ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ВНИИГАЗ)

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

РД 51-164-92

МОСКВА 1992

gost.e-ecolog.ru

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ВНИИГАЗ)

СОГЛАСОВАНО

ЗАМ.МИНИСТРА ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

_____ Н.Г.РЫБАЛЬСКИЙ

"15" мая 1992 г.

ЗАМ.ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ГАЗОВОГО КОНЦЕРНА "ГАЗПРОМ"

_____ Р.И.ВЯХИРЕВ

"30" мая 1992 г.

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

РД 5I-I64-92

ДИРЕКТОР ВНИИГАЗа _____ А.И.ГРИЦЕНКО

НАЧАЛЬНИК ЛАБОРАТОРИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ _____ В.А.ШУРОВСКИЙ

Москва
I992

УДК /628.512:681.122:621.51/(083.95)

Изложены порядок подготовки и проведения экологических испытаний (контрольных измерений показателей токсичности выхлопных продуктов сгорания) газотурбинных газоперекачивающих агрегатов.

Замечания и предложения по настоящей инструкции направлять по адресу: 142717, Московская обл., Ленинский р-н, пос.Развилка, ВНИИГАЗ, лаборатория газотурбинных ГПА; тел. 399-94-57.

© Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий (ВНИИГАЗ), 1992.

I. Общие положения

I.I. Целью испытаний является определение показателей выброса вредных веществ (ВВ) в выхлопных газах газотурбинных установок и проверка их соответствия паспортным (среднестатистическим) данным.

I.2. Инструкция распространяется на агрегаты типа Центавр; ГТ-700-5; ГТК-5; ГТ-750-6; ГТ-6-750; ГТН-6; ГПА-Ц-6,3; ГПА-Ц-8; ГПУ-10; ГТК-10; ГТНР-10; ГТН-10И; Коберра-182; ГТН-16; ГПА-Ц-16; ГПУ-16; ГТН-25; ГТН-25И.

I.3. Инструкция разработана применительно к использованию переносного газсанализатора типа "Тесто-33" (фирма "Тестотерм", Германия). Возможно применение других газоанализаторов с подобными техническими данными, а также использование других методов анализа проб продуктов сгорания.

I.4. Инструкция предназначена для периодических испытаний (один раз в полгода-год, что должно быть уточнено на основе опыта ее использования). Возможно использование инструкции для оценки эффективности модернизаций ГПА с целью снижения вредных выбросов; однако в данном случае целесообразно проводить испытания по специальной "программе-методике" с расширенным объемом измерений.

I.5. Природный газ, перекачиваемый по газопроводам, используемый в качестве топливного газа ГПА и подаваемый потребителю (ГОСТ 5542-87), 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 ВВ.

I.6. Камеры сгорания современных ГТУ обеспечивают высокий уровень полноты сгорания топлива (к.п.д. 98,5-99,5 %). Поэтому содержание несгоревших углеводородов (в частности, метана CH_4) как правило, находится в пределах точности средств измерения. Поэтому концентрация несгоревших углеводородов также не является предметом контроля и учёта в номенклатуре ВВ.

I.7. Основными компонентами продуктов сгорания для контроля являются оксиды азота и углерода.

2. Подготовка турбоагрегата к испытаниям

Подготовка мест для отбора проб выхлопных газов производится

на остановленном агрегате.

2.I. Отбор проб продуктов сгорания производится через отверстия диаметром I2 мм, которые следует просверлить в следующих местах:

- агрегаты типа Коберра-I82, ГПУ-I6, ГТН-25 - в центре люка для осмотра регенератора, выхлопной шахты или утилизатора тепла уходящих газов;

- агрегаты типа Центавр - на срезе выхлопной шахты с использованием удлинителя на зонд;

- агрегаты типа ГТ-6-750 - в зоне штатного измерения температуры за ТНД;

- агрегаты типа ГТН-6 и ГТН-I6 - на прямом участке выхлопного газохода;

- агрегаты типа ГПА-Ц-6,3, ГПА-Ц-8 и ГПА-Ц-I6 - в районе трубы подогрева циклового воздуха, на высоте, равной расстоянию от крыши блока двигателя до оси трубы подогрева;

- агрегаты типа ГПУ-I0 - на агрегатах, оснащенных утилизатором тепла уходящих газов - в центре переходника от выхлопной шахты к утилизатору; на агрегатах без утилизатора - в середине стенки шумоглушителя; при этом отверстие следует сориентировать так, чтобы оно находилось между секциями шумоглушителя и обеспечивалась возможность ввести пробоотборник на необходимую глубину;

- агрегаты типа ГТН-I0И - в середине стенки выхлопной шахты на расстоянии I,0 - I,2 м от крыши;

- агрегаты типа ГТН-25И - используются штатные места для измерения температуры продуктов сгорания за утилизатором. Для этого перед началом измерений вывернуть штатную карман-гильзу или рассверлить ее дно до 0 - I2 мм;

- агрегаты типа ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6 и ГТК-I0 в центре люка для осмотра регенератора, выхлопной шахты или утилизатора тепла уходящих газов, или на горизонтальном участке каждого газохода, расположенного в пределах машзала. Место отбора пробы определяется эксплуатационным персоналом, исходя из удобств проведения работ.

2.2. Точки отбора проб и необходимая глубина погружения зонда указана в табл.2.I и на рис. 2.I.

Таблица 2.I

Место отбора проб продуктов сгорания

Тип ГПА	Место отбора пробы продуктов сгорания	Глубина погружения пробоотборника, L, мм
Центавр	На срезе выхлопной шахты	>400
ГТ-700-5 (ГТК-5)	Центр люка для осмотра регенератора	>400
ГТ-750-6	Центр люка для осмотра регенератора	>400
ГТ-6-750	В зоне штатного измерения температуры за ТНД	>400
ГТН-6	Вертикальный участок выхлопного газохода	>400
ГПА-Ц-6,3(8)	Центр люка для осмотра выхлопной шахты	>400
ГПУ-I0	Переходник от выхлопной шахты к утилизатору	>400
ГТК-I0 (ГТНР-I0)	Горизонтальный участок выхлопного газохода в пределах машзала	>400
ГТН-I0И	Середина стенки выхлопной шахты	>400
Коберра-I82	Центр люка для осмотра выхлопной шахты	>400
ГТН-I6	Вертикальный участок выхлопного газохода	>400
ГПА-Ц-I6	Центр люка для осмотра выхлопной шахты	>I000
ГПУ-I6	Центр люка для осмотра утилизатора	>400
ГТН-25	Центр люка для осмотра выхлопной шахты	>200

Продолжение табл. 2.I

Тип ГПА	Место отбора пробы продуктов сгорания	Глубина погружения пробоотборника, L, мм
ГТН-25И	Места установки штатных карманов для измерения температуры продуктов сгорания после утизизатора	>500

3. Объем и условия проведения измерений, измеряемые параметры

3.I. Для проведения измерений должна быть обеспечена возможность работы ГТУ (нагрузка) на рабочих режимах в пределах ограничений, предусмотренных инструкцией по эксплуатации или условиям работы газопровода.

3.2. В выхлопных газах ГТУ производятся измерения концентраций:

- оксидов азота NO_x (включая определение соотношения оксида и диоксида NO_2);
- оксида углерода CO;
- кислорода O_2;
- диоксида углерода CO_2.

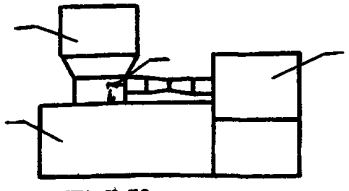
Одновременно на режимах испытаний проводится регистрация основных теплотехнических параметров ГТУ. Типовой перечень измеряемых параметров приведен в табл.3.I.

3.3. На агрегатах типа ГТ-700-6, ГТК-5, ГТ-750-6 и ГТК-I0 анализ продуктов сгорания проводится в обоих газоходах с последующим осреднением результатов измерений.

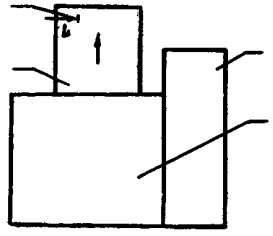
3.4. Измерения параметров производятся на нескольких режимах (не менее 3-х) в диапазоне нагрузок от 60-70 % до максимальной, определяемой условиями испытаний.

3.5. Измерения проводятся на установившихся режимах, т.е. когда отклонения основных параметров (температур продуктов сгорания и воздуха, частот вращения) не превышают $\pm$ I %, концентра-

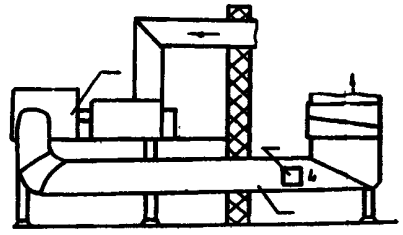
ГПА-Ц-6,3 (ГПА-Ц-8)
(вид сбоку)



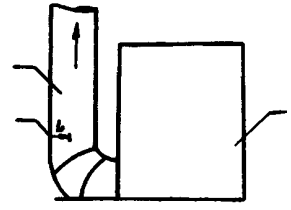
Центавр
(вид сбоку)



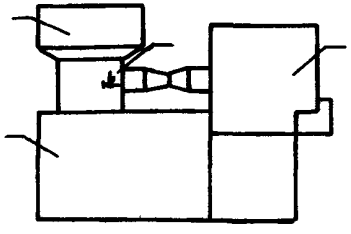
ГТ-700-5 (ГТК-5)
(вид сбоку)



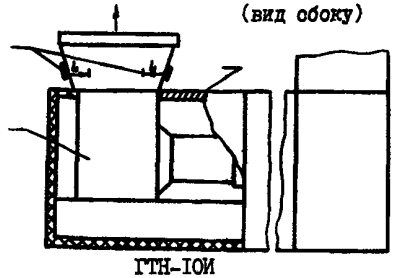
ГТН-6, ГТН-16
(вид спереди)



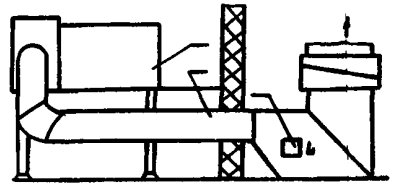
ГПА-Ц-16
(вид сбоку)



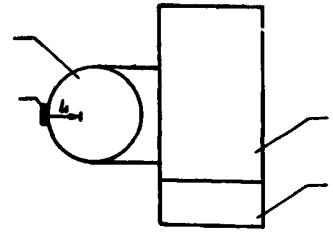
Коберра-182
(вид сбоку)



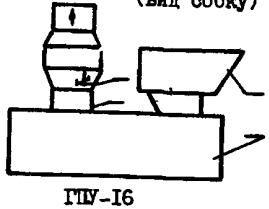
ГТ-750-6
(вид сбоку)



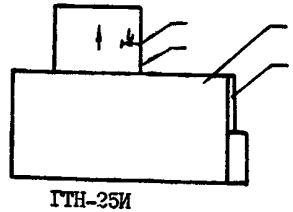
ГТН-25 (НЗЛ)
(вид сверху)



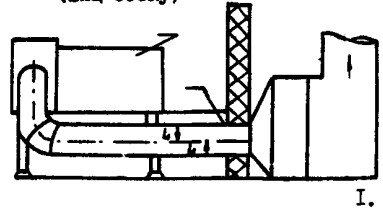
ГПУ-10
(вид сбоку)



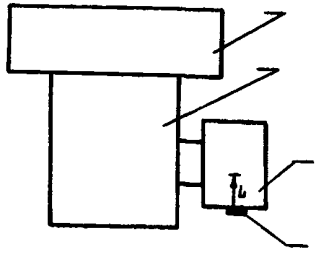
ГТН-10И
(вид сбоку)



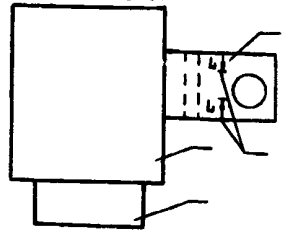
ГТК-10, ГТНР-10
(вид сбоку)



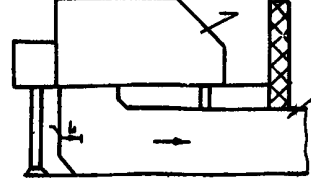
ГПУ-16
(вид сверху)



ГТН-25И
(вид сверху)



ГТ-6-750
(вид сбоку)



Обозначения

1. ВЗУ
2. Турбоблок, контейнер, укрытие
3. Шахта выхлопа, выхлопной газоход
4. Люк осмотра выхлопной шахты утилизатора, штатные места отбора проб

– место отбора пробы и глубина погружения пробоотборника (табл.)

Рис. 2.1. Места отбора проб продуктов сгорания

ций: NO , NO_2, CO - ± 2 ppm; O_2 , CO_2 - $\pm$ 0,I %.

3.6. При необходимости в качестве удлинителя к зонду используется трубка из стали IxI8H9(I0)T, а переходника - трубка из тефлона. Все места соединений должны быть тщательно герметизированы.

Таблица 3.I.

Типовой перечень измеряемых параметров

Наименование параметра	Обозн.	Разм.	Примечание
I	2	3	4
Барометрическое давление	B	кг/см^2	
Температура атмосферного воздуха	t_a	^oC	
Температура воздуха на входе в компрессор	$t_з$	^oC	
Относительная влажность атмосферного воздуха		%	Допускается принимать по данным ближайшей метеостанции
Температура продуктов сгорания перед ТВД (средняя)	$t_г$	^oC	агрегаты типа ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6, ГТК-I0, ГТНР-I0
Температура продуктов сгорания за ТВД, перед СТ	$t_г'$	^oC	агрегаты типа Центавр, ГПА-Ц-6,3, ГПА-Ц-8, ГПА-Ц-I6, ГПУ-I0, ГПУ-I6, Коберра-I82
Температура выхлопных газов за ТНД (средняя)	t_2	^oC	агрегаты типа ГТ-6-750, ГТН-6, ГТК-I0, ГТН-I6, ГТН-25, ГТН-I0И, ГТН-25И
Частота вращения компрессора высокого давления	nВД	об/мин	
Частота вращения компрессора низкого давления	nНД	об/мин	
Частота вращения силовой турбины	nСТ	об/мин	

Продолжение табл.3.I

I	2	3	4
Абсолютное давление воздуха за компрессором высокого давления	P_4	$кг/см^2$	На агрегатах типа ГПУ-IO дополнительно установить отбор давления (техническая возможность имеется). На остальных типах ГПА используется штатный узел отбора давления
Объемные доли или процентное содержание компонентов и загрязняющих веществ:			
Оксид азота	NO	ppm	
Диоксид азота	NO_2	ppm	
Оксид углерода	CO	ppm	
Кислород	O_2	%	
Диоксид углерода	CO_2	%	

4. Обработка результатов измерений

4.I. Основная единица измерения концентрации загрязняющего вещества принимается $мг/нм^3$ ($м^3$ при 0^oC и I,033 $кг/см^2$).

4.2. Соотношения с другими единицами:

- оксид азота (NO) в пересчете на диоксид (NO_2) I ppm (объемные доли на миллион) = $I \cdot IO^{-4}$ % = 2,054 $мг/нм^3$;
- оксид углерода (CO) $I_{ppm} = I \cdot IO^{-4}$ % = I,25 $мг/нм^3$.

Концентрация оксидов азота NO_x определяется, как сумма оксида NO (в пересчете на диоксид NO_2) и диоксида NO_2 в выхлопных продуктах сгорания.

4.3. Параметры выбросов ВВ с отработавшими продуктами сгорания и основные теплотехнические параметры ГПА для номинального режима изложены в "Каталоге удельных выбросов загрязняющих веществ газотурбинных газоперекачивающих агрегатов". ВНИИГАЗ,I99I. Показатели ГПА, используемые в расчетах, приведены в табл.4.I.

4.4. Для каждого режима испытаний результаты измерений концентраций загрязняющих веществ приводятся к основной единице измерений ($мг/нм^3$) по соотношениям п.п.4.I, 4.2. При двухпоточной выхлопной системе (агрегаты типа ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6,

ГТК-10) результаты измерений в двух газоходах предварительно осредняются.

4.5. Определяется коэффициент соотношения сухих и влажных продуктов сгорания

$$Кв = \frac{89,5}{110,5 - O_2},$$

где O_2 - концентрация кислорода в пробе, %.

4.6. Определяется расход сухих продуктов сгорания на срезе выхлопной шахты (трубы):

- для всех типов ГПА, кроме ГТН-10И и ГТН-25И

$$Q_2 = Q_2^0 \left(\frac{P_4}{P_{40}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{288}{T_3}\right)^{0,5} \cdot \frac{B}{1,033} \text{ Кв, нм}^3/\text{с};$$

- для агрегата ГТН-10И и ГТН-25И

$$Q_2 = Q_2^0 \bar{n}_{ТВД} \frac{288}{T_3} \cdot \frac{B}{1,033} \cdot Кв \cdot 0,97, \text{ нм}^3/\text{с},$$

где Q_2^0 (нм^3/с) и P_{40} (ата) - соответственно расход продуктов сгорания и абсолютное давление за осевым компрессором на номинальном режиме (табл.4.1); T_3 - температура перед компрессором на режиме испытаний, К; В - барометрическое давление, ата; P_4 - абсолютное давление за компрессором, ата; $\bar{n}_{ТВД}$ - относительные обороты осевого компрессора; 0,97 - поправка на техническое состояние ГТУ.

4.7. Определяется мощность выброса загрязняющих веществ

$$M_i = C_i \cdot Q_2, \text{ г/с}.$$

4.8. Определяется относительное массовое содержание оксида азота

$$\overline{NO} = \frac{NO \cdot 2,054}{NOx};$$

$\overline{NO}$ - в сумме оксидов азота NO_x должно (с учетом погрешностей измерений) находиться в следующих пределах: а) для регенеративных ГТУ - 0,9 $\pm$ 0,05; б) для безрегенеративных ГТУ - 0,95 $\pm$0,05.

4.9. По результатам измерений на нескольких режимах строятся графические зависимости концентраций оксидов азота и углерода от температуры продуктов сгорания в точке ее штатного измерения.

4.10. По графику $C_{NOx} = f(t)$ определяется значение C_{NOx}, соответствующее номинальным значениям штатной температуры в

табл. 4.I, и полученное значение концентрации принимается за номинал для данного ГПА впредь до очередных контрольных испытаний.

По графику $C_{CO} = f(t)$ определяется среднее арифметическое значение C_{CO} (по трем точкам при максимальном, минимальном и среднем значениях температуры в измеренном диапазоне), принимаемое за номинал для данного ГПА впредь до очередных контрольных испытаний.

4.II. Полученные номинальные значения сравниваются с данными табл.4.I и рассчитывается поправочный коэффициент $K_i = \frac{Ci}{Ci_0}$.

Если отклонение K_i от данных табл.4.I превышает $\pm$I0 %, то при проведении расчетов по временной инструкции по учету валовых выбросов оксидов азота и углерода на газотурбинных компрессорных станциях вносится соответствующая корректировка для данного ГПА (или усредненно для цеха).

4.I2. В качестве примера в табл.4.2 и на рис. 4.I приведены результаты испытаний агрегата типа ГТК-I0.

Результаты испытаний показывают, что у обследованного агрегата номинальные значения концентраций оксидов азота и углерода составляют соответственно 380 мг/нм^3 и 20 мг/нм^3.

Сравнивая эти значения с данными табл. 4.I, получаем:

$$K_{NO_X} = \frac{380}{350} = 1{,}086; \qquad K_{CO} = \frac{20}{40} = 0{,}5,$$

т.е. концентрация оксидов азота на 8,6 % выше, а оксида углерода – в 2 раза ниже номинальной (среднестатистической) величины.

Таким образом, при проведении расчетов выбросов ВВ испытанным агрегатом, номинальное значение концентрации оксидов азота допускается принимать по данным табл.4.I, а на концентрацию оксида углерода внести соответствующую корректировку.

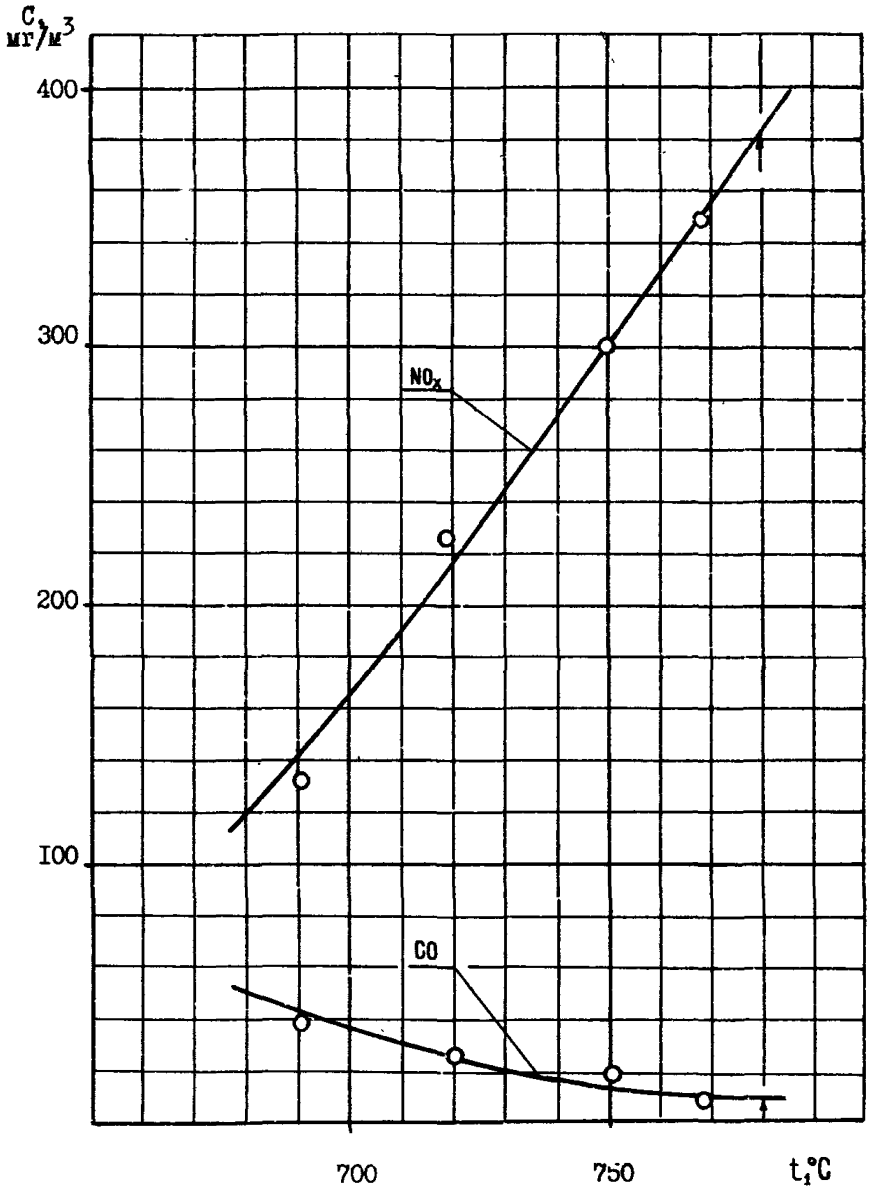


Рис. 4.I. Содержание оксидов азота и оксида углерода в выхлопных газах агрегата типа ГТК-IO

Таблица 4.I

Номинальные значения показателей ГПА

Тип ГПА	Абсолютное давление за компрессором высокого давления, P^{o}_{4}, кг/см^2	Расход продуктов сгорания на срезе выхлопной трубы, Q^{o}_{2}, нм^3/с	Температура по тракту ГТУ: штатная точка измерения	Температура по тракту ГТУ: значение, °С	Температура на срезе дымовой трубы, °С	Концентрация загрязняющих веществ: Оксидов азота, NO_x, мг/нм^3	Концентрация загрязняющих веществ: Оксида углерода, CO, мг/нм^3	Мощность выброса: Оксидов азота, M_{NO_x}, г/с	Мощность выброса: Оксида углерода MCO, г/с
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Центавр	8,9	I2,9	перед СТ	6I0	4I0	I35	50	I,66	0,62
ГТ-700-5	4,0	35,4	перед ТВД	700	283	200	I50	7,59	5,3I
ГТК-5	4,0	35,4	перед ТВД	700	283	200	I50	7,59	5,3I
ГТ-750-6	4,7	45,6	перед ТВД	750	302	350	60	I5,50	2,66
ГТ-6-750	5,8	37,I	после ТНД	4I5	4I5	I00	I50	3,57	5,35
ГТН-6	5,8	37,I	после ТНД	4I5	4I5	I00	I50	3,57	5,35
ГПА-Ц-6,3	9,I	47,I	перед СТ	480	3I7	70	I50	3,04	6,52
ГПА-Ц-8	9,2	47,7	перед СТ	540	340	II0	I50	4,83	6,58
ГПУ-I0	I0,3	68,I	после ТВД	560	330	70	30	4,30	I,84
ГТК-I0	4,5	66,5	перед ТВД	780	290	350	40	22,60	2,58
ГТК-I0	4,5	66,5	после ТНД (СТ)	520	290	350	40	22,60	2,58
ГТН-I0И	7,2	40,6	после ТНД (СТ)	533	533	200	50	7,68	I,92

Продолжение табл. 4.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Коберра-I82	9,2	60,7	перед СТ	625	4II	I35	I40	7,82	8,II
ГТН-I6	II,7	67,4	после ТНД (СТ)	408	408	I80	200	II,60	I2,90
ГПА-Ц-I6	9,9	80,5	перед СТ	550	4I2	I00	400	7,73	30,90
ГПУ-I6	I3,0	76,2	после ТВД	640	358	I00	50	7,30	3,66
ГТН-25	II,4	II7,3	после СТ	465	465	I20	350	I3,40	39,20
ГТН-25И	8,4	92,5	после ТНД (СТ)	49I	49I	I45	30	I2,70	2,63

Таблица 4.2

Р е з у л ь т а т ы
испытаний газотурбинного агрегата ГТК-IO-4 ст. 24 зав.№I89 на КС Опорная
22-23 февраля I99I г.

Наименование параметра	Обозн.	Разм.	Формула или источник	Р е ж и м ы			
				I	2	3	4
I	2	3	4	5	6	7	8
I Барометрическое давление	B	ата	замер	I,057		I,063	
2 Температура на входе ОК	t_3	^oC	-"-	2,6	-5,I	-4,6	-3,I
3 Относительная влажность		%	-"-	53	62	67	7I
4 Частота вращения ТВД	n ТВД	об/мин	-"-	4565	47I0	4790	4850
5 Частота вращения ТНД	n ТНД	об/мин	-"-	-	-	-	-
6 Средняя тем-ра перед ТВД	t_I	^oC	-"-	69I	7I9	750	768
7 Абсолютное давление за ОК	P_4	ата	замер+В	3,793	4,I89	4,357	4,435
8 Концентрация: (в сухих продуктах сгор.)							
Оксида азота лев.газоход	$NO_л$	ppm	замер	58	I05	I39	I66
Оксида азота пр. газоход	$NO_п$	ppm	-"-	57	89	I27	I59
Диоксида азота лев.газоход	$NO_{2л}$	ppm	-"-	7	I5	I4	I9
Диоксида азота пр. газоход	$NO_{2п}$	ppm	-"-	6	I2	I3	I5

Продолжение табл. 4.2

I		2	3	4	5	6	7	8
Оксида углерода	лев. газоход	$CO_л$	ppm	замер	28	I7	I2	7
	пр. газоход	$CO_п$	ppm	-"-	30	23	I3	6
Кислорода	лев.газоход	$O_{2л}$	%	-"-	I8,5	I8,2	I7,9	I7,7
	пр. газоход	$O_{2п}$	%	-"-	I8,5	I8,2	I8,I	I7,8
Диоксида углерода	лев. газоход	$CO_{2л}$	%	-"-	I,4	I,6	I,8	I,9
	пр. газоход	$CO_{2п}$	%	-"-	I,4	I,6	I,7	I,8
Оксидов азота (средняя)		$NO_{x\,ср}$	мг/нм^3	$(NO_л+NO_{2л}+NO_п+NO_{2п})\cdot 0,5\cdot 2,05$	I3I	226	300	368
Оксида углерода (средняя)		$CO_{ср}$	мг/нм^3	$(CO_л+CO_п)\cdot 0,5\cdot I,25$	37	25	I8	8
9 Относительная концентрация оксида азота		$\bar{N}0$	-	$(NO_п+NO_п)\cdot 0,5\cdot 2,05/NO_x$	0,90	0,88	0,9I	0,9I
I0 Поправочный коэффициент		Кв	-	$89,5/(II0,5-O_{2ср})$	0,973	0,970	0,967	0,965
II Расход сухих продуктов сгорания		Q_2	нм^3/с	$66,5\cdot(P_Б/4,4)\cdot Кв\cdot(288/T3)\cdot(B/I,033)$	57,50	63,0I	64,77	67,54
I2 Мощность выбр. окс.азота		M_{NO_x}	г/с	$NOx\,ср\cdot Q_2$	7,53	I4,24	I9,43	24,82
I3 Мощность выбр. окс.углерода		MCO	г/с	$CO\,ср\cdot Q_2$	2,I3	I,57	I,I6	0,54

Содержание

Стр.

I. Общие положения 3

2. Подготовка турбоагрегата к испытаниям 3

3. Объем и условия проведения измерений, измеряемые параметры 6

4. Обработка результатов измерений 8

Заказ II8. Тираж 200 экз.
Объем: 0,66 уч.-изд.л. Ф-т 60х84/I6

Отпечатано на ротапринте ВНИИГАЗа

gost.e-ecolog.ru