ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-038-2005

gost.e-ecolog.ru

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ»

Общество с ограниченной ответственностью
«Информационно-рекламный центр газовой промышленности»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОАО «ГАЗПРОМ»

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

СТО Газпром 2-3.5-038-2005

ОКС 13.040.40

Дата введения — 2005-12-15

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ»

2 ВНЕСЕН Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Распоряжением ОАО «Газпром» от 30 августа 2005 г. № 205

4 ВВОДИТСЯ ВЗАМЕН РД 51-164-92 «Временная инструкция по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях»

Введение

Инструкция является переработанным и дополненным изданием РД 51-164-92 «Временная инструкция по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях» с учетом:

- многолетнего опыта использования РД 51-164-92;
- требований ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001. Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ;
- современной номенклатуры газотурбинных газоперекачивающих агрегатов.

Стандарт разработан авторским коллективом ООО «ВНИИГАЗ» в составе:

к.т.н. В.А. Щуровский, к.т.н. Ю.Н. Синицын, А.В. Черемин, В.И. Корнеев, Г.С. Степанова (лаборатория газотурбинной техники и технологии);

к.т.н. Г.С. Акопова, Л.В. Шарихина, Н.Ю. Круглова (лаборатория защиты окружающей среды).

1 Область применения

Настоящий стандарт предназначен для определения показателей выброса вредных (загрязняющих) веществ, содержащихся в отработавших (выхлопных) газах газотурбинных

установок (ГТУ), и оценки их соответствия требованиям нормативных документов.

Стандарт предназначен для организации и проведения периодических экологических испытаний газотурбинных установок на объектах дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром». Стандарт рекомендуется использовать при проведении приемочных испытаний новых типов газотурбинных установок, а также оценки эффективности модернизаций газотурбинных установок в целях снижения выбросов загрязняющих веществ

Примечание - Технические условия (ТУ) по перечню ГПА и ГТУ (двигателей) данного СТО находятся в ООО «ВНИИГАЗ»

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового хозяйства. Технические условия.

ГОСТ 28775-90 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом Общие технические условия.

ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001 Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ.

СТО ГАЗПРОМ-2005 Каталог удельных выбросов вредных веществ газотурбинных газоперекачивающих агрегатов.

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и по соответствующим указателям, составленным на 1 января текущего года, и информационным указателям, опубликованным в текущем году Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями, условные обозначения основных расчетных параметров и сокращения.

3.1 Термины и определения

3.1.1 концентрация C_i, мг/м^3: Масса компонента i, содержащаяся в 1 м^3 сухого отработавшего газа при 0 °С и 0,1013 МПа (ГОСТ Р ИСО 11042-1).

3.1.2 приведенная концентрация C_i^{15}, мг/м^3: Приведенная к 15 % содержания кислорода (по объему) масса компонента i, содержащаяся в 1 м^3 сухого отработавшего газа при 0 °С и 0,1013 МПа и вычисляемая по формуле

$$C_i^{15} = C_i \cdot \frac{20,95 - 15}{20,95 - O_2}, \qquad (3.1)$$

где O_2 — объемная концентрация кислорода в осушенном отработавшем газе, %.

3.1.3 мощность выброса M_i, г/с: Массовое количество выброса компонента i с отработавшими газами в единицу времени, вычисляемое по формуле

$$M_i = C_i \cdot Q_2 \cdot 10^{-3}, \qquad (3.2)$$

где Q_2 - объемный расход сухих отработавших газов газотурбинной установки при 0 °С и 0,1013 МПа, м^3/с.

3.1 4 параметры номинального режима газотурбинных газоперекачивающих агрегатов: Параметры при номинальной мощности по ТУ и стандартных станционных условиях: температуре воздуха на входе в двигатель +15 °С, барометрическом давлении 0,1013 МПа, относительной влажности 60 %, с учетом гидравлических сопротивлений входного и выходного трактов, без технологических отборов воздуха, при отсутствии утилизационного теплообменника (ГОСТ 28775).

Примечания

1 Параметры номинального режима газотурбинных газоперекачивающих агрегатов приведены в таблице А 1 (Приложение А), СТО ГАЗПРОМ, 2005

2 Для других типоразмеров газотурбинных установок, а также при их модернизации параметры номинального режима определяются технической документацией (техническим заданием, техническими условиями, техническими спецификациями и др), утвержденной в установленном порядке

3.2 Сокращения

В(З)В — вредное (загрязняющее) вещество,
ГПА — газоперекачивающий агрегат;
ГТУ — газотурбинная установка;
КПД — коэффициент полезного действия;
КС — камера сгорания,
НД — нормативный документ
СТ — силовая турбина;
ТВД — турбина высокого давления.

4 Основные положения

4.1 Стандарт разработан применительно к использованию переносных газоанализаторов типа «Testo», «IMR», «ДАГ» [1] и других газоанализаторов, а также при использовании методов анализа проб продуктов сгорания, обеспечивающих требования ГОСТ Р ИСО 11042-1.

4.2 В качестве топливного газа ГТУ используют природный газ, перекачиваемый по газопроводам и подаваемый потребителям по ГОСТ 5542, который практически не содержит соединений серы. Поэтому при измерении концентрации ангидрида серы (SO_2) получают значения, близкие к нулю, и данный компонент не является предметом контроля и учета в номенклатуре В(З)В.

4.3 Камеры сгорания современных ГТУ (КПД 98,5-99,5 %) обеспечивают высокий уровень полноты сгорания топлива. Поэтому содержание несгоревших углеводородов (в частности, метана), как правило, находится в пределах точности средств измерения. Концентрацию несгоревших углеводородов в отработавших газах определяют по ПНД Ф 13.1:2.26-99 [2] либо по другой методике количественного химического анализа, утвержденной в установленном порядке.

4.4 Основными компонентами продуктов сгорания для контроля являются оксиды азота и оксид углерода.

Концентрацию оксидов азота NO_x определяют как сумму оксида азота NO и диоксида азота NO_2 в пересчете на NO_2 (ГОСТ Р ИСО 11042-1).

Допускается принимать содержание диоксида азота NO_2 в сумме оксидов азота NO_x в отработавших газах на срезе выхлопной трубы (шахты) 10% для регенеративных ГТУ и 5% для безрегенеративных ГТУ.

4.5 Номинальные значения концентраций и мощности выбросов оксидов азота NO_x близки (в пределах 5 %) к максимальным значениям этих параметров на всех возможных эксплуатационных режимах.

4.6 Номинальные значения концентрации и мощности выброса оксида углерода установлены таким образом, чтобы они были близки к максимальным значениям этих параметров в диапазоне эксплуатационных нагрузок от 70 до 100 %.

5 Организация измерений

5.1 Подготовку мест для отбора проб отработавших газов производят на остановленном газоперекачивающем агрегате.

5.2 Отбор проб продуктов сгорания производят через отверстия диаметром 12 мм в выхлопной трубе (шахте) ГТУ.

5.3 Сечение отбора проб должно удовлетворять следующим требованиям ГОСТ Р ИСО 11042-1:

- представительность отбора проб (как правило, обеспечивают измерением поля концентраций для данного типа ГТУ);
- удобство и безопасность проведения отбора проб;
- отсутствие эжекции воздуха в отработавших газах.

Эксплуатируемый парк ГТУ в основном оснащен местами отбора отработавших газов в соответствии с РД 51-164-92 [3]. Новые агрегаты поставляются со штатным местом отбора проб отработавших газов. Представительная точка отбора, как правило, соответствует глубине размещения зонда от 300 до 500 мм.

5.4 Не допускается отбор проб в сечении выброса отработавшего газа в атмосферу, так как при этом возможно подмешивание к пробе атмосферного воздуха (ГОСТ Р ИСО 11042-1).

5.5 Допускается отбор проб в сечениях до или после регенераторов (рекуператоров) и (или)

котлов-утилизаторов при их наличии в составе ГТУ.

5.6 При двухпоточной выхлопной системе (агрегаты типа ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6, ГТК-10, ГТНР-16, ГТК-25ИР, ГТНР-25И) измерения проводятся в каждом выхлопном газоходе, а результаты измерений осредняются.

5.7 Используемый газоанализатор должен иметь действующее свидетельство о поверке и документ, подтверждающий его соответствие требованиям безопасности

6 Объем и условия проведения измерений; измеряемые параметры

6.1 Для оценки соответствия данных содержания В(З)В сухого отработавшего газа нормативным данным должна быть обеспечена возможность работы ГТУ (нагрузка) на рабочих режимах в пределах ограничений, предусмотренных инструкцией по эксплуатации или по условиям работы газопровода.

6.2 В отработавших газах ГТУ проводят измерения концентраций:

- оксидов азота NO_x (включая определение соотношения оксида азота и диоксида);
- оксида углерода CO;
- кислорода O_2;
- диоксида углерода CO_2.

Одновременно на режимах испытаний проводят регистрацию основных теплотехнических параметров ГТУ.

Типовой перечень измеряемых параметров приведен в таблице Б.1 (Приложение Б).

6.3 Измерения концентраций В(З)В в отработавших газах осуществляют согласно инструкции по эксплуатации используемого газоанализатора.

6.4 Измерения параметров, как правило, проводят на нескольких режимах (не менее трех) в диапазоне нагрузок от 70 % до максимальной, определяемой условиями испытаний.

Для оценки текущих параметров выброса В(З)В измерения проводят на штатном эксплуатационном режиме.

6.5 Допускается проведение экстраполяции полученных результатов до номинального режима (испытания при отрицательных температурах и/или незначительном изменении загрузки) с помощью типовой экологической характеристики агрегата.

6.6 Измерения проводят на установившихся режимах, т.е. когда отклонения основных параметров (температуры отработавшего газа и воздуха, частоты вращения) не превышают 1 %, концентрации NO, NO_2, CO не превышают ±2 ppm, O_2, CO_2 не превышают ±0,1 %.

6.7 При незначительных отклонениях измеренных концентраций В(З)В от средних значений замеры на одном режиме повторяют не менее трех раз, принимая для дальнейших расчетов их среднеарифметическую величину. В противном случае число необходимых замеров увеличивают (в соответствии с правилами статистической обработки результатов) и случайно выпавшие значения отбрасывают.

7 Обработка результатов измерений

7.1 Для каждого режима испытаний результаты измерений концентраций В(З)В приводят к основной единице измерений — мг/м^3 — по соотношениям:

- диоксид азота NO_2: 1 ppm (объемные доли на миллион) = $1 \cdot 10^{-4}$ % = 2,053 мг/м^3;
- оксид азота NO: 1 ppm = $1 \cdot 10^{-4}$ % = 1,339 мг/м^3;
- оксид углерода CO: 1 ppm = $1 \cdot 10^{-4}$ % = 1,250 мг/м^3.

7.2 Определяют приведенные (15 % O_2) концентрации загрязняющих выбросов C_i^{15} согласно формуле (3.1).

7.3 Определяют мощность выбросов В(З)В.

7.3.1 Вычисляют коэффициент соотношения сухих и влажных продуктов сгорания

$$K_e = \frac{89,5}{110,5 - O_2}, \qquad (7.1)$$

где O_2 — измеренная концентрация кислорода в пробе, %.

7.3.2 Вычисляют расход сухих отработавших газов на срезе выхлопной шахты (трубы) Q_2, м^3/с:

- для всех типов ГТУ с нерегулируемой силовой турбиной

$$Q_2 = Q_2^0 \left(\frac{P_4}{P_4^0}\right)^{0.8} \cdot \left(\frac{288}{T_3}\right)^{0.5} \cdot \frac{P_a}{0,1013} \cdot K_e; \qquad (7.2)$$

- для ГТУ с регулируемой силовой турбиной (ГТК-10И, ГТК-10ИР, PGT-10, ГТК-25И, ГТК-25ИР, ГТНР-25И (В), ГТНР-25И (С))

$$Q_2 = 0{,}97 \cdot Q_2^0 \cdot \overline{n}_{ТВД} \cdot \frac{288}{T_3} \cdot \frac{P_\alpha}{0{,}1013} \cdot K_в ; \qquad (7.3)$$

где Q_2^0 (м^3/с) и P_4^0 (МПа) — соответственно, расход отработавших газов и абсолютное давление за осевым компрессором ГТУ на номинальном режиме;

T_3 — температура перед компрессором ГТУ на режиме испытаний, К;

P_α — барометрическое давление, МПа;

P_4 — абсолютное давление за компрессором ГТУ, МПа;

$K_в$ — коэффициент соотношения объемных расходов сухого и влажного отработавшего газа;

$\overline{n}_{ТВД}$ — относительная частота вращения осевого компрессора ГТУ (отношение фактической частоты вращения компрессора к ее номинальной величине);

0,97 — поправка на техническое состояние ГТУ.

Погрешность определения расхода отработавших газов по формулам (7.2), (7.3) составляет ±(4÷6)%.

7.3.3 Вычисляют мощность выброса оксидов азота и оксида углерода согласно формуле (3.2)

7 4 Производят оценку соответствия показателей выбросов требованиям НД.

7.4.1 Строят графические зависимости концентраций оксидов азота (C_{NO_x} и $C^{15}_{NO_x}$) и оксида углерода (C_{CO} и C^{15}_{CO}) от температуры отработавших газов, используемой в качестве штатного измерения.

Примечание — При необходимости проводят экстраполяцию графиков до температуры, соответствующей номинальной температуре отработавших газов для данного типа ГТУ Значения номинальных температур отработавших газов $T^0_{шт}$ по типам агрегатов приведены в таблице А 1 (Приложение А)

7.4.2 По графикам $C_{NO_x} = f(T_{шт})$ по величине номинальной температуры отработавших газов $T^0_{шт}$ вычисляют физическую $C_{NO_{x_0}}$ и приведенную $C^{15}_{NO_{x_0}}$ концентрацию оксидов азота на номинальном режиме.

По графику $C_{CO} = f(T_{шт})$ определяют среднее арифметическое значение концентраций C_{CO_0} и $C^{15}_{CO_0}$ (по трем точкам при максимальном, минимальном и среднем значениях температур отработавших газов в измеренном диапазоне).

7.4 3 Определяется соответствие приведенных концентраций $C^{15}_{NO_x}$ и C^{15}_{CO} (по 7.3.2) на номинальном режиме нормативным данным, %, по формуле

$$K_i = \left(\frac{C^{15}_{i_0}}{C^{15^0}_i} - 1 \right) \cdot 100, \qquad (7.4)$$

где $C^{15}_{i_0}$ — приведенная фактическая концентрация на номинальном режиме;

$C^{15_0}_i$ — приведенная номинальная концентрация в соответствии с нормативной документацией данного типа ГТУ (принимается по таблице А.1).

Если K_i не превышает ±10 %, то концентрация компонента i-го вредного вещества агрегата соответствует нормам НД и принимается за номинал для данной ГТУ впредь до очередных контрольных испытаний

Если K_i превышает ±10 %, то при проведении вычислений согласно действующим инструкциям по учету валовых выбросов В(З)В вносят соответствующую корректировку для данного ГПА (или усредненно для цеха).

7.5 Алгоритм и пример обработки измеренных параметров приведены в таблице В.1 и на рисунках В.1 и В.2 (Приложение В) по результатам испытаний агрегата ГПА-Ц-18 на четырех режимах (первый режим в данном случае является текущим штатным режимом).

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 — Номинальные значения показателей ГПА

Тип ГПА (тип двигателя)	Абсолютное давление за компрессором высокого давления P_4^0, МПа	Расход отработавших газов на срезе выхлопной трубы Q_2^0, м^3/с	Температура по тракту ГТУ $T_{шт}^0$		Приведенная концентрация В(З)В		Мощность выброса		Концентрация кислорода O_2, %
			штатная точка измерения	значение K	оксидов азота $C_{NO_x}^{15_0}$, мг/м^3	оксида углерода $C_{CO}^{15_0}$, мг/м^3	оксидов азота $M_{NO_x}^0$, г/с	оксида углерода M_{CO}^0, г/с	
«Центавр Т-3002»	0,87	12,9	Перед СТ	883	195	70	1,67	0,60	16,8
«Центавр Т-4500»	0,99	14,3	Перед СТ	948	150	70	1,45	0,68	16,7
«Центавр Т-4700»	1,01	14,5	Перед СТ	949	90	70	0,91	0,71	16,6
«Таурус-60S»	1,21	17,0	После СТ	761	50	30	0,69	0,41	15,9
ГПА-4РМ	1,21	17,2	Перед СТ	860	130	130	1,35	1,35	17,2
ГТ-700-5	0,39	35,4	Перед ТВД	973	490	180	6,93	2,55	18,5
ГТК-5	0,39	35,4	Перед ТВД	973	490	180	6,90	2,53	18,6
ГТ-750-6	0,46	45,7	Перед ТВД	1023	180	110	3,33	2,03	18,5
ГТ-750-6М («Дон» 1-3)	0,46	45,6	Перед ТВД	1023	290	90	4,83	1,50	18,8
ГТ-6-750	0,57	37,1	После СТ	688	135	100	2,81	2,08	17,5
ГТН-6	0,57	37,1	После СТ	688	150	245	3,28	5,35	17,3
ГТН-6У	1,21	25,4	После СТ	683	150	150	2,58	2,58	16,8
ГПА-Ц-6,3 (НК-12СТ)	0,89	46,7	Перед СТ	753	140	300	3,06	6,55	18,0
ГПА-Ц-6,3 А (Д-336)	1,60	25,3	Перед СТ	883	150	300	2,62	5,24	16,7
ГПА-Ц-6,3 С (ДТ-71)	1,34	23,6	Перед СТ	917	150	300	2,58	5,16	16,4
ГПА-Ц-6,3 Б (НК-14СТ)	0,97	28,2	Перед СТ	913	150	300	2,71	5,42	16,8
ГПА-Ц-8 Б (НК-14СТ)	1,06	29,1	Перед СТ	988	150	300	3,33	6,66	16,2
ГПА-Ц-10Б (НК-14СТ-10)	1,06	29,2	Перед СТ	780	150	300	3,78	7,56	15,5
ГТК-10, ГТК-10М[1)]	0,44	66,5	Перед ТВД После СТ	1053 813	180/60	60/180	5,16/1,72	1,72/5,16	18,3
ГПУ-10 (ДР-59)	1,01	67,6	После ТВД	833	145	60	4,37	1,81	18,1
ГТК-10И (MS-3002)	0,71	40,6	После СТ	806	230	60	7,61	1,91	15,8
ГТК-10ИР (MS-3002)	0,73	40,7	После СТ	816	230	150	5,51	3,59	17,3
PGT-10	1,40	33,2	После СТ	745	150	100	3,97	2,64	16,0
ГПА-10«Урал», ГПА-10ПХГ «Урал» (ПС-90ГП-3)	1,44	34,4	Перед СТ	953	100	100	2,65	2,65	16,1
ГПА-12 «Урал», ГПА-12Р «Урал», ГПА-Ц-12Р «Урал» (ПС-90ГП-1)	1,55	36,8	Перед СТ	1010	150	100	4,40	2,94	16,0
«Коберра» 182 («Эйвон»)	0,90	60,7	Перед СТ	898	200	210	7,81	8,20	17,0

ГТН-16	1,15	67,4	После СТ	681	250	280	11,80	12.85	16,7
ГТН-16М-1	1,16	66,4	После СТ	693	150	300	6,44	12,88	16,9
ГПУ-16, ГПА-16-МЖ (ДЖ-59)	1,27	76,2	Перед СТ	913	150	80	6,66	3,55	17,4
ГПА-Ц-16 (НК-16СТ)	0,98	80,5	Перед СТ	823	150	300	7.26	14,52	17,2
«Коберра-16МГ» ГПА-16МГ (ДГ-90)	1,90	54,8	После ТВД	893	150	300	5,87	11,75	16,5
ГПА-Ц-16С, ГПА-16ДГ «Урал»[2] (ДГ-90)	1,90	54,8	После ТВД	893	150/80	300/150	5,87/3,13	11,75/5,87	16,5
ГПА-16 «Урал», ГПА-16Р «Урал», ГПА-Ц-16Р «Урал», ГПУ-16Р «Урал» (ПС-90ГП-2)	2,01	47,3	После СТ	782	150	100	5,50	3,67	16,1
ГПА-Ц-16 НК 38, ГПА-16 «Волга» (НК-38СТ)	2,60	42,8	Перед СТ	1033	150	150	5,47	5,47	15,6
ГПА-Ц-16АЛ ГПА-16Р «Уфа» PGT-21S, ГПА-16 «Нева», ГПА-16АЛ «Урал»[3] (АЛ-31СТ)	1,76	51,2	Перед СТ	1043	150/110	300/300	5,62/4,12	11,25/11,25	16,4
ГТНР-16	0,71	72,2	После СТ	823	80	100	3,29	4,17	17,4
ГПА-Ц-18, ГПА-18НК «Урал» (НК-16-18СТ)	0,95	79,1	Перед СТ	863	140	100	7,13	5,09	17,0
ГТН-25-1	1,30	80,2	После СТ	773	400	500	26,65	33,31	15,7
ГТН-25	1,12	117,4	После СТ	701	180	480	14,66	39,08	16,6
ГПА-25/76-ДН80Л, ГПА-25ДН «Урал»[4] (ДН-80)	2,18	68,1/68,3	Перед СТ	1033	150/80	300/150	9,04/4,75	18,09/8,91	15,4/15,5
ГПА-Ц-25, ГПА-25 НК, ГПА-«Нева 25» (НК-36СТ)	2,31	79,2	Перед СТ	973	150	300	9,04	18,08	16.2
ГТК-25И (MS 5002)	0,82	92,5	После СТ	764	175	50	12,56	3,59	16,1
ГТК-25ИР (MS 5002), ГТНР-25И (В) (MS 5322 R(B))	0,85	89,0	После СТ	775	230	130	12,31	6,96	17,2
ГТНР-25 И (С) (MS 5322 R(C))	0,87	93,2	После СТ	795	235	130	13,59	6,92	17,1

[1] — модернизированная камера сгорания (ОАО «ОРМА», НПП «ЭСТ» / НПФ «Теплофизика»)
[2] — штатная/малоэмиссионная камера сгорания
[3] и [4] — штатная/малоэмиссионная камера сгорания

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б 1 — Типовой перечень измеряемых параметров

Параметры	Обозначения	Единица измерения	Примечание
Барометрическое давление	P_α	МПа	Данные метеостанции или барометр-анероид
Температура атмосферного воздуха	t_a	°С	САУ агрегата
Относительная влажность атмосферного воздуха	φ	%	Данные метеостанции
Температура воздуха на входе в компрессор	t_3	°С	САУ агрегата. При отсутствии замера рассчитывается по формуле $t_3 = t_a + 2{,}5$ °С
Температура отработавших газов в штатной точке измерения (табл. А.1)	$t_{шт}$	°С	САУ агрегата
Частота вращения компрессора высокого давления	$n_{ВД}$	об/мин	То же
Частота вращения компрессора низкого давления	$n_{НД}$	об/мин	—«—
Частота вращения силовой турбины	$n_{СТ}$	об/мин	—«—
Избыточное давление воздуха за компрессором высокого давления	P_4	МПа	—«—
Объемные доли или процентное содержание компонентов и В(З)В:			
Оксид азота	NO	ppm	Переносной газоанализатор
Диоксид азота	NO_2	ppm	То же
Оксид углерода	CO	ppm	—«—
Кислород	O_2	%	—«—
Диоксид углерода	CO_2	%	—«—

Примечание — В качестве штатной точки измерения температуры отработавших газов могут быть использованы сечения перед ТВД, перед или после СТ и др

Приложение В
(справочное)

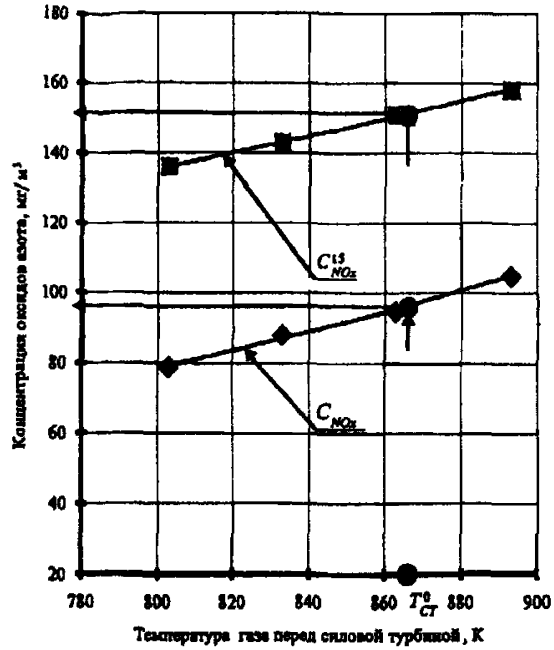
Алгоритм и пример обработки результатов испытаний газотурбинного агрегата ГПА-Ц-18

Таблица В.1 — Результаты испытаний газотурбинного агрегата ГПА-Ц-18

Параметр	Обозначение	Размерность	Формула или источник	Режимы			
				1	2	3	4
Барометрическое давление воздуха	P_α	МПа	Замер	0,0998			
Температура атмосферного воздуха	t_a T_a	°С К	То же $t_a + 273$	22,1 295,1	22,1 295,1	22,3 295,3	22,3 295,3
Относительная влажность	φ	%	Замер	50,9	51,4	52,3	52,8
Температура	t_3	°С	Тоже	21,7	21,8	22,0	21,9

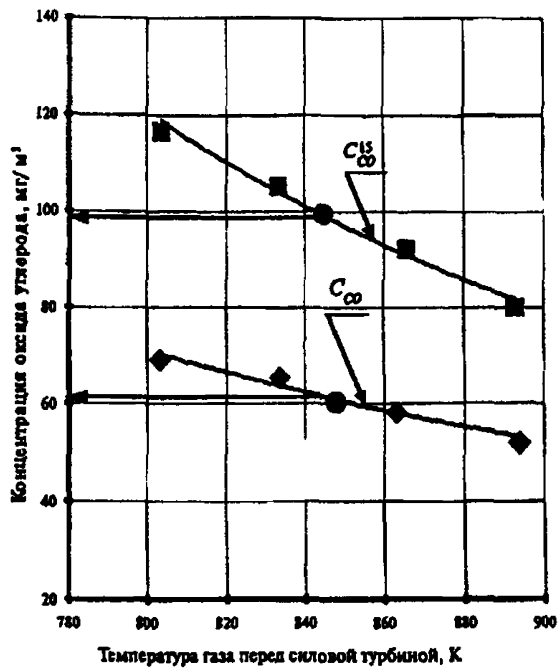
воздуха на входе в компрессор	T_1	К	$t_1 + 273$	294,7	294,8	295,0	294,9
Температура отработавших газов перед СТ	t_2 T_2	°С К	Замер $t_2 + 273$	590 863	620 893	560 833	530 803
Частота вращения силовой турбины	$n_{СТ}$	об/мин	Замер	5109	5301	4895	4672
Частота вращения компрессора низкого давления	$n_{КНД}$	об/мин	Тоже	5316	5428	5189	5060
Частота вращения компрессора высокого давления	$n_{КВД}$	об/мин	—«—	6844	6951	6726	6612
Давление воздуха за компрессором:							
- избыточное	P_4	МПа	Замер	0,8689	0,9150	0,8179	0,7698
- абсолютное	P_4	МПа	$P_4 + P_\alpha$	0,9687	1,0148	0,9177	0,8696
Концентрация в сухих *отработавших* газах:							
- оксида азота	NO	ppm	Замер	43	48	39	34
- диоксида азота	NO_2	ppm	То же	3,3	3,1	3,8	4,5
- оксида углерода	CO	ppm	—«—	38	34	44	47
- диоксида углерода	CO_2	%	—«—	2,2	2,3	2,1	2,0
- кислорода	O_2	%	—«—	17,2	17,0	17,3	17,5
- оксидов азота	C_{NO_x}	мг/м^3	$2{,}053\cdot(NO+NO_2)$	95	105	88	79
- оксида углерода	C_{CO}	мг/м^3	$1{,}250\cdot CO$	59	53	65	68
Приведенная концентрация (при 0 °С, 0,1013 МПа и 15% O_2) в сухих отработавших газах:							
- оксидов азота	$C^{15}_{NO_x}$	мг/м^3	$\frac{20{,}95-15}{20{,}95-O_2}\cdot C_{NO_x}$	151	158	143	136
- оксида углерода	C^{15}_{CO}	мг/м^3	$\frac{20{,}95-15}{20{,}95-O_2}\cdot C_{CO}$	94	80	106	117
Коэффициент *соотношения* объемных расходов сухого и влажного отработавших газов	$K_в$	—	$\frac{89{,}5}{110{,}5-O_2}$	0,958	0,957	0,960	0,962
Расход сухих отработавших газов	Q_2	м^3/с	$Q_2^o\cdot\left(\frac{P_4}{P_4^0}\right)^{0{,}8}\cdot\left(\frac{288}{T_3}\right)^{0{,}5}\cdot\frac{P_\alpha}{0{,}1013}\cdot K_в$	74,9	77,6	71,8	68,9
Мощность выброса:							
- оксидов азота	M_{NO_x}	г/с	$C_{NO_x}\cdot Q_2\cdot 10^{-3}$	7,1	8,1	6,3	5,4

- оксида углерода	M_{CO}	г/с	$C_{CO} \cdot Q_2 \cdot 10^{-3}$	4,4	4,1	4,7	4,7
Номинальные значения параметров: - абсолютное давление за компрессором высокого давления	P_4^0	МПа	Таблица А.1	0,95			
- температура отработавших газов перед СТ	T_{cm}^0	К	То же	863			
- расход отработавших газов	Q_2^0	м^3/с	—«—	79,1			
Концентрация В(З)В в сухих отработавших газах: - оксидов азота	$C_{NO_{x0}}$	мг/м^3	п. 7.3.2, рисунок В 1	96			
- оксида углерода	C_{CO_0}	мг/м^3	п 7.3.2, рисунок В.2	61			
Приведенная концентрация в сухих отработавших газах: - оксидов азота	$C_{NO_{x0}}^{15}$	мг/м^3	п. 7.3.2, рисунок В.1	151			
- оксида углерода	$C_{CO_0}^{15}$	мг/м^3	п. 7.3.2, рисунок В.2	99			
Величина нормативной приведенной концентрации: - оксидов азота	$C_{NO_x}^{15_0}$	мг/м^3	Таблица А.1	140			
- оксида углерода	$C_{CO}^{15_0}$	мг/м^3	Таблица А.1	100			
Коэффициент соответствия нормативной концентрации: - оксидов азота	K_{NO_x}	%	$\left(\frac{C_{NO_{x0}}^{15}}{C_{NO_x}^{15_0}} - 1\right) \cdot 100$	+7,9			
- оксида углерода	K_{CO}	%	$\left(\frac{C_{CO_0}^{15}}{C_{CO}^{15_0}} - 1\right) \cdot 100$	-1,0			



C_{NO} — измеренная, $C^{15}_{NO_x}$ — приведенная

Рисунок В.1 — Концентрация оксидов азота в отработавших газах агрегата ГПА-Ц-18



C_{CO} - измеренная, C^{15}_{CO} — приведенная

Рисунок В.2 — Концентрация оксида углерода в отработавших газах агрегата ГПА-Ц-18

Пример — Обработка результатов испытаний газотурбинного агрегата ГПА-Ц-18.

Алгоритм и пример обработки измеренных параметров приведены в таблице В.1 и на рисунках В.1 и В.2 по результатам испытаний агрегата ГПА-Ц-18 на четырех режимах (первый режим в данном случае является текущим штатным режимом).

Результаты испытаний показывают, что у обследованного агрегата номинальные значения концентраций оксидов азота (рисунок В.1) и оксида углерода (рисунок В.2) составляют, соответственно, 151 и 99 мг/м^3.

Сравнивая эти значения с данными таблицы А.1 (Приложение А), получаем

$$K_{NO_x} = \left(\frac{151}{140} - 1\right) \cdot 100 = 7{,}9\%;$$

$$K_{CO} = \left(\frac{99}{100} - 1\right) \cdot 100 = -1\%,$$

т.е. обследованный агрегат по приведенным концентрациям оксидов азота и углерода в отработавших газах соответствует показателям НД, приведенным в таблице А.1 (Приложение А) Таким образом, при проведении вычислений выбросов В(З)В номинальные значения оксидов азота и углерода допускается принимать по данным таблицы А.1 (Приложение А).

Согласно результатам испытаний газотурбинного агрегата ГПА-Ц-18, приведенным в таблице В.1, мощность выброса на текущем штатном режиме составляет по оксидам азота M_{NO_x} = 7,1 г/с и оксиду углерода M_{CO} = 4,4 г/с.

Библиография

[1] Инструкции по эксплуатации газоанализаторов типа «Testo», «IMR», «ДАГ».

[2] Перечень методик выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий. — НИИ «Атмосфера» МПР России, 2001 (в т.ч. ПНД Ф 13.1:2.26-99 «Методика выполнения измерений массовой концентрации предельных углеводородов C_1-C_5, C_6 и выше (суммарно), в воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хромотографии»).

[3] РД 51-164-92 «Временная инструкция по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях, ВНИИГАЗ».

Ключевые слова: инструкция, выбросы, контрольные измерения, вредные (загрязняющие) вещества, отработавшие (выхлопные) газы, газотурбинные установки ГПА

Содержание

Введение

1 Область применения

2 Нормативные ссылки

3 Термины, определения и сокращения

4 Основные положения

5 Организация измерений

6 Объем и условия проведения измерений; измеряемые параметры

7 Обработка результатов измерений

Приложение А (справочное) Номинальные значения показателей ГПА

Приложение Б (обязательное) Типовой перечень измеряемых параметров

Приложение В (справочное) Алгоритм и пример обработки результатов испытаний газотурбинного агрегата ГПА-Ц-18

Библиография

gost.e-ecolog.ru