0 = 0,93 \times Q_1^H$ $(G_1 = \rho_1 \times Q_1 = \rho_1^0 \times Q_1^0 = \rho_1^0 \times 0,93\ Q_1)$
Эффективная мощность агрегата Ne, кВт/л.с.	В станционных условиях рассчитывается по известным методикам [15]; в стендовых условиях определяется с помощью гидротормоза [14]

Рассчитываемый параметр	*Расчетная формула, методика*
Расход воздуха при нормальных условиях Q_2^0, нм^3/ч	В случае измерения расхода воздуха диафрагмой $Q_2^0 = 0,179 \times a_2 \times \varepsilon_2 \times d_2^2 \sqrt{\Delta P_2 \times P_2 / T_2 \times z_2}$ В случае измерения скорости потока воздуха $Q_2^0 = 214,305 \times \omega_2^{ср} \times d_2^2 / T_2$
Среднее значение скорости потока воздуха $\omega_2^{ср}$, м/с	$\omega_2^{ср} = \left(\sum_{1=1}^{n} \omega_1 \right) / n$
Массовый расход воздуха G_2, кг/ч	$G_2 = 1,29 \times Q_2^0$
Массовый расход отработавших газов ГМК G_3, кг/ч	$G_3 = G_1 + G_2$
Объёмный расход влажных отработавших газов при нормальных условиях Q_3^0, нм^3/ч	$Q_3^0 = G_3 / 1,29 = 0,775\ G_3$ $Q_3^0 = Q_1^0 + 214,305\ \omega_2^{ср} \times d^2 / T_2$

Рассчитываемый параметр	*Расчетная формула, методика*
Коэффициент соотношения сухих и влажных отработавших газов $K_в$, б/р	$K_в = Q_{3(сух)}^0 / Q_3^0 = 89,5 / 110,5 - C_{0_2}^{ф}$
Объёмный расход сухих отработавших газов $Q_{3(сух)}^0$, нм^3/ч	$Q_{3\ (сух)}^0 = K_в \times Q_3^0$
Мощность выброса i-ого ЗВ M_1, г/с	$M_1 = C_{1(сух)} \times Q_{3(сух)}^0 \times 10^{-3} / 3600$
Индекс i-ого ЗВ m_1, г/м^{3}топл.газа	$m_1 = 3600 \cdot M_1 / Q_1$
Удельный выброс i-ого ЗВ m_1^N, г/кВт·ч	$m_1^N = 3600 \cdot M_1 / Ne$

где Q_1 - объёмный расход топливного газа, $м^3/ч$ (стандартный $м^3$ при 20°С и 0,1013 МПа); определяется либо непосредственно измерениями по штатным приборам либо по нагрузочным характеристикам (см.п.4 инструкции).

3.9. Удельный выброс на единицу мощности агрегата определяется по формуле (г/кВт·ч)

$$\overset{N}{m_i} = 3600 \times M_i / Ne , \qquad (10)$$

где Ne - эффективная мощность агрегата, кВт; рассчитывается по широко применяемым в эксплуатационных условиях методикам [15] или по значениям измеренных технологических параметров газомотокомпрессора (абсолютному давлению и температуре технологического газа на входе/выходе в компрессор, подаче компрессора).

Типовой перечень величин, рассчитываемых по результатам измерений, приведен выше.

4. Определение расхода отработавших газов ГМК

4.1. Объемный и массовый расходы влажных отработавших газов определяются по измеренному расходу топливного газа, штатными приборами и по измеренной скорости воздуха, поступающего в ГМК.

Массовый расход влажных продуктов сгорания G_3 (кг/с) определяется как сумма массового расходов топливного газа G_1 и воздуха G_2, поступающих в ГМК

$$G_3 = G_1 + G_2 . \qquad (11)$$

Объёмный расход продуктов сгорания газа Q_3 ($м^3/с$) при нормальных условиях составит

$$Q_3 = G_3 / 1,29 . \qquad (12)$$

4.2. Массовые расходы топливного газа и воздуха (кг/с) определяется по измеренному объемному расходу топливного газа Q_1($м^3/с$) и воздуха Q_2 ($м^3/с$)

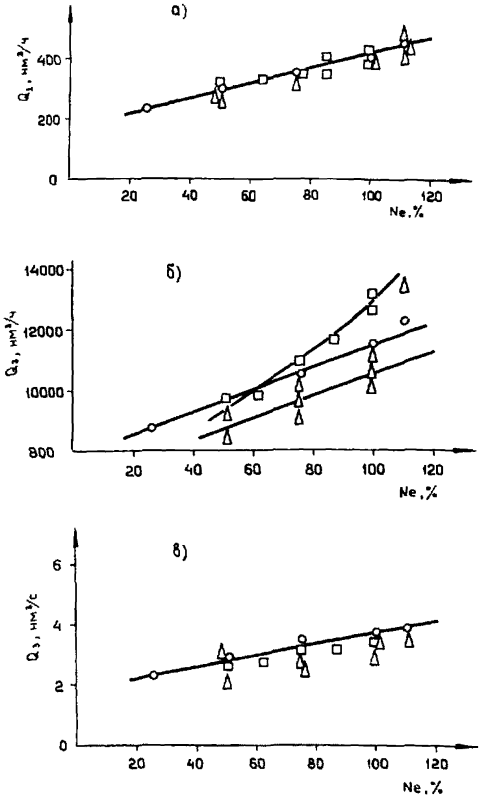
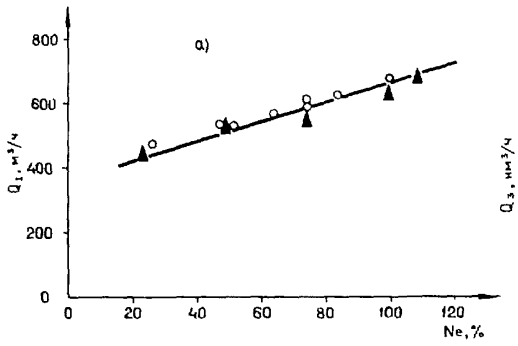
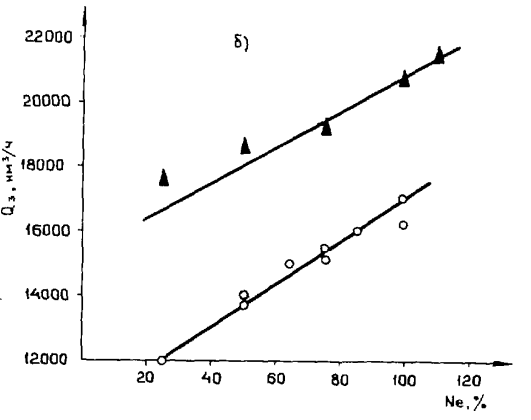


Рис. 3. Нагрузочные характеристики ГМК типа 10 ГКН (o), 10 ГКНАМ (штатная система зажигания) (□) и 10 ГКНАМ (с электронной системой зажигания (Δ) [19-21]:

а - расход топливного газа при стандартных условиях (t= 20°С, Р= 760 мм рт.ст.); б, в - расход отработавших газов при нормальных условиях (t=0°С, Р=760 мм рт.ст.)





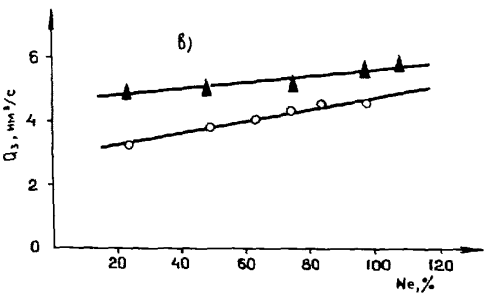


Рис. 4. Нагрузочные характеристики ГМК типа МК-8 и МК-8М [19-21]:

а - расход топливного газа при стандартных условиях (t= 20°С, Р= 760 мм рт.ст.); б, в - расход отработавших газов при нормальных условиях (t= 0°С, Р= 760 мм рт.ст.); ▲ - МК-8; О - МК-8М

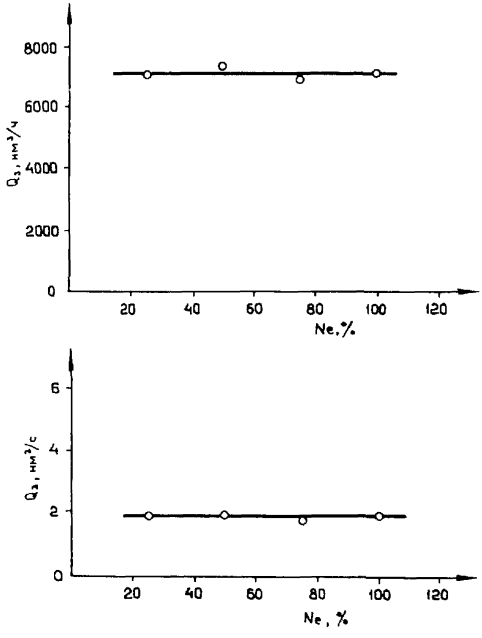


Рис. 5. Нагрузочные характеристики расхода отработавших газов ГМК типа 10 ГКМ при нормальных условиях (t= 0°С, P= 760 мм рт.ст.) [19-21]

$$G_1 = Q_1 \times \rho_1;\ G_1 = \overset{\circ}{Q}_1 \times \overset{\circ}{\rho}_1 = 0{,}93\,\overset{\circ}{\rho}_1 \times Q_1\ ; \qquad (13)$$

$$G_2 = Q_2 \times \rho_2,\ G_2 = 1{,}29\overset{\circ}{Q}_2, \qquad (14)$$

ρ_1 и ρ_2 - плотность газа и воздуха, соответстенно, кг/м^3.

4.3. Объёмный расход воздуха определяется по измеренным параметрам потока воздуха, т.е. скорости воздуха, температуре, давлению

при фактической температуре потока

$$\overset{\Phi}{Q}_2 = 0{,}785\ \overset{cp}{\omega}_2 \times d_2^2, \qquad (15)$$

при нормальных условиях

$$\overset{\circ}{Q}_2 = 214{,}31\ \overset{cp}{\omega}_2 \times d_2^2 / \overset{\Phi}{T}_2, \qquad (16)$$

$\overset{cp}{\omega}_2$ - среднее значение измеренных скоростей потока воздуха, м/с (см.Приложение 1) при фактической температуре потока T_2^{Φ} (К);

d_2 - внутренний диаметр воздуховода в точке замера, м.

4.4. Объемный расход при нормальных условиях отработавших газов составит

$$\overset{\circ}{Q}_3 = \overset{\circ}{Q}_1 + 214{,}31 \times (\overset{cp}{\omega}_2 \times d_2^2) / \overset{\Phi}{T}_2. \qquad (17)$$

4.5. При отсутствии возможности непосредственного измерения расхода воздуха и топливного газа для ориентировочных оценок экологических параметров следует использовать нагрузочные характеристики исследуемого типа ГМК.

Нагрузочные характеристики расходов топливного газа и отработавших газов ГМК типа 10 ГКН, 10 ГКНАМ, МК-8, МК-8М, 10 ГКМ показаны на рис.3-5.

Определив по измеренным параметрам рабочую эффективную мощность агрегата (мощность режима работы агрегата, на которой проведены измерения), по нагрузочным кривым находят расход влажных продуктов сгорания $Q_{(вл)}$ и расход топливного газа Q_1. Далее мощность выброса M_i, индекс выброса m_i^{Γ} и удельный выброс на единицу мощности определяются в соответствии с пунктами 3.7, 3.8, 3.9 (см.выше).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Методика измерения скорости и объема газов в газоходе

1. Назначение методики

Методика рекомендуется для измерения скорости газа в газоходах, равной 4 м/с и более.

2. Метод измерения

С помощью пневмометрических трубок и микроманометров проводится измерение динамического напора газа $P_д$, представляющего собой разность между полным $P_п$ и статическим $P_с$ напорами, затем - расчет скорости (м/с) газа по формуле

$$\omega = \sqrt{2g \times P_д / \rho_г} \quad , \qquad (1)$$

где $P_д$ - динамический напор газа в данной точке, мм вод.ст.;

$\rho_г$ - плотность газа при рабочих условиях, кг/м^3.

Динамический напор газа определяют по формуле

$$P_д = B \times K \times K' \times \varphi \quad , \qquad (2)$$

где B - отсчет по шкале микроманометра, мм;

K - коэффициент пневмометрической трубки (для трубок конструкции Гинцветмета и НИИОгаза равен 0,48-0,56, а для трубок Пито-Прандтля 0,9-1,0);

K - коэффициент, учитывающий поправку на фактическую плотность спирта, $K' = \rho_ж / \rho_с$ ($\rho_ж$ - плотность жидкости в манометре; $\rho_с$ - плотность спирта для микроманометра);

φ - коэффициент, зависящий от угла наклона измерительной трубки микроманометра.

Плотность газа при рабочих условиях определяют по формуле

$$\rho = 0,359\rho^0 (P+\Delta P)/(273+t) \quad , \qquad (3)$$

где ρ^0 - плотность газа при нормальных условиях (t = 0°С, Р = 0,1013 МПа), кг/м^3;

ΔР - избыточное давление (разрежение) газа в газоходе, мм рт.ст.;

t - температура газа в газоходе, °С;

Р - атмосферное давление, ммрт.ст.

Плотность газа при нормальных условиях рассчитывают по формуле

$$\rho^0 = (am_1/22,4 + bm_2/22,4 + km_n/22,4)/100 , \qquad (4)$$

где m_1, m_2, m_n - значения молекулярной массы компонентов газовой смеси;

a, b, k - концентрации компонентов газовой смеси, %;

22,4 - мольный объем при нормальных условиях, м^3/кмоль.

Если известны значения плотности отдельных компонентов при нормальных условиях $\rho_1^0 + \rho_2^0 + \rho_n^0$, то плотность смеси рассчитывают по формуле

$$\rho_1^0 = (a\rho_1^0 + b\rho_2^0 + \ldots + k\rho_n^0)/100 . \qquad (5)$$

Для приближенных расчетов плотность отработавших газов принимают равной плотности воздуха (1,29 кг/м^3).

Известно, что скорости газа в различных точках сечения газохода неодинаковы, поэтому необходимо предварительно найти коэффициент распределения скоростей по сечению газохода $a_{ср}$, представляющий собой отношение средней скорости $\omega^{ср}$ (м/с) газа в газоходе к скорости по оси ω(м/с)

$$a_{ср} = \omega^{ср}/\omega . \qquad (6)$$

Для определения $\omega^{ср}$ газоход круглого сечения условно разбивают на несколько концентрических колец (рис. 1а). Замеры скорости проводят одновременно в данной точке сечения газохода и по его оси.

Схема установки приборов при измерении скоростей показана на рис.2. Среднюю скорость газа в газоходе определяют по формуле

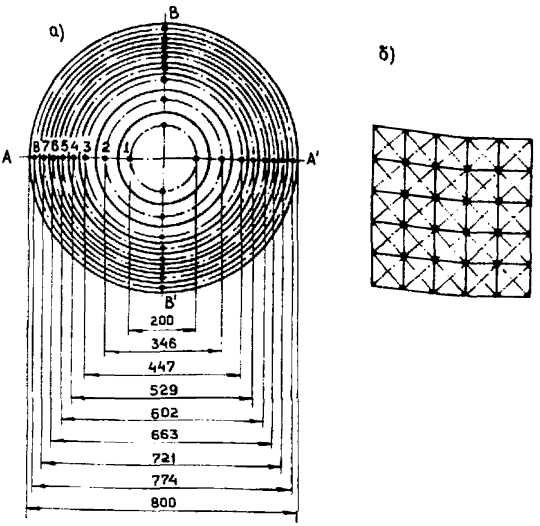


Рис. 1. Схема расположения точек измерения динамического напора газа: а, б - в газоходе круглого и прямоугольного сечения

$$\omega^{ср} = (\omega_{х1} + \omega_{х2} + \ldots + \omega_{хn})/n \quad , \qquad (7)$$

где n - число колец;

$\omega_{х1}$, $\omega_{х2}$ - скорость газа в кольцах, м/с.

На практике для сокращения объема вычислительной работы при расчете скоростей газа в газоходе рекомендуется для определения $a_{ср}$ пользоваться следующими отношениями:

$$a_1 = \omega_{х1}/\omega = \sqrt{P_{х1}/P}; \quad a_2 = \omega_{х2}/\omega = \sqrt{P_{х2}/P} \quad , \qquad (8)$$

где $P_{х1}$, $P_{х2}$, P - измеренные одновременно динамические напоры в соответствующих точках сечения газохода и по его оси, мм вод. ст.;

$$a_{cp} = (a_1 + a_2 + \ldots a_n)/n' , \qquad (9)$$

где n' - число точек измерения.

При одновременных замерах необходимо использовать пневмометрические трубки с одинаковым коэффициентом К и микроманометры одного типа.

Точки замеров динамического напора определяют по формуле

$$D_x = D\sqrt{(2x-1)/2}, \qquad (10)$$

где D_x - диаметр газохода, на котором расположены точки замеров, мм;

x - порядковый номер кольца.

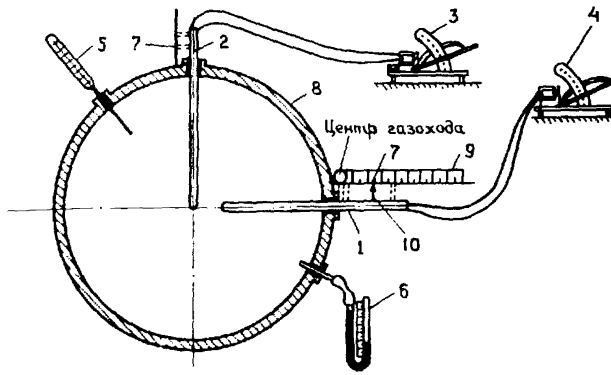


Рис.2. Схема установки приборов при измерении поля скоростей в газоходе: 1,2 - рабочая и контрольная пневмометрические трубки; 3,4 - рабочий и контрольный микроманометры; 5 - термометр; 6 - U-образный манометр; 7 - стальной пруток; 8 - газоход; 9 - - линейка; 10 - указатель

Число колец, на которые разбивают сечение газохода, зависит от характера распределения скоростей газа по сечению. С уменьшением симметричности и равномерности распределения скоростей, а также с увеличением диаметра газохода число колец должно увеличиваться.

Достаточно надежные результаты можно получить при следующих соотношениях числа колец и диаметра трубы:

Диаметр труб, мм	200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000
Число колец	3	4	5	6	8	10

Таблица 1

Диаметры колец, на которых расположены точки замеров (в долях от внутреннего диаметра газохода, принятого за единицу)

Диаметры при числе колец									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,707	0,500	0,409	0,354	0,316	0,290	0,267	0,250	0,236	0,224
-	0,866	0,707	0,612	0,543	0,500	0,466	0,433	0,406	0,388
-	-	0,914	0,790	0,707	0,646	0,597	0,559	0,523	0,500
-	-	-	0,936	0,836	0,764	0,707	0,661	0,624	0,592
-	-	-	-	0,949	0,866	0,805	0,752	0,707	0,671
-	-	-	-	-	0,957	0,855	0,829	0,782	0,741
-	-	-	-	-	-	0,964	0,902	0,851	0,805
-	-	-	-	-	-	-	0,968	0,914	0,866
-	-	-	-	-	-	-	-	0,972	0,922
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,951

Расстояние точек замера для каждого кольца от внутренней стенки газохода определяется по уравнениям

$$L_x = D/2(1-\sqrt{(2x-1)/n}\ ; \qquad (11)$$

Таблица 2

Рекомендуемые расстояния точек замеров от внутренней стенки газохода для газоходов разных диаметров, определенные по формуле (11)

Диаметр газохода, мм	Число колец	Расстояния точек замеров, мм									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	3	59,1	29,3	8,6	-	-	-	-	-	-	-
300	3	88,65	43,95	12,9	-	-	-	-	-	-	-
400	4	129,2	77,6	42,0	12,8	-	-	-	-	-	-
500	5	171,0	114,25	73,25	41,0	12,75	-	-	-	-	-
600	5	205,2	137,1	87,0	49,2	15,3	-	-	-	-	-
700	6	248,5	175,0	123,9	82,6	46,9	15,05	-	-	-	-
800	7	293,2	213,6	161,2	117,2	78,0	58,0	14,4	-	-	-
900	8	337,5	255,15	198,45	152,55	111,6	76,95	44,1	14,4	-	-
1000	9	382,0	297,0	238,5	188,0	146,5	109,0	74,5	43,0	14,0	-
1100	10	426,8	336,6	275,0	224,4	180,9	142,45	107,25	73,7	42,9	26,96
1200	10	465,6	367,2	300,0	244,8	197,4	155,4	117,0	80,4	46,8	29,4
1300	10	504,4	397,8	325,0	265,2	213,85	168,35	126,75	87,1	50,7	31,85
1400	10	543,2	428,4	350,0	285,6	230,3	181,3	136,5	93,8	54,6	34,3
1500	10	582,0	459,0	375,0	306,0	246,75	194,25	146,25	100,5	58,5	36,75
1600	10	620,8	489,6	400,0	326,4	263,2	207,2	156,0	107,2	62,4	39,2

$$L'_x = D/2(1+\sqrt{(2x-1)/n}, \qquad (12)$$

где L_x, L'_x - расстояние от внутренней стенки газохода, соответственно, до ближней и дальней точек замера на данном кольце, мм.

Для упрощения расчетов точек замеров можно пользоваться табл.1, где приведены значения $(2x-1)/n$.

При определении поля скоростей в газоходе одновременно замеряют температуру газового потока, статический напор и атмосферное давление.

Если газоход имеет прямоугольное сечение, его делят линиями, параллельными стенкам газохода, на ряд равновеликих прямоугольников, геометрически подобных всему сечению (рис. 1б). Сторона каждого прямоугольника должна составлять 150-200 мм. Замеры проводят одновременно в двух точках: в точке сечения газохода и на пересечении его осей. Минимальное число точек замеров - три в каждом направлении. После проведения замеров коэффициент скоростей определяют так же, как и в случае круглого газохода.

Для упрощения расчетов расстояний точек замеров от внутренней стенки газоходов разных диаметров можно пользоваться табл.2.

Количество газа, проходящего в газоходе в единицу времени, рассчитывается по средней скорости газа в газоходе и площади его сечения по формуле

$$Q = 3600 \times \omega^{ср} S = 3600 \times \omega \times a_{ср} S , \qquad (13)$$

где Q - объемный расход газа в рабочих условиях, $м^3/ч$;

ω - скорость газа в центре газохода, м/с;

S - площадь сечения газохода, $м^2$.

Во многих случаях объем газа необходимо привести к нормальным условиям

$$Q^0 = 0,36[Q(P \pm \Delta P)/273+t] . \qquad (14)$$

При соблюдении всех правил погрешность измерения составляет $\pm 5\%$.

3. Средства измерений

Для реализации измерения рассматриваемых параметров необходимы следующие средства:

пневмометрические трубки, разработанные Гинцветметом и НИИОгазом (рис. 3), ВТИ, а также трубки Пито-Прандтля (длина трубок должна быть больше ширины сечения газохода примерно на 300 мм; при измерении скоростей газа с двух сторон газохода длину трубки уменьшают на половину линейного размера ширины газохода);

микроманометры (ГОСТ 11161-84);

U-образные манометры;

лабораторные термометры (ГОСТ 915-73Е);

барометр-анероид (цена деления 1 мм рт.ст.);

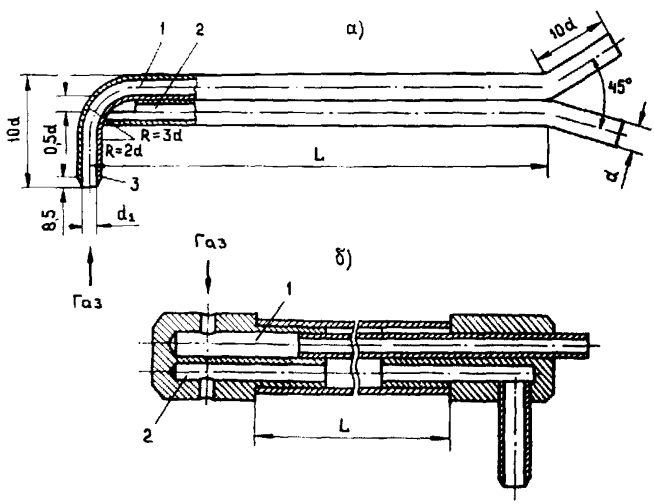


Рис. 3. Пневмометрические трубки конструкции НИИОгаза (а) и Гинцветмета (б); 1,2 - трубки для измерения, соответственно, полного и статического напоров; 3 - наконечник

ареометры общего назначения (ГОСТ 18431 81Е);

этиловый спирт (ГОСТ 18300-72), водный раствор плотностью 0,8095;

резиновые трубки (внутренний диаметр 5-8 мм).

4. Подготовка и проведение измерений

При выборе места измерения скорости газа в газоходах следует руководствоваться следующим: измерения проводят в установившемся потоке газа: место для измерения выбирают на прямолинейном участке газохода; участок должен иметь длину не менее 5-6 диаметров газохода до места замера и 3-4 диаметров после места замера; не следует выбирать место замера вблизи и особенно после задвижек, дросселей, диффузоров, колен и вентиляторов.

На выбранном для измерения участке к газоходу приваривают штуцеры из металлических трубок длиной 40-50 мм с завинчивающимися крышками. На расстоянии 30-70 мм выше штуцера приваривают металлический пруток диаметром 10 мм, длиной 1 м. При отсутствии работ штуцеры должны быть закрыты. На круглом газоходе диаметром менее 1,6 м приваривают два штуцера на концах двух взаимно перпендикулярных диаметров, более 1,6 м - четыре штуцера. На прямоугольном газоходе штуцеры приваривают на одной из стенок газохода.

Плотность спирта в микроманометре проверяют ареометром.

Для нахождения коэффициента распределения скоростей по сечению газоход условно разбивают на ряд равных по площади участков в соответствии с п. 2 настоящей методики.

Одну пневмометрическую трубку устанавливают в газоходе, на нее наносят метку с указателем. На прутке укрепляют линейку. Для установления трубки на заданную глубину в газоходе следует совместить метку на трубке с соответствующим делением линейки. Другую трубку устанавливают в газоходе для измерения динамического напора в центре газохода (см.рис. 3).

Концы пневмометрических трубок, предназначенных для замера полного напора газа, должны быть направлены навстречу газовому потоку в соответствии с рис. 2.

Соединяют пневмометрические трубки с микроманометрами типа ММН 240 резиновыми шлангами. Шланги полного давления при-

соединяют к штуцеру микроманометра со знаком "+", а шланги статического давления к штуцеру со знаком "-".

Для проверки на герметичность соединений собранной схемы в системе создают давление 100-250 мм вод.ст. и закрывают измерительные отверстия пневмометрической трубки. Если система герметична, столбик водного раствора спирта в микроманометре не снижается.

Для проведения замеров оборудование устанавливают в соответствии с рис. 3. Одну пневмометрическую трубку устанавливают в газоходе на расстоянии 3-10 см от центра газохода во избежание касания пневмометрических трубок при работе. Другую трубку перемещают по диаметру газохода сначала от ближней стенки к дальней, а затем наоборот, останавливая ее в каждой измерительной точке. Измерения проводят одновременно. Показания манометров записывают в журнал. Измерения на следующем диаметре газохода выполняют аналогично. Результаты параллельных измерений в каждой точке замера не должны различаться более чем на 15%.

При проведении замеров одновременно измеряют температуру газа и разрежение в газоходе, фиксируют атмосферное давление. Результаты всех измерений записывают в журнал.

На измеряемом участке в газоходе пневмометрическую трубку устанавливают в центре газохода, термометр и U-образный манометр - в соответствии с рис. 2. Пневмометрическую трубку соединяют резиновыми шлангами с микроманометром. Проверяют герметичность приборов.

Замеры проводят в течение 20 мин через 3-5 мин, и результаты усредняют.

5. Обработка результатов измерений

Динамический напор газа в точках измерения рассчитывают по формуле (2). Плотность газа в газоходе при нормальных условиях определяют по формуле (4), а при рабочих условиях по формуле (3). Точки замеров динамического напора определяют по формуле (10). Коэффициент распределения скоростей в газоходе рассчитывают по формулам (8), (9). Скорость газа в центре газохода определяют по формуле (1). Объем газа, проходящего через газоход, при

рабочих условиях определяют по формуле (13), а при нормальных условиях по формуле (14).

Максимальная ошибка при измерении скорости и объема газа в газоходе не должна превышать $\pm$10%.

6. Техника безопасности

При определении скорости и объема газа в газоходах работающие должны быть обеспечены спецодеждой, необходимыми материалами и оборудованием в соответствии с требованиями безопасности проведения указанных работ на предприятии.

Площадки для производства замеров должны быть ограждены перилами и бортовыми листами, согласно требованиям ГОСТ 12.2.062-81 "Общие правила безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности".

Работы на высоте следует проводить в соответствии со СНиП 111-4 80.

Химический анализ должен проводиться в соответствии с ОСТ 48-252-83 "ССБТ. Продукция цветной металлургии. Методы анализа. Общие требования безопасности".

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Перечень средств испытаний и измерений, используемых в *стендовых условиях* завода "Двигатель революции"

Измеряемые параметры	Средства испытаний и измерений	
	Нормативные требования	с фактическими пределами измерений
1	2	3
Климатические условия при испытаниях	Барометр (погрешность ±0,5%) Термометр (погрешность ±2К) Психрометр (погрешность ±5%)	Барометр-анероид МД-19 (предел изм. 600-800 мм рт.ст.) Термометр ТЛЧ (предел от 0 до 50°С) Психрометр МВ-4М (предел изм. от -30 до +50°С)
Крутящий момент агрегата	Гидротормоз (погрешность ± 1,5%)	Гидротормоз марки "Польмер" модель 14 и 2 п 110 То же Л4 То же У6
Частота вращения вала	Тахометр (погрешность ± 2%)	Электронный тахометр ТЭ-01-5 (доп.погр. ±0,5%) Магнитный тахометр ГМ-05, (класс точности 1,5) Датчик оборотов ДОП (доп.погр. ± 1%) Миллиамперметр М325
Разрежение на всасывании турбокомпрессоров	U-образный водяной манометр	U-образный стеклян. водяной манометр ДТ-50 (ТУ 25-01-818-74)

Продолжение таблицы

1	2	3
Давление воздуха после охладителя (в ресивере)	Пружинный манометр (класс точности 1, погрешность ±2,5%)	Пружинный манометр (класс точности 1, доп.погр.±2,5%) U-обр.стеклянный ртутный манометр ДТ-50 (ТУ 25-02-818-74)
Давление отработавших газов после турбокомпрессора	Жидкостной манометр (погрешность ±5%)	U-обр. стеклянный водяной манометр ДТ-50 (ТУ 25-01-818-74)
Расход топливного газа	Не указано	Пружинный образцовый манометр типа МО (ГОСТ 6521-72) U-обр.стеклянный ДТ-50 (ТУ 25-01-818-74) Диафрагма
Максимальное давление сгорания	Манометр 1709 (класс точности 1,5, погрешность ±3%) Индикатор типа 50	Поршневой индикатор "Майгак" (США)
Давление смазочного газа	Пружинный манометр (класс точности 2,5, погрешность ±5%)	Пружинный манометр МТП 100/3-6х2,5 (ГОСТ 8626-77)
Давление в конце сжатия	Индикатор типа 50	Поршневой индикатор "Майгак" (США)

Окончание таблицы

1	2	3
Температура отработавших газов по цилиндрам	Термоэлектрический дизельный комплект ТКД-50М (погрешность ±2,5%)	Термоэлектрический дизельный комплект ТКД-50М (погрешность ±2,5%)
Температура охлаждающей жидкости (вода внутр.контура)	Термометр (погрешность ±4%)	
Температура охлаждающей жидкости (вода наружного контура)	То же	То же
Температура смазочного масла	-"-	-"-
Время измерения	Секундомер	Секундомер "Агат", (класс точности 2, предел измерения 0-30 мин)
Угол опережения зажигания	Стробоскоп	Стробоскоп-прибор для определения угла запаздывания - опережения зажигания

Примечание. Доп.погр. - допустимая погрешность.

Список использованной литературы

1. Типовая инструкция по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности. Л:ГГО им. А.И.Воейкова, 1986.

2. Инструкция по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. - Л.: Госкомприроды СССР, 1990.

3. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метрологические факторы загрязнения, промышленные выбросы.

4. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнений.

5. РД 52.04.59-85. Руководящий документ. Охрана природы. Атмосфера. Требования к точности контроля промышленных выбросов. Методические указания. - М., 1986.

6. ГОСТ 17.0.002-79. Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы. Основные положения.

7. ГОСТ 10448-80. Дизели судовые, тепловодные и промышленные. Приемка. Методы испытаний.

8. ГОСТ 24585-81. Дизели судовые, тепловодные и промышленные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения.

9. ГОСТ 17.2.2.05-86. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами тракторных и комбайновых дизелей.

10. ГОСТ 124.021.-76 Системы вентиляционные. Общие требования.

11. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения в атмосферу. Часть 2. С-Петербург, 1992.

12. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.

13. ГОСТ 12.1.004-85. Пожарная безопасность. Общие требования.

14. Технический отчет по договору N 631. Разработка рекомендаций заводам-изготовителям по экологическим требованиям в технические условия на поставку газомотокомпрессоров. - М.: НТЦ "Кайван", 1992.

15. Современные поршневые газоперекачивающие агрегаты и энергетические установки с поршневыми ДВС. - М.: ВНИИгаз, 1977.

16. РД 51-162-92. Каталог удельных выбросов загрязняющих веществ газотурбинных установок газоперекачивающих агрегатов. - М.: ИРЦ Газпром, 1993.

17. Сборник временных инструкций по измерению, учету и контролю выбросов оксидов азота и углерода на объектах транспорта и использования газа. - М.: ИРЦ Газпром, 1993.

18. Методы расчета теплофизических свойств газов и жидкостей. - М.: Химия, 1974.

19. Технический отчет N 116-63 межведомственных испытаний опытно-промышленного образца газомотокомпрессора 10 ГКМ 1/25-55 с газотурбинным наддувом мощностью 1500 л.с. при 300 об/мин (з-д "Двигатель революции). - Горький, 1963.

20. Технический отчет N 33-70/сквт по заводским испытаниям опытно-промышленного образца газомотокомпрессора МК-8/(25--43)-56 (з-д "Двигатель революции"). - Горький. 1970.

21. Отчет о НИР по договору N 6. Проведение анализов выхлопных газов ГМК для определения содержания вредных веществ. - М.: "Экосервис", 1992.

22. Технический паспорт на экспериментальный стенд (з-д "Двигатель революции"). - Н-Новгород, 1992.

23. Правила 28-64. Измерения расхода жидкостей, газов и паров стандартными диафрагмами и соплами. - М.: Изд-во Стандартов, 1980.

Ответственный за выпуск О.Я.Ульрих
Компьютерная верстка Н.П.Архиповой

Подписано в печать 21.06.1995. Формат 60X84/16. Офсетная печать. Усл.печ.л.2,75. Уч.-изд.л.2,8. Тираж 400 экз. Заказ 269.

Ротапринт ИРЦ Газпром. Адрес: 109172, Москва, ул.Народная, 4, тел.: 912-63-16

gost.e-ecolog.ru