

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Контроль отработавших газов ГТУ. Методы и средства измерений

А.А. Вишневский – ООО «Экоэнерготехника»

М.М. Климов – Представительство MRU GmbH в России

Измерение концентрации токсичных газов в ГТУ накладывает повышенные и довольно противоречивые требования к газоанализаторам.

В процессе исследований и доводки камер сгорания ГТУ возникает необходимость испытаний на всех режимах работы, что требует от газоанализаторов высокой точности в широком диапазоне измерений, а при сдаче и контроле ГТУ, работающих в установленном режиме, высокой точности при малых концентрациях. Это объясняется тем, что ГТУ работает при высоком коэффициенте избытка воздуха α , из-за чего про-

исходит сильное разбавление продуктов горения.

При этом необходимо обеспечить выполнение довольно большого количества требований нормативных документов, в частности ГОСТ 20440-75 «Установки газотурбинные. Методы испытаний», ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001 «Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ».

Например, ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001 рекомендует применение следующих методов измерений (табл. 1).

Осуществление на практике этих рекомендаций оказывается доволь-

но проблематично по нескольким причинам:

- значения измеряемых параметров отработавших газов ГТУ могут в зависимости от режимов работы отличаться на порядки, что может потребовать применения нескольких приборов;

- проведение измерений на месте работы ГТУ (например, при сдаче в эксплуатацию) оказывается затруднительным из-за больших габаритов и низкой мобильности стационарных анализаторов;

- для проведения корректных измерений на таких системах после транспортировки необходима калибровка с использованием образцовых газовых смесей в баллонах (ПГС);

- для обеспечения работы некоторых измерительных каналов, например ионизации пламени (FID), необходим баллон с водородом или смесь водорода и гелия.

Следует учесть, что транспортировка газовых баллонов может быть весьма затруднительна, а иногда просто невозможна, да и качество ПГС часто не соответствует решаемым задачам.

Исходя из сказанного, были определены требования к «идеальному» газоанализатору для доводки, проведения испытаний и эксплуатации ГТУ:

- наличие высокоточных измерительных каналов для газов O_2 , CO , NO_x [$NO_x = NO + NO_2$, или

Методы измерений по ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001		Таблица 1
Компонент отработавшего газа	Тип средства (метод) измерения	
NO_x	Хемилюминесценция (CL), или недисперсионная спектрофотометрия в инфракрасной области (NDIR), или недисперсионная спектрофотометрия в ультрафиолетовой области (NDUV)	
CO	Недисперсионная спектрофотометрия в инфракрасной области (NDIR)	
CO_2	Недисперсионная спектрофотометрия в инфракрасной области (NDIR)	
SO_2	Недисперсионная спектрофотометрия в инфракрасной области (NDIR), или недисперсионная спектрофотометрия в ультрафиолетовой области (NDUV), или флуоресценция в ультрафиолетовой области (PUVF)	
CH	Ионизация пламени (FID)	
O_2	Парамагнитная ячейка (PCM), или электрохимическая ячейка, или циркониевая ячейка	



Фото 1. Мобильный полустационарный газоанализатор MGA5+



Фото 2. Мобильный промышленный газоанализатор VarioPlus Industrial

$\text{NO}_x = \text{NO} + (\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO})$, CO_2 , CH_4 , SO_2 ;

- максимально возможное соответствие ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001, который допускает использование методов измерений, не включенных в *табл. 1*;

- возможность изменять диапазона измерения;

- наличие системы калибровки нуля и чувствительности без газовых баллонов (ПГС);

- возможность проведения длительных измерений без ухудшения точности;

- мобильность;

- наличие собственной обогреваемой газовой линии;

- наличие дистанционного управления, в т.ч. с ПК.

Для разрешения сложившейся ситуации были проведены многократные длительные измерения отработавших газов: на модульных ГТЭС (6 ГТУ фирмы OPRA), на ГПА (ООО «Газпром трансгаз Москва»), а также при доводке нескольких типов камер сгорания энергетических ГТУ на стендах Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ) и Всероссийского теплотехнического института (ВТИ).

При этом одновременно использовалось не менее 6 мобильных и стационарных газоанализаторов разных производителей (Германия, Франция, Великобритания, Россия). В результате мы получили следующие результаты:

1. Применение хемилюминесцентного метода для измерения NO_x оправдано только для измерения малых концентраций в стационарных условиях, а использование его на высоких концентрациях влечет снижение точности измерения на малых концентрациях. Кроме этого хемилюминесцентный метод имеет отрицательную перекрестную чувствительность NO_x от углеводородов C_xH_y , CO_2 и паров воды, поэтому измерения приходится проводить в реакционной камере при глубоком разрежении, для создания которого необходим мощный вакуумный насос.

2. Применение ионизации пламени при измерениях углеводородов на ГТУ, работающих на метане, также не является принципиальным. Высокоточные NDIR (CH_4) модули с большой длиной пути луча в этом случае являются хорошей заменой.

3. Электрохимический метод измерений корректен только

при кратковременных замерах. Дело в том, что при длительных измерениях появляется дрейф нуля и чувствительности электрохимических сенсоров. Дрейф нуля в отрицательную область невозможно определить на большинстве приборов, т.к. индикация отрицательных значений, как правило, отсутствует. Т.е. электрохимический метод можно использовать для анализа отработанного газа от ГТУ только для оперативных измерений при наличии индикации отрицательных значений и в комбинации с высокоточными NDIR модулями для измерения CO_2 и CH_4 .

Учитывая вышеизложенное, компанией MRU GmbH (Германия), был создан и сертифицирован (в т.ч. в России) прецизионный мобильный полустационарный газоанализатор MGA5+ (версия «Газовая турбина»).

Этот прибор был создан на основе высокоточного мультигазового стационарного газоанализатора SWG 300-1, который используется для определения выбросов вредных веществ, в т.ч. на ГТУ.

Газоанализатор MGA5+ (*фото 1, табл. 2*) состоит из двух ударопрочных блоков:

1. Блок управления и подготовки газа;

2. Высокоточный измерительный блок.

Такое решение позволяет без затруднений переносить и перевозить прибор.

В 1-м блоке находятся:

■ 2-уровневый охладитель газа с автоматическим удалением конденсата и с функцией стабилизации точки росы, что позволяет компен-

сировать перекрестную чувствительность канала NO от паров воды;

■ молибденовый конвертер NO₂ в NO;

■ парамагнитный или электрохимический (по выбору) сенсор O₂;

■ электроника с дисплеем и программным обеспечением, интерфейсами RS232, RS485, аналоговым входом, аналоговыми выходами (8 шт.), 3-мя каналами измерения температуры, каналом измерения

барометрического давления, адаптером для подключения и контроля обогреваемой газовой линии;

■ вход дифференциального давления для подключения трубки Пито.

Во 2-м блоке находятся:

■ высокоточный 4-канальный NDIR измерительный модуль для газов CO, NO, CO₂, CH₄ с функцией переключения диапазонов измерения;

■ система калибровки нуля и чувствительности без использования баллонов с ПГС.

Следует заметить, что из всех рассмотренных выше методов реализовать калибровку чувствительности без баллонов с ПГС можно только для спектрофотометрии, в частности NDIR.

Таким образом, газоанализатор MGA5+ представляет собой универсальный измерительный инструмент для измерений при доводке, испытаниях и эксплуатации ГТУ, а также для проведения мониторинга массовых выбросов.

Для проведения краткосрочных оперативных измерений компанией MRU GmbH был создан мобильный газоанализатор VarioPlus Industrial (фото 2, табл. 3), в котором также реализованы вышеизложенные требования. Это использование комбинации электрохимических и оптических (NDIR) сенсоров, индикация отрицательных изменений значений и возможность при необходимости подключить собственную обогреваемую линию.

Такие приборы в версии «Газовая турбина» с успехом используют различные организации, в частности ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург», ООО «ВНИИГАЗ», ОАО ВТИ.

Конечно создание «идеального» газоанализатора – это бесконечный процесс, но мы попытались предложить варианты его решения.

Насколько нам это удалось – решать Вам. Мы же будем рады выслушать Ваше мнение и постараемся ответить на вопросы.

Технические характеристики мобильного полустационарного газоанализатора MRU MGA5+ (версия «Газовая турбина») – 39002-08 в Гцрестре СИ РФ

Таблица 2

Измерение газов – 6 каналов	
O ₂ электрохимический longlife или парамагнитный (на выбор)	0–21%
CO высокоточный NDIR модуль*	Ручное или автоматическое переключение диапазонов в пределах: 0...200 ppm/0...1000 ppm
NO высокоточный NDIR модуль*	Ручное или автоматическое переключение диапазонов в пределах: 0...200 ppm/0...1000 ppm
CH ₄ высокоточный NDIR модуль*	Ручное или автоматическое переключение диапазонов в пределах: 0...200 ppm/0...1000 ppm
CO ₂ высокоточный NDIR модуль*	Ручное или автоматическое переключение диапазонов в пределах: 0...4% об./0...20% об.
NO _x каталитический молибденовый конвертер NO ₂ →NO	0...100 ppm
Измерение температуры – 3 канала	
Диапазон измерения	–50...+1 700 °C
Измерение давления – 2 канала	
Дифференциальное давление	±100 гПа
Барометрическое давление	2000 гПа
Расчетные параметры	
Расчет скорости потока (0...100 м/с), объемного расхода и массовых выбросов (с трубкой Пито), мг/м ³ , α, потери и т.д.	
Интерфейсы	
Цифровые	RS232, RS485, USB, передача данных на ПК, дистанционное управление
Аналоговые	Универсальный аналоговый вход: 0...10 В, или 4...20 мА, или термopара К, или термopара S 8 программируемых аналоговых выходов 4...20 мА
Память	Встроенная на 8500 измерений, MMC(CD) карта 1 Гб
Подготовка газа	
Обогреваемая газовая линия, двойной охладитель газа со стабилизацией точки росы, 4 уровня фильтрации от частиц	
Время прогрева/продолжительность измерений	
не менее 90 мин./до 30 суток непрерывных измерений	
Дисплей	
Графический с подсветкой (120 × 90 мм) 16 языков (в т.ч. русский)	
Исполнение, габариты, масса	
мобильный: 2 ударопрочных блока с ручками для переноски, соответственно 500 × 520 × 295 мм и 500 × 520 × 205 мм, 17 кг и 19 кг.	

* с калибровкой нуля и чувствительности без ПГС в баллонах

<i>Технические характеристики мобильного газоанализатора VarioPlus Industrial – 16331-08 в Госреестре СИ РФ</i>		<i>Таблица 3</i>
Электрохимические сенсоры, не более 6 одновременно, на выбор из:		
O ₂ электрохимический longlife	0–21%	
CO электрохимический	0...10 % об.	
CO электрохимический	0...10000 ppm с компенсацией водорода	
NO электрохимический	0...4000 ppm	
NO ₂ электрохимический	0...500 ppm	
SO ₂ электрохимический	0...5000 ppm	
H ₂ S электрохимический	0...500 ppm	
H ₂ электрохимический	0...20000 ppm	
3-газовый NDIR модуль, возможна установка 1 модуля из:		
CO	0...30000 ppm	
CO ₂	0...3% об. /0...30% об. (выбирается пользователем)	
CH ₄	0...10000 ppm	
CO	0...3% об. /0...10% об. (выбирается пользователем)	
CO ₂	0...3% об. /0...30% об. (выбирается пользователем)	
CH ₄	0...1% об. /0...3% об. (выбирается пользователем)	
CO	0...3% об. /0...10% об. (выбирается пользователем)	
CO ₂	0...3% об. /0...30% об. (выбирается пользователем)	
C ₃ H ₈	0...5000 ppm	
Измерение температуры – 3 канала		
Диапазон измерения	–50...+1700 °C	
Измерение давления – 2 канала		
Дифференциальное давление	±100 гПа	
Барометрическое давление	2000 гПа	
Расчетные параметры		
Расчет скорости потока (0...100 м/с), объемного расхода и массовых выбросов (с трубкой Пито), мг/м ³ , α, потери и т.д.		
Интерфейсы		
Цифровые	RS232, USB, передача данных на ПК, дистанционное управление	
Аналоговые	Универсальный аналоговый вход: 0...10 В, или 4...20 мА, или термопара К, или термопара S 8 программируемых аналоговых выходов 4...20 мА	
Память	Встроенная на 8500 измерений, MMC(CD) карта 1 Гб	
Подготовка газа		
Обогреваемая газовая линия, охладитель газа (или без охладителя – на выбор), 3 уровня фильтрации от частиц		
Дисплей		
Графический с подсветкой (120 × 90 мм) 18 языков (в т.ч. русский)		
Электропитание		
От сети 100...250 В, или от встроенной АКБ (3 часа), или от «прикуривателя» автомобиля, или от внешнего источника 12 В		
Исполнение, габариты, масса		
Мобильный: ударопрочный блок с ремнем для переноски, 410 × 290 × 130 мм, около 7 кг		

Примечание: измерение газов – 9 каналов одновременно,
газовые каналы версии «Газовая турбина» выделены синим цветом

