МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

АВИАЦИОННЫЕ ПРАВИЛА

Часть 34

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ЭМИССИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АВИАЦИОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ. НОРМЫ И ИСПЫТАНИЯ

2003

gost.e-ecolog.ru

ЛИСТ УЧЕТА ИЗМЕНЕНИЙ

К части АП–34 “Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания”, 2003 г.

№ п/п	Обозначение изменения	Обозначение изменения

№ п/п	Обозначение изменения	Обозначение изменения

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

РАЗДЕЛ A — ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
34.1. Определения 5
34.2. Обозначения 5
34.3. Общие требования 5

РАЗДЕЛ B — ЭМИССИЯ ТОПЛИВА 6
34.10. Применимость 6
34.11. Требования, относящиеся к эмиссии топлива 6

РАЗДЕЛ C — ЭМИССИЯ С ВЫХЛОПНЫМИ ГАЗАМИ 7
34.20. Применимость 7
34.21. Нормы эмиссии с выхлопными газами 7

РАЗДЕЛЫ D–F [Зарезервированы] 8

РАЗДЕЛ G — ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ 9
34.60. Введение 9
34.61. Топливо 9
34.62. Испытания 9
34.63. [Зарезервирован] 10
34.64. Системы и методы для определения эмиссии газообразных веществ 10
34.65. — 34.70. [Зарезервированы] 10
34.71. Определение соответствия нормам эмиссии газообразных веществ 10

РАЗДЕЛ H — ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИИ ДЫМА 11
34.80. Введение 11
34.81. Топливо 11
34.82. Системы и методы для определения эмиссии дыма 11
34.83. — 34.88. [Зарезервированы] 11
34.89. Определение соответствия норме эмиссии дыма 11

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание части 34 Авиационных правил «Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания» (АП-34) создано на базе международного стандарта ИКАО «Охрана окружающей среды», Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации: Том 2. «Эмиссия авиационных двигателей», ИКАО, издание второе, июль 1993, с поправками по 4-ю включительно (далее стандарт с поправками именуется «Том 2 Приложения 16») и Части 34 Федеральных Авиационных Правил США «Требования к самолетам с газотурбинными двигателями, относящиеся к выбросу топлива и эмиссии с выхлопными газами» (FAR-34) с поправками по 34-3 включительно, которая также основана на стандарте ИКАО.

Настоящие Авиационные правила, часть 34 «Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания» утверждены Постановлением 22-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 31 октября 2002 г.

Установленные АП-34 нормы эмиссии и их применимость в отношении различных двигателей соответствуют требованиям Тома 2 Приложения 16. Также в АП-34 включена норма на эмиссию дыма для мощных турбовинтовых двигателей, имеющаяся в FAR-34, но отсутствующая в Томе 2 Приложения 16.

Перечень изменений приводится в Листе учета изменений. Индексация изменения содержит: номер поправки, индекс «И», номер изменения данного параграфа и через тире – номер параграфа (например: 2И2-34.21). Также указывается, к какой части относится изменение и характер изменения (введен, изъят, изменен).

Структурно АП-34 состоят из разделов A, B, C, D, E, F, G, H (разделы D, E, F – зарезервированы), которые по содержанию и нумерации параграфов гармонизированы с соответствующими параграфами FAR-34 с поправками, включая 34-3.

Значительная часть методических указаний, относящихся к системам и правилам определения уровня эмиссии типа или модели двигателя, в АП-34, как и в FAR-34, дается путем отсылки к соответствующим текстам Тома 2 Приложения 16. Для удобства работы указанные тексты, являющиеся копией официального издания Тома 2 Приложения 16 на русском языке, прилагаются к АП-34.

РАЗДЕЛ А — ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

34.1. Определения

В тех случаях, когда в АП–34 используются приведенные ниже термины, они имеют следующие значения:

Дата изготовления — дата выпуска документа, удостоверяющего, что двигатель изготовлен в соответствии с одобренной типовой конструкцией.

Класс двигателя — все авиационные газотурбинные двигатели с одинаковым способом создания тяги/выходной мощности (классы двигателей: турбореактивные, турбовентиляторные, турбовинтовые и др.).

Модель двигателя — все двигатели одной производственной серии, имеющие одинаковые конструкцию и характеристики.

Тип двигателя — все серии подобных по конструкции двигателей, разработанные как развитие одного и того же базового образца.

Несгоревшие углеводороды — суммарное количество содержащихся в пробе выхлопных газов углеводородов всех классов и молекулярных масс, определенное в предположении, что все углеводороды представляют собой метан.

Оксиды азота — суммарное количество содержащихся в пробе выхлопных газов моноксида и диоксида азота, определенное в предположении, что все оксиды представляют собой диоксид азота.

Установленная взлетная тяга/мощность — утвержденная для данного типа или модели двигателя максимальная статическая тяга/мощность, располагаемая для взлета в стандартных атмосферных условиях по МСА на уровне моря (без использования впрыска воды и чрезвычайных режимов).

Базовая степень повышения давления — отношение давления на входе в камеру сгорания к давлению на входе в двигатель, достигаемое на режиме с установленной взлетной тягой/мощностью.

Примечание. Метод определения базовой степени повышения давления приведен в Добавлении 1 к тому 2 Приложения 16 ИКАО.

Форсаж — режим работы двигателя со сжиганием части топлива в воздухе, содержащем продукты сгорания.

Число дымности — безразмерный параметр, количественно характеризующий эмиссию дыма.

Эмиссия с выхлопными газами — выброс в атмосферу загрязняющих веществ через сопло двигателя.

Эмиссия газообразных веществ — эмиссия с выхлопными газами несгоревших углеводородов, моноксида углерода и оксидов азота.

Эмиссия дыма — эмиссия с выхлопными газами веществ, препятствующих прохождению света.

Эмиссия топлива — выброс топлива из двигателя на любых режимах нормальной эксплуатации на земле и в полете, не включающий несгоревшие углеводороды в эмиссии с выхлопными газами.

34.2. Обозначения

В тех случаях, когда в АП–34 используются приведенные ниже обозначения, они имеют следующие значения:

HC	—	несгоревшие углеводороды;
CO	—	моноксид углерода;
NO_X	—	оксиды азота;
D_P	—	масса эмиссии газообразных загрязняющих веществ за стандартный взлетно–посадочный цикл;
π_{00}	—	базовая степень повышения давления;
F_{00}	—	установленная взлетная тяга/мощность двигателей самолетов с дозвуковой скоростью полета;
F_{00}^*	—	установленная взлетная тяга двигателей самолетов со сверхзвуковой скоростью полета (с использованием или без использования форсажа);
SN	—	число дымности.

34.3. Общие требования

АП–34 используются при сертификации типа или модели двигателя в части установления соответствия требованиям к охране окружающей среды, относящимся к эмиссии загрязняющих атмосферу веществ. АП–34 содержат нормы эмиссии загрязняющих атмосферу веществ для авиационных газотурбинных двигателей и положения, относящиеся к испытаниям с целью определения уровней эмиссии конкретного двигателя и уровней эмиссии, характерных для данного типа или модели двигателя. АП–34 применяются к указанным в них классам маршевых газотурбинных двигателей, устанавливаемых на гражданские самолеты.

РАЗДЕЛ В — ЭМИССИЯ ТОПЛИВА

34.10. Применимость

Требования данного раздела применимы к турбореактивным, турбовентиляторным и турбовинтовым двигателям типа или модели с датой изготовления первого серийного образца после 18 февраля 1982 г.

34.11. Требования, относящиеся к эмиссии топлива

(a) Двигатель следует проектировать и конструировать таким образом, чтобы был предотвращен преднамеренный выброс в атмосферу топлива из коллекторов топливных форсунок после выключения двигателя, завершающего нормальные полетные или наземные операции.

(b) Соответствие требованиям, установленным п. (a) данного параграфа, следует определять посредством проверки способа, использованного для исключения эмиссии топлива.

РАЗДЕЛ С — ЭМИССИЯ С ВЫХЛОПНЫМИ ГАЗАМИ

34.20. Применимость

Положения данного раздела применимы к двигателям тех классов и с теми датами изготовления, которые указаны в параграфе 34.21.

34.21. Нормы эмиссии с выхлопными газами

(А) Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели самолетов с дозвуковой скоростью полета, имеющие установленную взлетную тягу более 26,7 кН (2720 кгс).

(1) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1983 г. эмиссия дыма не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$SN = 83{,}6(F_{00})^{-0{,}274},$$

но не более SN = 50 (F_{00} в кН).

(2) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1986 г. эмиссия несгоревших углеводородов (HC) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00} = 19{,}6 \text{ г/кН}.$$

(3) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1986 г. эмиссия моноксида углерода (CO) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00} = 118 \text{ г/кН}.$$

(4) Для совокупности двигателей, имеющих дату изготовления не позднее 31 декабря 1999 г. и относящихся к типу или модели с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1986 г. и не позднее 31 декабря 1995 г., эмиссия оксидов азота (NO_X) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00} = 40 + 2\pi_{00}, \text{ г/кН}.$$

(5) Для совокупности двигателей, имеющих дату изготовления позднее 31 декабря 1999 г. или относящихся к типу или модели с датой изготовления первого серийного образца позднее 31 декабря 1995 г., эмиссия оксидов азота (NO_X) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00} = 32 + 1{,}6\pi_{00}, \text{ г/кН}.$$

(6) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца позднее 31 декабря 2003 г. эмиссия оксидов азота (NO_X) не должна превышать нормативного значения, определяемого следующими формулами:

$$D_p/F_{00} = 19 + 1{,}6\pi_{00}, \text{ г/кН},$$

при $\pi_{00} \le 30$ и $F_{00} > 89$ кН (9075 кгс);

$$D_p/F_{00} = 37{,}572 + 1{,}6\pi_{00} - 0{,}2087\, F_{00}, \text{ г/кН},$$

при $\pi_{00} \le 30$ и $26{,}7 < F_{00} \le 89$ кН (9075 кгс);

$$D_p/F_{00} = 7 + 2\pi_{00}, \text{ г/кН},$$

при $30 < \pi_{00} < 62{,}5$ и $F_{00} > 89$ кН (9075 кгс);

$$D_p/F_{00} = 42{,}71 + 1{,}4286\pi_{00} - 0{,}4013\, F_{00} + 0{,}00642\pi_{00}\, F_{00}, \text{ г/кН},$$

при $30 < \pi_{00} < 62{,}5$

и $26{,}7$ (2720 кгс)$< F_{00} \le 89$ кН (9075 кгс);

$$D_p/F_{00} = 32 + 1{,}6\pi_{00}, \text{ г/кН, при } \pi_{00} \ge 62{,}5.$$

(Б) Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели самолетов с дозвуковой скоростью полета, имеющие установленную взлетную тягу не более 26,7 кН (2720 кгс).

(1) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1983 г. эмиссия дыма не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$SN = 83{,}6(F_{00})^{-0{,}274},$$

но не более SN = 50 (F_{00} в кН).

(В) Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели самолетов со сверхзвуковой скоростью полета.

(1) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 18 февраля 1982 г. эмиссия дыма не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$SN = 83{,}6(F_{00}^{*})^{-0{,}274},$$

но не более SN = 50 (F_{00}^{*} в кН).

(2) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 18 февраля 1982 г. эмиссия несгоревших углеводородов (HC) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00}^{*} = 140\,(0{,}92)^{\pi 00}, \text{ г/кН}.$$

(3) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 18 февраля 1982 г. эмиссия моноксида углерода (CO) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00}^{*} = 4550\,(\pi_{00})^{-1{,}03}, \text{ г/кН}.$$

(4) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 18 февраля 1982 г. эмиссия оксидов азота (NO_X) не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$D_p/F_{00}^{*} = 36 + 2{,}42\pi_{00}, \text{ г/кН}.$$

(Г) Турбовинтовые двигатели, имеющие установленную взлетную мощность не менее 1000 кВт (1340 лс).

(1) Для типа или модели двигателя с датой изготовления первого серийного образца не ранее 1 января 1984 г. эмиссия дыма не должна превышать нормативного значения, определяемого формулой

$$SN = 187(F_{00})^{-0{,}168}$$ (F_{00} в кВт).

РАЗДЕЛЫ D — F [Зарезервированы]

РАЗДЕЛ G — ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

34.60. Введение

(a) Положения, приведенные в данном разделе, должны определять содержание программы испытаний конкретного двигателя (двигателей) с целью установления соответствия типа или модели двигателя применимым к ним нормам эмиссии газообразных веществ, приведенным в параграфе 34.21.

(b) Испытания, которые следует проводить в статических условиях на стенде, оборудованном для проведения измерений требуемой точности, состоят в отборе проб выхлопного газа двигателя на режимах, отвечающих требованиям пункта 34.62(a), с последующим анализом проб для определения концентраций компонентов эмиссии газообразных веществ.

(c) По измеренным концентрациям компонентов эмиссии — несгоревших углеводородов, моноксида углерода и оксидов азота — вычисляется масса каждого компонента за стандартный взлетно–посадочный цикл самолета посредством суммирования масс эмиссии компонента на этапах цикла. Стандартный взлетно–посадочный цикл введен в целях нормирования эмиссии и обобщает информацию о продолжительности указанных этапов в периоды наибольшей интенсивности взлетно–посадочных операций в крупных аэропортах, а также о характерных значениях тяги двигателей на этих этапах. Для самолетов с дозвуковой скоростью полета стандартный взлетно–посадочный цикл состоит из следующих четырех этапов: рулежение/земной малый газ, взлет, набор высоты, заход на посадку. Для самолетов со сверхзвуковой скоростью полета введен дополнительный этап — снижение.

(d) Испытания должны проводиться с представительным (см. п. 1.1(f) Добавления 6 к тому 2 Приложения ИКАО), полностью укомплектованным двигателем — все агрегаты, которые, как ожидается, могут влиять на эмиссию, должны быть установлены и функционировать. Эксплуатационные отборы воздуха и мощности для систем самолета не допускаются.

(A) Если атмосферные условия во время испытаний отличаются от стандартных, то получаемые по результатам испытаний характеристики эмиссии следует приводить к стандартным атмосферным условиям в соответствии с методикой, представленной в Добавлениях 3 и 5 к тому 2 Приложения 16 ИКАО. При этом в качестве стандартных атмосферных условий принимаются условия международной стандартной атмосферы (МСА) за исключением того, что в качестве стандартной влажности принимается величина 0,00629 кг воды на 1 кг сухого воздуха.

(Б) Для каждого подвергавшегося испытаниям двигателя, а также для типа или модели двигателя по результатам испытаний должны быть представлены применимые к целям настоящего раздела характеристики и параметры, указанные в томе 2 Приложения 16 ИКАО (см. параграфы 1.3 главы 1; 2.4 главы 2 и 3.4 главы 3 части III, а также разделы 3 и 7 Добавлений 3 и 5). Кроме того, должна быть представлена информация о всех действиях, предусмотренных Добавлением 6 к тому 2 Приложения 16 ИКАО.

34.61. Топливо

Для испытаний с целью определения уровней эмиссии газообразных веществ следует использовать топливо с характеристиками, соответствующими приведенным в нижеследующей таблице. Топливо не должно содержать присадки, используемые в целях подавления дымления (например, органо–металлические соединения).

Характеристика	Допустимый диапазон значений
Плотность при 288 К, кг/м^3	780–820
Температура выкипания, К:	
10% фракций	428–474
100% фракций	508–558
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,86–43,50
Ароматические углеводороды, % по объему	15–23
Нафталины, % по объему	1,0–3,5
Высота некоптящего пламени, мм	20–28
Водород, % по массе	13,4–14,1
Сера, % по массе	менее 0,3
Кинематическая вязкость при 253 К, мм^2/с	2,5–6,5

34.62. Испытания

(a) Двигатель должен быть испытан на режимах, по количеству и величинам тяги достаточных для того, чтобы с использованием процедур приведения к стандартным атмосферным условиям и, при необходимости, интерполяции и экстраполяции надежно определить массу эмиссии газообразных веществ на каждом из следующих этапов стандартного взлетно–посадочного цикла.

Этап стандартного взлетно–посадочного цикла	Величина тяги двигателя на этапе	
	Самолет с дозвуковой скоростью полета	Самолет со сверх–звуковой скоростью полета
Взлет	F_{00}	F_{00}^*
Набор высоты	0,85 F_{00}	0,65 F_{00}^*
Снижение	–	0,15 F_{00}^*
Заход на посадку	0,30 F_{00}	0,34 F_{00}^*
Руление/земной малый газ	0,07 F_{00}	0,058 F_{00}

Примечание. Для этапа руления самолета со сверхзвуковой скоростью полета величина тяги всегда определяется исходя из установленной взлетной тяги без использования форсажа.

Продолжительности этапов стандартного взлетно–посадочного цикла, используемые при расчете массы эмиссии за цикл, должны соответствовать указанным в следующей таблице.

Этап стандартного взлетно–посадочного цикла	Продолжительность этапа, мин	
	Самолет с дозвуковой скоростью полета	Самолет со сверх–звуковой скоростью полета
Взлет	0,7	1,2
Набор высоты	2,2	2,0
Снижение	–	1,2
Заход на посадку	4,0	2,3
Руление/земной малый газ	26,0	26,0

(b) Испытания с определением эмиссии должны выполняться на прогретом двигателе, достигшем стационарных рабочих температур.

34.63. [Зарезервирован]

34.64. Системы и методы для определения эмиссии газообразных веществ

Системы и методы для отбора и анализа проб выхлопных газов, методы приведения результатов испытаний и методы расчета характерных для типа или модели двигателя уровней эмиссии газообразных веществ должны соответствовать предписанным в Добавлениях 3, 5 и 6 к тому 2 Приложения 16 ИКАО.

34.65. — 34.70. [Зарезервированы]

34.71. Определение соответствия нормам эмиссии газообразных веществ

Соответствие нормам по каждому компоненту эмиссии газообразных веществ следует устанавливать посредством сопоставления характерных для данного типа или модели двигателя уровней эмиссии за стандартный взлетно–посадочный цикл, определенных указанными в параграфе 34.64 методами, с применимым нормативным значением, определяемым параграфом 34.21.

РАЗДЕЛ Н — ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИИ ДЫМА

34.80. Введение

Положения, приведенные в данном разделе, должны определять содержание программы испытаний конкретного двигателя (двигателей) с целью установления соответствия типа или модели двигателя применимым к ним нормам эмиссии дыма, приведенным в параграфе 34.21. Эти испытания, по существу, идентичны предписанным параграфами 34.60 и 34.62, за исключением того, что режимы испытаний должны быть достаточны для надежного определения максимального значения числа дымности в диапазоне режимов двигателя, выбранных для его использования на самолетах, и что приведения к стандартным атмосферным условиям получаемых по результатам испытаний характеристик эмиссии дыма не требуется.

Для каждого подвергавшегося испытаниям двигателя, а также для типа или модели двигателя по результатам испытаний должны быть представлены применимые к целям настоящего раздела характеристики и параметры, указанные в томе 2 Приложения 16 ИКАО (см. параграфы 1.3 главы 1; 2.4 главы 2 и 3.4 главы 3 части III, а также раздел 4 Добавления 2). Кроме того, должна быть представлена информация о всех действиях, предусмотренных Добавлением 6 к тому 2 Приложения 16 ИКАО.

34.81. Топливо

Для испытаний с целью определения эмиссии дыма следует использовать топливо с характеристиками, указанными в параграфе 34.61.

34.82. Системы и методы для определения эмиссии дыма

Системы и методы для отбора и анализа проб выхлопных газов, методы расчета числа дымности и методы определения характерных для типа или модели двигателя уровней эмиссии дыма должны соответствовать предписанным в Добавлениях 2 и 6 к тому 2 Приложения 16 ИКАО.

34.83. — 34.88. [Зарезервированы]

34.89. Определение соответствия норме эмиссии дыма

Соответствие норме эмиссии дыма следует устанавливать посредством сопоставления характерного для данного типа или модели двигателя максимального значения числа дымности, определенного указанными в параграфе 34.82 методами, с применимым нормативным значением, определяемым параграфом 34.21.

ПРИЛОЖЕНИЯ

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРАВИЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭМИССИИ С ВЫХЛОПНЫМИ ГАЗАМИ

(выборка из Приложения 16 к Конвенции о международной гражданской авиации, том 2, «Эмиссия авиационных двигателей», изд. 2, ИКАО, июль 1993 г. с поправкой 3 от 20 марта 1997 г.)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Приведенные ниже документы являются выборкой из текстов методических указаний тома 2 Приложения 16, на которые имеются ссылки в АП-34.

Выборка включает в себя тексты отдельных пунктов/параграфов раздела «Международные стандарты и рекомендуемая практика» тома 2 Приложения 16, а также полные тексты Добавлений и Дополнений к этим Добавлениям, являющихся составной частью тома 2 Приложения 16.

Выборка представлена в виде копий соответствующих страниц официального издания тома 2 Приложения 16 на русском языке. Поскольку каждая страница копий имеет нумерацию в соответствии с оригинальным изданием, дополнительная порядковая нумерация страниц выборки не производилась.

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование — **Номер стр. по тексту документа ИКАО**

ЧАСТЬ III — СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ 6

Пункт 1.3 (Глава 1. Административные вопросы) 6

§2.4. Требуемая информация (Глава 2. Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели, предназначенные для обеспечения полетов только на дозвуковых скоростях) 10

§3.4. Требуемая информация (Глава 3. Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели, предназначенные для обеспечения полетов на сверхзвуковых скоростях) 14

ДОБАВЛЕНИЕ 1. Измерение базовой степени повышения давления 17

1. Общие положения 17

2. Измерение 17

ДОБАВЛЕНИЕ 2. Оценка эмиссии дыма 18

1. Введения и определения 18

2. Измерение эмиссии дыма 18

3. Расчет числа дымности на основе данных измерения 23

4. Сообщение данных полномочному сертифицирующему органу 23

ДОБАВЛЕНИЕ 3. Приборы и методы измерения эмиссии газообразных веществ 25

1. Введение 25

2. Определения 25

3. Требуемые данные 26

4. Общая компоновка системы 27

5. Описание составных частей 27

6. Общая методика испытаний 30

7. Расчеты 32

Дополнение A к Добавлению 3. Технические требования к анализатору HC 39

Дополнение B к Добавлению 3. Технические требования к анализаторам CO и CO2 41

Дополнение C к Добавлению 3. Технические требования к анализатору NOx 43

Дополнение D к Добавлению 3. Тарировочные и испытательные газы 45

Дополнение E к Добавлению 3. Расчет параметров эмиссии: основные положения, внесение поправок в результаты измерения и альтернативный числовой метод 46

Дополнение F к Добавлению 3. Требования в отношении дополнительных данных 51

ДОБАВЛЕНИЕ 5. Приборы и методы измерения эмиссии газообразных веществ при использовании газотурбинных двигателей с форсажной камерой 54

1. Введение 54
2. Определения 54
3. Требуемые данные 55
4. Общее построение системы 56
5. Описание составных частей 59
6. Общая методика испытаний 60
7. Расчеты 62

Дополнение A к Добавлению 5. Технические требования к анализатору HC 70

Дополнение B к Добавлению 5. Технические требования к анализаторам CO и CO2 72

Дополнение C к Добавлению 5. Технические требования к анализатору NOx 74

Дополнение D к Добавлению 3. Тарировочные и испытательные газы 76

Дополнение E к Добавлению 5. Расчет параметров эмиссии: основные положения, внесение поправок в результаты измерения и альтернативный числовой метод 77

Дополнение F к Добавлению 3. Требования в отношении дополнительных данных 82

ДОБАВЛЕНИЕ 6. Правила соблюдения уровней эмиссии газообразных веществ и дыма 83

1. Общие положения 83
2. Процедура соблюдения соответствия нормам 83
3. Порядок действий в случае несоответствия требованиям стандартов 84

ЧАСТЬ III. СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ

ГЛАВА 1. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ВОПРОСЫ

1.3. Документ, удостоверяющий сертификацию каждого отдельного двигателя по эмиссии, включает в себя по крайней мере следующую информацию, относящуюся к данному типу двигателя:

a) название полномочного сертифицирующего органа;

b) заводское обозначение типа и модели двигателя;

c) указание любых дополнительных модификаций, введенных с целью приведения в соответствие с применяемыми требованиями к сертификации по эмиссии;

d) данные о расчетной мощности;

e) базовую степень повышения давления;

f) указание о соблюдении требований к числу дымности;

g) указание о соблюдении требований к загрязнению газообразными веществами.

1.4. Договаривающиеся государства признают действительной сертификацию по эмиссии, производимую полномочным сертифицирующим органом другого Договаривающегося государства, при условии, что требования, в соответствии с которыми производилась сертификация, являются не менее строгими, чем положения, содержащиеся в настоящем Приложении.

ЧАСТЬ III. СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ

ГЛАВА 2. ТУРБОРЕАКТИВНЫЕ И ТУРБОВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ТОЛЬКО НА ДОЗВУКОВЫХ СКОРОСТЯХ

2.4. Требуемая информация

Примечание. *Требуемая информация подразделяется на три группы:*

1) общая информация для определения характеристик двигателя, используемого топлива и метода анализа данных;

2) данные, полученные при испытании (испытаниях) двигателя; и

3) полученные при испытании двигателя результаты расчетов.

2.4.1. Общая информация

Для каждого типа двигателя, который подлежит сертификации по дыму или эмиссии газообразных веществ, представляется следующая информация:

a) обозначение двигателя;

b) расчетная мощность (в кН);

c) исходная степень повышения давления;

d) стандартные характеристики топлива;

e) отношение количества водорода к количеству углерода в топливе;

f) методы сбора данных;

g) метод внесения поправок относительно окружающих условий;

h) метод анализа данных.

2.4.2. Информация об испытании

По каждому испытываемому с целью сертификации двигателю для каждого режима работы двигателя, перечисленного в п. 2.1.4.2, представляется указанная ниже информация. Эта информация представляется после внесения, по мере необходимости, поправок относительно стандартных окружающих условий:

a) расход топлива (кг/с);

b) индекс эмиссии (г/кг) для каждого газообразного загрязнителя; и

c) измеренное число дымности.

2.4.3. Расчетная информация

2.4.3.1. По каждому опробованному с целью сертификации двигателю представляется следующая информация:

a) интенсивность эмиссии, т.е. индекс эмиссии, умноженный на расход топлива (г/с) для каждого газообразного загрязнителя;

b) общий объем эмиссии каждого газообразного загрязнителя, замеренный по взлетно-посадочному циклу (г);

c) значение D_p / F_∞ для каждого газообразного загрязнителя (г/кН);

d) максимальное число дымности.

2.4.3.2. Характерные уровни эмиссии газообразных загрязнителей и число дымности представляются для каждого сертифицируемого типа двигателей.

Примечание. *Как указано в Добавлении 6, характерный уровень числа дымности или газообразного загрязнителя является средним значением величин, полученных при опробовании всех двигателей, измеренных и скорректированных относительно исходного стандартного двигателя и исходных окружающих условий, разделенных на коэффициент, соответствующий числу опробованных двигателей.*

ЧАСТЬ III. СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ

ГЛАВА 3. ТУРБОРЕАКТИВНЫЕ И ТУРБОВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ НА СВЕРХЗВУКОВЫХ СКОРОСТЯХ

3.4. Требуемая информация

Примечание. *Требуемая информация подразделяется на три группы:*

1) общая информация для определения характеристик двигателя, используемого топлива и метода анализа данных;

2) данные, полученные при испытании (испытаниях) двигателя; и

3) полученные при испытании двигателя результаты расчетов.

3.4.1. По каждому типу двигателя, который подлежит сертификации по эмиссии, представляется следующая информация:

a) обозначение двигателя;

b) расчетная мощность (кН);

c) расчетная мощность при использовании, в случае необходимости, форсажа (кН);

d) базовая степень повышения давления;

e) стандартные характеристики топлива;

f) отношение количества водорода к количеству углерода в топливе;

g) методы сбора данных;

h) методы внесения поправок относительно окружающих условий;

i) метод анализа данных.

3.4.2. Информация о результатах испытаний

Для каждого двигателя, испытываемого в целях сертификации на указанных в п. 3.1.5.2 режимах тяги, представляется перечисленная ниже информация. Информация, представляемая после внесения, по мере необходимости, поправок относительно стандартных окружающих условий:

a) расход топлива (кг/с);

b) индекс эмиссии (г/кг) для каждого газообразного загрязнителя;

c) процентное увеличение тяги при форсаже;

d) измеренное число дымности.

3.4.3. Расчетная информация

3.4.3.1. Для каждого опробованного в целях сертификации двигателя представляется следующая извлеченная информация:

a) интенсивность эмиссии, т.е. индекс эмиссии, умноженный на расход топлива (г/с) для каждого загрязнителя;

b) общий объем эмиссии каждого газообразного загрязнителя, измеренный по взлетно-посадочному циклу (г);

c) значения D_p / F^*_∞ для каждого газообразного загрязнителя (г/кН);

d) измеренное максимальное число дымности.

3.4.3.2. Каждый тип двигателя, для которого запрашивается сертификат на эмиссию, должен быть снабжен характерным числом дымности и уровнями газообразной загрязняющей эмиссии.

Примечание. *Характерный уровень дымности или газообразной загрязняющей эмиссии является средним значением результатов испытаний всех опробованных двигателей, измеренных и скорректированных относительно исходного стандартного двигателя и исходных окружающих условий, поделенных на коэффициент, соответствующий количеству опробованных двигателей, как это указано в Добавлении 6.*

ДОБАВЛЕНИЕ 1. ИЗМЕРЕНИЕ БАЗОВОЙ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. При определении степени повышения давления используется двигатель в штатной компоновке.

1.2. Базовая степень повышения давления определяется при номинальной взлетной тяге с помощью зависимости, связывающей измеренную степень повышения давления с измеренной тягой, приведенной к условиям МСА.

2. ИЗМЕРЕНИЕ

2.1. Полное давление измеряется в выходной плоскости последней ступени компрессора и на входе первой ступени компрессора путем установки по крайней мере четырех датчиков с целью разделения зоны воздушного потока на четыре равных сектора, принимая затем среднее значение четырех полученных величин.

Примечание. *Полное давление на выходе компрессора может быть получено на основе полного или статического давления, измеренного в точке, расположенной как можно ближе к выходной плоскости компрессора. Однако, если двигатель сконструирован таким образом, что при проведении сертификационного испытания по эмиссии установка датчиков указанным выше способом практически невозможна, то полномочный сертифицирующий орган по своему усмотрению может утвердить другие методы оценки полного давления на выходе компрессора.*

2.2. Необходимые для таких оценок поправочные коэффициенты определяются в процессе испытаний двигателя для сертификации его типа при использовании как минимум одного двигателя и испытаний соответствующих его узлов и элементов, а также путем проведения расчетов.

2.3. Эти методы являются приемлемыми для полномочного сертифицирующего органа.

ДОБАВЛЕНИЕ 2. ОЦЕНКА ЭМИССИИ ДЫМА

1. ВВЕДЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Примечание. *Указанные ниже правила относятся к получению представительных проб выхлопных газов, их подачи в систему измерения эмиссии, а также к их анализу с помощью этой системы.*

1.1. Внесение изменений в процедуру, изложенную в Добавлении, разрешается после представления предварительной заявки и ее утверждения полномочным сертифицирующим органом.

1.2. В тех случаях, когда в настоящем Дополнении употребляются приведенные ниже термины и условные обозначения, они имеют следующие значения:

Размер пробы. Отобранная проба выхлопного газа, величина массы которой (выраженная в кг на 1 $м^2$ площади поверхности загрязненного фильтра) находится в интервале, указанном в п.2.5.3h) этого Добавления, и которая при пропускании через фильтрующий материал вызывает изменение коэффициента отражения, дающего значения параметра SN'.

Объем пробы. Выбранный объем пробы (выраженный в $м^3$), эквивалентная масса которого, рассчитанная согласно п. 3 данного Добавления, совпадает с приведенным ниже определением размеров пробы.

Эталонный размер пробы. Масса пробы, 16,2 кг/$м^2$ на площадь загрязненного фильтра, при пропускании которой через фильтрующий материал происходит изменение отражательной способности, по которой определяется значение параметра SN.

SN. Число дымности. Безразмерная величина, характеризующая уровень эмиссии дыма на основании загрязнения фильтра эталонной массой пробы выхлопного газа, которая измеряется по шкале в пределах от 0 до 100 (см. п. 3 данного Добавления).

SN'. Число дымности, полученное в результате исследования отдельной пробы дыма, не обязательно эталонного размера, как определено в п. 3 данного Добавления.

W. Масса отдельной пробы выхлопного газа (кг), вычисленная на основании измерений объема, давления и температуры пробы (см. п. 3 данного Добавления).

2. ИЗМЕРЕНИЕ ЭМИССИИ ДЫМА

2.1. Пробоотборник эмиссии дыма

a) Пробоотборник изготавливается из нержавеющей стали; при использовании смешивающего пробоотборника все отверстия для отбора проб имеют равный диаметр.

b) Пробоотборник конструируется таким образом, чтобы по крайней мере 80% падения давления проходящего через него потока приходилось на отверстия.

c) Число отверстий для отбора проб составляет не менее 12.

d) Плоскость отбора проб располагается настолько близко к плоскости выхлопного сопла двигателя, насколько это позволяют характеристики двигателя, однако в любом случае она находится на удалении от выходной плоскости не более чем на расстоянии, равном 0,5 диаметра сопла.

e) Подающий заявку представляет полномочному сертифицирующему органу, с помощью подробных эпюр распределения чисел дымности, доказательства того, что предлагаемая им конструкция пробоотборника и его местоположение обеспечат получение представительных прсб для каждой из установленных величин тяги.

2.2. Линия подачи проб эмиссии дыма

2.2.1. Проба подается из пробоотборника в систему сбора прсб по линии с внутренним диаметром 4,0-8,5 мм по кратчайшему маршруту, длина которого ни в коем случае не превышает 25 м. Температура в этой линии поддерживается а интервале 60-175 °С, причем отклонения не превышают ±15 °С, за исключением расстояния, необходимого для охлаждения газа с уровня температуры выхлопных газов до температуры регулирования в линии.

2.2.2. Линии подачи проб являются по возможности прямыми на всем протяжении. Радиусы любых необходимых изгибов более чем в 10 раз превышают внутренний диаметр этих линий. Для изготовления линий используются такие материалы, которые предотвращают накопление твердых частиц вещества или статического электричества.

Примечание. *Нержавеющая сталь, медь или заземленный насыщенный углеродом материал (PTFE) отвечают этим требованиям.*

2.3. Система анализа дыма

Примечание. *Рекомендуемый ниже метод основан на измерении уменьшения коэффициента отражения фильтра по мере его загрязнения при прохождении через него пробы выхлопных газов с данным массовым расходом.*

Расположение различных компонентов системы, предназначенных для получения необходимых образцов загрязненных фильтров, имеет вид, схематически показанный на рис. 2-1. Вблизи расходомера может устанавливаться дополнительный перепускной клапан для упрощения снятия показаний. Основные элементы системы отвечают следующим требованиям:

a) *Измерение объема проб.* Для измерения объема пробы с точностью до ±2% используется влажный или сухой положительный объемный расходомер. Измеряются также давление и температура на входе в расходомер с точностью соответственно 0,2% и ±2 °С.

b) *Измерение расхода газов, содержащихся в пробах.* Расход газов, содержащихся в пробах, поддерживается в пределах (14±0,5) л/мин; используемый с этой целью расходомер имеет точность ±5%.

c) *Фильтр и держатель.* Держатель фильтра изготавливается из коррозионно-стойкого материала и имеет конфигурацию внутреннего канала потока, показанную на рис. 2-1. Фильтр изготавливается из ватмана № 4 или любого аналогичного материала, одобренного полномочным сертифицирующим органом.

d) *Клапаны.* В соответствии с рис. 2-1 предусматривается наличие четырех клапанов:

1) клапан A представляет собой быстродействующий переключатель потока, позволяющий отклонять поток для того, чтобы направлять входящие пробы через измерительный фильтр или по обходным каналам, а также для того, чтобы перекрывать поток.

   Примечание. *В случае необходимости клапан A может состоять из двух связанных между собой клапанов, что позволяет обеспечивать выполнение необходимых функций;*

2) клапаны B и C представляют собой дроссельные клапаны; они используются для регулирования расхода газов в системе;

3) клапан D представляет собой запорный клапан; он служит для того, чтобы изолировать держатель фильтра.

Все клапаны изготавливаются из коррозионно-стойкого материала.

e) *Вакуумный насос.* При отсутствии потока разрежение в насосе по отношению к атмосферному давлению составляет 75 кПа; при нормальной температуре и давлении полный расход через него составляет не менее 28 л/мин.

f) *Регулирование температуры.* Температура по всей линии входящих проб до держателя фильтра поддерживается в интервале 60-175 °C с точностью ±15 °C.

   Примечание. *Осуществляется с целью предотвращения конденсации воды перед и в зоне держателя фильтра.*

g) Если желательно, чтобы через пробоотборник обеспечивался более высокий расход отбираемых проб газов, чем через держатель фильтра, между пробоотборником и клапаном A (см. рис. 2-1) можно дополнительно разместить произвольный разделитель потока для сброса излишнего потока газов. Линия сброса располагается по возможности ближе к газоотводу пробоотборника и не влияет на способность системы отбора проб обеспечивать требуемое падение давления на 80% в пределах блока пробоотборника. Сбрасываемый поток газов может направляться в анализатор CO_2 или систему анализа видов эмиссии.

h) Если используется разделитель потока, то проводятся испытания для демонстрации того, что этот разделитель потока не изменяет уровень дыма, поступающего в держатель фильтра. Это может обеспечиваться путем поворота выходных линий в противоположную от разделителя потока сторону и демонстрации того, что в пределах точности метода уровень дыма не меняется.

i) *Режим работы.* Подсистема соответствует требованиям, предъявляемым при проведении следующего испытания:

   1) закрепить чистый фильтр в держателе;

   2) закрыть клапан A и полностью открыть клапаны B, C и D:

   3) включить вакуумный насос на 1 мин для того чтобы уравнять давление;

   4) оставить насос включенным и измерить объемный расход через расходомер в течение 5 мин. Этот объем не превышает 5 л (при нормальной температуре и давлении); система не используется до тех пор, пока не будут выполнены эти требования.

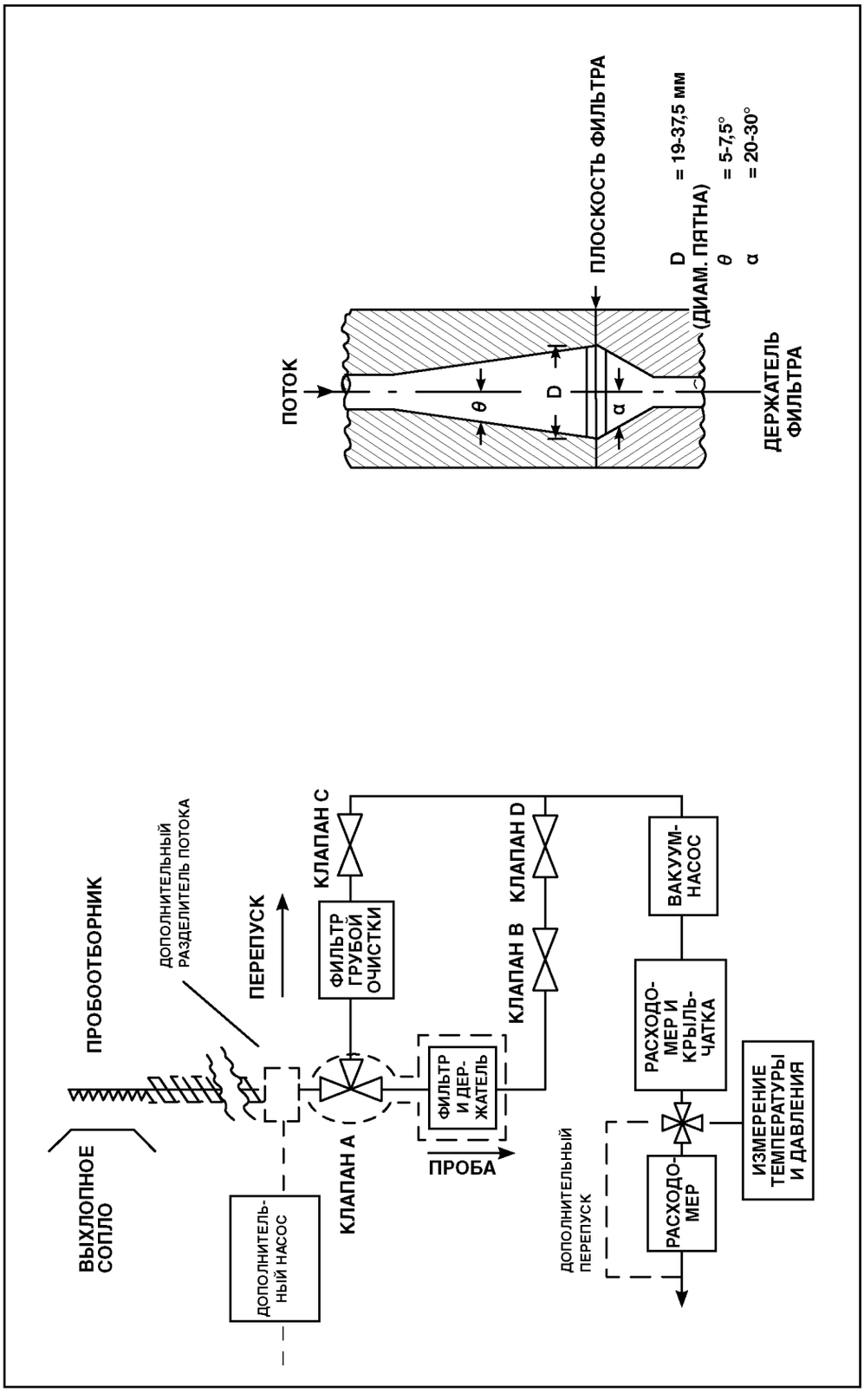


Рис. 2-1. Система анализа дыма

j) Рефлектометр. Измерение коэффициента отражения материала фильтра осуществляется с помощью прибора, соответствующего стандарту № PH2.17/1977 Американского национального института стандартов (ANSI) на плотность диффузного отражения. Диаметр светового луча рефлектометра на фильтровальной бумаге не превышает D/2, а также составляет не менее D/10, где D — диаметр пятна на фильтре (см. рис. 2-1).

2.4. Характеристики топлива

Характеристики топлива соответствуют характеристикам, указанным в Добавлении 4. В нем не содержатся присадки, которые используются с целью подавления дыма (такие, как металлоорганические соединения).

2.5. Методы измерения характеристик дыма

2.5.1. Работа двигателя

2.5.1.1. Двигатель работает на стационарном испытательном стенде, который соответствующим образом оборудован для высокоточных испытаний.

2.5.1.2. Испытания проводятся при величинах тяги, утвержденных полномочным сертифицирующим органом. Обеспечивается стабильная работа двигателя при каждой величине тяги.

2.5.2. Проверка работы и чистоты

Не производится никаких измерений, пока все линии передачи проб и клапаны не будут подогреты и стабилизированы. Перед серией испытаний проверяется работа системы и чистота следующим образом:

a) *Проверка работы.* Отсоединить пробоотборник от линии и закрыть конец линии передачи проб, выполнить проверку, как указано в п. 2.3i), за исключением того, что клапан A открыт и установлен в положение «Перепуск», клапан D закрыт, а допустимый уровень утечки составляет 2 л. Вновь соединить пробоотборник с линией.

b) *Проверка чистоты:*

1) открыть клапаны B, C и D;

2) запустить вакуумный насос и попеременно устанавливать клапан A в положения «Перепуск» и «Проба» в течение 5 мин, чтобы заполнить всю систему чистым воздухом;

3) установить клапан A в положение «Перепуск»;

4) закрыть клапан D и закрепить в держателе чистый фильтрующий материал, открыть клапан D;

5) установить клапан A в положение «Проба» и после того как через фильтр пройдет 50 кг воздуха на 1 м^2 фильтра, вновь установить клапан A в положение «Перепуск»;

6) измерить пятно на фильтре и определить результирующее число дымности SN' в соответствии с описанием п. 3 настоящего Добавления;

7) если это значение SN' превышает 3, система очищается (или, другими словами, ректифицируется), пока не будет получено значение, меньшее 3.

Система не используется, пока не будут выполнены требования проверки работы и чистоты.

2.5.3. Измерение характеристик дыма

Измерения характеристик дыма производятся независимо от других измерений, за исключением случаев, когда полученные в результате этих измерений величины значительно меньше предельных значений или когда можно доказать достоверность значений дыма, полученных при одновременных измерениях, и в этих случаях измерение характеристик дыма может осуществляться одновременно с измерением эмиссии газообразных веществ. Во всех случаях строго соблюдаются изложенные в п. 2.2.2 требования к радиусам изгибов линий подачи проб. Создается также подсистема анализа дыма, отвечающая техническим требованиям, изложенным в п. 2.3. В соответствии с рис. 2-1 при получении образцов загрязненных фильтров выполняются следующие основные операции:

a) во время работы двигателя, когда пробоотборник установлен в нужном положении, клапан A не закрывается, иначе могут создаться условия для образования в линиях твердых частиц;

b) установить клапан A в положение «Перепуск», закрыть клапан D и закрепить в держателе чистый фильтр. Продолжать пропускать пробу выхлопных газов в положении «Перепуск» а течение по крайней мере 5 мин, пока двигатель работает в необходимом эксплуатационном режиме или в режиме, близком к этому; клапан C устанавливается в положение, соответствующее расходу (14±0,5) л/мин;

c) открыть клапан D и установить клапан A в положение «Проба», а клапан B снова установить в положение, соответствующее расходу, указанному в п. b);

d) установить клапан A в положение «Перепуск» и закрыть клапан D; закрепить в держателе чистый фильтр;

e) когда условия работы двигателя стабилизируются, пропускать поток отобранных газов в течение 1 мин по системе при положениях клапанов, указанных в п. d);

f) открыть клапан D, установить клапан A в положение «Проба», в случае необходимости вновь установить величины расхода и пропускать объем отобранных газов (см. п. h)) по системе до тех пор, пока клапан A не будет снова установлен в положение «Перепуск», а затем закрыть клапан D;

g) снять загрязненный фильтр для анализа и закрепить в держателе чистый фильтр;

h) объемы отобранных проб находятся в интервале 12-21 кг выхлопных газов на 1 м^2 фильтра и включают образцы, объемы которых составляют 16,2 кг выхлопных газов на 1 м^2 фильтра или же превышают или не достигают этой величины. Для каждого режима работы двигателя число используемых проб составляет не менее 3; в случае необходимости указанные в пп. e)-g) операции повторяются.

3. РАСЧЕТ ЧИСЛА ДЫМНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ

Полученные в соответствии с положениями п. 2.5.3 образцы загрязненных фильтров анализируются с помощью рефлектометра, как указано в п. 2.3. В качестве подкладки используется материал черного цвета с абсолютной отражательной способностью менее 3%. Величины абсолютной отражательной способности каждого загрязняющего фильтра R_s используются для расчета уменьшения коэффициента отражения по следующей формуле:

$$SN' = 100\ (1 - R_s/R_w),$$

где R_w — абсолютная отражательная способность материала чистого фильтра.

Массы различных проб рассчитываются по формуле

$$W = 0{,}348\ PV/T \times 10^{-2}\ (\text{кг}),$$

где P и T — измеренные непосредственно перед расходомером давление газов в пробе (Па) и температура (°K); V — объем пробы ($м^3$).

Для каждого режима работы двигателя и в случае, если объемы пробы отличаются от стандартного значения в большую или меньшую сторону, на график зависимости SN' от log W/A (где A — площадь загрязненного фильтра ($м^2$)) наносятся различные значения SN' и W. Используя линейную зависимость, полученную методом наименьших квадратов, вычисляется значение SN' для W/A = 16,2 $кг/м^2$, и это значение сообщается в качестве числа дымности (SN) для данного режима работы двигателя. Если используются пробы только стандартных размеров, сообщаемое значение SN будет представлять среднее арифметическое различных отдельных значений SN'.

4. СООБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПОЛНОМОЧНОМУ СЕРТИФИЦИРУЮЩЕМУ ОРГАНУ

Результаты измерения сообщаются полномочному сертифицирующему органу. По каждому испытанию сообщаются следующие дополнительные данные:

a) температура газов в пробе;

b) давление газов в пробе;

c) фактический объем пробы для условий отбора этих проб; и

d) фактический расход отобранных газов для условий отбора проб; и

e) подтверждение о проведении проверок работы и чистоты (см. п. 2.5.2).

ДОБАВЛЕНИЕ 3. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

1. ВВЕДЕНИЕ

Примечание. *Определенные в настоящем Добавлении правила касаются получения представительных проб выхлопных газов и их подачи в систему измерения эмиссии, в которой они анализируются. Данные правила неприменимы к двигателям с форсажной камерой. Предлагаемые методы являются характерными для наиболее совершенной, легкодоступной и широко применяемой современной практики.*

Изменения методики, изложенной в настоящем Добавлении, разрешаются лишь после представления соответствующей заявки полномочному сертифицирующему органу и утверждения им этих изменений.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В тех случаях, когда в настоящем Добавлении употребляются приведенные ниже термины, они имеют следующие значения:

Выхлопное сопло. При отборе проб эмиссии выхлопных газов газотурбинных двигателей, когда реактивные струи не смешиваются (как это происходит, например, в некоторых турбовентиляторных двигателях), за сопло принимается сопло, через которое проходит поток газа только от газогенератора (основной контур). Однако в тех случаях, когда происходит смешение реактивной струи, за сопло принимается общее выхлопное сопло.

Дрейф нуля. Зависящее от времени отклонение выходного сигнала прибора от заданного нулевого значения при прохождении через него газа, не содержащего компонента, подлежащего измерению.

Интерференция. Реакция прибора на присутствие других компонентов, не являющихся газом (или паром), характеристики которого подлежат измерению.

Концентрация. Объемная доля представляющего интерес компонента в газовой смеси (выражается в процентах от объема или миллионных частях) (ppm).

Нерассеивающий инфракрасный анализатор. Прибор, который с помощью поглощения энергии инфракрасного излучения осуществляет селективное измерение конкретных компонентов.

Нулевой газ. Газ, подлежащий использованию при установке прибора в нулевое или нейтральное положение.

Отношение воздуха к топливу. Отношение массового расхода воздуха, проходящего через горячую секцию двигателя, к массовому расходу топлива в двигателе.

Повторяемость. Точность, с которой измерение характеристик данного неизменяемого образца может быть воспроизведено при повторных измерениях через короткие интервалы времени без подстройки прибора.

Пламеионизационный детектор. Детектор ионизации диффузионного водородно-воздушного пламени, выдающий сигнал, номинально пропорциональный количеству углеводородов, поступающих в это пламя в единицу времени (считается, что сигнал определяется числом поступающих в пламя атомов углерода).

Разрешающая способность. Наименьшее изменение результатов замера, которое может быть обнаружено.

Реакция прибора. Изменение выходного сигнала прибора в зависимости от изменения концентрации газов в пробе. Также выходной сигнал, соответствующий данной концентрации газов а пробе.

Стабильность. Точность, с которой повторные измерения по данному неизменяемому образцу могут быть выдержаны в течение определенного промежутка времени.

Тарировочный газ. Эталонный газ, состав которого известен с высокой точностью, предназначенный для использования при регулировке, настройке и периодических проверках приборов.

Точность. Степень приближения измеренной величины к истинной величине, определенной независимо от этого измерения.

Частей на миллион (ppm). Единица объемной концентрации газа на миллионную часть объема газовой смеси, в состав которой входит этот газ.

Частей на миллион частей углерода (ppmC). Молярная доля углеводорода, умноженная на 10^6 и измеренная на основе эквивалентности метана. Таким образом, 1 ppm метана обозначается как 1 ppmC. Для преобразования концентрации любого углеводорода, выраженной в ppm, в эквивалентное значение, выраженное в ppmC, нужно умножить концентрацию, выраженную в ppm, на число атомов углерода, входящих в состав молекулы газа. Например, 1 ppm пропана соответствует 3 ppmC углеводорода, 1 ppm гексана — 6 ppmC углеводорода.

Шум. Случайные отклонения данных на выходе прибора, не связанные с характеристиками пробы, измеряемой этим прибором; их следует отличать от характеристики смещения.

Эталонный газ. Смесь газов заданного известного состава, которая используется в качестве основы для расшифровки показаний прибора в единицах концентрации газа, измеряемого этим прибором.

3. ТРЕБУЕМЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Эмиссия газообразных веществ

Определяется концентрация следующих газов:

a) углеводороды (HC): оценка всех соединений углеводорода, присутствующих в выхлопных газах:

b) окись углерода (CO);

c) двуокись углерода (CO_2).

Примечание. *CO_2 не считается загрязняющим веществом, однако определение ее концентрации необходимо для целей расчета и проверки;*

d) окислы азота (NO_x): оценка суммы двух окислов — окиси азота (NO) и двуокиси азота (NO_2);

e) окись азота (NO).

3.2. Прочая информация

Для нормирования данных измерения характеристик эмиссии и для количественного выражения испытываемых характеристик двигателя требуется следующая дополнительная информация:

— температура на входе;

— влажность на входе;

— атмосферное давление;

— соотношение водород/углерод в топливе;

— другие требуемые параметры двигателя (например, тяга, частота вращения ротора, температуры газов в турбине и расход воздуха, проходящего через газогенератор).

В соответствии с Дополнением F к настоящему Добавлению эти данные получаются либо путем прямого измерения, либо путем расчета.

4. ОБЩАЯ КОМПОНОВКА СИСТЕМЫ

Для очистки отобранных выхлопных газов, подаваемых к приборам для анализа на содержание окислов азота и углеводородов, не используются обезвоживатели, осушители, водоотделители или аналогичное оборудование. Требования к различным подсистемам, являющимся компонентами этой системы, приводятся в разделе 5; ниже приводится перечень некоторых ограничений и вариантов:

a) Предполагается, что в состав каждой отдельной подсистемы входят необходимые устройства для регулирования потока, кондиционирования и измерения.

b) Необходимость зависимости установки откачивающего насоса и(или) насоса для подачи горячих проб от способности удовлетворять требованиям в отношении времени подачи проб и массового расхода отобранных газов в анализирующей их подсистеме. В свою очередь это зависит от давления подачи отобранных выхлопных газов и потерь в линиях. Считается, что в основном эти насосы потребуются при определенных условиях испытания двигателя.

c) В случае необходимости местоположение насоса для подачи горячих проб по отношению к подсистемам анализа может быть изменено. (Например, некоторые анализаторы НС включают в себя насосы для подачи горячих проб и, следовательно, могут считаться пригодными для их установки перед насосом для подачи горячих проб данной системы.)

Примечание. *На рис. 3-1 приведена схема системы отбора и анализа проб выхлопных газов, которая характеризует основные требования к испытаниям, связанным с измерением характеристик эмиссии.*

5. ОПИСАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Примечание. *Ниже приводится общее описание и характеристики основных элементов системы измерения характеристик выхлопных газов двигателей. Более подробное описание, когда это необходимо, дается в Дополнениях A, B и C к настоящему Добавлению.*

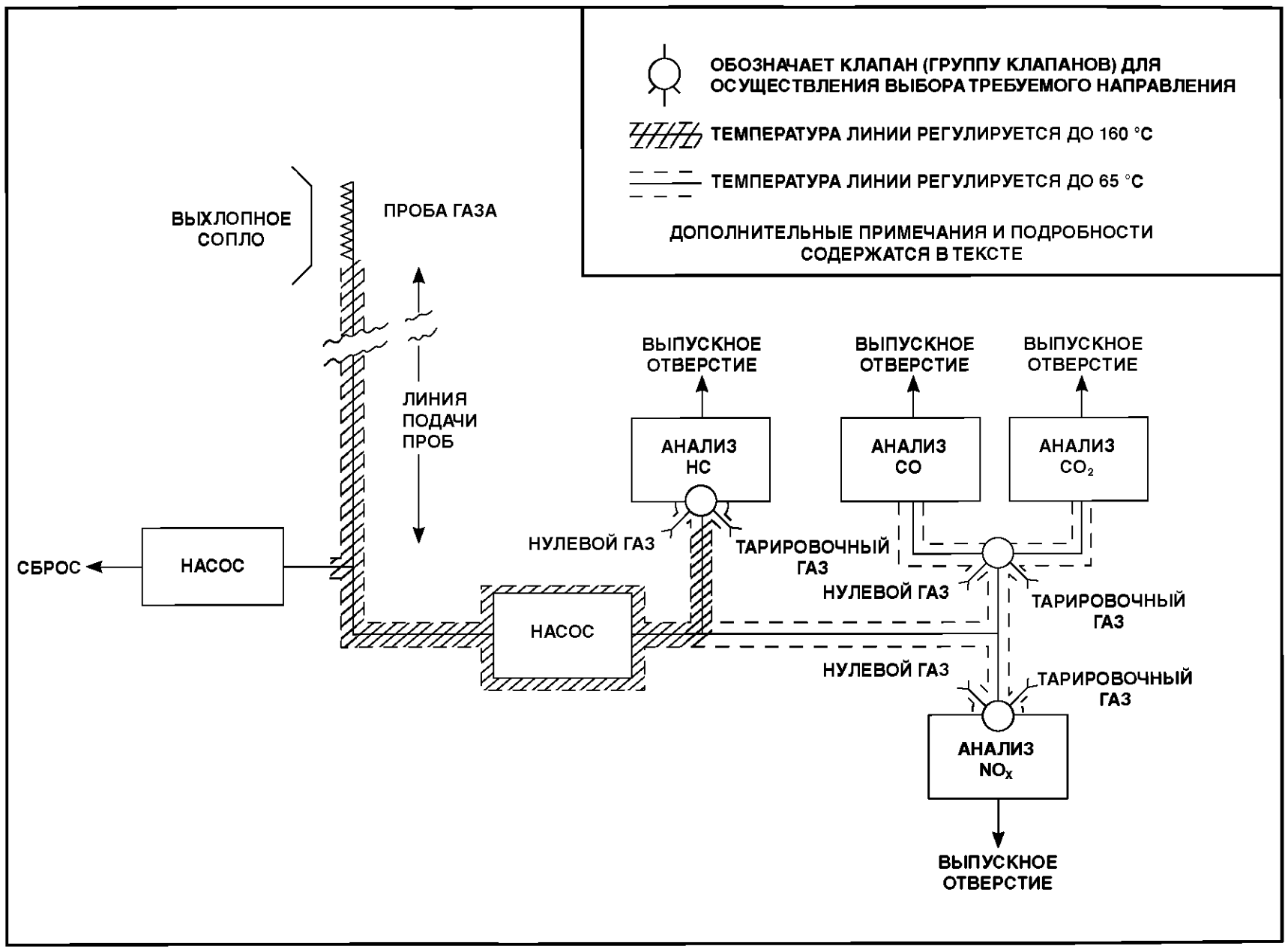


Рис. 3-1. Схема системы отбора и анализа проб

5.1. Система отбора проб

5.1.1. Пробоотборник

a) Пробоотборник изготавливается из нержавеющей стали; при использовании смешивающего пробоотборника все отверстия для отбора проб имеют равный диаметр.

b) Пробоотборник конструируется таким образом, чтобы по крайней мере 80% падения давления проходящего через него потока приходилось на отверстия.

c) Число отверстий для отбора проб составляет не менее 12.

d) Плоскость отбора проб располагается настолько близко к плоскости выхлопного сопла двигателя, насколько это позволяют характеристики двигателя, однако в любом случае она находится на удалении от выходной плоскости не более чем на расстоянии, равном 0,5 диаметра сопла.

e) Подающий заявку представляет полномочному сертифицирующему органу, с помощью подробных эпюр распределения концентраций, доказательства того, что предлагаемая им конструкция и местоположение пробоотборника обеспечат получение представительных проб для каждой из установленных величин тяги.

5.1.2. Линии подачи проб

Пробы подаются из пробоотборника в анализаторы по линии с внутренним диаметром 4,0-8,5 мм по кратчайшему маршруту, используя такое значение расхода, чтобы время подачи составляло менее 10 с. Температура в этой линии поддерживается в пределах (160±15) °C (с точностью ±10 °C), за исключением:

a) расстояния, необходимого для охлаждения газа с уровня температуры выхлопных газов до температуры регулирования в линии; и

b) линии, подающей пробы в анализаторы CO, CO_2 и NO_X. В данной линии поддерживается температура (65±15) °C (с точностью ±10 °C). Когда отбор проб осуществляется с целью измерения составляющих HC, CO, CO_2 и NO_X, линия изготавливается из нержавеющей стали или шлифованного наполненного углеродом материала PTFE (политетрафторэтилена).

5.2. Анализатор углеводородов (HC)

Измерение общего содержания углеводородов в пробе проводится с помощью анализатора, в котором между электродами подогретого пламеионизационного детектора (FID) проходит ионизационный ток, пропорциональный массовому расходу углеводородов, вступающих в процесс горения водорода. Предполагается, что анализатор включает в себя компоненты, предназначенные для регулирования температуры и расхода газов, содержащихся в пробах перепуска газов, газового топлива и охлаждающих газов, и что он обеспечивает проведение эффективных контрольных тарировок диапазона и нуля.

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении A к данному Добавлению.*

5.3. Анализаторы окиси и двуокиси углерода (CO и CO_2)

Для измерения этих компонентов используются нерассеивающие инфракрасные анализаторы, конструкция которых предусматривает использование принципа дифференциального поглощения энергии в параллельных элементах, стандартного и отобранного газов, причем элемент или группа элементов для каждого из этих компонентов газа соответствующим образом сенсибилизированы. Предусматривается

выполнение этой анализирующей подсистемой всех необходимых функций, связанных с управлением и регулированием потоков газа, содержащихся в пробах, а также потоков нулевого газа и поперечных потоков. Регулирование температуры отвечает требованиям независимо от того, в каком состоянии измеряется проба (влажном или сухом).

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении B к данному Добавлению.*

5.4. Анализатор окислов азота (NO_x)

Измерение концентрации окиси азота (NO) проводится по методу хемилюминесценции, в соответствии с которым мера интенсивности излучения, вступающего в реакцию NO с добавлением O_3, соответствует мере концентрации NO. До проведения измерения необходимо преобразовать компонент NO_2 в NO в конвертере, обладающем нужной эффективностью. Результирующая система измерения NO_X включает в себя необходимые устройства для регулирования тока, температуры и других параметров и обеспечивает возможность выполнения обычной процедуры тарировки нуля и диапазона измерения, а также проведения проверок эффективности конвертера.

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении C к данному Добавлению.*

6. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

6.1. Работа двигателя

6.1.1. Двигатель работает на стационарном испытательном стенде, который соответствующим образом оборудован для проведения высокоточных испытаний.

6.1.2. Испытания с целью измерения параметров эмиссии проводятся при величинах тяги, определенных полномочным сертифицирующим органом. Обеспечивается стабильная работа двигателя при каждой величине тяги.

6.2. Основная тарировка приборов

Примечание. *Основная цель такой тарировки заключается в том, чтобы убедиться в стабильности и линейности характеристик приборов.*

6.2.1. Подающий заявку на проведение испытаний представляет полномочному сертифицирующему органу доказательства того, что аналитическая система соответствующим образом тарирована ко времени проведения испытаний.

6.2.2. Что касается анализатора углеводородов, то при этой тарировке проверяется, находятся ли показания детектора кислорода и избирательные показания детектора углеводородов в пределах, установленных в Дополнении A к данному Добавлению. КПД конвертора NO_2/NO проверяется также на соответствие с техническими требованиями Дополнения C к данному Добавлению.

6.2.3. При проверке характеристик каждого анализатора применяют указанную ниже методику (с использованием тарировочного и испытываемого газов, как указано в Дополнении D к данному Добавлению):

a) ввести нулевой газ и установить прибор на нуль, записав соответствующим образом его показания;

b) для каждого подлежащего использованию в работе интервала измерения ввести тарировочный газ, концентрация которого соответствует (номинально) отклонению стрелки прибора на 90% всего диапазона измерения прибора (FSD); соответствующим образом отрегулировать коэффициент усиления прибора и записать его показания;

c) ввести тарировочные газы, приблизительно соответствующие 30, 60 и 90% от величины FSD, и записать показания анализатора;

d) провести прямую линию наименьших квадратов через точки, которые соответствуют концентрации, равной нулю, 30, 60 и 90%. Если это признается необходимым, для основной модели анализатора CO и(или) CO_2 без линеаризации выхода проводится кривая наименьших квадратов соответствующей математической формулы с использованием дополнительных тарировочных точек. В случае если какая-либо точка отклоняется более чем на 2% от значения всего диапазона измерения прибора (или ±1 ppm*, в зависимости от того, что больше), для эксплуатационного применения следует подготовить тарировочную кривую.

6.3. Пользование приборами

6.3.1. Измерения не проводятся до тех пер, пока все приборы и линии подачи проб не подогреты и не стабилизированы, а также не выполнены следующие проверки:

a) проверка на утечку: до проведения серий испытаний система проверяется на утечку путем изоляции пробоотборника и анализаторов, подсоединения и включения вакуумного насоса, который по своим характеристикам эквивалентен насосу, используемому в системе измерения уровней дыма, с целью проверки, что величина утечки в системе составляет менее 0,4 л/мин при условиях, соответствующих нормальным температуре и давлению;

b) проверка на чистоту: изолировать систему отбора проб газа от пробоотборника и подсоединить конец линии отбора проб к источнику нулевого газа. Подогреть систему до рабочей температуры, необходимой для проведения измерений содержания углеводородов. Включить насос отбора проб и установить величину расхода, равную используемой при испытаниях эмиссии двигателей. Зарегистрировать показание анализатора содержания углеводородов. Это показание не превышает 1% от уровня эмиссии двигателя на режиме малого газа или 1 ppm (выраженного через содержание метана), в зависимости от того, какая величина является большей.

Примечания: *1. Для того чтобы исключить значительное загрязнение линий подачи проб, хорошей практикой является обратная продувка этих линий во время испытания двигателя, пока зонд находится в выхлопном сопле двигателя, но характеристики эмиссии не измеряются.*

2. Полезно также контролировать качество всасываемого воздуха в начале и в конце испытаний, а также по крайней мере через каждый час в ходе испытаний. Если уровни считаются значительными, их необходимо учитывать.

6.3.2. Эксплуатационные измерения производятся следующим образом:

a) с помощью соответствующего нулевого газа произвести все необходимые виды настройки приборов;

b) ввести тарировочный газ, концентрация которого соответствует (номинально) 90% от величины концентрации FSD для всех подлежащих использованию интервалов измерения, и соответствующим образом установить и записать значение коэффициента усиления;

* Кроме анализатора CO_2, для которого это значение составляет ±100 ppm.

c) после того как работа двигателя стабилизируется в требуемом эксплуатационном режиме, продолжить испытания двигателя и наблюдение за концентрацией загрязняющих веществ до тех пор, пока не будут получены стабильные показания, которые регистрируются;

d) в конце испытания, а также во время испытаний через интервалы времени, не превышающие 1 ч, произвести повторную проверку нулевых и тарировочных точек. В случае если какая-либо точка сместилась более чем на ±2% от диапазона FSD, прибор настраивается вновь в установленных пределах и испытание повторяется.

6.4. Проверка баланса углерода

Каждое испытание должно включать проверку отношения воздуха к топливу, рассчитанного по объединенному образцу общей концентрации углерода, за исключением концентрации дыма, которая должна совпадать с точностью до ±15% с данными расчета отношения воздуха к топливу для режима руления/малого газа и с точностью ±10% для всех остальных режимов работы двигателя (см. п. 7.1.2).

7. РАСЧЕТЫ

7.1. Эмиссия газообразных веществ

7.1.1. Общие положения

В результате проведения аналитических измерений в соответствующих анализаторах при различных режимах работы двигателя получаются значения концентраций различных классов загрязняющих веществ, которые сообщаются. Кроме того, сообщаются и другие параметры, которые получаются путем расчета*.

7.1.2. Основные параметры

$$EI_p \text{ (индекс эмиссии или компонент } p) = \frac{\text{масса образующего компонента } p, \text{ г}}{\text{масса использованного топлива, кг}};$$

$$EI(CO) = \left(\frac{[CO]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{CO}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

$$EI(HC) = \left(\frac{[HC]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{HC}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

$$EI(NO_X)_{(\text{как } NO_2)} = \left(\frac{[NO_X]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{NO_2}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

* В Дополнении E к данному Добавлению содержится допустимая, более полная и точная альтернативная методология расчета.

$$\text{отношение воздуха к топливу} = (P_O/m)\left(\frac{M_{ВОЗДУХА}}{M_C + (n/m)M_H}\right),$$

$$\text{где } P_O/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1 + h - |TZ/2|)}$$

$$\text{и } Z = \frac{2 - [CO] - (|2/x|) - (|y/2x|)[HC] + [NO_2]}{[CO_2] + [CO] + [HC]};$$

$M_{воздуха}$ — молекулярная масса сухого воздуха, равная 28,966 г или, где уместно, (32*R* + 28,156 4*S* + 44,011*T*) г;

M_{HC} — молекулярная масса углеводородов в выхлопной пробе, принимаемая как CH_4 = 16,043 г;

M_{CO} — молекулярная масса CO, равная 28,011 г;

M_{NO_2} — молекулярная масса NO_2, равная 46,008 г;

M_C — масса атома углерода, равная 12,011 г;

M_H — масса атома водорода, равная 1,008 г;

R — концентрация O_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,209 5;

S — концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,790 2;

T — концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,000 3;

[HC] — концентрация выхлопных углеводородов (объем/объем во влажных условиях), выраженных как углерод;

[CO] — концентрация CO (объем/объем во влажных условиях);

$[CO_2]$ — концентрация CO_2 (объем/объем во влажных условиях);

$[NO_X]$ — концентрация NO_X (объем/объем во влажных условиях), равная [NO] + $[NO_2]$;

[NO] — концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях);

$[NO_2]$ — концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях)

$$\frac{([NO_x]_C - [NO])}{\eta};$$

$[NO_X]_C$ — концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем во влажных условиях);

η — КПД конвертера NO_2/NO;

h — влажность окружающего воздуха (объем воды/объем сухого воздуха);

m — количество атомов C в характеристической молекуле топлива;

n — количество атомов H в характеристической молекуле топлива;

x — количество атомов C в характеристической молекуле выхлопных углеводородов;

y — количество атомов H в характеристической молекуле выхлопных углеводородов.

Величина отношения атома водорода к атому углерода используемого топлива (n/m) определяется посредством анализа типа топлива. Влажность окружающего воздуха h измеряется для каждого конкретного условия. При отсутствии доказательств противного в отношении характеристики (x, y) выхлопных углеводородов используются значения $x = 1$, $y = 4$. Если в измерениях должны использоваться сухие или полусухие CO и CO_2, то значения их концентрации приводятся сначала к эквивалентным значениям концентрации влажных CO и CO_2, как показано в Дополнении E к данному Добавлению, в котором также содержатся формулы внесения поправок на интерференцию, для использования по мере необходимости.

7.1.3. Внесение поправок в индексы эмиссии относительно условий стандартного дня

С целью учета отклонений фактической температуры и давления воздуха на входе испытываемого двигателя от стандартных условий МСА на уровне моря вносятся поправки в измеряемые индексы эмиссии для всех загрязняющих веществ при всех соответствующих режимах работы двигателя. Стандартное значение влажности равно 0,006 29 кг H_2O/кг сухого воздуха.

Следовательно, EI скорректированный = K x EI измеренный, где общее выражение для K:

$$K = (P_{Вст} / P_B)^a \times (FAR_{ст} / FAR_B)^b \times \exp(|T_{Вст} - T_B / c) \times \exp(d\,|h - 0{,}006\,29|),$$

где:

P_B — измеренное давление на входе в камеру сгорания:

T_B — измеренная температура на входе в камеру сгорания;

FAR_B — отношение топлива к воздуху в камере сгорания:

h — влажность окружающего воздуха;

$P_{СТ}$ — давление на уровне моря, МСА;

$T_{СТ}$ — давление на уровне моря, МСА;

$P_{Вст}$ — давление на входе в камеру сгорания испытываемого двигателя (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя), связанное с T_B при условиях МСА на уровне моря;

$T_{Вст}$ — температура на входе в камеру сгорания испытываемого двигателя при условиях МСА на уровне моря (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя). Эта температура установлена относительно уровня тяги, определенного для каждого режима работы двигателя;

$FAR_{ст}$ — отношение топлива к воздуху в камере сгорания испытываемого двигателя при условиях МСА на уровне моря (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя);

a, b, c, d — расчетные постоянные, которые могут быть различными для каждого загрязнителя и каждого типа двигателя.

Параметры на входе в камеру сгорания желательно измерять, однако их можно и вычислять, исходя из окружающих условий, с помощью соответствующих формул.

7.1.4. Использование рекомендуемой методики нанесения кривой по точкам в целях установления соотношения индексов эмиссии к температуре на входе в камеру сгорания эффективно исключает выражение $exp\ (T_{Bст} - T_B / c)$ из общего уравнения и в большинстве случаев выражение $(FAR_{ст} / FAR_B)$ может считаться единицей. Для индексов эмиссии CO и HC многие органы, проводящие испытания, определили, что член, учитывающий влажность, достаточно близок к единице и его можно исключить из общего выражения, а также что показатель степени выражения $(P_{Bст} / P_B)$ близок к единице.

Таким образом, EI(CO) с поправками = EI, полученный из кривой;

$(P_B / P_{Bст}) \cdot EI(CO) = f(T_B)$;

EI(HC) с поправками = EI, полученный из кривой;

$(P_B / P_{Bст}) \cdot EI(HC) = f(T_B)$;

$EI(NO_X)$ с поправками = EI, полученный из кривой;

$EI(NO_X)\ (P_{Bст} / P_B)^{0,5}\ exp\ (19|h - 0{,}006\ 29|) = f(T_B)$.

В том случае, когда данный рекомендуемый метод коррекции индексов эмиссии CO и HC не обеспечивает удовлетворительную корреляцию, может применяться альтернативный метод, использующий параметры, полученные в отдельных испытаниях.

Любые другие применяемые методы внесения поправок в индексы эмиссии CO, HC и NO_X утверждаются полномочным сертифицирующим органом.

7.2. Величины, входящие в контрольный параметр (D_p, F_{oo} и π)

7.2.1. Определения

D_p — масса любого газообразного загрязняющего вещества, выделяемого в атмосферу в течение стандартного цикла эмиссии при посадке и взлете;

F_{oo} — утвержденная соответствующим сертифицирующим органом максимальная тяга для взлета при нормальных эксплуатационных условиях, в статических условиях МСА, на уровне моря, без использования впрыска воды;

π — отношение средней величины полного давления в выходной плоскости последней ступени компрессора к средней величине полного давления во входной плоскости первой ступени компрессора.

7.2.2. Индексы эмиссии (EI) для каждого загрязнителя с внесенными (по мере необходимости), как указано в п. 7.1.4, поправками на давление и влажность относительно стандартных атмосферных условий

и, если необходимо, относительно исходного двигателя, получают для требуемых эксплуатационных режимов (n) по LTO, т.е. при работе двигателя на режиме малого газа, при заходе на посадку, при наборе высоты и взлете для эквивалентных скорректированных условий тяги. В целях определения режима малого газа требуется проводить испытания по крайней мере в трех точках. Для каждого загрязняющего вещества определяются зависимости между:

a) EI и T_B;

b) W_f (массовый расход топлива) и T_B;

c) F_n (скорректированной относительно условий МСА на уровне моря) и T_B (скорректированной относительно условий МСА на уровне моря).

Примечание. *Для примера эти зависимости приводятся на рис. 3-2a), b) и c).*

Когда испытываемый двигатель не является исходным двигателем, данные могут корректироваться относительно исходного двигателя с использованием при этом зависимостей b) и c), полученных для исходного двигателя. Исходный двигатель определен как двигатель, в значительной мере соответствующий конфигурации двигателя, представленного на сертификацию и принятого сертифицирующим органом в качестве образца данного типа двигателя, представленного на получение сертификата.

Кроме того, изготовитель представляет полномочному сертифицирующему органу все необходимые данные о технических характеристиках двигателя с целью обоснования этих зависимостей и для условий МСА на уровне моря:

d) максимальная номинальная тяга (F_{oo});

e) степень повышения давления в двигателе (π) на максимальной номинальной тяге.

Примечание. *Эти данные приведены на рис. 3-2d).*

7.2.3. Общая процедура оценки EI для каждого загрязняющего вещества при каждом требуемом режиме работы двигателя, приведенной к стандартным условиям окружающего воздуха, состоит в следующем:

a) определить эквивалентную температуру на входе в камеру сгорания (T_B) (см. рис. 3-2c)) для каждого режима тяги для условий МСА F_n;

b) на основании характеристики EI/T_B (см. рис. 3-2a)) определить величину (EI_n), соответствующую (T_B);

c) на основании характеристики W_f/T_B (см. рис. 3-2b)) определить величину (W_{f_n}), соответствующую T_B;

d) записать величины максимальной номинальной тяги и степени повышения давления для условий МСА. Соответственно они будут представлять собой (F_{oo}) и (π) (см. рис. 3-2d));

e) для каждого загрязняющего вещества рассчитать

$$D_p = \Sigma\,(EI_n)\,(W_{f_n})\,(f),$$

где t — время работы на режиме на протяжении LTO (мин);

W_{f_n} — массовый расход топлива (кг/мин)

и Σ — совокупность режимов, используемых на протяжении исходного цикла LTO.

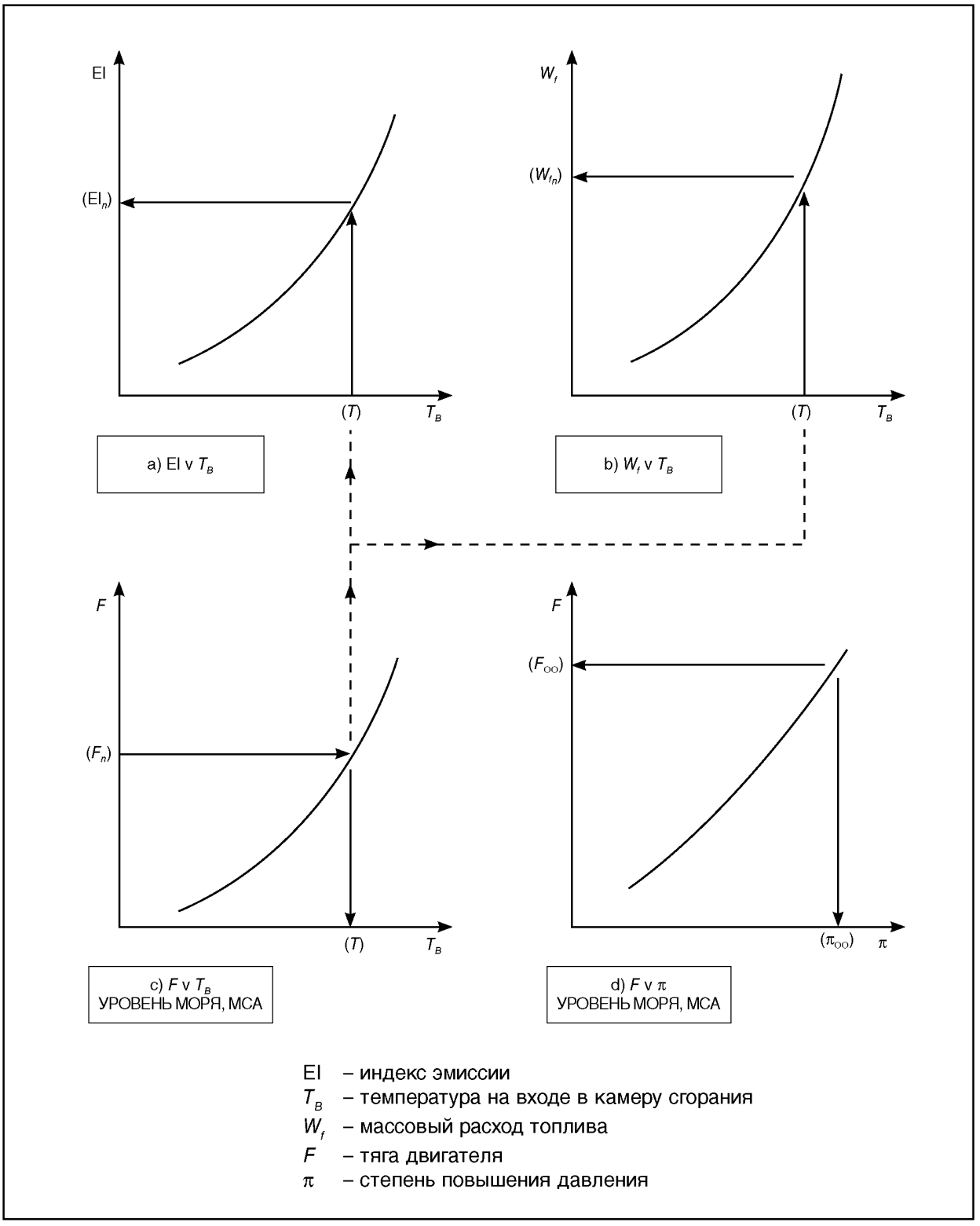


Рис. 3-2. Порядок расчета

7.2.4. Несмотря на то что описанная выше методология является рекомендуемым методом, полномочный сертифицирующий орган может одобрить равноценную математическую процедуру, в которой употребляется математическое выражение, задающее изображенные кривые, если выражения получены путем использования принятой методики нанесения кривой по точкам.

7.3. Исключения из предлагаемых правил расчета

В тех случаях, когда конфигурация двигателя или наличие других внешних условий не позволяют использовать вышеуказанные правила, сертифицирующий орган, после получения достаточных технических доказательств, подтверждающих получение равноценных результатов с помощью альтернативного правила, может его утвердить.

ДОПОЛНЕНИЕ А К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ НС

Примечания: *1. Как указано в п. 5.2 Добавления 3, чувствительным элементом этого анализатора является пламеионизационный детектор (FID), в котором весь объем пробы газа или его репрезентативная часть впрыскивается в водородное пламя. При соответствующем расположении электродов может быть определен ионизационный ток, который зависит от массового расхода углеводорода, вводимого в пламя. Этот ток, за вычетом тока ионизации, соответствующего отсутствию ввода пробы в пламя, усиливается для получения результирующей характеристики, служащей мерой концентрации углеводородов, выраженной через эквивалентное число ppmC.*

2. Информацию о тарировочных и испытательных газах см. в Дополнении D.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений учитывается возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

Подлежащий использованию прибор обеспечивает поддержание в нем заданной температуры детектора и частей, вступающих в непосредственный контакт с пробой газа, в интервале 155-165 °C при стабильности ±2 °C. При условии, что чувствительность детектора является оптимальной и прибор в целом стабилизирован, к основным техническим характеристикам относятся следующие:

a) полный диапазон измерения: 0-5000 ppmC в соответствующих интервалах измерения;

b) разрешающая способность: не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

c) повторяемость: не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

d) стабильность: не хуже ±2% используемого диапазона измерения прибора или ±1,0 ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) дрейф нуля: менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±0,5 ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) шумы: 0,5 Гц и более, менее ±1% от всего используемого диапазона измерений прибора или ±0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

g) время срабатывания: не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

h) линейность: зависимость выходного сигнала от состава воздушно-пропановой смеси является линейной в каждом интервале измерения в пределах ±2% от диапазона измерений прибора, в противном случае вводятся тарировочные поправки.

2. СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Примечание. *В процессе применения на точность измерений могут влиять следующие два аспекта характеристик:*

a) кислородный эффект (когда различные пропорции кислорода, присутствующего в пробе, обуславливают различные индикаторные концентрации углеводорода при его постоянной фактической концентрации);

b) относительная реакция на углеводород (когда имеет место различная реакция на концентрацию углеводородов в одной и той же пробе, выраженная через эквивалентное число ppmC, которое зависит от класса или примеси различных классов углеводородных соединений).

Степень отмеченного выше влияния определяется, как указано ниже, и соответственно ограничивается.

Реакция на кислород: измерить реакцию на две следующие смеси пропана с содержанием приблизительно 500 ppmC, определенным с относительной точностью до ±1%:

a) смесь пропана с (10±1)% O_2 (остальное N_2);

b) смесь пропана с (21±1)% O_2 (остальное N_2).

Если R_1 и R_2 — соответствующие значения нормализованной реакции, то $(R_1 - R_2)$ меньше 3% R_1.

Дифференциальная реакция прибора на углеводород: измерить реакцию прибора на четыре следующие смеси различных углеводородов в воздухе с концентрацией приблизительно 500 ppmC с относительной точностью до ±1%:

a) пропан в нулевом воздухе;

b) пропилен в нулевом воздухе;

c) толуол в нулевом воздухе;

d) n-гексан в нулевом воздухе.

Если R_a, R_b, R_c, и R_d — соответствующие нормализованные реакции прибора на пропан, то каждая из указанных разностей $(R_a - R_b)$ $(R_a - R_c)$ и $(R_a - R_d)$ в отдельности меньше 5% R_a.

3. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕАКЦИИ ДЕТЕКТОРА И РЕГУЛИРОВКА

3.1. Необходимо соблюдать инструкции изготовителя о порядке первоначальной настройки и о требуемом вспомогательном обслуживании и обеспечении, а также обеспечить стабилизацию прибора. Регулировка настройки включает в себя периодическую проверку установки на нуль и, при необходимости, введение поправок. В качестве пробы используется воздушно-пропановая смесь с концентрацией пропана приблизительно 500 ppmC; для выбора оптимального прибора определяется его реакция на изменение сначала расхода топлива, а затем, при расходе топлива, близком к оптимальному, реакция на изменение расхода воздуха в горелке. После этого определяется реакция прибора на кислород и дифференциальная реакция на углеводород, как указано выше.

3.2. Линейность каждого диапазона измерения анализатора провернется с помощью проб воздушно-пропановой смеси, концентрация которой соответствует отклонению стрелки прибора приблизительно на 30, 60 и 90% всего диапазона измерения прибора. Максимальное отклонение любого из этих показаний от прямой линии наименьших квадратов, соединяющей данные точки с нулем, не превышает ±2% от всего диапазона измерения прибора. Если отклонение превышает эту величину, строится тарировочная кривая для эксплуатационного использования.

ДОПОЛНЕНИЕ В К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРАМ CO И CO_2

Примечания: *1. В п. 5.3 Добавления 3 приводятся характеристики анализирующей подсистемы, подлежащей применению при отдельных измерениях концентрации CO и CO_2 в пробе выхлопных газов. Пробы основаны на принципе недисперсионного поглощения инфракрасного излучения в параллельных элементах, заполненных эталонным и отобранным газом. Требуемые диапазоны чувствительности определяются путем использования ряда элементов, чувствительных к отобранному газу, путем изменения электронной схемы или обоими способами. Влияние газов, имеющих перекрывающиеся полосы поглощения, может быть сведено к минимуму с помощью газопоглощающих фильтров и(или) оптических фильтров (предпочтительнее с помощью последних).*

2. Информацию о тарировочных и испытательных газах ***см. в Дополнении D,***

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений учитывается возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

К основным техническим характеристикам относятся следующие:

Анализатор CO

a) полный диапазон измерения: 0-2500 ppm в соответствующих интервалах измерения;

b) разрешающая способность: не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 1 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) повторяемость: не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) стабильность: не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) дрейф нуля: менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) шум: 0,5 Гц и более; менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm, в зависимости от того, что больше;

g) интерференция: должна быть ограничена следующим образом в зависимости от зарегистрированной концентрации CO:

   1) менее 500 ppm на каждый процент концентрации этилена;

   2) менее 2 ppm на каждый процент концентрации CO_2;

3) менее 2 ppm на каждый процент концентрации водяных паров*.

Если интерференция для CO_2 и(или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. *Рекомендуется, в соответствии с наиболее верной методикой, применять во всех случаях вышеуказанную методику внесения поправок.*

Анализатор CO_2

a) полный диапазон измерения: 0-10% в соответствующих интервалах измерения;

b) разрешающая способность: не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 100 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) повторяемость: не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) стабильность: не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) дрейф нуля: менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) шум: 0,5 Гц и более; менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm, в зависимости от того, что больше;

g) проверяется влияние кислорода (O_2) на чувствительность анализатора CO_2. При изменении содержания O_2 от 0 до 21% чувствительность при данной концентрации CO_2 не должна меняться более чем на 2% от показания. Если данное ограничение невозможно выполнить, применяется соответствующий коэффициент коррекции.

Примечание. *В соответствии с наиболее положительной практикой рекомендуется утверждать такие правила коррекции во всех случаях.*

Анализаторы CO и CO_2

a) время срабатывания: не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

b) температура пробы газа: нормальным режимом работы является анализ пробы газа в необработанном «влажном» состоянии. Для этого необходимо, чтобы элемент, заполненный отобранным газом, и другие компоненты этой подсистемы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, сохраняли постоянную температуру не менее 50 °C при стабильности ±2 °C. Допускается измерение CO и CO_2 в сухом состоянии (с использованием соответствующих водоотделителей); в этом случае разрешается использовать ненагретые анализаторы, при этом нет необходимости определять пределы интерференции для паров H_2O, однако требуется введение поправок на влажность окружающего воздуха и на содержание водяных паров в продуктах горения;

* Нет необходимости применять в случае проведения измерений в «сухом» состоянии.

c) калибровочные кривые:

i) анализаторы с линейными характеристиками выходного сигнала проверяются во всех рабочих диапазонах, используя калибровочные газы при известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90% от полной шкалы. Максимальное отклонение характеристик срабатывания анализатора в любой из этих точек от прямой линии, подобранной по методу наименьших квадратов для этих точек и нулевого показания, не превышает ±2% от величины полной шкалы. Если это не обеспечивается, то строится калибровочная кривая для практического применения;

ii) для анализаторов с нелинейными характеристиками выходного сигнала, а также для тех анализаторов, которые не отвечают приведенным выше требованиям к линейности, используются калибровочные кривые, построенные для всех рабочих диапазонов, используя калибровочные газы при известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90% от полной шкалы. При необходимости используются дополнительные смеси для точного определения вида кривой.

ДОПОЛНЕНИЕ C К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ NO_x

Примечание. *Информацию о тарировочных и испытательных газах см. в Дополнении D.*

Как указано в п. 5.4 Добавления 3, измерение содержания окислов азота осуществляется по методу хемилюминесценции, с помощью которого измеряется излучение, выделяемое при реакции NO и O_3. Этот метод не обеспечивает точного определения NO_2, поэтому, прежде чем измерить общее содержание NO_x, пробу газа пропускают через конвертер, в котором NO_2 преобразуется в NO. Регистрируется как первоначальное содержание NO, так и общее содержание NO_x. Таким образом, содержание NO_2 определяется по разнице.

Подлежащий использованию прибор включает в себя все необходимые компоненты, регулирующие расход, например регуляторы, клапаны, расходомеры и т.д. Материалы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, обладают способностью противостоять воздействию окислов азота, например нержавеющая сталь, стекло и т.д. Температура отобранных газов везде выдерживается в пределах, соответствующих местному давлению, с тем чтобы исключить возможность конденсации воды.

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений учитываются возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

К основным техническим характеристикам, определяемым для прибора, работающего при температуре окружающей среды, стабильной в пределах 2 °C, относятся:

a) полный диапазон измерения: 0-2500 ppm в соответствующих интервалах измерения;

b) разрешающая способность: не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 1 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) повторяемость; не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) стабильность: не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) дрейф нуля: менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) шум: 0,5 Гц и более; менее ±1,0% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm течение 2 ч, в зависимости от того, что больше;

g) интерференция: влияние для отобранных газов, содержащих CO_2 и водяные пары, ограничивается следующим образом:

1) менее 0,05% от показания прибора на каждый процент содержания CO_2;

2) менее 0,1% от показания прибора на каждый процент содержания водяных паров.

Если интерференция для CO_2 и(или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. *Рекомендуется, в соответствии с наиболее верной методикой, применять во всех случаях вышеуказанную методику внесения поправок;*

h) время срабатывания: не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

i) линейность: не хуже ±2% всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm, в зависимости от того, что больше;

j) конвертер: проектируется и эксплуатируется таким образом, что содержащийся в пробе NO_2 эффективно преобразуется в NO, первоначально содержащийся в пробе.

КПД конвертера составляет не менее 90%.

Это значение КПД используется для корректировки количества NO_2, содержащегося в пробе (т.е. $[NO_x]_C$ – [NO]), с тем количеством, которое было бы получено при КПД, равном 100%.

ДОПОЛНЕНИЕ D К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТАРИРОВОЧНЫЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ГАЗЫ

Таблица тарировочных газов

Анализатор	*Газ*	*Точность**
HC	пропан в нулевом воздухе	±2% или ±0,05 ppm**
CO_2	CO_2 в нулевом воздухе	±2% или ±100 ppm**
CO	CO в нулевом воздухе	±2% или ±2 ppm**
NO_X	NO_X в нулевом азоте	±2% или ±1 ppm**

* Берется в 95%-ном доверительном интервале.
** В зависимости от того, что больше.

Вышеуказанные газы требуются для проведения обычной тарировки анализаторов во время нормального рабочего использования.

Таблица испытательных газов

Анализатор	Газ	Точность *
HC	пропан в (10±1)% O_2 в равновесии с нулевым азотом	±1%
HC	пропан в (21±1)% O_2 в равновесии с нулевым азотом	±1%
HC	пропилен в нулевом воздухе	±1%
HC	толуол в нулевом воздухе	±1%
HC	n-гексан в нулевом воздухе	±1%
HC	пропан в нулевом воздухе	±1%
CO_2	CO_2 в нулевом воздухе	±1%
CO_2	CO_2 в нулевом азоте	±1%
CO	CO в нулевом воздухе	±1%
NO_X	NO в нулевом азоте	±1%

* Берется в 95%-ном доверительном интервале.

Вышеуказанные газы требуются для проведения испытаний, описываемых в Дополнениях A, B и C.

Тарировочные газы окиси углерода и двуокиси углерода могут смешиваться отдельно или в виде двухкомпонентных смесей. Трехкомпонентные смеси окиси углерода, двуокиси углерода и пропана в нулевом воздухе могут использоваться в том случае, если обеспечивается стабильность смеси.

Нулевым газом для анализатора CO, CO_2 и HC является нулевой воздух (который представляет собой «искусственный» воздух, состоящий из смеси 20-22% O_2 с N_2). Для анализатора NO_X в качестве нулевого газа применяется нулевой азот. Содержание примесей в обоих типах нулевого газа ограничивается следующими величинами:

1 ppmC;
1 ppmCO;
100 ppmCO_2;
1 ppmNO_X.

Подающий заявку проверяет поставляемые ему технические газы на фактическое соответствие данным требованиям или добивается, чтобы это соответствие гарантировалось поставщиком.

ДОПОЛНЕНИЕ Е К ДОБАВЛЕНИЮ 3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭМИССИИ: ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВНЕСЕНИЕ ПОПРАВОК В РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ЧИСЛОВОЙ МЕТОД

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

AFR — отношение воздуха к топливу; отношение массового расхода сухого воздуха к массовому расходу топлива

EI — индекс эмиссии; 10^3 x массовый расход газообразного продукта эмиссии на выхлопе/ удельный массовый расход топлива

K — отношение концентрации, измеренной во влажных условиях, к концентрации, измеренной в сухих условиях (после холодного паросепаратора)

L, L' — коэффициент интерференции анализатора для интерференции CO_2

M, M' — коэффициент интерференции анализатора для интерференции H_2O

$M_{воздуха}$ — молекулярная масса сухого воздуха, равная 28,966 г, или, где удобно, = (32R + 28,156 4S + 44,011T) г

M_{CO} — молекулярная масса CO, равная 28,011 г

M_{HC} — молекулярная масса характеристического выхлопного углеводорода, принятого за CH_4 (=16,043)

M_{NO_2} — молекулярная масса NO_2, равная 46,008 г

M_C — масса атома углерода, равная 12,011 г

M_H — масса атома водорода, равная 1,008 г

P_1 — количество молей CO_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_2 — количество молей N_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_3 — количество молей O_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_4 — количество молей H_2O в выхлопной пробе на моль топлива

P_5 — количество молей CO в выхлопной пробе на моль топлива

P_6 — количество молей C_XH_Y в выхлопной пробе на моль топлива

P_7 — количество молей NO_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_8 — количество молей NO в выхлопной пробе на моль топлива

P_T — $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$

R — концентрация O_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,209 5

S — концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему, равная 0,790 2

T — концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,000 3

P_0 — количество молей воздуха на моль топлива в начальной смеси воздух/топливо

Z — условное обозначение, используемое и определенное в п. 3.3

$[CO_2]$ — концентрация CO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

[CO] — концентрация CO в выхлопной пробе (объем/объем)

[HC] — концентрация углеводорода в выхлопной пробе (объем C/объем)

[NO] — концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_2]$ — концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_X]$ — концентрация NO и NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_X]_C$ — концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем)

$[NO_2]$ — $\dfrac{([NO_X]_C - [NO])}{\eta}$

$[\ ]_d$ — концентрация в выхлопной пробе после холодного паросепаратора (объем/объем)

$[\ ]_m$ — измеренная концентрация до введения инструментальной поправки (объем/объем)

h — влажность окружающего воздуха (объем воды/объем сухого воздуха)

h_d — влажность выхлопной пробы на выходе сушильной установки или холодильного паросепаратора (объем воды/объем сухой пробы)

m — количество атомов C в характеристической молекуле топлива

n — количество атомов H в характеристической молекуле топлива

x — количество атомов C в характеристической молекуле выхлопного углеводорода

y — количество атомов H в характеристической молекуле выхлопного углеводорода

η — КПД конвертера NO_2/NO

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ EI И AFR

2.1. Предполагается, что баланс между первоначальным состоянием топливовоздушной смеси и результирующим состоянием отобранной выхлопной эмиссии может быть выражен с помощью следующего уравнения:

$$C_mH_n + P_0(R(O_2) + S(N_2) + T(CO_2) + h(H_2O)) =$$

$$= P_1(CO_2 + P_2(N_2) + P_3(O_2) + P_4(H_2O) + P_5(CO) + P_6(C_XH_Y) + P_7(NO_2) + P_8(NO),$$

из которого требуемые параметры могут быть определены как:

$$EI(CO) = P_S\left(\frac{10^3 M_{CO}}{mM_C + nM_H}\right);$$

$$EI(HC) = xP_6\left(\frac{10^3 M_{HC}}{mM_C + nM_H}\right)$$ – выражен как эквивалент метана;

$$EI(NO_X) = (P_7 + P_8)\left(\frac{10^3 M_{NO_2}}{mM_C + nM_H}\right)$$ – выражен как эквивалент NO_2;

$$AFR = P_0\left(\frac{M_{воздуха}}{mM_C + nM_H}\right).$$

2.2. Величины углеводородного состава топлива (m, n) определяются спецификацией топлива или путем анализа. Если таким образом определено только отношение n/m, то может устанавливаться величина m = 12. Обычно молекулярные части составляющих сухого воздуха (R, S, T) берутся равными рекомендуемым стандартным величинам, однако могут устанавливаться альтернативные величины при соблюдении ограничения $R + S + T = 1$ и при утверждении полномочным сертифицирующим органом.

2.3. Влажность окружающего воздуха h измеряется в каждом режиме испытаний. Рекомендуется, чтобы при отсутствии доказательств противного для характеристики (x, y) выхлопного углеводорода устанавливались величины $x = 1$ и $y = 4$.

2.4. Для определения остальных неизвестных величин требуется решить следующую систему линейных уравнений, в которой уравнения (1) — (4) вытекают из основных законов сохранения атомной массы, а уравнения (5) — (9) представляют зависимость концентрации газообразных продуктов.

$$m + TP_0 = P_1 + P_5 + xP_6 \quad (1)$$

$$n + 2hP_0 = 2P_4 + yP_6 \quad (2)$$

$$(2R + 2T + h)\,P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \quad (3)$$

$$2SP_0 = 2P_2 + P_7 + P_8 \quad (4)$$

$$[CO_2]\ P_T = P_1 \quad (5)$$

$$[CO]\ P_T = P_5 \quad (6)$$

$$[HC]\ P_T = xP_6 \quad (7)$$

$$[NO_x]_C\ P_T = \eta P_7 + P_8 \quad \ldots\ldots (8)$$

$$[NO]\ P_T = P_8 \quad \ldots\ldots (9)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 \quad \ldots\ldots (10)$$

Вышеуказанная система условных уравнений относится к тому случаю, когда все измеренные концентрации являются истинными, т.е. не подверженными влиянию интерференции, и нет необходимости вносить поправки на высушивание пробы. На практике обычно наблюдается значительное влияние интерференции при замерах CO, NO_x и NO, и часто используется возможность альтернативного замера CO_2 и CO на сухой или частично сухой основе. Необходимые преобразования соответствующих уравнений описаны в пп. 2.5 и 2.6.

2.5. Эффекты интерференции в основном обусловлены наличием в пробе CO_2 и H_2O, которые могут совершенно различным образом повлиять на работу анализаторов CO и NO_x. Анализатор CO подвержен эффекту смещения нуля, а анализатор NO_x — эффекту изменения чувствительности, что учитывается следующими выражениями:

$$[CO] = [CO]_m + L\,[CO_2] + M\,[H_2O]$$

и $$[NO_x]_c = [NO_x]_{cm}\,(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]),$$

которые преобразуются в следующие уравнения, альтернативные уравнениям (6), (8) и (9), если необходимо внести поправки на влияние интерференции:

$$[CO]_m P_T + LP_1 + MP_4 = P_5 \quad \ldots\ldots (6A)$$

$$[NO_x]_{cm}\,(P_T + L'P_1 + M'P_4) = \eta P_7 + P_8 \quad \ldots\ldots (8A)$$

$$[NO]_m\,(P_T + L'P_1 + M'P_4) = P_8 \quad \ldots\ldots (9A)$$

2.6. Альтернативный замер концентраций CO_2 и CO на сухой или частично сухой основе пробы, т.е. с пониженной до h_d влажностью пробы, требует применения следующих преобразованных условных уравнений:

$$[CO_2]_d\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) = P_1 \quad \ldots\ldots (5A)$$

и $$[CO_2]_d\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) = P_5.$$

Однако, как описано в п. 2.5, анализатор CO может также подвергаться влиянию интерференции, поэтому полное альтернативное уравнение для замера концентрации CO принимает вид

$$[CO]_{md}\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) + LP_1 + Mh_d\,(P_T - P_4) = P_5 \quad \ldots\ldots (6B)$$

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

3.1. Уравнения (1) — (10) могут быть преобразованы а аналитические выражения для параметров EI и AFR, как показано в разд. 7.1 данного Добавления. Это преобразование представляет собой процесс постепенного исключения корней P_0, $P_1 - P_8$, P_T, при этом допускается, что все замеры концентрации определены для влажной пробы и не требуют внесения поправок на интерференцию или других аналогичных поправок. На практике часто используется возможность выбора проведения замера концентрации CO_2 и CO на сухой или полусухой основе; также часто возникает необходимость внесения поправки на интерференцию. Выражения для использования в этих различных условиях приведены в пп. 3.2 — 3.4.

3.2. Уравнение приведения результатов замеров сухой концентрации к концентрации на влажной основе

Влажная концентрация = K x сухая концентрация, т.е.,

$$[\ ] = K\,[\ ]_d .$$

Если CO и CO_2 определены на сухой основе, используется следующее выражение для K:

$$K = \frac{\{4 + (n/m)T + (|n/m|T - 2h)\,([NO_2] - (2[HC]/x)) +}{(2+h)\,\{2 + (n/m)\,(1+h_d)\,([CO_2]_d + [CO]_d)\} -}$$

$$\frac{+\,(2+h)\,(|y/x| - |n/m|)\,[HC]\}\,(1+h_d)}{-\,(|n/m|T - 2h)\,(1 - |1+h_d|\,[CO]_d)} .$$

3.3. Поправка на интерференцию

В результате замеров CO и(или) NO_x и NO, возможно, потребуется вносить поправки на интерференцию CO_2 пробы и концентрации воды до использования в аналитических уравнениях выше. Такие поправки обычно могут вычисляться следующим образом:

$$[CO] = [CO]_m + L\,[CO_2] + M\,[H_2O];$$

$$[CO]_d = [CO]_{md} + L\,[CO_2]_d + M\left(\frac{h_d}{1+h_d}\right)$$

$$[NO] = [NO]_m\,(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]);$$

$$\eta[NO_2] = ([NO_x]_{cm} - [NO]_m(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]).$$

3.4. Уравнение определения содержания воды в пробе

Концентрация воды в пробе:

$$[H_2O] = \frac{(|n/2m| + h\,|P_0/m|)\,([CO_2] + [CO] + [HC])}{1 + T(P_0/m)} - (y/2x)\,[HC],$$

где $P_0/m = \dfrac{2Z - (n/m)}{4(1 + h - |TZ/2|)}$

и $Z = \dfrac{2 - [CO] - (|2/x|) - (|y/2x|)\,[HC] + [NO_2]}{[CO_2] + [CO] + [HC]}$.

Следует отметить, что такое определение концентрации воды является функцией различных данных анализа концентрации, которые сами могут нуждаться в коррекции на интерференцию воды. В этих случаях для получения большей точности необходимы повторные замеры с последующим пересчетом кон-

центрации воды до тех пор, пока не будет получена требуемая стабильность результатов. Этого не требуется при использовании альтернативного — числового — метода решения (п. 4).

4. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД — ЧИСЛОВОЕ РЕШЕНИЕ

4.1. В качестве альтернативы аналитическому методу, изложенному в п. 3, индексы эмиссии, отношение воздуха к топливу, скорректированные концентрации во влажных условиях и т.д. можно легко получить путем числового решения уравнений (1) — (10) для каждой серии замеров на цифровой вычислительной машине.

4.2. Для учета поправок на интерференцию и(или) измерений высушенных проб в системе уравнений (1) — (10) фактические результаты замеров концентрации заменены теми альтернативными уравнениями (5A), (6A) и т.д., которые приемлемы для конкретной измерительной системы.

4.3. Для этой цели широко распространены соответствующие простые машинные программы с двумерным массивом для решения уравнений, их использование является удобным и гибким и позволяет легко вводить и опознавать любые методы высушивания пробы, интерференцию или другие поправки.

ДОПОЛНЕНИЕ F К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

В соответствии с требованиями, изложенными в п. 3.2 настоящего Добавления, кроме измеренной концентрации компонентов отобранного газа требуются также следующие данные:

a) температура на входе: измеряется с точностью ±0,5 °C в виде полной температуры в точке, отстоящей от входного сечения воздухозаборника двигателя на расстояние одного диаметра этого сечения;

b) влажность на входе (кг воды/кг сухого воздуха): измеряется в точке, расположенной в пределах 15 м по направлению от входного сечения воздухозаборника двигателя, с точностью ±5%;

c) атмосферное давление: измеряется в радиусе 1 км от места испытания двигателя с точностью ±100 Па; при необходимости вводится поправка на высоту испытательного стенда;

d) массовый расход топлива: прямое измерение с точностью ±2%;

e) отношение H/C топлива: определяется отношением n/m; где $C_m H_n$ — эквивалентное углеводородное представление топлива, используемого в испытании и определяемого на основе анализа типа топлива двигателя;

f) параметры двигателя;

   1) тяга: прямое измерение с точностью ±1% при взлетной тяге и ±5% при минимальной тяге, используемой при сертификационных испытаниях, с линейным изменением между этими величинами;

   2) обороты двигателя: прямое измерение с точностью по крайней мере ±0,5%;

   3) расход воздуха в газогенераторе: определяется с точностью ±2% на основе тарировки характеристик двигателя.

Параметры, указанные в пп. a), b), d) и f), определяются в начале каждого испытания на эмиссию двигателей, в то время как параметр, указанный в п. c), определяется с интервалом не менее чем 1 ч в период испытаний на эмиссию.

ДОБАВЛЕНИЕ 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОПЛИВУ, ИСПОЛЬЗУЕМОМУ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭМИССИЮ

Свойства	*Допустимый диапазон величин*
Плотность, кг/м^3 при 15 °C	780-820
Температура дистилляции, °C	
10% от точки кипения	155-201
Окончательная точка кипения	235-285
Полезная теплота сгорания, МДж/кг	42,86-43,50
Содержание ароматических веществ, в % к объему	15-23
Содержание нафталинов, в % к объему	1,0-3,5
Точка дымления, мм	20-28
Содержание водорода, в % к массе	13,4-14,1
Содержание серы, в % к массе	менее 0,3 %
Кинематическая вязкость при –20 °C, мм^2/с	2,5-6,5

ДОБАВЛЕНИЕ 5. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ФОРСАЖНОЙ КАМЕРОЙ

1. ВВЕДЕНИЕ

Примечание. *Определенные в настоящем Добавлении правила касаются получения представительных проб выхлопных газов и их подачи в систему измерения эмиссии, в которой они анализируются. Данные правила применяются только в случае использования форсажа. Предлагаемые методы являются характерными для наиболее совершенной, легкодоступной и широко применяемой современной практики. Признается необходимым вносить поправки относительно условий окружающего воздуха. Метод будет указан, когда он станет известен. До тех пор любой метод внесения поправок, используемый при наличии форсажной камеры, может быть применен, если будет одобрен сертифицирующими органами.*

Изменение рекомендуемой методики, изложенной в настоящем Добавлении, разрешается после представления соответствующей заявки полномочному сертифицирующему органу и утверждения им этих изменений.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В тех случаях, когда в настоящем Добавлении употребляются приведенные ниже термины без каких-либо пояснений, они имеют следующие значения:

Дрейф нуля. Зависящее от времени отклонение выходного сигнала прибора от заданного нулевого значения при прохождении через него газа, не содержащего компонента, подлежащего измерению.

Интерференция. Реакция прибора на присутствие других компонентов, не являющихся газом (или паром), характеристики которого подлежат измерению.

Концентрация. Объемная доля представляющего интерес компонента в газовой смеси (выражается в процентах от объема или миллионных частях).

Нерассеивающий инфракрасный анализатор. Прибор, который с помощью поглощения энергии инфракрасного излучения осуществляет селективное измерение конкретных компонентов.

Нулевой газ. Газ, подлежащий использованию, при установке прибора в нулевое или нейтральное положение.

Пламеионизационный детектор. Детектор ионизации диффузионного водородно-воздушного пламени, выдающий сигнал, номинально пропорциональный количеству углеводородов, поступающих в это пламя в единицу времени (считается, что сигнал определяется числом поступающих в пламя атомов углерода).

Повторяемость. Точность, с которой измерение характеристик данного неизменяемого образца может быть воспроизведена при повторных измерениях через короткие интервалы времени без настройки прибора.

Разрешающая способность. Наименьшее изменение результатов замера, которое может быть обнаружено.

Реакция прибора. Изменение выходного сигнала прибора в зависимости от изменения концентрации газов в пробе. Также выходной сигнал, соответствующий данной концентрации газов в пробе.

Стабильность. Точность, с которой неоднократные измерения характеристик данного неизменяемого образца могут быть выдержаны в течение определенного промежутка времени.

Струя. Общий внешний поток выхлопных газов двигателя, включая окружающий воздух, с которым смешиваются выхлопные газы.

Тарировочный газ. Эталонный газ, состав которого известен с высокой точностью, предназначенный для использования при регулировке, настройке и периодических проверках приборов.

Точность. Степень приближения измеренной величины к истинной величине, определенной независимо от этого измерения.

Частей на миллион (ppm). Единица объемной концентрации газа на миллионную часть объема газовой смеси, в состав которой входит этот газ.

Частей на миллион частей углерода (ppmC). Молярная доля углеводорода, умноженная на 10^6 и измеренная на основе эквивалентности метана. Таким образом, 1 ppm метана обозначается как 1 ppmC. Для преобразования концентрации любого углеводорода, выраженной в ppm, в эквивалентное значение, выраженное в ppmC, нужно умножить концентрацию, выраженную в ppm, на число атомов углерода, входящих в состав молекулы газа. Например, 1 ppm пропана соответствует 3 ppmC углеводорода, 1ppm гексана — 6 ppmC углеводорода.

Шум. Случайные отклонения данных на выходе прибора, не связанные с характеристиками пробы, измеряемой этим прибором: их следует отличать от характеристик смещения.

Эталонный газ. Смесь газов заданного известного состава, которая используется в качестве основы для расшифровки показаний прибора в единицах концентрации газа, измеряемого этим прибором.

3. ТРЕБУЕМЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Определяется концентрация следующих газов:

a) углеводороды (HC): производится комбинированная оценка всех соединений углеводорода, присутствующих в выхлопных газах;

b) окись углерода (CO);

c) двуокись углерода (CO_2).

Примечание. *Не считается загрязняющим веществом, однако определение ее концентрации необходимо для целей расчета и проверки;*

d) окислы азота (NO_x). Рассчитывается сумма двух окислов — окиси азота (NO) и двуокиси азота (NO_2);

e) окись азота (NO).

3.2. Прочая информация

Для нормирования данных характеристик эмиссии и для количественного выражения испытываемых характеристик двигателя представляется следующая информация в дополнение к п. 3.4 главы 3:

— температура на входе;

— влажность на входе;

— атмосферное давление;

— векторы ветра по отношению к оси струи выхлопных газов двигателя;

— соотношение водорода/углерода в топливе;

— детали установки двигателя:

— другие требуемые параметры двигателя (например тяга, число оборотов ротора, температура газов в турбине);

— данные о концентрации загрязняющих веществ и параметры статистического обоснования.

В соответствии с Дополнением F к настоящему Добавлению эти данные получаются либо путем прямого измерения, либо путем расчетов.

4. ОБЩЕЕ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ

Учитывая реактивный характер струи выхлопных газов двигателей, работающих с использованием форсажной камеры, необходимо обеспечить, чтобы замеряемые выхлопные газы действительно соответствовали газам, фактически выбрасываемым в окружающую атмосферу. Это условие достигается при отборе проб струи выхлопных газов на достаточно большом удалении от двигателя, т.е. когда выхлопные газы охладились до температуры, при которой прекращается протекание реакций. Для очистки отобранных выхлопных газов, подаваемых к приборам для анализа на содержание окислов азота и углеводородов, не используются обезвоживатели, осушители, водоотделители или аналогичное оборудование. Требования к различным компонентам подсистем приводятся в разделе 5, также ниже приводится перечень некоторых ограничений и вариантов:

a) предполагается, что в состав каждой отдельной подсистемы входят необходимые устройства для регулирования потока, кондиционирования и измерения;

b) необходимость установки откачивающего насоса и(или) насоса для подачи горячих проб будет зависеть от способности анализирующей подсистемы удовлетворять требования в отношении времени подачи проб и массового расхода отобранных газов. В свою очередь это зависит от давления подачи отобранных выхлопных газов и потерь в линиях. Считается, что в основном эти насосы потребуются при определенных условиях испытаний двигателя;

c) в случае необходимости местоположение насоса для подачи горячих проб по отношению к подсистемам анализа газов может быть изменено по сравнению с указанным на рисунке. (Например, некоторые анализаторы HC включают в себя насосы для подачи горячих проб и, следовательно, могут считаться пригодными для их установки перед насосом для подачи горячих проб данной системы.)

Примечание. *На рис. 5-1 и 5-2 изображены схемы системы отбора и анализа проб выхлопных газов, которая характеризует основные требования к испытаниям эмиссии.*

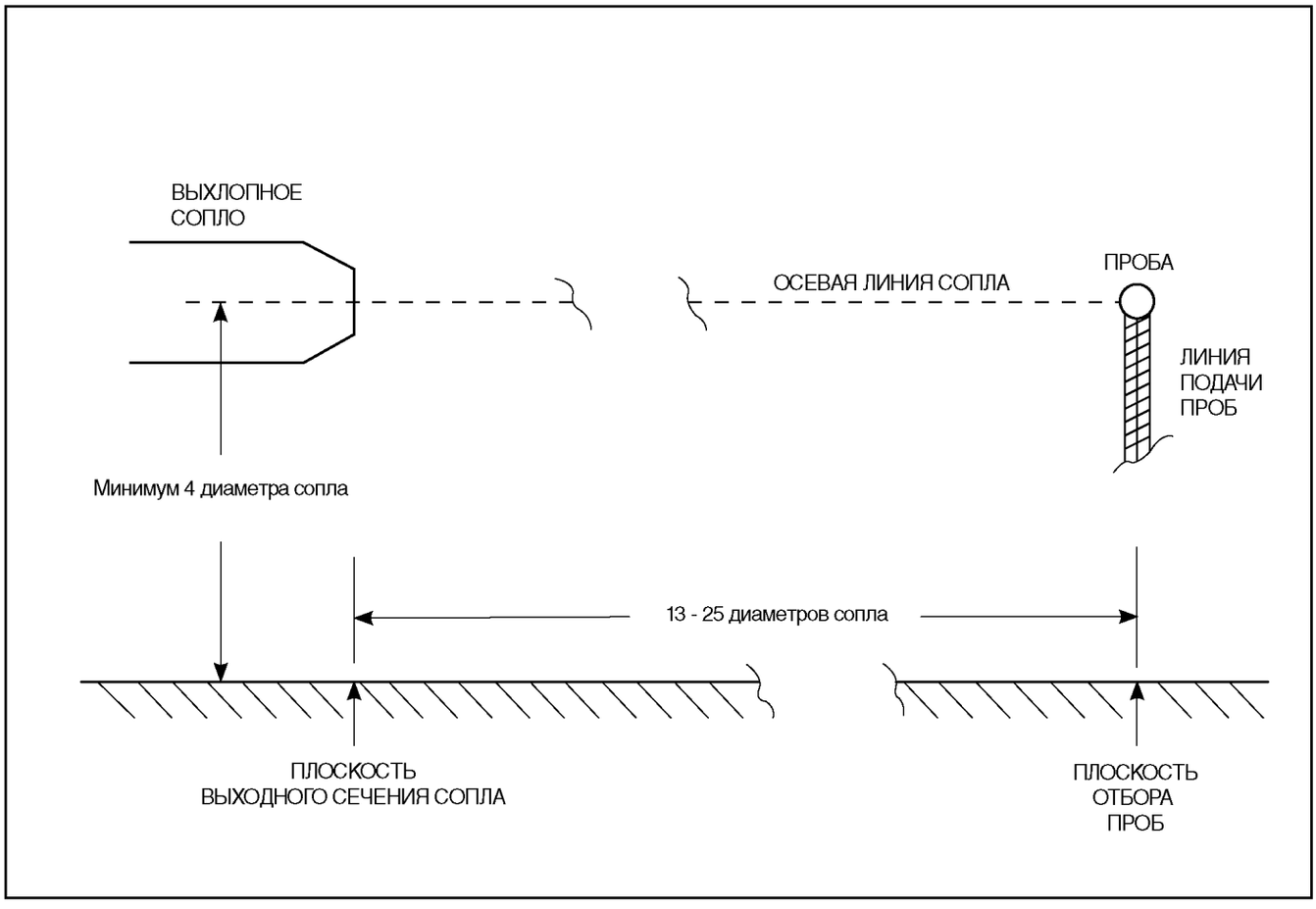


Рис. 5-1. Схема системы отбора проб

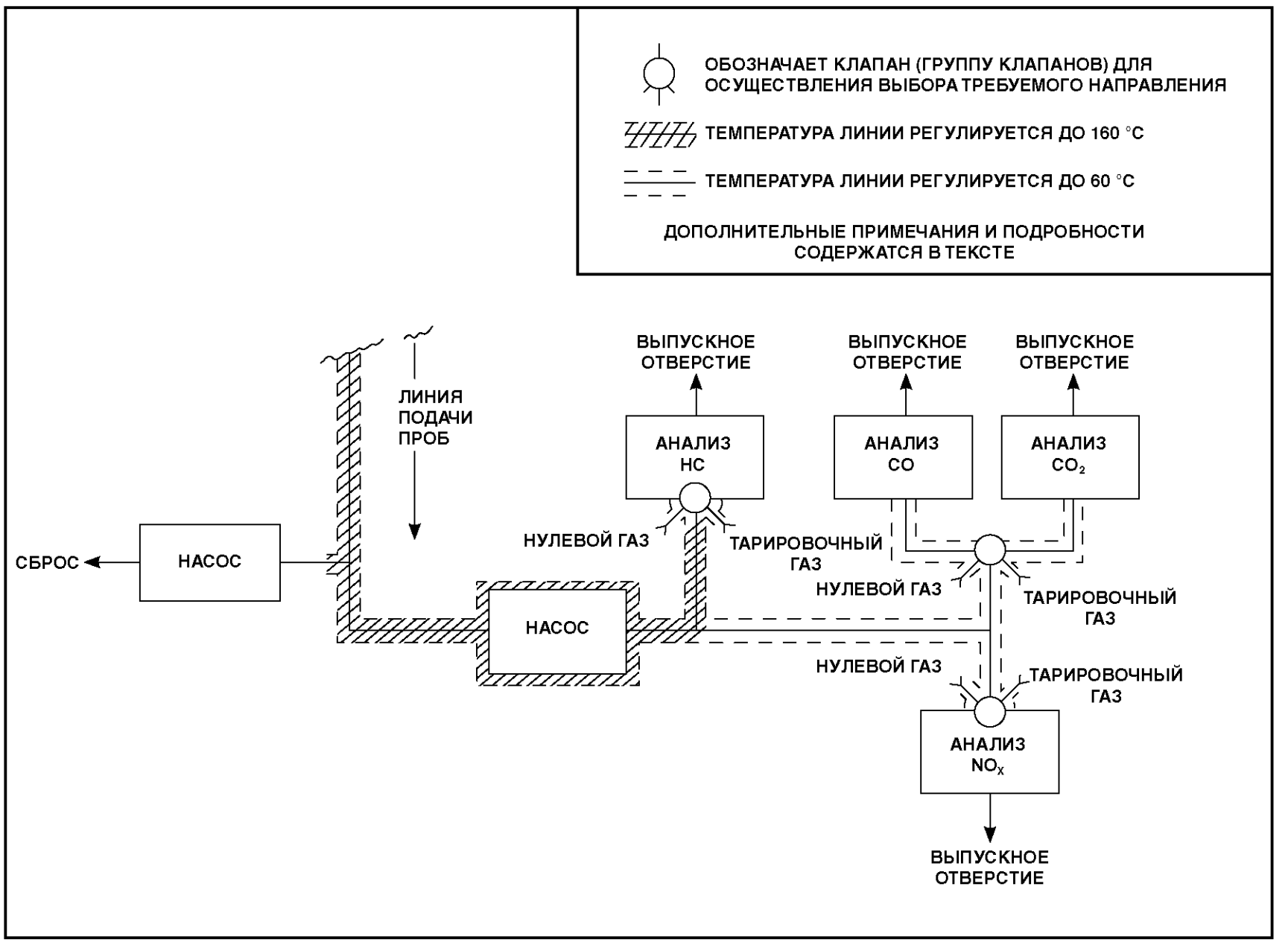


Рис. 5-2. Схема системы отбора и анализа проб

5. ОПИСАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Примечание. *Ниже приводятся общее описание и характеристики основных элементов системы измерения характеристик выхлопных газов двигателей. Более подробное описание, когда это необходимо, дается в Дополнениях, прилагаемых к настоящему Добавлению.*

5.1. Система отбора проб

5.1.1. Пробоотборник

a) Конструкция пробоотборника позволяет производить отбор отдельных проб в различных точках поперечного сечения струи выхлопных газов. Смешивание проб не допускается.

b) В качестве материала, контактирующего с пробой, используется нержавеющая сталь, и ее температура поддерживается в пределах не менее 60 °C.

c) Плоскость отбора проб располагается перпендикулярно продолжению осевой линии сопла двигателя и по возможности ближе к точке, отстоящей от выходного сечения сопла на расстояние в 18 диаметров, в соответствии с п. 7.1.2, но ни в коем случае не дальше 25 диаметров сопла. Диаметр выходного сечения сопла берется по максимальной тяге двигателя. В объеме воздушного пространства между плоскостью выходного сопла и плоскостью отбора проб не должно быть никаких препятствий в радиальном направлении на расстоянии в 4 диаметра выходного сечения от оси сопла.

d) Для отбора проб используется по крайней мере 11 отдельных точек. Плоскость измерения, расположенная на расстоянии X от двигателя, разделена на три секции, отделенные окружностями, через центры которых проходит ось выхлопной струи и радиусы которых составляют:

$R_1 = 0{,}05X$;
$R_2 = 0{,}09X$.

Каждая секция должна содержать по крайней мере 3 точки для отбора проб. Разность между количеством точек для отбора проб в каждой секции должна быть менее 3. Наиболее удаленная от оси точка для отбора проб должна располагаться в радиусе от $0{,}11X$ до $0{,}16X$.

5.1.2. Линии подачи проб

Пробы подаются из пробоотборника в анализаторы по линии с внутренним диаметром 4,0-8,5 мм по кратчайшему маршруту, используя такое значение расхода, чтобы время подачи составляло менее 10 с. Температура в этой линии поддерживается в пределах (160±15) °C с точностью до ±10 °C. Когда отбор проб осуществляется с целью измерения составляющих HC, CO, CO_2 и NO_X, линия изготавливается из нержавеющей стали или шлифованного наполненного углеродом материала PTFE (политетрафторэтилена).

5.2. Анализатор углеводородов (HC)

Измерение общего содержания углеводородов в пробе проводится с помощью анализатора, в котором между электродами подогретого пламеионизационного детектора (FID) проходит ионизационный ток, пропорциональный массовому расходу углеводородов, вступающих в процесс горения водорода. Предполагается, что анализатор включает в себя компоненты, предназначенные для регулирования температу-

ры и расхода газов, содержащихся в пробах, перепуска газов, газового топлива и охлаждающих газов, и что он обеспечивает проведение эффективных контрольных тарировок диапазона и нуля.

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении А к настоящему Добавлению.*

5.3. Анализаторы окиси и двуокиси углерода (CO и CO_2)

Для измерения этих компонентов используются нерассеивающие инфракрасные анализаторы, конструкция которых предусматривает использование принципа дифференциального поглощения энергии в параллельных элементах, чувствительных к стандартному и отобранному газам, причем элемент или группа элементов для каждого из этих компонентов газа соответствующим образом сенсибилизированы. Предусматривается выполнение этой анализирующей подсистемой всех необходимых функций, связанных с управлением и регулированием потоков газа, содержащихся в пробах, а также потоков нулевого газа и поперечных потоков. Регулирование температуры отвечает требованиям независимо от того, в каком состоянии измеряется проба (влажном или сухом).

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении В к настоящему Добавлению.*

5.4. Анализатор окислов азота (NO_x)

Измерение концентрации окиси азота (NO) проводится по методу хемилюминесценции, в соответствии с которым мера интенсивности излучения вступающего в реакцию NO с добавлением O_3 соответствует мере концентрации NO. До проведения измерения компонент NO_2 преобразуется в NO в конвертере, обладающем нужной эффективностью. Результирующая система измерения NO_x включает все необходимые устройства для регулирования тока, температуры и других параметров и обеспечивает возможность выполнения обычной процедуры тарировки нуля и диапазона измерения, а также проведения проверок эффективности конвертера.

Примечание. *Общие технические требования приводятся в Дополнении С к настоящему Добавлению.*

6. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

6.1. Работа двигателя

Двигатель работает на открытом воздухе, на стационарном испытательном стенде, который соответствующим образом оборудован для проведения высокоточных испытаний характеристик и отвечает требованиям для пробоотборника, указанным в разделе 5.1. Испытания с целью измерения параметров эмиссии проводятся при величинах тяги, определенных полномочным сертифицирующим органом. Обеспечивается стабильная работа двигателя при каждой величине тяги.

6.2. Условия окружающего воздуха

6.2.1. Замеры концентраций CO, HC, CO_2 и NO_x производятся в окружающем воздухе в испытательных условиях работы проверяемого двигателя. Чрезмерно высокие концентрации указанных веществ означают ненормальное состояние, например попадание выхлопных газов в воздухозаборник двигателя, утечку топлива или наличие другой причины нежелательной эмиссии в зоне испытаний. Такое положение соответственно исправляется или ликвидируется.

Примечание. *Следует руководствоваться такими показателями: нормальная концентрация CO_2 в окружающем воздухе составляет 0,03% и при нормальных окружающих условиях уровни концентрации CO и HC не превышают 5 ppm, а NO_x — 0,5 ppm.*

6.2.2. Следует избегать крайне сложных климатических условий, характеризующихся, например, выпаданием осадков или чрезмерно высокой скоростью ветра.

6.3. Основная тарировка приборов

Примечание. *Основная цель такой тарировки заключается в том, чтобы убедиться в стабильности и линейности характеристик приборов.*

6.3.1. Подающий заявку на проведение испытаний представляет полномочному сертифицирующему органу доказательства того, что система для анализа соответствующим образом оттарирована к моменту проведения испытаний.

6.3.2. Что касается анализатора углеводородсв, то при этой тарировке проверяется, находятся ли показания детектора кислорода и избирательные показания детектора углеводородов в пределах, установленных в Дополнении A к настоящему Добавлению. Проверяется также соответствие КПД конвертера NO_2/NO положениям Дополнения C к настоящему Добавлению.

6.3.3. При проверке характеристик каждого анализатора применяют указанную ниже методику (с использованием тарировочного и испытываемого газов, как указано в Дополнении C к настоящему Добавлению):

a) ввести нулевой газ и установить прибор на нуль, записав соответствующим образом его показания;

b) для каждого подлежащего использованию в работе интервала измерения ввести тарировочный газ, концентрация которого соответствует (номинально) отклонению стрелки прибора на 90% всего диапазона измерения прибора (FSD); соответствующим образом отрегулировать коэффициент усиления прибора и записать его показания;

c) ввести тарировочные газы, приблизительно соответствующие 30, 60 и 90% величины FSD, и записать показания анализатора;

d) провести прямую линию наименьших квадратов через точки, которые соответствуют концентрации, равной 0, 30, 60 и 90%. Если будет признано необходимым, для основной модели анализатора CO и(или) CO_2 без линеаризации выхода проводится кривая наименьших квадратов соответствующей математической формы с использованием, при необходимости, дополнительных тарировочных точек. В случае если какая-либо точка отклоняется более чем на 2% от значения всего диапазона измерения прибора (или ±1 ppm*, в зависимости от того, что больше), для эксплуатационного применения подготавливается тарировочная кривая.

6.4. Пользование приборами

6.4.1. Измерения не проводятся до тех пор, пока все приборы и линии подачи проб не подогреты и не стабилизированы, а также не выполнены следующие проверки:

* Кроме анализатора CO_2, для которого это значение составляет ±100 ppm.

a) *Проверка на утечку:* до проведения серий испытаний система проверяется на утечку путем изоляции пробоотборника и анализаторов, подсоединения и включения вакуумного насоса, который по своим характеристикам эквивалентен насосу, используемому в системе измерения уровней дыма, с целью проверки того, что величина утечки в системе составляет менее 0,4 л/мин при условиях, соответствующих нормальным температуре и давлению.

b) *Проверка на чистоту:* изолировать систему отбора проб газа от пробоотборника и подсоединить конец линии отбора проб к источнику нулевого газа. Подогреть систему до рабочей температуры, необходимой для проведения измерений содержания углеводородов. Включить насос отбора проб и установить величину расхода, равную используемой при испытаниях эмиссии двигателей. Зарегистрировать показание анализатора содержания углеводородов. Это показание не превышает 1% от уровня эмиссии двигателя на режиме малого газа или 1 ppm (выраженных через содержание метана), в зависимости от того, какая величина является большей.

Примечания: *1. Для того чтобы исключить значительное загрязнение линий подачи проб, хорошей практикой является обратная продувка этих линий во время работы двигателя, когда заборник пробы находится в струе выхлопных газов двигателя, но характеристики эмиссии не измеряются.*

2. Полезно также контролировать качество всасываемого воздуха в начале и в конце испытаний, а также по крайней мере через каждый час в ходе испытаний. Если уровни считаются значительными, то их необходимо учитывать.

6.4.2. Эксплуатационные измерения проводятся по следующей методике:

a) с помощью соответствующего нулевого газа произвести все необходимые виды настройки приборов;

b) ввести тарировочный газ, концентрация которого соответствует (номинально) 90% величины концентрации FSD для всех подлежащих использованию интервалов измерения; соответствующим образом установить и записать значение коэффициента усиления;

c) после того как работа двигателя стабилизируется в требуемых эксплуатационных условиях с учетом места отбора проб, продолжить испытание двигателя и наблюдение за концентрацией загрязняющих веществ до тех пор, пока не будут получены стабильные показания, которые и регистрируются. Повторить процедуру измерений для остальных мест отбора проб при том же эксплуатационном режиме двигателя;

d) в конце испытания, а также во время испытаний через интервалы времени, не превышающие 1 ч, произвести повторную проверку нулевых и тарировочных точек. В случае если какая-либо точка сместилась более чем на ±2% от всего диапазона измерения прибора, прибор вновь настраивается в установленных пределах и испытание повторяется.

7. РАСЧЕТЫ

7.1. Эмиссия газообразных веществ

7.1.1. Общие положения

В результате проведения аналитических измерений получаются значения концентрации различных классов загрязняющих веществ при соответствующем режиме (режимах) форсажа двигателя для различных мест расположения плоскости отбора проб. Ниже указывается порядок определения других параметров, которые также регистрируются наряду с упомянутыми основными параметрами.

7.1.2. Анализ и подтверждение данных измерений

a) Данные, полученные на основе замеров концентрации в различных местах отбора проб для каждого режима работы двигателя, должны усредняться следующим образом:

$$C_{i\,moy} = \sum_{j=1}^{n} C_{i\,j},$$

где $\sum_{j=1}^{n}$ — общее число (n) точек, в которых производился отбор проб;

C_{ij} — концентрации вида *i*, измеренные в точке *j* отбора пробы;

$C_{i\,moy}$ — средняя концентрация вида *i*.

Все результаты замера концентрации на сухой основе преобразовываются в реальные концентрации на влажной основе (см. Дополнение E к настоящему Добавлению).

b) Качество замеров каждого загрязняющего вещества определяется путем сравнения с замерами CO_2, используя следующий коэффициент корреляции:

$$r_i = \frac{n\sum_{j=1}^{n} C_{ij}CO_{2j} - \sum_{j=1}^{n} C_{ij} \sum_{j=1}^{n} CO_{2j}}{\sqrt{\left(\left\{n\sum_{j=1}^{n}(CO_{2j})^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} CO_{2j}\right)^2\right\}\left\{n\sum_{j=1}^{n} C_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} C_{ij}\right)^2\right\}\right)}}.$$

Значения r_i, близкие к 1, свидетельствуют о том, что результаты измерений, произведенных в течение всего периода отбора проб, достаточно стабильны, и кривые являются кривыми Гаусса.

В том случае, если r_i меньше 0,95, измерения должны быть повторены на большем удалении плоскости отбора проб от двигателя воздушного судна. После самого процесса измерения осуществляются те же вычисления и такое же демонстрирование наглядными примерами, как и раньше.

7.1.3. Основные параметры

Средняя концентрация каждого вида газообразных веществ для каждого эксплуатационного режима работы двигателя определяется, как показано в п. 7.1.2; необходимые поправки в отношении замера проб на сухой основе и(или) интерференции вносятся, как указано в Дополнении E к настоящему Добавлению. Эти средние концентрации используются для вычисления следующих основных параметров:

$$EI_p \text{ (индекс эмиссии или компонент } p) = \frac{\text{масса образующего компонента } p, \text{ г}}{\text{масса используемого топлива, кг}};$$

$$EI(CO) = \left(\frac{[CO]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{CO}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

$$EI(HC) = \left(\frac{[HC]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{HC}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

$$\frac{EI(NO_X)}{(\text{как } NO_2)} = \left(\frac{[NO_X]}{[CO_2]+[CO]+[HC]}\right)\left(\frac{10^3 M_{NO_2}}{M_C + (n/m)M_H}\right)(1+T(P_O/m));$$

$$\text{отношение воздуха к топливу} = (P_O/m)\left(\frac{M_{\text{воздуха}}}{M_C} + (n/m)M_H\right),$$

$$\text{где } P_O/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1+h-|TZ/2|)}$$

$$\text{и } Z = \frac{2-[CO]-(|2/x|)-(|y/2x|)[HC]+[NO_2]}{[CO_2]+[CO]+[HC]};$$

$M_{\text{воздуха}}$ — молекулярная масса сухого воздуха, равная 28,966 г или, где уместно, (32*R* + 28,156 4*S* + 44,011*T*) г;

M_{HC} — молекулярная масса углеводородов в выхлопной пробе, принимаемая как CH_4 = 16,043 г;

M_{CO} — молекулярная масса CO, равная 28,011 г;

M_{NO_2} — молекулярная масса NO_2, равная 46,008 г;

M_C — масса атома углерода, равная 12,011 г;

M_H — масса атома водорода, равная 1,008 г;

R — концентрация O_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,209 5;

S — концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,790 2;

T — концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,000 3;

[HC] — концентрация выхлопных углеводородов (объем/объем во влажных условиях), выраженных как углерод;

[CO] — концентрация CO (объем/объем во влажных условиях);

$[CO_2]$ — концентрация CO_2 (объем/объем во влажных условиях);

$[NO_X]$ — концентрация NO_X (объем/объем во влажных условиях), равная $[NO] + [NO_2]$;

$[NO]$ — концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях);

$[NO_2]$ — концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях), равная

$$\frac{([NO_X]_C - [NO])}{\eta};$$

$[NO_X]_C$ — концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем во влажных условиях);

η — КПД конвертера NO_2/NO;

h — влажность окружающего воздуха (объем воды/объем сухого воздуха);

m — количество атомов C в характеристической молекуле топлива;

n — количество атомов H в характеристической молекуле топлива;

x — количество атомов C в характеристической молекуле выхлопных углеводородов;

y — количество атомов H в характеристической молекуле выхлопных углеводородов.

Величина отношения атома водорода к атому углерода используемого топлива (n/m) определяется посредством анализа типа топлива. Влажность окружающего воздуха h измеряется для каждого конкретного условия. При отсутствии доказательств противного для характеристики (x, y) выхлопных углеводородов используются значения $x = 1$, $y = 4$. Если в измерениях должны использоваться сухие или полусухие CO и CO_2, значения их концентрации приводятся к эквивалентным значениям концентрации влажных CO и CO_2, как показано в Дополнении E, в котором также содержится формула внесения поправок на интерференцию для использования при необходимости.

Примечание. *Приведенные в пп. 7.1.4 и 7.2 правила применимы только к испытаниям, при которых не использовался форсажный режим. Аналогичные правила для испытаний с использованием такого режима могут быть применены с одобрения полномочного сертифицирующего органа.*

7.1.4. Внесение поправок в индексы эмиссий относительно стандартных условий

С целью учета отклонений фактической температуры и давления воздуха на входе испытываемого двигателя от стандартных условий МСА на уровне моря вносятся поправки в измеряемые индексы эмиссии для всех загрязняющих веществ при всех соответствующих режимах работы двигателя. Стандартное значение влажности равно 0,006 29 кг H_2O на 1 кг сухого воздуха.

Следовательно, EI скорректированный = K x EI измерений, где общее выражение для K

$$K = (P_{Bст} / P_B)^a \times (FAR_{ст} / FAR_B)^b \times \exp(|T_{Bст} - T_B| / c) \times \exp(d\,|h - 0{,}006\,29|),$$

где P_B — измеренное давление на входе в камеру сгорания:

T_B — измеренная температура на входе в камеру сгорания;

FAR_B — отношение топлива к воздуху в камере сгорания:

h — влажность окружающего воздуха;

$P_{СТ}$ — давление на уровне моря (МСА);

$T_{СТ}$ — давление на уровне моря (МСА);

$P_{Вст}$ — давление на входе в камеру сгорания испытываемого двигателя (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя), связанное с T_B при условиях МСА на уровне моря;

$T_{Вст}$ — температура на входе в камеру сгорания испытываемого двигателя при условиях МСА на уровне моря (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя). Эта температура установлена относительно уровня тяги, определенного для каждого режима работы двигателя;

$FAR_{ст}$ — отношение топлива к воздуху в камере сгорания испытываемого двигателя при условиях МСА на уровне моря (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя);

a, b, c, d — расчетные постоянные, которые могут быть различными для каждого загрязнителя и каждого типа двигателя.

Предпочтительнее измерять параметры на входе в камеру сгорания, но они могут также высчитываться относительно окружающих условий с помощью соответствующей формулы.

7.1.5. Использование рекомендуемой методики нанесения кривой по точкам в целях установления соотношения индексов эмиссии к температуре на входе в камеру сгорания эффективно исключает выражение exp ($|T_{Вст} - T_B| / c$) из общего уравнения и в большинстве случаев выражение ($FAR_{ст} / FAR_B$) может считаться единицей. Для индексов эмиссии CO и HC многие органы, проводящие испытания, определили, что член, учитывающий влажность, достаточно близок к единице и его можно исключить из общего выражения, а также что показатель степени выражения ($P_{Вст} / P_B$) близок к единице.

Таким образом,

EI(CO) с поправками = EI, полученный из кривой;

$(P_B / P_{Вст}) \cdot EI(CO) = f(T_B)$;

EI(HC) с поправками = EI, полученный из кривой;

$(P_B / P_{Вст}) \cdot EI(HC) = f(T_B)$;

$EI(NO_X)$ с поправками = EI, полученный из кривой;

$EI(NO_X)\ (P_{Вст} / P_B)^{0,5} \exp(19|h - 0{,}006\ 29|) = f(T_B)$.

В том случае, когда данный рекомендуемый метод коррекции индексов эмиссии CO и HC не обеспечивает удовлетворительную корреляцию, может применяться альтернативный метод, использующий параметры, полученные в отдельных испытаниях.

Любые другие применяемые методы внесения поправок в индексы эмиссии CO, HC и NO_X утверждаются полномочным сертифицирующим органом.

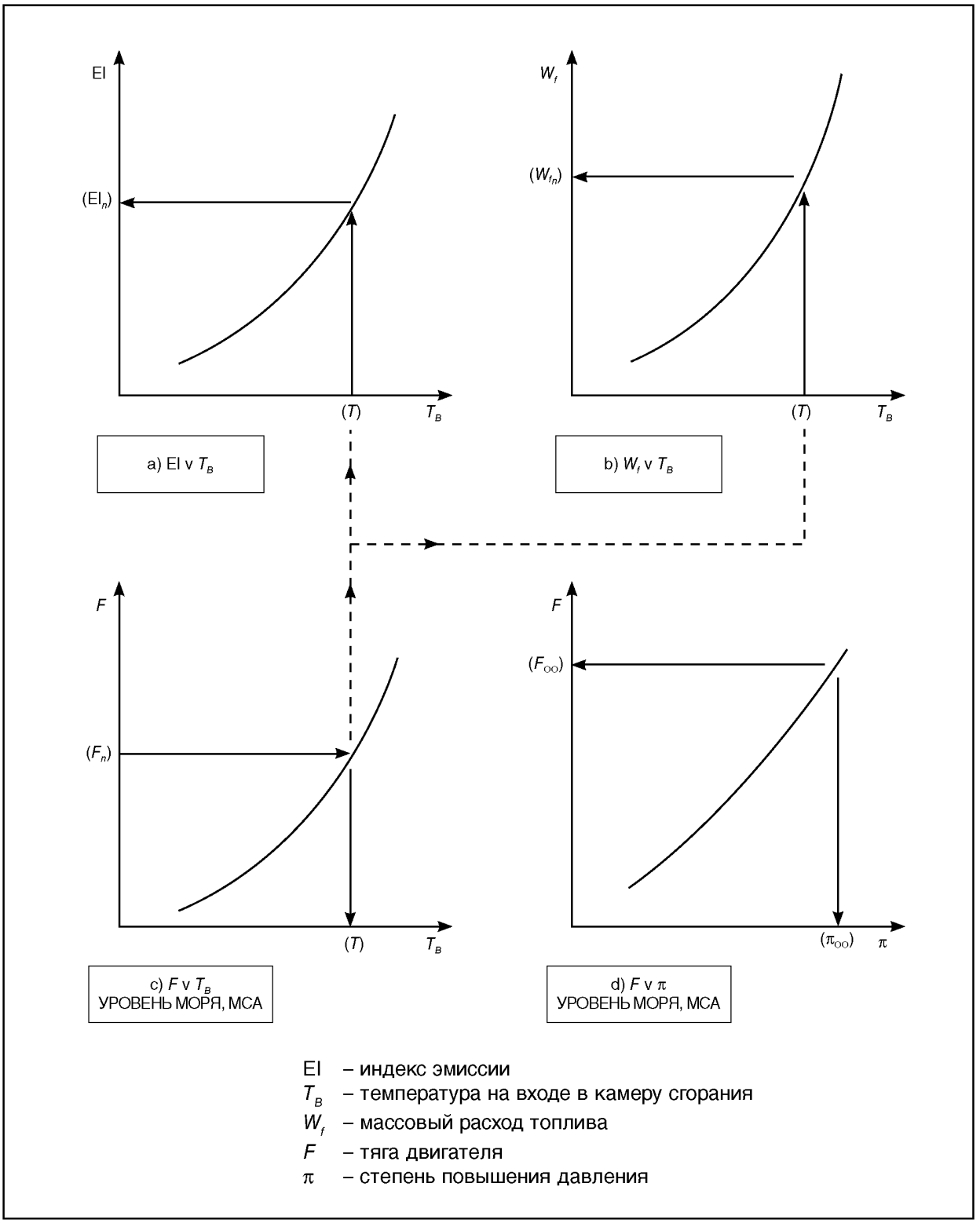


Рис. 5-3. Порядок расчета

7.2. Величины, входящие в контрольный параметр (D_p, F_{oo} и π)

7.2.1. Определения

D_p — масса любого газообразного загрязняющего вещества, выделяемого в атмосферу в течение стандартного цикла эмиссии при посадке и взлете;

F_{oo} — утвержденная соответствующим сертифицирующим органом максимальная тяга, необходимая для взлета при нормальных эксплуатационных условиях в статических условиях МСА на уровне моря без использования впрыска воды;

π — отношение средней величины полного давления в выходной плоскости последней ступени компрессора к средней величине полного давления во входной плоскости ступени компрессора, когда двигатель развивает взлетную мощность в статистических условиях МСА на уровне моря.

7.2.2. Индексы эмиссии (EI) для каждого загрязнителя с внесенными, как указано в п. 7.1.4, поправками на давление и влажность относительно стандартных атмосферных условий и, по мере необходимости, относительно исходного двигателя получают для требуемых эксплуатационных режимов LTO (n), т.е. при работе двигателя на режиме малого газа, при заходе на посадку, при наборе высоты и взлете, с учетом эквивалентных скорректированных условий тяги. В целях определения режима малого газа требуется проводить испытания по крайней мере в трех точках. Для каждого загрязняющего вещества определяются следующие зависимости:

a) EI и T_B;

b) W_f (массовый расход топлива) и T_B;

c) F_n (скорректированной относительно условий МСА на уровне моря) и T_B (скорректированной относительно условий МСА на уровне моря).

Примечание. *Для примера эти зависимости приводятся на рис. 5-3a), b) и c).*

Когда испытываемый двигатель не является исходным двигателем, данные могут корректироваться относительно исходного двигателя с использованием при этом зависимостей b) и c), полученных для исходного двигателя. Исходный двигатель определен как двигатель, в значительной мере соответствующий конфигурации двигателя, представленного на сертификацию и принятого сертифицирующим органом в качестве данного типа двигателя, представленного на получение сертификата.

Кроме того, изготовитель представляет полномочному сертифицирующему органу все необходимые данные о технических характеристиках двигателей с целью обоснования этих зависимостей и для условий МСА на уровне моря:

d) максимальная тяга (F_{oo}); и

e) степень повышения давления в двигателе (π) на максимальной тяге.

Примечание. *Эти данные приводятся на рис. 5-3d).*

7.2.3. Оценка EI для каждого загрязняющего вещества при каждом требуемом режиме работы двигателя, приведенная к стандартным условиям окружающего воздуха, проводится в соответствии со следующей общей процедурой:

a) определить эквивалентную температуру на входе в камеру сгорания (T_B) (см. рис. 5-3c)) для каждого режима тяги F_n для условий МСА;

b) на основании характеристики EI/T_B (см. рис. 5-3a)) определить величину EI_n, соответствующую T_B;

c) на основании характеристики W_f/T_B (см. рис. 5-3b)) определить величину W_{f_n}, соответствующую T_B;

d) записать величины максимальной тяги и степени повышения давления для условий МСА. Соответственно, они будут представлять собой F_{oo} и π (см. рис. 5-3d));

e) для каждого загрязняющего вещества рассчитать $D_p = \Sigma (EI_n) (W_{f_n}) (t)$,

где t — время работы на режиме в течение LTO (мин);

W_{f_n} — массовый расход топлива (кг/мин)

и Σ — совокупность режимов, используемых на протяжении исходного цикла LTO.

7.2.4. Несмотря на то что описанная выше методология является рекомендуемым методом, полномочный сертифицирующий орган может одобрить равноценную математическую процедуру, в которой употребляется математическое выражение, задающее изображенные кривые, если выражения получены путем использования принятой методики нанесения кривой по точкам.

7.3. Исключения из предлагаемых правил

В тех случаях, когда конфигурация двигателя или наличие других условий не позволяют использовать это правило, сертифицирующий орган, после получения достаточных технических доказательств, подтверждающих получение равноценных результатов с помощью альтернативного правила, может его утвердить.

ДОПОЛНЕНИЕ А К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ НС

Примечания: *1. Как указано в п. 5.2 Добавления 5, чувствительным элементом этого анализатора является пламеионизационный детектор (FID), в котором весь объем пробы газа или его репрезентативная часть впрыскивается в водородное пламя. При соответствующем расположении электродов может быть определен ионизационный ток, который зависит от массового расхода углеводорода, вводимого в пламя. Этот ток, за вычетом тока ионизации, соответствующего отсутствию ввода пробы в пламя, усиливается, чтобы получить результирующую характеристику, служащую мерой концентрации углеводородов, выраженной через эквивалентное число ppmC.*

2. Информацию о тарировочных и испытательных газах см. в Дополнении D.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений учитывается возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

Подлежащий использованию прибор обеспечивает поддержание в нем заданной температуры детектора и частей, вступающих в непосредственный контакт с пробой газа, в интервале 155-165 °C при стабильности ±2 °C. При условии, что чувствительность детектора является оптимальной и прибор в целом стабилизирован, к основным техническим характеристикам относятся следующие:

a) полный диапазон измерения: 0-500 ppmC в соответствующих интервалах измерения;

b) разрешающая способность: не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

c) повторяемость: не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

d) стабильность: не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1,0 ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) дрейф нуля: менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±0,5 ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) шумы: 0,5 Гц и более, менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±0,5 ppmC, в зависимости от того, что больше;

g) время срабатывания: не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

h) линейность: зависимость выходного сигнала от состава воздушно-пропановой смеси является линейной в каждом интервале измерения в пределах ±2% от диапазона измерений прибора, в противном случае вводятся тарировочные поправки.

Примечание. *В процессе проведения испытаний на точность измерения могут влиять два нижеуказанных аспекта характеристик:*

a) кислородный эффект (когда различные пропорции кислорода, присутствующего в пробе, обуславливают различные индикаторные концентрации углеводорода при его постоянной фактической концентрации); и

b) относительная реакция на углеводород (когда имеет место различная реакция на концентрацию углеводородов в одной и той же пробе, выраженную через эквивалентное число ppmC, которое зависит от класса или примеси различных классов углеводородных соединений).

Степень отмеченного выше влияния определяется, как указано ниже, и соответственно ограничивается.

2. СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Реакция на кислород: измерить реакцию на две следующие смеси пропана с содержанием приблизительно 500 ppmC, определенным с относительной точностью до ±1%:

1) смесь пропана с (10±1)% O_2 (остальное N_2);

2) смесь пропана с (21±1)% O_2 (остальное N_2).

Если R_1 и R_2 — соответствующие значения нормализованной реакции, то ($R_1 - R_2$) менее 3% R_1.

Дифференциальная реакция прибора на углеводород: измерить реакцию прибора на четыре следующие смеси различных углеводородов в воздухе с концентрацией приблизительно 500 ppmC с относительной точностью до ±1%:

a) пропан в нулевом воздухе;

b) пропилен а нулевом воздухе;

c) толуол в нулевом воздухе;

d) n-гексан в нулевом воздухе.

Если R_a, R_b, R_c и R_d — соответствующие нормализованные реакции прибора на пропан, то каждая разность ($R_a - R_b$), ($R_a - R_c$) и ($R_a - R_d$) в отдельности менее 5% R_a.

3. ОПТИМАЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ ДЕТЕКТОРА И РЕГУЛИРОВКА

3.1. Соблюдаются инструкции изготовителя о порядке первоначальной настройки и о требуемом вспомогательном обслуживании в обеспечении; необходимо обеспечить стабилизацию прибора. Регулировка настройки включает в себя периодическую проверку установки на нуль и, при необходимости, введение поправок. В качестве пробы используется воздушно-пропановая смесь с концентрацией пропана приблизительно 500 ppmC. Для выбора оптимального прибора определяется его реакция на изменение сначала расхода топлива, а затем, при расходе топлива, близком к оптимальному, — реакция на изменение расхода воздуха в горелку. После этого определяется реакция прибора на кислород и дифференциальная реакция на углеводород, как указано выше.

3.2. Линейность каждого диапазона измерения анализатора проверяется с помощью проб воздушно-пропановой смеси, концентрация которой соответствует отклонению стрелки прибора приблизительно на 30, 60 и 90% всего диапазона измерения прибора. Максимальное отклонение любого из этих показаний от прямой линии наименьших квадратов, соединяющей данные точки с нулем, не превышает ±2% от всего диапазона измерения прибора. Если отклонение превышает эту величину, строится тарировочная кривая для эксплуатационного использования.

ДОПОЛНЕНИЕ В К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРАМ CO И CO_2

Примечания: *1. В п. 5.3 Добавления 5 приводятся характеристики анализирующей подсистемы, подлежащей применению при отдельных измерениях концентрации CO и CO_2 в пробе выхлопных газов. Приборы основаны на принципе недисперсионного поглощения инфракрасного излучения в параллельных элементах, заполненных эталонным и отобранным газом. Требуемые диапазоны чувствительности определяются путем использования ряда элементов, чувствительных к отобранному газу, путем изменения электронной схемы, или обоими способами. Влияние газов, имеющих перекрывающиеся полосы поглощения, может быть сведено к минимуму с помощью газопоглощающих фильтров и(или) оптических фильтров (предпочтительнее с помощью последних).*

2. Информацию о тарировочных и испытательных газах см. в Дополнении D.

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений учитывается возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

К основным техническим характеристикам относятся следующие:

Анализатор CO

a) *полный диапазон измерения:* 0-2500 ppm в соответствующих интервалах измерения;

b) *разрешающая способность:* не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 1 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) *повторяемость:* не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) *стабильность:* не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) *дрейф нуля:* менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) *шум:* 0,5 Гц и более; менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm, в зависимости от того, что больше;

g) *интерференция:* должна быть ограничена следующим образом в зависимости от зарегистрированной концентрации CO при:

   1) менее 500 ppm на каждый процент концентрации этилена;

2) менее 2 ppm на каждый процент концентрации CO_2;

3) менее 2 ppm на каждый процент концентрации водяных паров*.

Если интерференция для CO_2 и(или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. *Рекомендуется, в соответствии с наиболее верной методикой, применять во всех случаях такую методику внесения поправок.*

Анализатор CO_2

a) *полный диапазон измерения:* 0-10% в соответствующих интервалах измерения;

b) *разрешающая способность:* не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 100 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) *повторяемость:* не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) *стабильность:* не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) *дрейф нуля:* менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) *шум:* 0,5 Гц и более; менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±100 ppm, в зависимости от того, что больше;

g) *проверяется влияние кислорода (O_2) на чувствительность анализатора CO_2.* При изменении содержания O_2 от 0 до 21% чувствительность при данной концентрации CO_2 не должна меняться более чем на 2% от показания. Если данное ограничение невозможно выполнить, то применяется соответствующий коэффициент коррекции.

Примечание. *В соответствии с наиболее положительной практикой рекомендуется утверждать такие правила коррекции во всех случаях.*

Анализаторы CO и CO_2

a) *время срабатывания:* не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

b) *температура пробы газа:* нормальным режимом работы является анализ пробы газа в необработанном, влажном состоянии. Для этого необходимо, чтобы элемент, заполненный отобранным газом, и другие компоненты этой подсистемы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, сохраняли постоянную температуру не менее 50 °C при стабильности ±2 °C. Допускается измерение CO и CO_2 в сухом состоянии (с использованием соответствующих водоотделителей); в этом случае разрешается использовать ненагретые анализаторы, при этом нет необходимости определять пределы интерференции для паров H_2O, однако требуется введение поправок на влажность окружающего воздуха и на содержание водяных паров в продуктах горения;

* Нет необходимости применять в случае проведения измерений в сухом состоянии.

c) *калибровочные кривые:*

1) анализаторы с линейными характеристиками выходного сигнала проверяются во всех рабочих диапазонах, используя калибровочные газы при известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90% от полной шкалы. Максимальное отклонение характеристик срабатывания анализатора в любой из этих точек от прямой линии, подобранной по методу наименьших квадратов для этих точек и нулевого показания, не превышает ±2% от величины полной шкалы. Если это не обеспечивается, то строится калибровочная кривая для практического применения;

2) для анализаторов с нелинейными характеристиками выходного сигнала, а также для тех анализаторов, которые не отвечают приведенным выше требованиям к линейности, используются калибровочные кривые, построенные для всех рабочих диапазонов, используя калибровочные газы при известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90% от полной шкалы. При необходимости используются дополнительные смеси для точного определения вида кривой.

ДОПОЛНЕНИЕ C К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ NO_x

Примечание. *Информацию о тарировочных и испытательных газах см. в Дополнении D.*

1. Как указано в п. 5.4 Добавления 5, измерение содержания окислов азота осуществляется по методу хемилюминесценции, с помощью которого измеряется излучение, выделяемое при реакции NO и O_3. Этот метод не обеспечивает точного определения NO_2, поэтому, прежде чем измерить общее содержание NO_x, пробу газа пропускают через конвертер, в котором NO_2 преобразуется в NO. Регистрируется как первоначальное содержание NO, так и общее содержание NO_x. Таким образом, содержание NO_2 определяется по разнице.

2. Подлежащий использованию прибор включает в себя все необходимые компоненты, регулирующие расход, например регуляторы, клапаны, расходомеры и т.д. Материалы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, обладают способностью противостоять воздействию окислов азота, например нержавеющая сталь, стекло и т.д. Температура отобранных газов везде выдерживается в пределах, соответствующих местному давлению, с тем чтобы исключить возможность конденсации воды.

Меры предосторожности: указанные технические требования к характеристикам относятся в основном к полной шкале анализатора. Ошибки на части шкалы могут составлять значительно большую долю в процентах от показаний. При подготовке к проведению измерений необходимо учитывать возможность и важность таких ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

3. К основным техническим характеристикам, определяемым для прибора, работающего при температуре окружающей среды, стабильной в пределах 2 °C, относятся следующие:

a) *полный диапазон измерения:* 0-2500 ppm в соответствующих интервалах измерения;

b) *разрешающая способность:* не хуже 0,5% от всего используемого диапазона измерения прибора или 1 ppm, в зависимости от того, что больше;

c) *повторяемость:* не хуже ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm, в зависимости от того, что больше;

d) *стабильность:* не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

e) *дрейф нуля:* менее ±1% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше;

f) *шум:* 0,5 Гц и более; менее ±1,0% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppm в течение 2 ч, в зависимости от того, что больше;

g) *интерференция:* влияние для отобранных газов, содержащих CO_2 и водяные пары, ограничивается следующим образом:

1) менее 0,05% от показания прибора на каждый процент содержания CO_2;

2) менее 0,1% от показания прибора на каждый процент содержания водяных паров.

Если интерференция для CO_2 и(или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. *Рекомендуется, в соответствии с наиболее верной методикой, применять во всех случаях такую методику внесения поправок;*

h) *время срабатывания:* не превышает 10 с с момента ввода пробы газа в анализирующую систему до отклонения стрелки на 90% от конечного показания прибора;

i) *линейность:* не хуже ±2% от всего используемого диапазона измерения прибора или ±2 ppm, в зависимости от того, что больше;

j) *конвертер:* проектируется и эксплуатируется таким образом, что содержащаяся в пробе NO_2 эффективно преобразуется в NO. Конвертер не воздействует на NO, первоначально содержащуюся в пробе.

КПД конвертера составляет не менее 90%.

Это значение КПД используется для корректировки изменяемого количества NO_2, содержащегося в пробе (т.е. $[NO_x]_C$ – [NO]), с тем количеством, которое было бы получено при КПД, равном 100%.

ДОПОЛНЕНИЕ D К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТАРИРОВОЧНЫЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ГАЗЫ

Таблица тарировочных газов

Анализатор	*Газ*	*Точность**
HC	пропан в нулевом воздухе	±2% или ±0,05 ppm**
CO_2	CO_2 в нулевом воздухе	±2% или ±100 ppm**
CO	CO в нулевом воздухе	±2% или ±2 ppm**
NO_x	NO_x в нулевом азоте	±2% или ±1 ppm**

* Берется в 95%-ном доверительном интервале.
** В зависимости от того, что больше.

Вышеуказанные газы требуются для проведения обычной тарировки анализаторов во время нормального рабочего использования.

Таблица испытательных газов

Анализатор	Газ	Точность *
HC	пропан в (10±1)% O_2 в равновесии с нулевым азотом	±1 %
HC	пропан в (21±1)% O_2 в равновесии с нулевым азотом	±1%
HC	пропилен в нулевом воздухе	±1%
HC	толуол в нулевом воздухе	±1%
HC	n-гексан в нулевом воздухе	±1%
HC	пропан в нулевом воздухе	±1%
CO_2	CO_2 в нулевом воздухе	±1%
CO_2	CO_2 в нулевом азоте	±1%
CO	CO в нулевом воздухе	±1%
NO_x	NO в нулевом азоте	±1%

* Берется в 95%-ном доверительном интервале.

Вышеуказанные газы требуются для проведения испытаний, описываемых в Дополнениях A, B и C.

Тарировочные газы окиси углерода и двуокиси углерода могут смешиваться отдельно или в виде двухкомпонентных смесей. Трехкомпонентные смеси окиси углерода, двуокиси углерода и пропана в нулевом воздухе могут использоваться в том случае, если обеспечивается стабильность смеси.

Нулевым газом для анализатора CO, CO_2 и HC является нулевой воздух (который представляет собой «искусственный» воздух, состоящий из смеси 20-22% O_2 с N_2). Для анализатора NO_x в качестве нулевого газа применяется нулевой азот. Содержание примесей в обоих типах нулевого газа ограничивается следующими величинами:

1 ppmC;
1 ppmCO;
100 ppmCO_2;
1 ppmNO_x.

Подающий заявку проверяет поставляемые ему технические газы на фактическое соответствие данным требованиям или добивается, чтобы это соответствие гарантировалось поставщиком.

ДОПОЛНЕНИЕ Е К ДОБАВЛЕНИЮ 5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭМИССИИ: ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВНЕСЕНИЕ ПОПРАВОК В РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ЧИСЛОВОЙ МЕТОД

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

AFR — отношение воздуха к топливу; отношение массового расхода сухого воздуха к массовому расходу топлива

EI — индекс эмиссии; 10^3 х массовый расход газообразного продукта эмиссии на выхлопе/удельный массовый расход топлива

K — отношение концентрации, измеренной во влажных условиях, к концентрации, измеренной в сухих условиях (после холодного паросепаратора)

L, L' — коэффициент интерференции анализатора для интерференции CO_2

$M_{воздуха}$ — молекулярная масса сухого воздуха, равная 28,966 г, или, где удобно, = (32R + 28,156 4S + 44,011T) г

M_{CO} — молекулярная масса CO, равная 28,011 г

M_{HC} — молекулярная масса характеристического выхлопного углеводорода, принятого за CH_4, равная 16,043 г

M_{NO_2} — молекулярная масса NO_2, равная 46,008 г

M_C — масса атома углерода, равная 12,011 г

M_H — масса атома водорода, равная 1,008 г

P_1 — количество молей CO_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_2 — количество молей N_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_3 — количество молей O_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_4 — количество молей H_2O в выхлопной пробе на моль топлива

P_5 — количество молей CO в выхлопной пробе на моль топлива

P_6 — количество молей C_XH_Y в выхлопной пробе на моль топлива

P_7 — количество молей NO_2 в выхлопной пробе на моль топлива

P_8 — количество молей NO в выхлопной пробе на моль топлива

P_T — $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$

R — концентрация O_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,209 5

S — концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему, равная 0,790 2

T — концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему, обычно равна 0,0003

P_0 — количество молей воздуха на моль топлива в начальной смеси воздух/топливо

Z — условное обозначение, используемое и определенное в п. 3.4

$[CO_2]$ — концентрация CO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

[CO] — концентрация CO в выхлопной пробе (объем/объем)

[HC] — концентрация углеводорода в выхлопной пробе (объем/объем)

[NO] — концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_2]$ — концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_X]$ — концентрация NO и NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем)

$[NO_X]_C$ — концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем)

$$[NO_2] = \frac{([NO_x]_C - [NO])}{\eta}$$

$[\ ]_d$ — концентрация в выхлопной пробе после холодного паросепаратора (объем/объем)

$[\ ]_m$ — измеренная концентрация до введения инструментальной поправки (объем/объем)

h — влажность окружающего воздуха (объем воды/объем сухого воздуха)

h_d — влажность выхлопной пробы на выходе сушильной установки или холодильного паросепаратора (объем воды/объем сухой пробы)

m — количество атомов C в характеристической молекуле топлива

n — количество атомов H в характеристической молекуле топлива

x — количество атомов C в характеристической молекуле выхлопного углеводорода

y — количество атомов H в характеристической молекуле выхлопного углеводорода

η — КПД конвертера NO_2/NO

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ EI и AFR

2.1. Предполагается, что баланс между первоначальным состоянием топливо-воздушной смеси и результирующим состоянием отобранной выхлопной эмиссии может быть выражен с помощью следующего уравнения:

$$C_mH_n + P_0[R(O_2) + S(N_2) + T(CO_2) + h(H_2O)] =$$

$$= P_1(CO_2 + P_2(N_2) + P_3(O_2) + P_4(H_2O) + P_5(CO) + P_6(C_XH_Y) + P_7(NO_2) + P_8(NO),$$

из которого требуемые параметры могут быть определены как

$$EI(CO) = P_S\left(\frac{10^3 M_{CO}}{mM_C + nM_H}\right);$$

$$EI(HC) = xP_6\left(\frac{10^3 M_{HC}}{mM_C + nM_H}\right)$$ – выражен как эквивалент метана;

$$EI(NO_X) = (P_7 + P_8)\left(\frac{10^3 M_{NO_2}}{mM_C + nM_H}\right)$$ – выражен как эквивалент NO_2;

$$AFR = P_0\left(\frac{M_{воздуха}}{mM_C + nM_H}\right).$$

2.2. Величины углеводородного состава топлива (m, n) определяются спецификацией топлива или путем анализа. Если таким образом определено только отношение n/m, то может устанавливаться величина $m = 12$. Обычно молекулярные части составляющих сухого воздуха (R, S, T) берутся равными рекомендуемым стандартным величинам, однако могут устанавливаться альтернативные величины при соблюдении ограничения $R + S + T = 1$ и при утверждении полномочным сертифицирующим органом.

2.3. Влажность окружающего воздуха h измеряется в каждом режиме испытаний. Рекомендуется, чтобы при отсутствии доказательств противного для характеристик (x, y) выхлопного углеводорода устанавливались величины $x = 1$ и $y = 4$.

2.4. Для определения остальных неизвестных величин требуется решить следующую систему линейных уравнений, из которых уравнения (1)-(4) вытекают из основных законов сохранения атомной массы, а уравнения (5)-(9) представляют зависимость концентрации газообразных продуктов.

$$m + TP_0 = P_1 + P_5 + xP_6 \quad (1)$$

$$n + 2hP_0 = 2P_4 + yP_6 \quad (2)$$

$$(2R + 2T + h)\,P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \quad (3)$$

$$2SP_0 = 2P_2 + P_7 + P_8 \quad (4)$$

$$[CO_2]\ P_T = P_1 \quad (5)$$

$$[CO]\ P_T = P_5 \quad (6)$$

$$[HC]\ P_T = xP_6 \quad (7)$$

$$[NO_X]_C\ P_T = \eta P_7 + P_8 \quad (8)$$

$$[NO]\ P_T = P_8 \quad (9)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 \quad (10)$$

Вышеуказанная система условных уравнений относится к тому случаю, когда все измеренные кон-

центрации являются истинными, т.е. не подвержены влиянию интерференции, и нет необходимости вносить поправки на высушивание пробы. На практике обычно наблюдается значительное влияние интерференции при замерах CO, NO_x и NO, и часто используется возможность альтернативного замера CO_2 и CO на сухой или частично сухой основе. Необходимые преобразования соответствующих уравнений описаны в пп. 2.5 и 2.6.

2.5. Эффекты интерференции в основном обусловлены наличием CO_2 и H_2O в пробе, которые могут совершенно различным образом повлиять на работу анализаторов CO и NO_x. Анализатор CO подвержен эффекту смещения нуля, а анализатор NO_x — эффекту изменения чувствительности, что учитывается следующими выражениями:

$$[CO] = [CO]_m + L\,[CO_2] + M\,[H_2O]$$

и $$[NO_x]_c = [NO_x]_{cm}\,(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]),$$

которые преобразуются в следующие уравнения, альтернативные уравнениям (6), (8) и (9), если необходимо внести поправки на влияние интерференции:

$$[CO]_m P_T + LP_1 + MP_4 = P_5 \quad \text{(6A)}$$

$$[NO_x]_{cm}\,(P_T + L'P_1 + M'P_4) = \eta P_7 + P_8 \quad \text{(8A)}$$

$$[NO]_m\,(P_T + L'P_1 + M'P_4) = P_8 \quad \text{(9A)}$$

2.6. Альтернативный замер концентраций CO_2 и CO на сухой или частично сухой основе пробы, т.е. с пониженной до h_d влажностью пробы, требует применения следующих преобразованных условных уравнений:

$$[CO_2]_d\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) = P_1 \quad \text{(5A)}$$

и $$[CO_2]_d\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) = P_5$$

Однако, как описано в п. 2.5, анализатор CO может также подвергаться влиянию интерференции, поэтому полное альтернативное уравнение для замера концентрации CO принимает вид:

$$[CO]_{md}\,(P_T - P_4)\,(1 + h_d) + LP_1 + Mh_d\,(P_T - P_4) = P_5 \quad \text{(6B)}$$

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

3.1. Уравнения (1)-(10) могут быть преобразованы в аналитические выражения для параметров EI и AFR, как показано в разд. 7.1 настоящего Дополнения. Это преобразование представляет собой процесс постепенного исключения корней P_0, $P_1 - P_8$, P_T, допуская при этом, что все замеры концентрации определены для влажной пробы и не требуют внесения поправок на интерференцию или других аналогичных поправок. На практике часто используется возможность выбора проводить замеры концентрации CO_2 и CO на сухой или полусухой основе; также часто возникает необходимость вносить поправки на интерференцию. Выражения для использования в этих различных условиях приведены в пп. 3.2, 3.3 и 3.4.

3.2. Уравнение приведения результатов замеров сухой концентрации к концентрации на влажной основе

Влажная концентрация = K x сухая концентрация, т.е.,

$$[\ ] = K [\ ]_d .$$

Если CO и CO_2 определены на сухой основе, используется следующее выражение для K:

$$K = \frac{\{4 + (n/m)T + (|n/m|T - 2h)\ ([NO_2] - (2[HC]/x)) + (2 + h)\ (|y/x| - |n/m|)\ [HC]\}\ (1 + h_d)}{(2+h)\ \{2 + (n/m)\ (1+h_d)\ ([CO_2]_d)\} - (|n/m|T - 2h)\ (1 - |1 + h_d|\ [CO]_d)} .$$

3.3. Поправка на интерференцию

В результате замеров CO и(или) NO_x и NO, возможно, потребуется вносить поправки на интерференцию CO_2 пробы и концентрации воды до использования в аналитических уравнениях выше. Такие поправки обычно могут выражаться следующими путями:

$$[CO] = [CO]_m + L\,[CO_2] + M\,[H_2O];$$

$$[CO]_d = [CO]_{md} + L\,[CO_2]_d + M\left(\frac{h_d}{1+h_d}\right)$$

$$[NO] = [NO]_m\,(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]);$$

$$\eta[NO_2] = ([NO_x]_{cm} - [NO]_m(1 + L'\,[CO_2] + M'\,[H_2O]).$$

3.4. Уравнение определения содержания воды в пробе

Концентрация воды в пробе

$$[H_2O] = \frac{(|n/2m| + h\,|P_0/m|)\,([CO_2] + [CO] + [HC])}{1 + T(P_0/m)} - (y/2x)\,[HC]$$

где $P_0/m = \dfrac{2Z - (n/m)}{4(1 + h - |TZ/2|)}$

и $Z = \dfrac{2 - [CO] - (|2/x|) - (|y/2x|)\,[HC] + [NO_2]}{[CO_2] + [CO] + [HC]}$.

Следует отметить, что такое определение концентрации воды является функцией различных данных анализа концентрации, которые сами могут нуждаться в коррекции на интерференцию воды. В этих случаях для получения большей точности необходимы повторные замеры с последующим пересчетом концентрации воды до тех пор, пока не будет получена требуемая стабильность результатов. Этого не требуется при использовании альтернативного — числового — метода решения (см. п. 4).

4. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД — ЧИСЛОВОЕ РЕШЕНИЕ

4.1. В качестве альтернативы аналитическому методу, изложенному в п. 3, индексы эмиссии, отношение воздуха к топливу, скорректированные концентрации во влажных условиях и т.д. можно легко получить путем числового решения уравнений (1)-(10) для каждой серии замеров на цифровой вычислительной машине.

4.2. Для учета поправок на интерференцию и(или) измерений высушенных проб в системе уравнений (1)-(10) фактические результаты замеров концентрации заменены теми альтернативными уравнениями (5A), (6A) и т.д., которые приемлемы для конкретной измерительной системы.

4.3. Для этой цели широко распространены соответствующие простые машинные программы с двумерным массивом для решения уравнений, их использование является удобным и гибким и позволяет легко вводить и опознавать любые методы высушивания пробы, интерференцию или другие поправки.

ДОПОЛНЕНИЕ F К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

В соответствии с требованиями, изложенными в п. 3.2 Добавления 5, кроме измеренной концентрации компонентов отобранного газа требуются также следующие данные:

a) *температура на входе:* измеряется полная температура с точностью ±0,5 °C в точке, расположенной в пределах одного диаметра от входного сечения воздухозаборника двигателя;

b) *влажность на входе (кг воды/кг сухого воздуха):* измеряется на расстоянии в пределах 15 м по оси входного сечения воздухозаборника двигателя с точностью ±5%;

c) *атмосферное давление:* измеряется в пределах 1 км от места испытания двигателя с точностью ±100 Па; при необходимости вводится поправка на высоту испытательного стенда;

d) *массовый расход топлива:* прямое измерение с точностью ±2%;

e) *отношение H/C топлива:* определяется отношением *n/m*, где C_mH_n — эквивалентное углеводородное представление топлива, используемого в испытании и определяемого на основе анализа топлива двигателя;

f) *параметры двигателя:*

1) тяга: прямое измерение с точностью ±1% на режиме взлетной тяги и ±5% при минимальной тяге, используемой при сертификационных испытаниях, с линейным изменением между этими величинами;

2) скорость вращения ротора: прямое измерение с точностью по крайней мере ±0,5%;

3) расход воздуха в газогенераторе: определяется с точностью ±2% на основе тарировки характеристик двигателя.

Параметры, указанные в пп. a), b), d) и f), определяются в начале каждого испытания на эмиссию двигателей, в то время как параметр, указанный в пп. c), определяется с интервалом не менее чем 1 ч в период испытаний на эмиссию.

ДОБАВЛЕНИЕ 6. ПРАВИЛА СОБЛЮДЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ И ДЫМА

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. При соблюдении нормативных уровней, указанных в разделах 2.2, 2.3, 3.2 и 3.3 части III тома II настоящего Приложения, придерживаются следующих общих принципов:

a) изготовителю разрешается выбирать для сертификационного испытания любое количество двигателей и даже, если он желает, представить для этого только один двигатель;

b) все полученные во время сертификационных испытаний результаты принимаются во внимание сертифицирующим полномочным органом;

c) проводятся по крайней мере три испытания двигателя; если представлен только один двигатель для сертификации, он должен быть опробован по крайней мере три раза;

d) если данный двигатель опробован несколько раз, то среднее арифметическое значений, полученных во время испытаний, считается средней величиной для этого двигателя. После этого результатом сертификации (X) считается среднее значение величин (X_i), полученных по каждому опробованному двигателю;

e) изготовитель представляет полномочному сертифицирующему органу информацию, указанную в разделе 2.4 или 3.4 части III тома II настоящего Приложения;

f) представленные для испытаний двигатели имеют эмиссионные характеристики, которые в целом типичны для сертифицируемого типа двигателя. Однако по крайней мере один из двигателей должен в значительной мере соответствовать конфигурации серийного образца данного типа двигателя и обладать всеми типичными эксплуатационными и техническими характеристиками. Этот двигатель заявляется в качестве исходного стандартного двигателя. Методы внесения поправок в этот исходный стандартный двигатель относительно любых других опробованных двигателей утверждаются национальным полномочным сертифицирующим органом. Методы внесения поправок в результаты испытаний относительно окружающих условий приводятся в разделе 7 Добавления 3 и разделе 7 Добавления 5 соответственно.

2. ПРОЦЕДУРА СОБЛЮДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ НОРМАМ

Сертифицирующий полномочный орган выдает сертификат о соответствии нормам, если среднее значение измеренных и скорректированных величин (относительно исходного стандартного двигателя и исходных окружающих условий) для всех опробованных двигателей при переводе в характерный уровень с использованием соответствующего коэффициента, определенного, как указано в таблице ниже, числом опробованных двигателей (i), не превышает предельного нормативного уровня.

Примечание. *Как указано в таблице ниже, характерный уровень числа дымности или газообразного загрязнителя является средним значением величин, полученных при опробовании всех двигателей, измеренных и скорректированных относительно исходного стандартного двигателя и исходных окружающих условий, разделенным на коэффициент C/L, соответствующий числу опробованных двигателей.*

Количество опробованных двигателей (i)	CO	HC	NO_x	SN
1	0,814 7	0,649 3	0,862 7	0,776 9
2	0,877 7	0,768 5	0,909 4	0,852 7
3	0,924 6	0,857 2	0,944 1	0,909 1
4	0,934 7	0,876 4	0,951 6	0,921 3
5	0,941 6	0,889 4	0,956 7	0,929 6
6	0,946 7	0,899 0	0,960 5	0,935 8
7	0,950 6	0,906 5	0,963 4	0,940 5
8	0,953 8	0,912 6	0,965 8	0,944 4
9	0,956 5	0,917 6	0,967 7	0,947 6
10	0,958 7	0,921 8	0,969 4	0,950 2
Более 10 двигателей	$1 - \frac{0,130\ 59}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,247\ 24}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,096\ 78}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,157\ 36}{\sqrt{i}}$

3. ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ В СЛУЧАЕ НЕСООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТОВ

Примечание. *Если сертификационное испытание окончилось неудачей, это не обязательно означает, что данный тип двигателя не отвечает требованиям: скорее всего, уровень достоверности, определенный сертифицирующим органом при установлении соответствия, недостаточно высок, т.е. менее 90%. Поэтому изготовителю разрешается предоставлять дополнительные доказательства соответствия данного типа двигателей.*

3.1. Если тип двигателя не проходит сертификационное испытание, то сертифицирующий орган разрешает изготовителю по своему желанию провести дополнительные испытания для сертификации двигателей. Если общие результаты по-прежнему показывают, что данный тип двигателя не отвечает сертификационным требованиям, то изготовителю разрешается провести испытания любого количества дополнительных двигателей. После этого итоговые данные испытаний сравниваются с ранее полученными данными.

3.2. Если результаты испытаний опять неудовлетворительны, то изготовителю разрешается выбрать один или большее количество двигателей с целью их модификации. После этого результаты проведенных испытаний выбранного двигателя (двигателей) до модификации анализируются, и дальнейшие испытания проводятся таким образом, чтобы их количество составляло по крайней мере три. Исходя из результатов этих испытаний определяется среднее значение для каждого двигателя, и оно считается «средним значением после модификации».

3.3. После этого двигатель (двигатели) может (могут) быть модифицирован(ы) и затем проводятся по крайней мере три испытания модифицированного(ых) двигателя (двигателей), и среднее значение результатов этих испытаний будет считаться в каждом случае «средним значением после модификации». Это «среднее значение после модификации» затем сравнивается со «средним значением до модификации» с целью установления соответствующего улучшения, которое затем учитывается в результатах предыдущих сертификационных испытаний с целью определения, достигнуто ли необходимое соответствие. До начала испытаний любого модифицированного двигателя определяется соответствие произведенных модификаций надлежащим требованиям летной годности.

3.4. Эта процедура повторяется до тех пор, пока данный двигатель не покажет надлежащее соответствие или пока не будет снята заявка на сертификацию этого типа двигателя.

gost.e-ecolog.ru