

Международные стандарты
и Рекомендуемая практика



Приложение 16
к Конвенции
о международной гражданской авиации

Охрана окружающей среды

Том II
Эмиссия авиационных двигателей

Настоящее издание включает все поправки, принятые Советом до 8 марта 2008 года, и с 20 ноября 2008 года заменяет все предыдущие издания тома II Приложения 16.

Сведения о применении Стандартов и Рекомендуемой практики содержатся в предисловии.

Издание третье
Июль 2008 года

Международная организация гражданской авиации



ПРЕПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ К КОНВЕНЦИИ О МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Нам стало известно, что после выхода в свет новых изданий Приложений пользователи вместе со старым изданием выбрасывают и **Дополнение** к нему. Просьба иметь в виду, что Дополнение к предыдущему изданию следует хранить до выхода нового дополнения.

**Международные стандарты
и Рекомендуемая практика**



**Приложение 16
к Конвенции
о международной гражданской авиации**

Охрана окружающей среды

**Том II
Эмиссия авиационных двигателей**

Настоящее издание включает все поправки, принятые Советом до 8 марта 2008 года, и с 20 ноября 2008 года заменяет все предыдущие издания тома II Приложения 16.

Сведения о применении Стандартов и Рекомендуемой практики содержатся в предисловии.

Издание третье
Июль 2008 года

Международная организация гражданской авиации

Опубликовано отдельными изданиями на русском,
английском, испанском и французском языках
МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.
999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

Информация о порядке оформления заказов и полный список агентов по
продаже и книготорговых фирм размещены на веб-сайте ИКАО www.icao.int.

Издание первое, 1981.
Издание второе, 1993.
Издание третье, 2008.

Приложение 16. Охрана окружающей среды
Том II. Эмиссия авиационных двигателей
Номер заказа: AN16-2
ISBN 978-92-9231-130-8

© ИКАО, 2013

Все права защищены. Никакая часть данного издания не может
воспроизводиться, храниться в системе поиска или передаваться ни в
какой форме и никакими средствами без предварительного письменного
разрешения Международной организации гражданской авиации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Страница</i>
Предисловие	(ix)
Часть I. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	I-1-1
ГЛАВА 1. Определения	I-1-1
ГЛАВА 2. Условные обозначения.....	I-2-1
Часть II. ВЫБРОС ТОПЛИВА.....	II-1-1
ГЛАВА 1. Административные вопросы	II-1-1
ГЛАВА 2. Предотвращение намеренного выброса топлива.....	II-2-1
Часть III. СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ	III-1-1
ГЛАВА 1. Административные вопросы	III-1-1
ГЛАВА 2. Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели, предназначенные для обеспечения полетов только на дозвуковых скоростях.....	III-2-1
2.1 Общие положения.....	III-2-1
2.2 Дым.....	III-2-3
2.3 Эмиссия газообразных веществ.....	III-2-3
2.4 Требуемая информация.....	III-2-5
ГЛАВА 3. Турбореактивные и турбовентиляторные двигатели, предназначенные для обеспечения полетов на сверхзвуковых скоростях.....	III-3-1
3.1 Общие положения.....	III-3-1
3.2 Дым.....	III-3-3
3.3 Эмиссия газообразных веществ.....	III-3-3
3.4 Требуемая информация.....	III-3-4
 ДОБАВЛЕНИЯ	
ДОБАВЛЕНИЕ 1. Измерение исходной степени повышения давления	ДОБ 1-1
1. Общие положения	ДОБ 1-1
2. Измерение	ДОБ 1-1

	Страница
ДОБАВЛЕНИЕ 2. Оценка эмиссии дыма.....	ДОБ 2-1
1. Введение и определения	ДОБ 2-1
2. Измерение эмиссии дыма	ДОБ 2-1
3. Расчет числа дымности на основе данных измерения	ДОБ 2-6
4. Сообщение данных полномочному сертифицирующему органу.....	ДОБ 2-7
ДОБАВЛЕНИЕ 3. Приборы и методы измерения эмиссии газообразных веществ	ДОБ 3-1
1. Введение.....	ДОБ 3-1
2. Определения	ДОБ 3-1
3. Требуемые данные	ДОБ 3-2
4. Общая компоновка системы.....	ДОБ 3-3
5. Описание составных частей	ДОБ 3-3
6. Общая методика испытаний	ДОБ 3-6
7. Расчеты	ДОБ 3-8
Дополнение А к добавлению 3. Технические требования к анализатору HC	ДОБ 3-14
Дополнение В к добавлению 3. Технические требования к анализаторам CO И CO ₂	ДОБ 3-17
Дополнение С к добавлению 3. Технические требования к анализатору NO _x	ДОБ 3-20
Дополнение D к добавлению 3. Тарировочные и испытательные газы	ДОБ 3-22
Дополнение Е к добавлению 3. Расчет параметров эмиссии: основные положения, внесение поправок в результаты измерения и альтернативный числовой метод	ДОБ 3-24
Дополнение F к добавлению 3. Требования в отношении дополнительных данных.....	ДОБ 3-30
ДОБАВЛЕНИЕ 4. Технические требования к топливу, используемому при проведении испытаний авиационных газотурбинных двигателей на эмиссию.....	ДОБ 4-1
ДОБАВЛЕНИЕ 5. Приборы и методы измерения эмиссии газообразных веществ при использовании газотурбинных двигателей с форсажной камерой	ДОБ 5-1
1. Введение.....	ДОБ 5-1
2. Определения	ДОБ 5-1
3. Требуемые данные	ДОБ 5-2
4. Общее построение системы.....	ДОБ 5-3
5. Описание составных частей	ДОБ 5-5
6. Общая методика испытаний	ДОБ 5-7
7. Расчеты	ДОБ 5-9
Дополнение А к добавлению 5. Технические требования к анализатору HC	ДОБ 5-16
Дополнение В к добавлению 5. Технические требования к анализаторам CO И CO ₂	ДОБ 5-19
Дополнение С к добавлению 5. Технические требования к анализатору NO _x	ДОБ 5-22
Дополнение D к добавлению 5. Тарировочные и испытательные газы	ДОБ 5-24

	<i>Страница</i>
Дополнение Е к добавлению 5. Расчет параметров эмиссии: основные положения, внесение поправок в результаты измерения и альтернативный числовой метод	ДОБ 5-26
Дополнение F к добавлению 5. Требования в отношении дополнительных данных	ДОБ 5-32
ДОБАВЛЕНИЕ 6. Порядок демонстрации соответствия по эмиссии газообразных веществ и дыму	ДОБ 6-1
1. Общие положения	ДОБ 6-1
2. Порядок демонстрации соответствия	ДОБ 6-1
3. Порядок действий в случае несоответствия	ДОБ 6-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Историческая справка

В 1972 году в Стокгольме состоялась Конференция Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды. Позиция ИКАО на этой Конференции была изложена в резолюции А18-11 Ассамблеи, в которой, наряду с прочим, содержится следующее положение:

- "2. Выполняя свою роль, ИКАО осознает вредное воздействие на окружающую среду, которое может быть связано с эксплуатацией воздушных судов, а также свои обязанности и обязанность государств – членов ИКАО достичь максимальной совместимости между безопасным и планомерным развитием гражданской авиации и качеством окружающей человека среды".

На 18-й Ассамблее была также принята резолюция А18-12 относительно окружающей среды, в которой говорится:

"Ассамблея:

1. Просит Совет при помощи и в сотрудничестве с другими органами Организации и другими международными организациями энергично продолжать работу, связанную с разработкой Стандартов, Рекомендуемой практики и правил и (или) инструктивного материала относительно качества окружающей человека среды".

Эта резолюция привела к учреждению программы действий ИКАО по вопросам окружающей среды. В рамках этой программы действий была создана исследовательская группа для оказания Секретариату помощи при выполнении отдельных задач, связанных с эмиссией авиационных двигателей. В результате деятельности этой исследовательской группы в 1977 году был опубликован циркуляр ИКАО, озаглавленный *"Нормирование эмиссии авиационных двигателей"* (циркуляр 134). В этом циркуляре содержался инструктивный материал о методах сертификации для нормирования сброса топлива, эмиссии дыма и отдельных газообразных веществ для новых турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, предназначенных для эксплуатации на дозвуковых скоростях.

Совет согласился с тем, что вопрос эмиссии авиационных двигателей не ограничивается лишь объективными техническими аспектами, а заслуживает рассмотрения экспертами во многих областях, а также представления непосредственных замечаний государствами – членами ИКАО. С учетом этого в 1977 году был создан комитет Совета, названный Комитетом по эмиссии авиационных двигателей (САЕЕ), для проведения работы по ряду аспектов этого вопроса.

На 2-м заседании Комитета по эмиссии авиационных двигателей, состоявшемся в мае 1980 года, были разработаны предложения относительно материала для включения в одно из Приложений ИКАО. После внесения поправок, полученных в результате обычных консультаций с государствами – членами Организации, предложенный материал был принят Советом в качестве текста настоящего документа. Совет согласился с целесообразностью включения всех положений, касающихся экологических аспектов деятельности авиации, в одно Приложение. Исходя из этого, Совет изменил название Приложения 16 на "Охрана окружающей среды", разделив его на том I под названием "Авиационный шум", куда вошел существовавший до этого текст, и том II под названием "Эмиссия авиационных двигателей", содержащий материал, вошедший в настоящий документ.

Применимость

В части I тома II Приложения 16 содержатся определения, а в части II содержатся Стандарты, относящиеся к выбросу топлива. В части III содержатся Стандарты, относящиеся к сертификации по эмиссии применительно к классам двигателей воздушных судов, оговоренным в отдельных главах части, в тех случаях, когда такие двигатели установлены на воздушных судах международной гражданской авиации.

Действия Договаривающихся государств

Уведомление о различиях. Внимание Договаривающихся государств обращается на налагаемое статьей 38 Конвенции обязательство, по которому Договаривающимся государствам надлежит уведомлять Организацию о любых различиях между их национальными правилами и практикой и содержащимися в настоящем Приложении Международными стандартами и любыми поправками к ним. Договаривающимся государствам предлагается направлять такое уведомление также о различиях с Рекомендуемой практикой, содержащейся в настоящем Приложении, и любых поправках к нему, если уведомление о таких различиях имеет важное значение для безопасности аэронавигации. Кроме того, Договаривающимся государствам предлагается своевременно информировать Организацию о любых различиях, которые могут впоследствии возникнуть, или об устранении каких-либо различий, уведомление о которых было представлено ранее. После принятия каждой поправки к настоящему Приложению Договаривающимся государствам будет незамедлительно направляться конкретная просьба представить уведомление о различиях.

Помимо обязательства государств по статье 38 Конвенции, внимание государств обращается также на положения Приложения 15, касающиеся публикации через посредство служб аэронавигационной информации различий между их национальными правилами и практикой и соответствующими Стандартами и Рекомендуемой практикой ИКАО.

Использование текста Приложения в национальных правилах. 13 апреля 1948 года Совет принял резолюцию, в которой обратил внимание Договаривающихся государств на желательность использования ими в своих национальных правилах, насколько это практически возможно, точной формулировки тех Стандартов ИКАО, которые носят нормативный характер, а также уведомления об отклонениях от Стандартов, в том числе о любых дополнительных национальных правилах, имеющих важное значение для безопасности и регулярности международной аэронавигации. Положения настоящего Приложения сформулированы по возможности таким образом, чтобы облегчить их включение, без существенных изменений текста, в национальное законодательство.

Статус составных частей Приложения

Приложения состоят из указанных ниже частей, которые, однако, необязательно присутствуют в каждом Приложении; эти части имеют следующий статус:

1. *Материал собственно Приложения:*

- a) *Стандарты и Рекомендуемая практика*, принятые Советом в соответствии с положениями Конвенции. Они определяются следующим образом:

Стандарт. Любое требование к физическим характеристикам, конфигурации, материальной части, техническим характеристикам, персоналу или правилам, единообразное применение которого признается необходимым для обеспечения безопасности и регулярности международной аэронавигации и которое Договаривающиеся государства будут соблюдать согласно Конвенции; в случае невозможности соблюдения Стандарта Совету в обязательном порядке направляется уведомление в соответствии со статьей 38.

Рекомендуемая практика. Любое требование к физическим характеристикам, конфигурации, материальной части, техническим характеристикам, персоналу или правилам, единообразное применение которого признается желательным в интересах безопасности, регулярности и эффективности международной авионавигации и которое Договаривающиеся государства будут стремиться соблюдать в соответствии с Конвенцией.

- b) *Добавления*, содержащие материал, который сгруппирован отдельно для удобства пользования, но является составной частью Стандартов и Рекомендуемой практики, принятых Советом.
- c) *Положения*, определяющие порядок применения Стандартов и Рекомендуемой практики.
- d) *Определения* употребляемых в Стандартах и Рекомендуемой практике терминов, которые не имеют общепринятых словарных значений и нуждаются в пояснениях. Определение не имеет самостоятельного статуса, но является важной частью каждого Стандарта и Рекомендуемой практики, в которых употребляется термин, поскольку изменение значения термина может повлиять на смысл требования.
- e) *Таблицы и рисунки*, которые дополняют или иллюстрируют тот или иной Стандарт или Рекомендуемую практику, где на них делается ссылка, являются частью соответствующего Стандарта или Рекомендуемой практики и имеют тот же статус.

2. *Материал, утвержденный Советом для опубликования вместе со Стандартами и Рекомендуемой практикой:*

- a) *Предисловия*, содержащие исторические справки и пояснения к действиям Совета, а также разъяснение обязательств государств по применению Стандартов и Рекомендуемой практики, вытекающих из Конвенции и резолюции о принятии.
- b) *Введения*, содержащие пояснительный материал, помещаемый в начале частей, глав или разделов Приложения для облегчения понимания порядка применения текста.
- c) *Примечания*, включаемые, где это необходимо, в текст, чтобы дать фактологическую информацию или ссылки, имеющие отношение к соответствующим Стандартам и Рекомендуемой практике; эти примечания не являются составной частью Стандартов или Рекомендуемой практики.
- d) *Дополнения*, содержащие материал, который дополняет Стандарты и Рекомендуемую практику или служит руководством по их применению.

Непризнание ответственности в связи с патентами

Обращается внимание на возможность того, что некоторые элементы Стандартов и Рекомендуемой практики в данном Приложении могут быть предметом патентов или других прав интеллектуальной собственности. ИКАО не несет ответственности или обязательств за непредоставление информации, касающейся любого или всех таких прав. ИКАО не занимает никакой позиции в отношении существования действительности, сферы действия или применимости любых заявленных патентов или других прав интеллектуальной собственности и не берет на себя никакой ответственности или обязательств, связанных с этими правами или вытекающими из таковых.

Выбор языка

Настоящее Приложение принято на четырех языках: русском, английском, испанском и французском. Каждому Договаривающемуся государству предлагается выбрать для целей внутреннего использования и для других предусмотренных Конвенцией целей текст на одном из указанных языков непосредственно или в переводе на свой язык и соответственно уведомить Организацию.

Редакционная практика

Для быстрого определения статуса каждого положения принят следующий порядок: *Стандарты* печатаются светлым прямым шрифтом; *Рекомендуемая практика* – светлым курсивом с добавлением впереди слова "**Рекомендация**"; *примечания* – светлым курсивом с добавлением впереди слова "*Примечание*".

Следует иметь в виду, что при формулировании технических требований на русском языке применяется следующее правило: в тексте Стандартов глагол ставится в настоящем времени, изъявительном наклонении, а в Рекомендуемой практике используются вспомогательные глаголы "следует" или "должен" в соответствующем лице с инфинитивом основного глагола.

Используемые в настоящем документе единицы измерения соответствуют Международной системе единиц (СИ), как указано в Приложении 5 к Конвенции о международной гражданской авиации. В тех случаях, когда Приложение 5 допускает использование альтернативных единиц, не входящих в систему СИ, эти единицы указываются в скобках после основных единиц. В тех случаях, когда приводятся единицы двух систем, нельзя считать, что пары значений равнозначны и взаимозаменяемы. Однако можно исходить из того, что при исключительном использовании единиц той или другой системы обеспечивается эквивалентный уровень безопасности полетов.

Любая ссылка на какой-либо обозначенный номером раздел данного документа относится ко всем его подразделам.

Таблица А. Поправки к Приложению 16

<i>Поправка</i>	<i>Источник(и)</i>	<i>Вопрос(ы)</i>	<i>Даты принятия, вступления в силу, начала применения</i>
1-е издание	Специальное совещание по авиационному шуму в окрестностях аэродромов (1969)		2 апреля 1971 года 2 августа 1971 года 6 января 1972 года
1	Первое совещание Комитета по авиационному шуму	Сертификация по шуму будущей продукции и модификаций дозвуковых реактивных самолетов и приведение в соответствие терминологии, применяемой для описания веса воздушного судна	6 декабря 1972 года 6 апреля 1973 года 16 августа 1973 года
2	Третье совещание Комитета по авиационному шуму	Сертификация по шуму легких винтовых самолетов и дозвуковых реактивных самолетов с максимальным зарегистрированным взлетным весом 5700 кг и меньше и указание относительно исполнения функций государств в случаях аренды, фрахтования воздушных судов и обмена ими	3 апреля 1974 года 3 августа 1974 года 27 февраля 1975 года
3 (2-е издание)	Четвертое совещание Комитета по авиационному шуму	Стандарты, касающиеся сертификации по шуму будущих дозвуковых реактивных самолетов и винтовых самолетов, помимо самолетов короткого взлета и посадки, и инструктивные указания относительно сертификации по шуму будущих сверхзвуковых транспортных самолетов, винтовых самолетов короткого взлета и посадки и установленных вспомогательных силовых установок (ВСУ) и связанных с ними систем воздушных судов при эксплуатации в наземных условиях	21 июня 1976 года 21 октября 1976 года 6 октября 1977 года
4 (3-е издание)	Пятое совещание Комитета по авиационному шуму	Введение в Стандарты, касающиеся сертификации по шуму дозвуковых реактивных самолетов, нового параметра – числа двигателей, усовершенствование составных частей методов сертификации для обеспечения того, чтобы одинаковая технология применялась к каждому типу воздушных судов, и редакционные изменения для упрощения изложения и устранения противоречий	6 марта 1978 года 6 июля 1978 года 10 августа 1978 года

Поправка	Источник(и)	Вопрос(ы)	Даты принятия, вступления в силу, начала применения
5 (Приложение 16, том I, 1-е издание)	Шестое совещание Комитета по авиационному шуму	1. Приложение, получившее название "Охрана окружающей среды" и выпускаемое в двух томах: том I "Авиационный шум" (включающий положения третьего издания Приложения 16 с внесенными в него в соответствии с поправкой 5 изменениями) и том II "Эмиссия авиационных двигателей". 2. Включение в том I Стандартов сертификации по шуму вертолетов и новых моделей эксплуатируемых в настоящее время СТС, обновление рекомендаций по сертификации по шуму бортовых ВСУ и связанных с ними бортовых систем, а также редакционные поправки, включающие изменение единиц измерения для унификации положений настоящего Приложения и Приложения 5	11 мая 1981 года 11 сентября 1981 года 26 ноября 1981 года
6 (Приложение 16, том II, 1-е издание)	Второе совещание Комитета по эмиссии авиационных двигателей	Предисловие к тому II, содержащему Стандарты, связанные с контролем за выбросом топлива, нормированием эмиссии дыма и газообразных веществ от недавно изготовленных турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, предназначенных в качестве силовых установок на дозвуковых и сверхзвуковых воздушных судах	30 июня 1981 года 30 октября 1981 года 18 февраля 1982 года
1	Первое совещание Комитета по защите окружающей среды от воздействия авиации	Изменения в технических требованиях к топливу, используемому при испытаниях, добавление 4	4 марта 1988 года 31 июля 1988 года 17 ноября 1988 года
2 (2-е издание)	Второе совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации	a) Ужесточение пределов эмиссии NO _x ; b) совершенствование процедуры сертификации по эмиссии дыма и газообразных веществ	24 марта 1993 года 26 июля 1993 года 11 ноября 1993 года
3	Третье совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации	Изменение приведенных в добавлениях 3 и 5 критериев, касающихся тарифовочных и испытательных газов	20 марта 1997 года 20 марта 1997 года —
4	Четвертое совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации	Ужесточение требований в отношении предельных уровней эмиссии NO _x	26 февраля 1999 года 19 июля 1999 года 4 ноября 1999 года
5	Шестое совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации	Ужесточение стандартов на эмиссию NO _x	23 февраля 2005 года 11 июля 2005 года 24 ноября 2005 года
6 (3-е издание)	Седьмое совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации	a) Уточнение положений, касающихся поправок для учета отклонений от стандартных условий и стандартного двигателя, и используемой терминологии в отношении влажности; b) внесение изменений, обеспечивающих с согласия сертифицирующего органа возможность использования при испытаниях тех видов топлива, которые не входят в число установленных; c) стандартизация терминологии, касающейся режимов тяги; d) пояснение соответствующих значений расхода топлива, подлежащих использованию на каждом режиме цикла LTO; e) изменение требований, касающихся материалов, которые могут использоваться в пробоотборниках	7 марта 2008 года 20 июля 2008 года 20 ноября 2008 года

Поправка	Источник(и)	Вопрос(ы)	Даты принятия, вступления в силу, начала применения
7	Восьмое совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации (САЕР/8)	<ul style="list-style-type: none"> a) Повышение жесткости Стандартов на эмиссию NO_x; b) обновление ссылок на том II <i>"Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии" Технического руководства по окружающей среде</i> (Дос 9501); c) обновление текста для замены фразы "внесение изменений в процедуру, изложенную" фразой "использование любых процедур, эквивалентных изложенным" в целях улучшения последовательности и согласованности текстов тома II Приложения 16 и тома II <i>"Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии" Технического руководства по окружающей среде</i> (Дос 9501); d) приведение формата дат начала применения, указанных в п. 2.3.2, в соответствие с согласованным форматом, используемым в Приложении 6 и в томе I Приложения 16; e) улучшение удобочитаемости за счет перестановки некоторых пунктов в соответствующие места; f) незначительные редакционные изменения 	<ul style="list-style-type: none"> 4 марта 2011 года 18 июля 2011 года 17 ноября 2011 года
8	9-е совещание Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации (САЕР/9)	<ul style="list-style-type: none"> a) Поправки к дополнению А добавления 3 в целях обновления информации о диапазоне температур печи анализатора углеводородов (НС); b) поправки, позволяющие использовать современные системы измерения влажности и обновляющие информацию о месте размещения измерительной аппаратуры влажности в ходе испытаний для целей сертификации на эмиссию; c) незначительные редакционные изменения, касающиеся терминологии, нумерации пунктов в тексте документа и типографских изменений 	<ul style="list-style-type: none"> 3 марта 2014 года 14 июля 2014 года 1 января 2015 года

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ И РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПРАКТИКА

ЧАСТЬ I. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ГЛАВА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В тех случаях, когда в данном Приложении употребляются приведенные ниже термины, они имеют следующие значения:

Базовая степень повышения давления. Отношение средней величины полного давления в выходной плоскости последней ступени компрессора к средней величине полного давления во входной плоскости первой ступени компрессора на режиме, когда двигатель развивает номинальную взлетную тягу в стратегических условиях МСА на уровне моря.

Примечание. Методы измерения базовой степени повышения давления приводятся в добавлении 1.

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.

Дата изготовления. Дата выпуска документа, удостоверяющего, что конкретное воздушное судно или двигатель соответствуют требованиям, предъявляемым к данному типу, или дате выпуска аналогичного документа.

Дым. Содержащиеся в выхлопных газах углеродистые вещества, которые препятствуют прохождению света.

Несгоревшие углеводороды. Общее количество содержащихся в пробе газа углеводородных соединений всех классов и молекулярных весов, вычисленное при условном предположении, что они находятся в пробе в виде метана.

Окислы азота. Суммарное количество окиси азота и двуокиси азота, содержащееся в пробе газа, которое вычислено на основе предположения, что окись азота находится в виде двуокиси азота.

Производный вариант. Авиационный газотурбинный двигатель того же типа, что и первоначальный сертифицированный двигатель, в котором сохранены основные конструктивные особенности внутреннего контура и камеры сгорания первоначальной модели и у которого, по мнению сертифицирующего органа, не изменены и другие параметры.

Примечание. Обращается внимание на различие между определением "модифицированный вариант самолета" в томе I Приложения 16 и определением "производный вариант" в настоящем томе.

Расчетная тяга. В целях нормирования эмиссии это – максимальная взлетная тяга, утвержденная сертифицирующим органом для использования в нормальных эксплуатационных условиях, т. е. при МСА на уровне моря в статических условиях и без использования впрыска воды. Тяга выражается в килоньютонах.

Руление – земной малый газ. Эксплуатационный этап, включающий выполнение руления и работу на режиме малого газа от начального момента запуска основного(ых) двигателя(ей) и до начала разбега для взлета и от момента выруливания с ВПП до полной остановки основного(ых) двигателя(ей).

Форсирование тяги (форсаж). Режим работы двигателя, при котором питание системы сгорания обеспечивается (полностью или частично) за счет подачи воздуха, содержащего несгоревшее топливо.

Число дымности. Безразмерная величина, характеризующая уровень дымления (см. п. 3 добавления 2).

Этап взлета. Этап полета, определяемый периодом времени, в течение которого двигатель работает на режиме расчетной тяги.

Этап захода на посадку. Этап полета, определяемый периодом времени, в течение которого двигатель работает в эксплуатационном режиме захода на посадку.

Этап набора высоты. Этап полета, определяемый периодом времени, в течение которого двигатель работает в эксплуатационном режиме набора высоты.

ГЛАВА 2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В тех случаях, когда в настоящем Приложении употребляются приведенные ниже условные обозначения, они имеют следующие значения:

CO	Окись углерода
D_p	Масса любого газообразного загрязняющего вещества, выделяемого в атмосферу в течение стандартного цикла эмиссии при посадке и взлете
F_n	Тяга в условиях международной стандартной атмосферы (МСА) на уровне моря для данного эксплуатационного режима
F_{oo}	Расчетная тяга
F^*_{oo}	Расчетная тяга при использовании форсажа
HC	Несгоревшие углеводороды (см. определение)
NO	Окись азота
NO ₂	Двуокись азота
NO _x	Окислы азота (см. определение)
SN	Число дымности (см. определение)
π_{oo}	Базовая степень повышения давления (см. определение)

ЧАСТЬ II. ВЫБРОС ТОПЛИВА

ГЛАВА 1. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ВОПРОСЫ

1.1 Положения настоящей части применимы ко всем воздушным судам с газотурбинными двигателями, занятыми в международной авионавигации, которые изготовлены после 18 февраля 1982 года.

1.2 Сертификация, связанная с предотвращением намеренного выброса топлива, производится полномочным сертифицирующим органом на основе достаточных доказательств того, что данное воздушное судно или авиационный двигатель отвечает требованиям главы 2.

Примечание. Документ, удостоверяющий сертификацию по выбросу топлива, по форме может представлять собой отдельное удостоверение о сертификации по выбросу топлива или соответствующее указание в другом документе, утвержденном полномочным сертифицирующим органом.

1.3 Договаривающиеся государства признают действительной сертификацию по выбросу топлива, произведенную полномочным сертифицирующим органом другого Договаривающегося государства, при условии, что требования, в соответствии с которыми производилась сертификация, являются не менее строгими, чем те, которые содержатся в томе II настоящего Приложения.

ГЛАВА 2. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАМЕРЕННОГО ВЫБРОСА ТОПЛИВА

Воздушные суда конструируются и изготавливаются таким образом, чтобы предотвратить преднамеренный выброс в атмосферу жидкого топлива из соплового коллектора в процессе остановки двигателя по завершении нормального полета или операций на земле.

ЧАСТЬ III. СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ЭМИССИИ

ГЛАВА 1. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ВОПРОСЫ

1.1 Положения пп. 1.2–1.4 применимы ко всем двигателям, включенным в классификации, которые определены в главах 2 и 3 для целей сертификации эмиссии, когда эти двигатели установлены на воздушных судах, занятых в международной аэронавигации.

1.2 Сертификация по эмиссии производится полномочным сертифицирующим органом на основе достаточных доказательств того, что данный двигатель отвечает требованиям, которые по крайней мере равноценны по жесткости положениям тома II настоящего Приложения. При применении правила, содержащегося в добавлении 6, демонстрируется соответствие уровням эмиссии, указанным в главах 2 и 3.

Примечание. Документ, удостоверяющий сертификацию по эмиссии, по форме может представлять собой отдельное удостоверение о сертификации по эмиссии или соответствующее указание в другом документе, утвержденном полномочным сертифицирующим органом.

1.3 Документ, удостоверяющий сертификацию каждого отдельного двигателя по эмиссии, включает 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 тяге;
- 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, произведенную полномочным сертифицирующим органом другого Договаривающегося государства, при условии, что требования, в соответствии с которыми производилась сертификация, являются не менее строгими, чем положения, содержащиеся в томе II настоящего Приложения.

1.5 В отношении двигателей Договаривающиеся государства признают действительными исключения из требования о прекращении производства двигателей по эмиссии, предоставленные полномочным сертифицирующим органом другого Договаривающегося государства, при условии, что эти исключения предоставляются в соответствии с процедурой и критериями, определенными в томе II "*Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии*" *Технического руководства по окружающей среде* (Doc 9501).

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

2.1 Общие положения

2.1.1 Применимость

2.1.1.1 Содержащиеся в настоящей главе положения применяются в отношении всех турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, предназначенных для обеспечения полетов только на дозвуковых скоростях, как это указано в разделах 2.2 и 2.3, за исключением тех случаев, когда полномочные сертифицирующие органы делают исключение в отношении:

- a) конкретных типов двигателей или производных вариантов таких двигателей, для которых был выдан сертификат типа для первого основного образца или была выполнена другая аналогичная установленная процедура до 1 января 1965 года, и
- b) ограниченного количества двигателей в пределах конкретного периода времени, изготовленных после дат, оговоренных в разделах 2.2 и 2.3, в отношении изготовления первого серийного образца двигателя.

2.1.1.2 В таких случаях сертифицирующим органом выдается документ, подтверждающий исключение, а на табличку с обозначением двигателя наносится надпись "ОСВОБОЖДЕН ДЛЯ УСТАНОВКИ НА НОВОМ ВС" или "ОСВОБОЖДЕН ДЛЯ ЗАМЕНЫ", причем предоставление такого исключения фиксируется в постоянном формуляре двигателя. Информация об исключениях сопровождается указанием серийного номера двигателя, а доступ к ней обеспечивается через официальный реестр общего пользования.

2.1.1.3 Положения настоящей главы применяются также в отношении двигателей, предназначенных для практических целей, которые в иных случаях обеспечиваются турбореактивными и турбовентиляторными двигателями.

Примечание. При рассмотрении вопроса об исключениях полномочные сертифицирующие органы должны учитывать предполагаемое число двигателей, которые будут изготовлены, и их влияние на окружающую среду. Когда делается такое исключение, полномочный сертифицирующий орган должен рассмотреть вопрос об ограничении по времени производства двигателей, предназначенных для установки на новом воздушном судне. Дополнительный инструктивный материал по предоставлению исключений содержится в томе II "Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии" Технического руководства по окружающей среде (Doc 9501).

2.1.2 Рассматриваемая эмиссия

В целях сертификации двигателей воздушных судов осуществляется нормирование следующих видов эмиссии:

дыма;

газообразных веществ:

несгоревших углеводородов (НС);

окиси углерода (СО);

окислов азота (NO_x).

2.1.3 Единицы измерения

2.1.3.1 При измерении эмиссии дыма результаты измерения выражаются и сообщаются через число дымности (SN).

2.1.3.2 Масса (D_p) газообразных загрязняющих веществ HC, CO и NO_x, выделяемых в атмосферу в течение стандартного взлетно-посадочного цикла (LTO), определение которого дается в пп. 2.1.4.2 и 2.1.4.3, измеряется и сообщается в граммах.

2.1.4 Стандартные условия

2.1.4.1 Атмосферные условия

За стандартные атмосферные условия принимаются условия МСА на уровне моря, за исключением того, что стандартная абсолютная влажность принимается равной 0,006 34 кг воды/кг сухого воздуха.

2.1.4.2 Установка режимов тяги

Испытания двигателя производятся на режимах тяги, достаточных для определения характерных для данного двигателя уровней эмиссии газообразных веществ и дыма, с тем чтобы можно было определить массу эмиссии и число дымности при работе двигателя на следующих согласованных с сертифицирующим органом конкретных значениях расчетной тяги (в процентах):

<i>Эксплуатационный режим цикла LTO</i>	<i>Величина тяги</i>
Взлет	100 % F_{oo}
Набор высоты	85 % F_{oo}
Заход на посадку	30 % F_{oo}
Руление/режим земного малого газа	7 % F_{oo}

2.1.4.3 Стандартный цикл эмиссии при посадке и взлете (LTO)

В целях вычисления и сообщения данных об эмиссии газообразных веществ стандартный цикл эмиссии при посадке и взлете (LTO) соответствует следующему времени работы в каждом эксплуатационном режиме.

<i>Этап</i>	<i>Время работы в эксплуатационном режиме (в минутах)</i>
Взлет	0,7
Набор высоты	2,2
Заход на посадку	4,0
Руление/режим земного малого газа	26,0

2.1.4.4 Характеристики топлива

Характеристики используемого при испытаниях топлива соответствуют характеристикам, указанным в добавлении 4.

2.1.5 Условия испытаний

2.1.5.1 Во время испытаний двигатель устанавливается на испытательном стенде.

2.1.5.2 Двигатель представляет собой типичный образец сертифицированной конфигурации (см. добавление 6); отводящие каналы для отбора воздуха и вспомогательные нагрузки, не имеющие отношения к основной работе двигателя, не моделируются.

2.1.5.3 Когда условия испытаний отличаются от стандартных атмосферных условий, указанных в п. 2.1.4.1, результаты испытаний на газообразную эмиссию приводятся к стандартным атмосферным условиям в соответствии с методами, указанными в добавлении 3.

2.2 Дым

2.2.1 Применимость

Положения п. 2.2.2 применены к двигателям, изготовленным 1 января 1983 года или позже.

2.2.2 Нормативное число дымности

Число дымности на любом из четырех эксплуатационных режимов тяги цикла LTO, измеренное и вычисленное в соответствии с правилами, содержащимися в добавлении 2, или эквивалентными процедурами, утвержденными сертифицирующим органом, и приведенное к характерному уровню с помощью содержащихся в добавлении 6 правил, не превышает значений, определенных по следующей формуле:

Нормативное число дымности = $83,6 (F_{oo})^{-0,274}$
или величина 50, в зависимости от того, какое из этих значений меньше.

Примечание. Инструктивный материал по определению и использованию эквивалентных процедур содержится в томе II "Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии" Технического руководства по окружающей среде (Doc 9501).

2.3 Эмиссия газообразных веществ

2.3.1 Применимость

Положения п. 2.3.2 применены к двигателям с расчетной тягой более 26,7 кН, которые изготовлены 1 января 1986 года или позже, с учетом дополнительных требований в отношении окислов азота.

2.3.2 Нормативные уровни

Уровни эмиссии газообразных веществ, измеренные и вычисленные в соответствии с правилами, содержащимися в добавлении 3, или эквивалентными процедурами, утвержденными сертифицирующим органом, и приведенные к характерным уровням с помощью содержащихся в добавлении 6 правил, не превышают нормативных уровней, определенных по следующей формуле:

углеводороды (НС): $D_p / F_{oo} = 19,6;$

окись углерода (CO): $D_p/F_{oo} = 118$;

окислы азота (NO_x):

- a) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен до 1 января 1996 года и конкретный экземпляр которых изготовлен до 1 января 2000 года:

$$D_p/F_{oo} = 40 + 2\pi_{oo};$$

- b) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен 1 января 1996 года или после этой даты или конкретный экземпляр которых изготовлен 1 января 2000 года или после этой даты:

$$D_p/F_{oo} = 32 + 1,6\pi_{oo};$$

- c) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен 1 января 2004 года или после этой даты:

- 1) для двигателей со степенью повышения давления 30 или менее:

- i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 19 + 1,6\pi_{oo};$$

- ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 37,572 + 1,6\pi_{oo} - 0,2087F_{oo};$$

- 2) для двигателей со степенью превышения давления более 30, но менее 62,5:

- i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 7 + 2,0\pi_{oo};$$

- ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 42,71 + 1,4286\pi_{oo} - 0,4013F_{oo} + 0,00642\pi_{oo} \times F_{oo};$$

- 3) для двигателей со степенью повышения давления 62,5 или более:

$$D_p/F_{oo} = 32 + 1,6\pi_{oo};$$

- d) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен 1 января 2008 года или после этой даты или конкретный экземпляр которых изготовлен 1 января 2013 года или после этой даты:

- 1) для двигателей со степенью повышения давления 30 или менее:

- i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 16,72 + 1,4080\pi_{oo};$$

- ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 38,5486 + 1,6823\pi_{oo} - 0,2453F_{oo} - 0,00308\pi_{oo}F_{oo};$$

2) для двигателей со степенью повышения давления более 30, но менее 82,6:

i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = -1,04 + 2,0\pi_{oo};$$

ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 46,1600 + 1,4286\pi_{oo} - 0,5303F_{oo} + 0,00642\pi_{oo}F_{oo};$$

3) для двигателей со степенью повышения давления 82,6 или более:

$$D_p/F_{oo} = 32 + 1,60\pi_{oo};$$

е) для двигателей типа и модели, первый серийный образец которых изготовлен 1 января 2014 года или после этой даты:

1) для двигателей со степенью повышения давления 30 или менее:

i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 7,88 + 1,4080\pi_{oo};$$

ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 40,052 + 1,5681\pi_{oo} - 0,3615F_{oo} - 0,0018\pi_{oo}F_{oo};$$

2) для двигателей со степенью повышения давления более 30, но менее 104,7:

i) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = -9,88 + 2,0\pi_{oo};$$

ii) для двигателей с максимальной расчетной тягой более 26,7 кН, но не более 89,0 кН:

$$D_p/F_{oo} = 41,9435 + 1,505\pi_{oo} - 0,5823F_{oo} + 0,005562\pi_{oo}F_{oo};$$

3) для двигателей со степенью повышения давления 104,7 или более:

$$D_p/F_{oo} = 32 + 1,6\pi_{oo}.$$

Примечание. Инструктивный материал по определению и использованию эквивалентных процедур приводится в томе II "Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии" Технического руководства по окружающей среде (Doc 9501).

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(ях) двигателя(ей), 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 тяга (в килоньютонах);
- 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 на окружающие условия;
- h) метод анализа данных.

2.4.2 Информация об испытании

По каждому двигателю, испытываемому в целях сертификации на режимах тяги, указанных в п. 2.1.4.2, представляется перечисленная ниже информация. В соответствующих случаях эта информация представляется после приведения ее к стандартным окружающим условиям:

- a) расход топлива (килограммы/секунда);
- b) индекс эмиссии (граммы/килограмм) для каждого газообразного загрязнителя;
- c) измеренное число дымности.

2.4.3 Производная информация

2.4.3.1 По каждому испытываемому в целях сертификации двигателю представляется следующая производная информация:

- a) интенсивность эмиссии, т. е. индекс эмиссии, умноженный на расход топлива (граммы/секунда) для каждого газообразного загрязнителя;
- b) общий объем эмиссии каждого газообразного загрязнителя, замеренный по циклу LTO (в граммах);
- c) значение D_p/F_{oo} для каждого газообразного загрязнителя (граммы/килоньютоны);
- d) максимальное число дымности.

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

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

3.1 Общие положения

3.1.1 Применимость

Содержащиеся в настоящей главе положения применяются в отношении всех турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, предназначенных для обеспечения полетов на сверхзвуковых скоростях и изготовленных 18 февраля 1982 года или позже.

3.1.2 Эмиссии, подлежащие нормированию

С целью сертификации двигателей воздушных судов осуществляется нормирование следующих видов эмиссии:

дыма;

газообразных веществ:

несгоревших углеводородов (НС);

оксида углерода (СО);

окислов азота (NO_x).

3.1.3 Единицы измерения

3.1.3.1 Результаты измерения эмиссии дыма выражаются и сообщаются через число дымности (SN).

3.1.3.2 Масса (D_p) газообразных загрязняющих веществ НС, СО или NO_x, выделяемых в атмосферу в течение стандартного цикла эмиссии при посадке и взлете (LTO), определенного в пп. 3.1.5.2 и 3.1.5.3, измеряется и сообщается в граммах.

3.1.4 Обозначения

В настоящей главе обозначение F_{oo}^* должно заменяться на F_{oo} для двигателей, которые не применяют форсаж. Когда дается характеристика режима руления или малого газа на земле, обозначение F_{oo} используется во всех случаях.

3.1.5 Стандартные условия

3.1.5.1 Атмосферные условия

За стандартные атмосферные условия принимаются условия МСА на уровне моря, за исключением того, что стандартная абсолютная влажность принимается равной 0,00634 кг воды/кг сухого воздуха.

3.1.5.2 Установка режимов тяги

Испытания двигателя производятся на режимах тяги, достаточных для определения характерных для данного двигателя уровней эмиссии газообразных веществ и дыма, с тем чтобы можно было определить массу эмиссии газообразных веществ и число дымности, скорректированные относительно стандартных окружающих условий, при работе двигателя на следующих согласованных с сертифицирующим органом конкретных значениях расчетной мощности (в процентах):

<i>Эксплуатационный режим</i>	<i>Режим тяги</i>
Взлет	100 % F_{oo}^*
Набор высоты	65 % F_{oo}^*
Снижение	15 % F_{oo}^*
Заход на посадку	34 % F_{oo}^*
Руление/режим малого газа на земле	5,8 % F_{oo}

3.1.5.3 Стандартный цикл эмиссии при посадке и взлете (LTO)

В целях вычисления и представления данных об эмиссии газообразных веществ стандартный цикл эмиссии при посадке и взлете (LTO) соответствует следующему времени работы в каждом эксплуатационном режиме.

<i>Этап</i>	<i>Время работы в эксплуатационном режиме (в минутах)</i>
Взлет	1,2
Набор высоты	2,0
Снижение	1,2
Заход на посадку	2,3
Руление/режим малого газа на земле	26,0

3.1.5.4 Характеристики топлива

Характеристики используемого при испытаниях топлива соответствуют характеристикам, указанным в добавлении 4. Топливо не содержит присадок, используемых для подавления дыма (таких как металлоорганические соединения).

3.1.6 Условия испытаний

3.1.6.1 Во время испытаний двигатель устанавливается на испытательном стенде.

3.1.6.2 Двигатель представляет собой типичный образец сертифицированной конфигурации (см. добавление б); отводящие каналы для отбора воздуха и вспомогательные нагрузки, не имеющие отношения к основной работе двигателя, не моделируются.

3.1.6.3 С целью определения уровней эмиссии измерения при тяге, величины которой указаны в п. 3.1.5.2, выполняются на обычно используемом уровне форсажа.

3.1.7 Когда условия испытания отличаются от стандартных условий, указанных в п. 3.1.5, результаты испытаний приводятся к стандартным условиям в соответствии с методами, указанными в добавлении 5.

3.2 Дым

3.2.1 Нормативное число дымности

Число дымности на любом установленном режиме тяги, измеренное и вычисленное в соответствии с правилами, содержащимися в добавлении 2, и приведенное к характерному уровню с помощью правил, содержащихся в добавлении 6, не превышает нормативного уровня, определенного по следующей формуле:

Нормативное число дымности = $83,6 (F_{oo}^*)^{-0,274}$
или значение 50,
в зависимости от того, какое из этих значений меньше.

Примечание. Полномочные сертифицирующие органы могут также согласиться со значениями, полученными при использовании форсажа, при условии, что достоверность этих данных подтверждена должным образом.

3.3 Эмиссия газообразных веществ

3.3.1 Нормативные уровни

Уровни эмиссии газообразных веществ, измеренные и вычисленные в соответствии с правилами, содержащимися в добавлении 3 или добавлении 5, и приведенные к характерным уровням с помощью содержащихся в добавлении 6 правил, не превышают нормативных уровней, определенных по следующей формуле:

углеводороды (HC): $D_p / F_{oo}^* = 140(0,92)^{\pi_{oo}}$;

окись углерода (CO): $D_p / F_{oo}^* = 4550(\pi_{oo})^{-1,03}$;

окислы азота (NO_x): $D_p / F_{oo}^* = 36 + 2,42 \pi_{oo}$.

Примечание. Характерный уровень числа дымности или эмиссии газообразных загрязнителей является средним значением результатов 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.

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(ях) двигателя(ей); 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 (в килоньютонах);
- c) расчетная мощность при использовании, в случае необходимости, форсажа (в килоньютонах);
- d) исходная 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 об испытаниях

По каждому двигателю, испытываемому в целях сертификации на указанных в п. 3.1.5.2 режимах тяги, представляется перечисленная ниже информация. В соответствующих случаях эта информация представляется после приведения ее к стандартным окружающим условиям:

- a) расход топлива (килограммы/секунда);
- b) индекс эмиссии (граммы/килограмм) для каждого газообразного загрязнителя;
- c) процентное увеличение тяги при форсаже;
- d) измеренное число дымности.

3.4.3 Производная информация

3.4.3.1 По каждому испытываемому в целях сертификации двигателю представляется следующая производная информация:

- a) интенсивность эмиссии, т. е. индекс эмиссии, умноженный на расход топлива (граммы/секунда) для каждого газообразного загрязнителя;
- b) общий объем эмиссии каждого газообразного загрязнителя, замеренный по циклу LTO (в граммах);

- с) значения D_p / F_{oo}^* для каждого газообразного загрязнителя (граммы/килоньютон);
- d) максимальное число дымности.

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

Примечание. Характерный уровень числа дымности или эмиссии газообразных загрязнителей 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 б.

ДОБАВЛЕНИЕ 1. ИЗМЕРЕНИЕ ИСХОДНОЙ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

1.2 Исходная степень повышения давления определяется посредством корреляции измеренной степени повышения давления с тягой двигателя, приведенной к внешнему давлению стандартного дня, и введения этой корреляции при номинальной взлетной тяге стандартного дня.

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 и принятия затем среднего значения от 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 сертифицированных испытаний типа с использованием как минимум одного двигателя и любых испытаний соответствующих узлов и элементов двигателя и путем анализа.

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 подаче в систему измерения эмиссии, а также их анализу с помощью этой системы.

1.1 Использование любых процедур, эквивалентных изложенным 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:

Объем пробы. Выбранный объем пробы (выраженный в м³), эквивалентная масса которого, рассчитанная согласно п. 3 данного добавления, совпадает с приведенным ниже определением размера пробы.

Размер пробы. Отобранная проба выхлопного газа, величина массы которой (выраженная в кг на 1 м² площади поверхности загрязненного фильтра) находится в интервале, указанном в п. 2.5.3 h) данного добавления, и которая при пропускании через фильтрующий материал вызывает изменение коэффициента отражения, дающего значения параметра SN.

Эталонный размер пробы. Масса пробы, 16,2 кг/м² загрязненной площади 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 в килограммах, вычисленная на основании измерений объема, давления и температуры пробы (см. п. 3 данного добавления).

2. ИЗМЕРЕНИЕ ЭМИССИИ ДЫМА

2.1 Пробоотборник эмиссии дыма

Пробоотборник отвечает следующим требованиям:

- a) Материалом пробоотборника, в контакт с которым вступает проба эмиссии выхлопных газов, являются нержавеющая сталь или любой другой химически неактивный материал.

- b) Если используется пробоотборник с несколькими отверстиями для отбора проб, все отверстия для отбора проб имеют равный диаметр. Пробоотборник конструируется таким образом, чтобы по крайней мере 80 % падения давления, проходящего через него потока, приходилось на отверстия.
- c) Число точек 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 эюр распределения чисел дымности, доказательства того, что предлагаемая им конструкция пробоотборника и его местоположение обеспечат получение представительных проб для каждой из установленных величин тяги.

2.2 Линия подачи проб эмиссии дыма

2.2.1 Проба подается из пробоотборника в систему сбора проб 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 в 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 или заземленный насыщенный углеродом политетрафторэтилен (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. А2-1. 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 л/мин \pm 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. А2-1. Фильтр изготавливается из ватмана № 4 или любого аналогичного материала, одобренного полномочным сертифицирующим органом.
- d) *Клапаны:* в соответствии с рис. А2-1 предусматривается наличие четырех клапанов:

- 1) клапан А 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 А может состоять из двух связанных между собой клапанов, что позволяет обеспечивать выполнение необходимых функций;

- 2) клапаны В и С 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 разряжение 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 внутренней линии подвода проб анализатора до держателя фильтра поддерживается в интервале $60-175$ °С с точностью ± 15 °С.

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

- g) Если через пробоотборник желательно обеспечить более высокий расход отбираемых проб газов, чем через держатель фильтра, между пробоотборником и клапаном А (рис. А2-1) 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 показа того, что в пределах точности метода уровень дыма не меняется.
- i) *Утечка:* подсистема соответствует требованиям, предъявляемым при проведении следующего испытания:
 - 1) закрепить чистый фильтр в держателе;
 - 2) закрыть клапан А и полностью открыть клапаны В, С и D;
 - 3) включить вакуумный насос на 1 мин для того, чтобы уравнивать 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.

- ж) *Рефлектометр*: измерение плотности диффузного отражения материала фильтра осуществляется с помощью прибора, соответствующего стандарту ИСО 5-4¹ Международной организации по стандартизации. 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. А2-1).

2.4 Характеристики топлива

Характеристики топлива соответствуют характеристикам, указанным в добавлении 4.

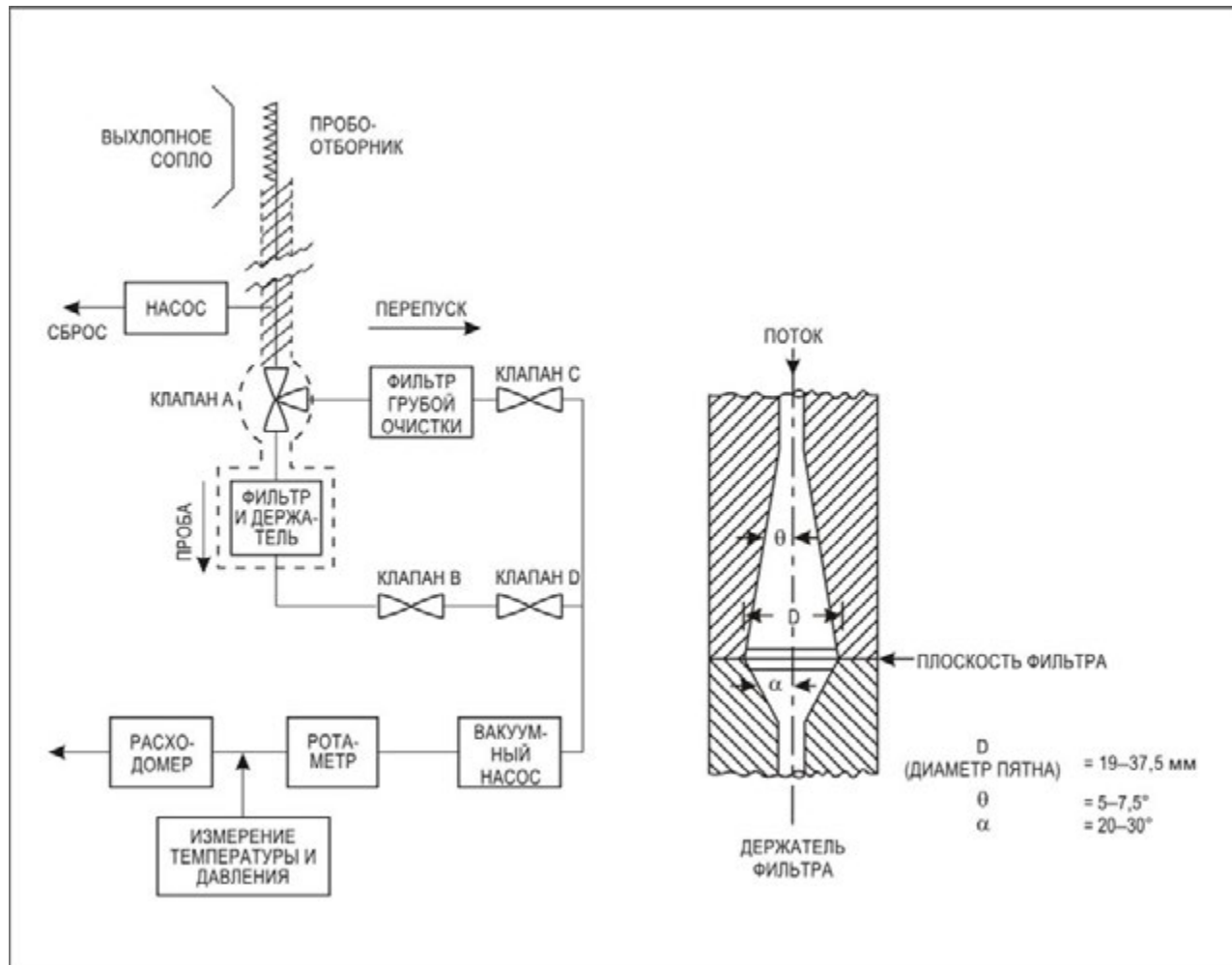


Рис. А2-1. Система анализа дыма

1. Международная организация по стандартизации, стандарт ИСО 5-4 1995 года, озаглавленный "Фотография. Измерение плотности. Часть 4 "Геометрические условия для плотности отражения".

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 на утечку и чистоту

Не производится никаких измерений, пока все линии передачи проб и клапаны не будут подогреты и стабилизированы. Перед серией испытаний система проверяется на утечку и чистоту следующим образом:

- a) *проверка на утечку*: отсоединить пробоотборник от линии и закрыть конец линии передачи проб, выполнить проверку, как указано в п. 2.3 h), за исключением того, что клапан А открыт и установлен в положение "перепуск", клапан D закрыт, а допустимый уровень утечки составляет 2 л. Вновь соединить пробоотборник с линией;
- b) *проверка на чистоту*:
 - 1) открыть клапаны В, С и D;
 - 2) запустить вакуумный насос и попеременно устанавливая клапан А в положение "перепуск" и "проба" в течение 5 мин, чтобы заполнить всю систему чистым воздухом,
 - 3) установить клапан А в положение "перепуск";
 - 4) закрыть клапан D и закрепить в держателе чистый фильтрующий материал, открыть клапан D;
 - 5) установить клапан А в положение "проба", и после того как через фильтр пройдет 50 кг воздуха на квадратный метр фильтра, вновь установить клапан А в положение "перепуск";
 - 6) измерить пятно на фильтре и определить результирующее число дымности SN' в соответствии с тем, как описано в п. 3 данного добавления;
 - 7) если это значение SN' превышает 3, система очищается (или, другими словами, ректифицируется), пока не будет получено значение меньше 3.

Система не используется, пока не будут выполнены требования проверки на утечку и чистоту.

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. А2-1 при получении образцов загрязненных фильтров выполняются следующие основные операции:

- a) во время работы двигателя, когда пробоотборник установлен в нужном положении, клапан А не закрывается, иначе могут создаться условия для образования в линиях твердых частиц;
- b) установить клапан А в положение "перепуск", закрыть клапан D и закрепить в держателе чистый фильтр. Продолжать пропускать пробу выхлопных газов в положении "перепуск" в течение по крайней мере 5 мин, пока двигатель работает в требуемых эксплуатационных условиях или в условиях, близких к ним; клапан С устанавливается в положение, соответствующее расходу 14 л/мин \pm 0,5 л/мин;
- c) открыть клапан D и установить клапан А в положение "проба", а клапан В снова установить в положение, соответствующее расходу, указанному в подпункте b);
- d) установить клапан А 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 подпункте d);
- f) открыть клапан D, установить клапан А в положение "проба", в случае необходимости вновь установить величины расхода и пропускать объем отобранных газов (см. подпункт h)) по системе до тех пор, пока клапан А 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 квадратный метр фильтра и включают образцы, объемы которых составляют 16,2 кг выхлопных газов на квадратный метр 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 подпунктах e)–g) операции повторяются.

3. РАСЧЕТ ЧИСЛА ДЫМНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1 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.

3.2 Массы различных проб рассчитываются по формуле

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

где P и T – соответственно давление газов в пробе в паскалях и температура в градусах Кельвина, измеренные непосредственно перед расходомером, а V – измеренный объем пробы в кубических метрах.

3.3 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 в m^2) наносятся различные значения SN' и W . Используя линейную зависимость, полученную методом наименьших

квадратов, вычисляется значение SN' для $W/A = 16,2 \text{ кг/м}^2$, 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;
- d) фактический расход отобранных газов для условий отбора проб;
- e) подтверждение о проведении проверок на утечку и чистоту (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 не применимы к двигателям с форсажной камерой. Предлагаемые методы являются характерными для наиболее совершенной, легкодоступной и широко применяемой современной практики.

Использование любых процедур, эквивалентных изложенным в добавлении, разрешается после представления предварительной заявки и ее утверждения полномочным сертифицирующим органом.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В тех случаях, когда в настоящем добавлении употребляются приведенные ниже термины, 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.

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

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 воспроизведено при повторных измерениях через короткие интервалы времени без подстройки 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 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:

- углеводородов (HC): оценка всех соединений углеводорода, присутствующих в выхлопных газах;
- окси углевода (CO);
- двуокиси углерода (CO₂).

Примечание. CO₂ не является регулируемым видом эмиссии двигателя, однако определение ее концентрации необходимо для целей расчета и проверки;

- окислов азота (NO_x): оценка суммы двух окислов – окиси азота (NO) и двуокиси азота (NO₂);
- окиси азота (NO).

3.2 Прочая информация

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

- а) температура на входе;
- б) влажность на входе;
- с) атмосферное давление;
- д) соотношение водород/углерод в топливе;
- е) другие требуемые параметры двигателя (например тяга, число оборотов 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.

- а) Предполагается, что в состав каждой отдельной подсистемы входят необходимые устройства для регулирования потока, кондиционирования и измерения.
- б) Необходимость установки откачивающего насоса и (или) насоса для подачи горячих проб будет зависеть 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.
- с) 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. А3-1 изображена 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 приводятся общее описание и характеристики основных элементов системы измерения характеристик выхлопных газов двигателей. Более подробное описание, когда это необходимо, дается в дополнениях А, В и С к настоящему добавлению.

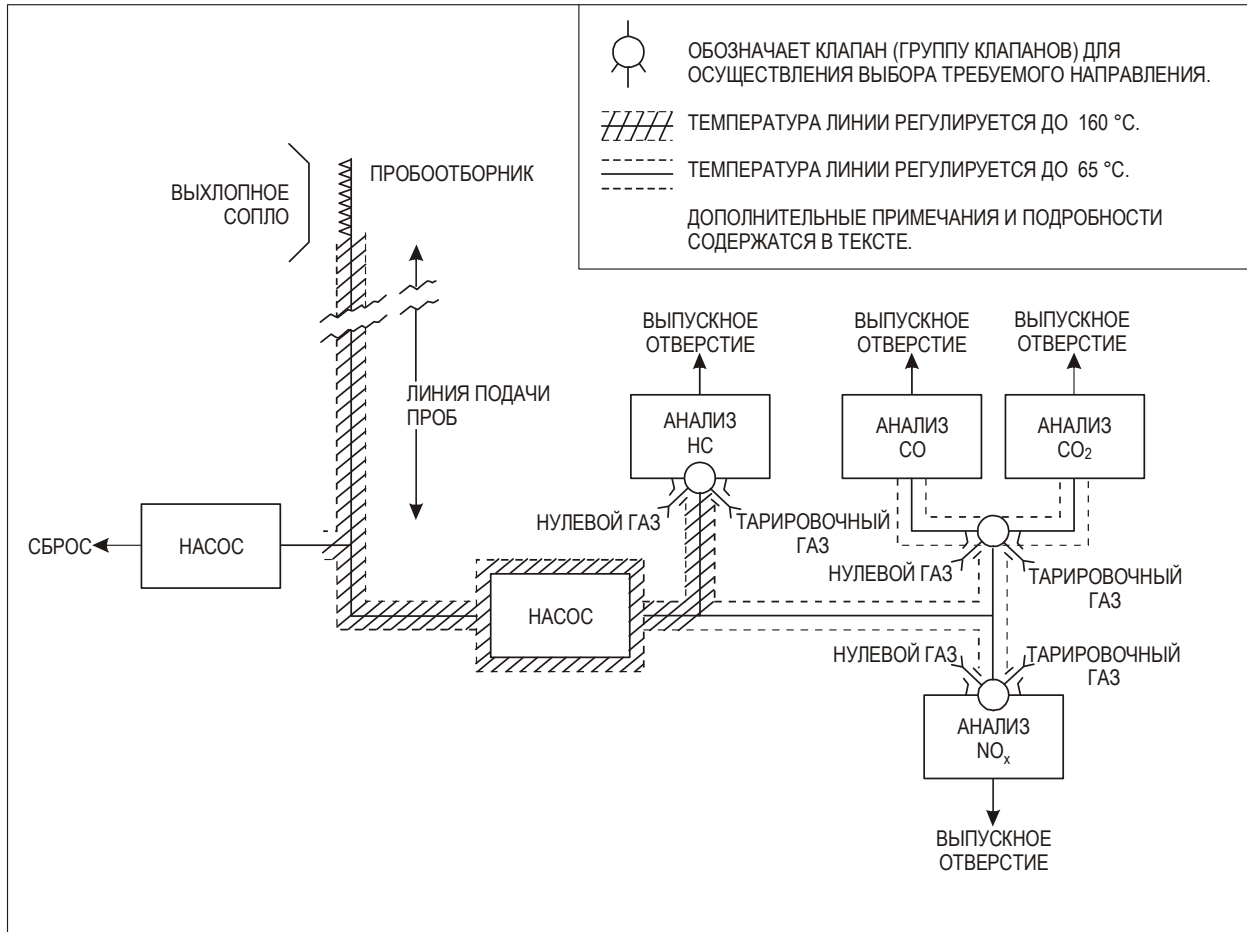


Рис. А3-1. Схема системы отбора и анализа проб

5.1 Система отбора проб

5.1.1 Пробоотборник

Пробоотборник отвечает следующим требованиям:

- Материалом пробоотборника, в контакт с которым вступает проба эмиссии выхлопных газов, является нержавеющая сталь или другой химически неактивный материал.
- Если используется пробоотборник с несколькими отверстиями для отбора проб, все отверстия для отбора проб имеют равный диаметр. Пробоотборник конструируется таким образом, чтобы по крайней мере 80 % падения давления проходящего через него потока приходилось на отверстия.
- Число точек 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 в пределах 0,5 диаметра сопла от выходной плоскости.
- e) Подающий заявку представляет полномочному сертифицирующему органу, с помощью подробных эюр 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 $160\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ (с точностью $\pm 10\text{ °C}$), за исключением: а) расстояния, необходимого для охлаждения газа с уровня температуры выхлопных газов до температуры регулирования в линии, и б) линии, подающей пробы в анализаторы CO , CO_2 и NO_x . В данной линии поддерживается температура $65\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ (с точностью $\pm 10\text{ °C}$). 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 А 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 сенсублизованы. 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 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 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 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 их характеристик.

6.2.1 Подающий заявку на проведение испытаний представляет полномочному сертифицирующему органу доказательство 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 А к данному добавлению. Коэффициент полезного действия (кпд) конвертера NO₂/NO проверяется также на соответствие техническим требованиям дополнения С 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 ноль, записав соответствующим образом его показания;
- b) для каждого эксплуатационного диапазона 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 это признается необходимым, для основной модели анализатора CO и (или) CO₂ без линейаризации 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 $\pm 1 \text{ ppm}^*$, в зависимости от того, какая величина больше), для эксплуатационного применения следует подготовить тарировочную кривую.

* Кроме анализатора CO₂, для которого это значение составляет $\pm 100 \text{ ppm}$.

6.3 Пользование приборами

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

- 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 той, которая используется 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 больше.

Примечание 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.

Примечание 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.

6.3.2 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 % величины концентрации FSD для всех подлежащих использованию интервалов измерения, и соответствующим образом установить и записать значение коэффициента усиления;
- c) после того как работа двигателя стабилизируется на требуемом режиме тяги, 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 $\pm 2\%$ 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 $\pm 15\%$ с данными расчета отношения воздуха к топливу для режима руления/малого газа и с точностью $\pm 10\%$ 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 в диапазоне температур на входе в камеру сгорания (T_B), охватывающем четыре эксплуатационных режима цикла ЛТО, получаются значения концентраций различных видов эмиссии газообразных веществ. Используя методику расчета, приводимую в п. 7.1.2, или альтернативные методики, определенные в дополнении Е к настоящему добавлению, определяются замеренные индексы эмиссии (EI) для каждого вида газообразной эмиссии. Для учета отклонений от стандартных атмосферных условий применяются поправки, предусмотренные п. 7.1.3. Просьба иметь в виду, что в соответствующих случаях эти поправки могут также использоваться для учета отклонений испытываемого двигателя от исходного стандартного двигателя (см. п. 1 f) добавления б). Затем, используя температуру на входе в камеру сгорания (T_B) в качестве коррелирующего параметра, на основе процедур, предусмотренных п. 7.2, определяются индексы эмиссии и расход топлива, соответствующие работе исходного стандартного двигателя в условиях стандартного дня на четырех эксплуатационных режимах цикла ЛТО.

7.1.2 Основные параметры

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

$$EI(\text{CO}) = \left(\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{CO}}}{M_C + (n/m)M_H} \right) (1 + T(P_0/m));$$

$$EI(\text{HC}) = \left(\frac{[\text{HC}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{HC}}}{M_C + (n/m)M_H} \right) (1 + T(P_0/m));$$

$$EI(\text{NO}_x) \text{ (как NO}_2) = \left(\frac{[\text{NO}_x]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{NO}_2}}{M_C + (n/m)M_H} \right) (1 + T(P_0/m)).$$

$$\text{Отношение воздуха к топливу} = (P_0/m) \left(\frac{M_{\text{ВОЗДУХА}}}{M_C + (n/m)M_H} \right),$$

где

$$P_0/m = \frac{2Z - n/m}{4(1 + h_{vol} - [TZ/2])}$$

и

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - ([2/x] - [y/2x]) [\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]};$$

- $M_{\text{ВОЗДУХА}}$ – молекулярная масса сухого воздуха равна 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 $\text{CH}_4 = 16,043$ г;
- M_{CO} – молекулярная масса CO равна 28,011 г;
- M_{NO_2} – молекулярная масса NO_2 равна 46,008 г;
- M_{C} – масса атома углерода равна 12,011 г;
- M_{H} – масса атома водорода равна 1,008 г;
- R – концентрация O_2 в сухом воздухе по объему обычно равна 0,2095;
- S – концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему обычно равна 0,7902;
- T – концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему обычно равна 0,0003;
- $[\text{HC}]$ – средняя концентрация выхлопных углеводородов (объем/объем во влажных условиях), выраженных как углерод;
- $[\text{CO}]$ – средняя концентрация CO (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{CO}_2]$ – средняя концентрация CO_2 (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{NO}_x]$ – средняя концентрация NO_x (объем/объем во влажных условиях) равна $[\text{NO}] + [\text{NO}_2]$;
- $[\text{NO}]$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{NO}_2]$ – средняя концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях)

$$= \frac{([\text{NO}_x]_c - [\text{NO}])}{\eta} ;$$

- $[\text{NO}_x]_c$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем во влажных условиях);
- η – КПД конвертера NO_2/NO ;
- h_{vol} – 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_{vol} , 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 СО и СО₂, как показано в дополнении Е к данному добавлению, в котором также содержатся формулы внесения поправок на интерференцию, для использования по мере необходимости.

7.1.3 Приведение индексов эмиссии к стандартным условиям

7.1.3.1 С целью учета отклонений фактической температуры и давления воздуха на входе испытываемого двигателя от стандартных атмосферных условий МСА на уровне моря, вносятся поправки в измеряемые индексы эмиссии для всех загрязняющих веществ при всех соответствующих режимах работы двигателя. При необходимости эти поправки могут также использоваться для учета отклонений испытываемого двигателя от исходного стандартного двигателя (см. п. 1 f) добавления б). Стандартное значение влажности равно 0,00634 кг воды/кг сухого воздуха.

Следовательно, EI приведенный = $K \times$ EI измеренный,

где общее выражение для K :

$$K = (P_{Bct}/P_B)^a \times (FAR_{ct}/FAR_B)^b \times \exp ([T_{Bct} - T_B]/c) \times \exp (d[h_{mass} - 0,00634]);$$

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_{mass} – влажность окружающего воздуха (кг воды/кг сухого воздуха);

P_{ct} – давление на уровне моря МСА;

T_{ct} – температура на уровне моря МСА;

P_{Bct} – 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_{Bct} – 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_{ct} – 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.

7.1.3.2 Использование рекомендуемой в п. 7.2 методики нанесения кривой по точкам в целях установления соотношения индексов эмиссии к температуре на входе в камеру сгорания эффективно исключает выражение $\exp ((T_{Bct} - T_B)/c)$ из общего уравнения, и в большинстве случаев выражение (FAR_{ct}/FAR_B) может считаться единицей.

Для индексов эмиссии СО и НС 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,

$EI(\text{СО})$ приведенный = EI , полученный из кривой зависимости ($P_B/P_{вст}$) $\times EI(\text{СО})$ от T_B ;

$EI(\text{НС})$ приведенный = EI , полученный из кривой зависимости ($P_B/P_{вст}$) $\times EI(\text{НС})$ от T_B ;

$EI(\text{NO}_x)$ приведенный = EI , полученный из кривой зависимости $EI(\text{NO}_x) \times (P_{вст}/P_B)^{0.5} \times \exp(19 [h_{mass} - 0,00634])$ от T_B .

В том случае, когда данный рекомендуемый метод коррекции индексов эмиссии СО и НС не обеспечивает удовлетворительной корреляции, может применяться альтернативный метод с использованием параметров, полученных в отдельных испытаниях.

Любые другие применяемые методы внесения поправок в индексы эмиссии СО, НС и NO_x утверждаются полномочным сертифицирующим органом.

7.2 Величины, входящие в контрольный параметр

(D_p, F_{oo}, 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} – расчетная тяга (см. определения в главе 1 части I).

F_n – тяга на эксплуатационном режиме цикла LTO, n , (кН).

W_f – массовый расход топлива исходного стандартного двигателя в условиях МСА на уровне моря (кг/с).

W_{fn} – массовый расход топлива исходного стандартного двигателя в условиях МСА на уровне моря на эксплуатационном режиме цикла LTO, n .

π – отношение средней величины полного давления в выходной плоскости последней ступени компрессора к средней величине полного давления во входной плоскости первой ступени компрессора в момент, когда двигатель развивает номинальную взлетную тягу в статических условиях МСА на уровне моря.

7.2.2 Индексы эмиссии (EI_n) для каждого загрязнителя с внесенными поправками относительно стандартных атмосферных условий и, если необходимо, относительно исходного стандартного двигателя (приведенные EI_n) получают для каждого эксплуатационного режима цикла LTO. В целях определения режима малого газа требуется проводить испытания по крайней мере в трех точках. Для каждого вида газообразной эмиссии в стандартных атмосферных условиях определяются следующие зависимости:

a) между EI (приведенными) и T_B ;

b) между W_f и T_B ;

c) между F и T_B .

Примечание 1. Для примера эти зависимости приводятся на рис. А3-2 а), б) и с).

Примечание 2. Зависимости б) и с) могут быть определены непосредственно на основе данных испытаний двигателя или могут быть получены с помощью апробированной модели характеристик двигателя.

7.2.2.1 Под исходным двигателем понимается двигатель, в значительной степени соответствующий стандарту на производство типового двигателя, с полностью репрезентативными эксплуатационными и рабочими характеристиками.

7.2.2.2 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:

- а) расчетная тяга (F_{oo});
- б) степень повышения давления в двигателе (π) на максимальной номинальной тяге.

Примечание. Эти данные приводятся на рис. А3-2 д).

7.2.3 Общая процедура оценки EI (приведенных) для каждого вида газообразной эмиссии на четырех эксплуатационных режимах цикла ЛТО состоит в следующем:

- а) определить температуру на входе в камеру сгорания (T_B) (рис. А3-2 с)) при значениях F_{nb} , соответствующих четырем эксплуатационным режимам цикла ЛТО в стандартных атмосферных условиях;
- б) на основании характеристики EI (приведенных)/ T_B (рис. А3-2 а)) определить величину EI_n, соответствующую T_B ;
- с) на основании характеристики W_f/T_B (рис. А3-2 б)) определить величину W_{fn} , соответствующую T_B ;
- д) записать величины максимальной номинальной тяги и степени повышения давления для условий МСА. Соответственно они будут представлять собой F_{oo} и π (рис. А3-2 д));
- е) для каждого загрязняющего вещества рассчитать $D_p = \Sigma (EI_n) (W_{fn}) (t)$,

где t – время работы на режиме на протяжении ЛТО (мин);

W_{fn} – массовый расход топлива (кг/мин);

Σ – означает совокупность режимов, используемых на протяжении исходного цикла ЛТО.

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.

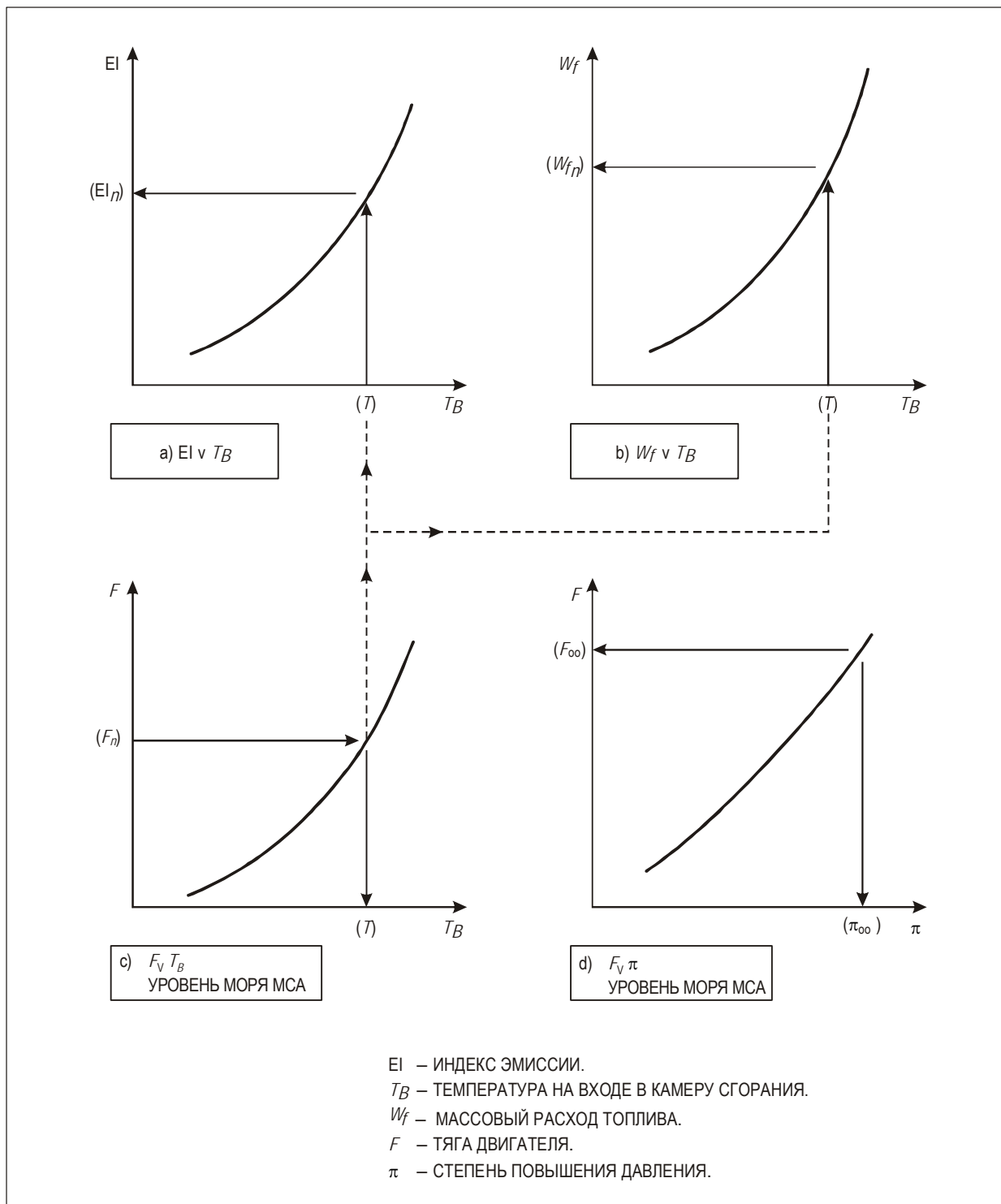


Рис. А3-2. Порядок расчета

ДОПОЛНЕНИЕ А К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ HC

Примечание 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, приведенный к соответствующему нулю, усиливается и ранжируется, чтобы получить результирующую характеристику, служащую мерой концентрации углеводородов, выраженной через эквивалентное число ppmC.

Примечание 2. Информацию о тарифовочных 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 повышенных 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 не менее 150 °С. 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 $\pm 0,5$ ppmC, в зависимости от того, что больше.
- d) *Стабильность:* не хуже ± 2 % используемого диапазона измерения прибора или $\pm 1,0$ ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- e) *Дрейф нуля:* менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\pm 0,5$ ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- f) *Шумы:* 0,5 Гц и больше, менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерений прибора или $\pm 0,5$ 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 $\pm 2\%$ от диапазона измерений прибора, в противном случае вводятся тарировочные поправки.

2. СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Примечание. В процессе применения 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, 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 $10\% \pm 1\%$ O₂ (остальное N₂);
- b) смесь пропана с $21\% \pm 1\%$ O₂ (остальное N₂).

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 $\pm 1\%$:

- 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 $(R_a - R_b)$, $(R_a - R_c)$ и $(R_a - R_d)$, каждая разность 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 и обеспечить стабилизацию прибора. Регулировка настройки включает в себя периодическую проверку установки на нуль и, при необходимости, введение поправок. Используя в качестве пробы воздушно-пропановую 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 определяются 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 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРАМ СО И СО₂

Примечание 1. В п. 5.3 добавления 3 приводятся характеристики анализирующей подсистемы, подлежащей применению при отдельных измерениях концентрации СО и СО₂ в пробе выхлопных газов. Пробы основаны на принципе недисперсионного поглощения инфракрасного излучения в параллельных элементах, заполненных эталонным и отобранном 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).

Примечание 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 повышенных ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

К основным техническим характеристикам относятся следующие:

Анализатор СО

- 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 больше; 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 СО:
 - 1) менее 500 ppm на каждый процент концентрации этилена;
 - 2) менее 2 ppm на каждый процент концентрации СО₂;

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

Если интерференция для CO₂ и (или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

Анализатор CO₂

- 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 $\square 100$ ppm, в зависимости от того, что больше.
- d) *Стабильность:* не хуже ± 2 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- e) *Дрейф нуля:* менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- f) *Шум:* 0,5 Гц и больше; менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm, в зависимости от того, что больше.
- g) Проверяется влияние кислорода (O₂) на чувствительность анализатора CO₂. При изменении содержания O₂ от 0 до 21 % чувствительность при данной концентрации CO₂ не должна меняться более чем на 2 % от показания. Если данное ограничение невозможно выполнить, то применяется соответствующий коэффициент коррекции.

Примечание. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

Анализаторы CO и CO₂

- 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 отобраным газом, и другие компоненты этой подсистемы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, сохраняли постоянную температуру не менее 50 °C при стабильности $\square 2$ °C. Допускается измерение CO и CO₂ в сухом состоянии (с использованием соответствующих водоотделителей); в этом случае разрешается использовать ненагретые анализаторы, при этом нет необходимости определять пределы интерференции для паров H₂O, 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.

с) Калибровочные кривые:

- 1) Анализаторы с линейными характеристиками выходного сигнала проверяются во всех рабочих диапазонах с использованием калибровочных газов 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 $\pm 2\%$ от величины полной шкалы. Если это 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, подготавливаются калибровочные кривые, построенные для всех рабочих диапазонов, с использованием калибровочных газов в известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90 % от полной шкалы. При необходимости используются дополнительные смеси для точного определения вида кривой.

ДОПОЛНЕНИЕ С К ДОБАВЛЕНИЮ 3. 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 3, измерение содержания окислов азота осуществляется по методу хемиллюминесценции, с помощью которого измеряется излучение, выделяемое при реакции NO и O₃. Этот метод не обеспечивает точного определения NO₂, поэтому, прежде чем измерить общее содержание NO_x, пробу газа пропускают через конвертер, в котором NO₂ преобразуется в NO. Регистрируется как первоначальное содержание NO, так и общее содержание NO_x. Таким образом, содержание NO₂ 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 учитываются возможность и важность таких повышенных 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 больше; 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 CO₂ 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. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

- 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 содержащаяся в пробе NO_2 эффективно преобразуется в NO , первоначально содержащуюся в пробе.

Коэффициент полезного действия (кпд) конвертера составляет не менее 90 %.

Это значение кпд используется для приведения количества NO_2 , содержащегося в пробе (т. е. $[\text{NO}_x]_c - [\text{NO}]$), к тому количеству, которое было бы получено, если бы кпд не составлял 100 %.

ДОПОЛНЕНИЕ D К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТАРИРОВОЧНЫЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ГАЗЫ

Таблица тарифовочных газов

<i>Анализатор</i>	<i>Газ</i>	<i>Точность*</i>
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

<i>Анализатор</i>	<i>Газ</i>	<i>Точность*</i>
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 А, В и С.

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 анализаторов CO, CO₂ и HC является нулевой воздух (который представляет собой "искусственный" воздух, состоящий из смеси 20–22 % O₂ с N₂). Для анализатора NO_x в качестве нулевого газа применяется нулевой азот. Содержание примесей в обоих типах нулевого газа ограничивается следующими величинами:

1 ppm C,
1 ppmCO,
100 ppm CO₂,
1 ppm NO_x.

Подающий заявку обеспечивает, чтобы поставляемые ему технические газы фактически соответствовали данным требованиям или 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; $10^3 \times$ 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 ;
$M_{\text{ВОЗДУХА}}$	– молекулярная масса сухого воздуха равна 28,966 г или, где удобно, равна $(32 R + 28,156 4 S + 44,011 T)$ г;
M_{CO}	– молекулярная масса CO равна 28,011 г;
M_{HC}	– молекулярная масса характеристического выхлопного углеводорода, принятого за $CH_4 = 16,043$ г;
M_{NO_2}	– молекулярная масса NO_2 равна 46,008 г;
M_C	– масса атома углерода равна 12,011 г;
M_H	– масса атома водорода равна 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 0,2095;
S	– концентрация N ₂ + редкие газы в сухом воздухе по объему равна 0,7902;
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]	– средняя концентрация CO ₂ в выхлопной пробе (объем/объем);
[CO]	– средняя концентрация CO в выхлопной пробе (объем/объем);
[HC]	– средняя концентрация HC в выхлопной пробе (объем C/объем);
[NO]	– средняя концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем);
[NO ₂]	– средняя концентрация NO ₂ в выхлопной пробе (объем/объем);
[NO _x]	– средняя концентрация NO и NO ₂ в выхлопной пробе (объем/объем);
[NO _x] _c	– средняя концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO ₂ /NO (объем/объем);
[NO ₂]	– среднее значение = $\frac{([NO_x]_c - [NO])}{\eta}$;
[] _d	– средняя концентрация в выхлопной пробе после холодного паросепаратора (объем/объем);
[] _m	– средняя измеренная концентрация до введения инструментальной поправки (объем/объем);
h_{vol}	– 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 топливоздушнoй смеси и результирующим состоянием отобранной выхлопной эмиссии может быть выражен с помощью следующего уравнения:

$$C_m H_n + P_0[R(O_2) + S(N_2) + T(CO_2) + h_{vol}(H_2O)] = P_1(CO_2) + P_2(N_2) + P_3(O_2) + P_4(H_2O) + P_5(CO) + P_6(C_x H_y) + P_7(NO_2) + P_8(NO),$$

из которого требуемые параметры могут быть определены как

$$EI(CO) = P_5 \left(\frac{10^3 M_{CO}}{mM_C + nM_H} \right);$$

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

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

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

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_{vol} , 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, из которых уравнения (1) – (4) вытекают из основных законов сохранения атомной массы, а уравнения (5) – (9) представляют зависимость концентрации газообразных продуктов.

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

$$n + 2h_{vol}P_0 = 2P_4 + yP_6 \quad (2)$$

$$(2R + 2T + h_{vol})P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \quad (3)$$

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

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

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

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

$$[\text{NO}_x]_c P_T = \eta P_7 + P_8 \quad (8)$$

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

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

Вышеуказанная система условных уравнений относится к тому случаю, когда все измеренные концентрации 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 и NO и часто используется возможность альтернативного замера CO₂ 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 CO₂ и H₂O 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:

$$[\text{CO}] = [\text{CO}]_m + L [\text{CO}_2] + M [\text{H}_2\text{O}]$$

$$\text{и } [\text{NO}_x]_c = [\text{NO}_x]_{cm} (1 + L' [\text{CO}_2] + M' [\text{H}_2\text{O}]),$$

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

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

$$[\text{NO}_x]_{cm} (P_T + L'P_1 + M'P_4) = \eta P_7 + P_8 \quad (8A)$$

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

2.6 Альтернативный замер концентраций CO₂ и CO на сухой или частично сухой основе пробы, т. е. с пониженной до h_d влажностью пробы, требует применения следующих преобразованных условных уравнений:

$$[\text{CO}_2]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_1 \quad (5A)$$

и

$$[\text{CO}]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_5.$$

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

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

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

3.1 Общие положения

Уравнения (1) – (10) могут быть преобразованы в аналитические выражения для параметров EI и AFR, как показано в п. 7.1 этого добавления. Это преобразование представляет собой процесс постепенного исключения корней P_0, P_1-P_8, P_T , при этом допуская, 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 = $K \times$ сухая концентрация, т. е.

$$[] = K []_d .$$

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

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

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

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

где

$$P_0 / m = \frac{2Z - n/m}{4(1 + h_{vol} - [TZ/2])}$$

и

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - ([2/x] - [y/2x])[\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]}$$

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 (п. 4).

4. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД: ЧИСЛОВОЕ РЕШЕНИЕ

4.1 В качестве альтернативы аналитическому методу, изложенному в п. 3 выше, 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 (5А), (6А) и т. д., которые приемлемы для конкретной измерительной системы.

4.3 Подходящие простые машинные программы с двумерным массивом для решения уравнений широко распространены, они удобны и гибки в использовании для указанных целей и позволяют легко вводить и определять любые методы высушивания проб, поправки на интерференцию или другие поправки.

ДОПОЛНЕНИЕ F К ДОБАВЛЕНИЮ 3. ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

В соответствии с требованиями, изложенными в п. 3.2 добавления 3, кроме измеренной концентрации компонентов отобранного газа, требуются также следующие данные:

- a) температура на входе: измеряется с точностью $\pm 0,5$ °С 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 50 м по направлению от входного сечения воздухозаборника двигателя, с точностью:
 - 1) ± 5 % для влажности окружающего воздуха, превышающей или равной 0,00634 кг воды/кг сухого воздуха, или
 - 2) $\pm 0,000317$ кг воды/кг сухого воздуха для влажности окружающего воздуха менее 0,00634 кг воды/кг сухого воздуха;
- 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 Н/С 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 $\pm 0,5$ %;
 - 3) расход воздуха в газогенераторе: определяется с точностью ± 2 % на основе тарировки характеристик двигателя.

Параметры, указанные в подпунктах a), b), d) и f), определяются в начале каждого испытания на эмиссию двигателей, в то время как параметр, указанный в подпункте 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

Характеристики используемого при испытаниях топлива соответствуют характеристикам, указанным в добавлении 4, за исключением тех случаев, когда сертифицирующий орган согласился с отклонением или необходимыми корректировками. Топливо не содержит присадок, используемых для подавления дыма (таких, как металлоорганические соединения).

<i>Свойства</i>	<i>Допустимый диапазон величин</i>
Плотность, кг/м ³ при 15 °С	780–820
Температура дистилляции, °С	
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	13,4–14,3
Содержание серы, в % к массе	менее 0,3 %
Кинематическая вязкость при –20 °С, 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 измерения характеристик данного неизменяемого образца, которая 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, 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 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 Эмиссия газообразных веществ

Определяется концентрация следующих газов:

- a) Углеводороды (HC): производится комбинированная оценка всех соединений углеводорода, присутствующих в выхлопных газах.
- b) Окись углерода (CO).
- c) Двуокись углерода (CO₂).

Примечание. CO₂ 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 (NO₂).
- 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 получают 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 п. 5, а 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 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. А5-1 и А5-2 изображены схемы системы отбора и анализа проб выхлопных газов, которая характеризует основные требования к испытаниям эмиссии.

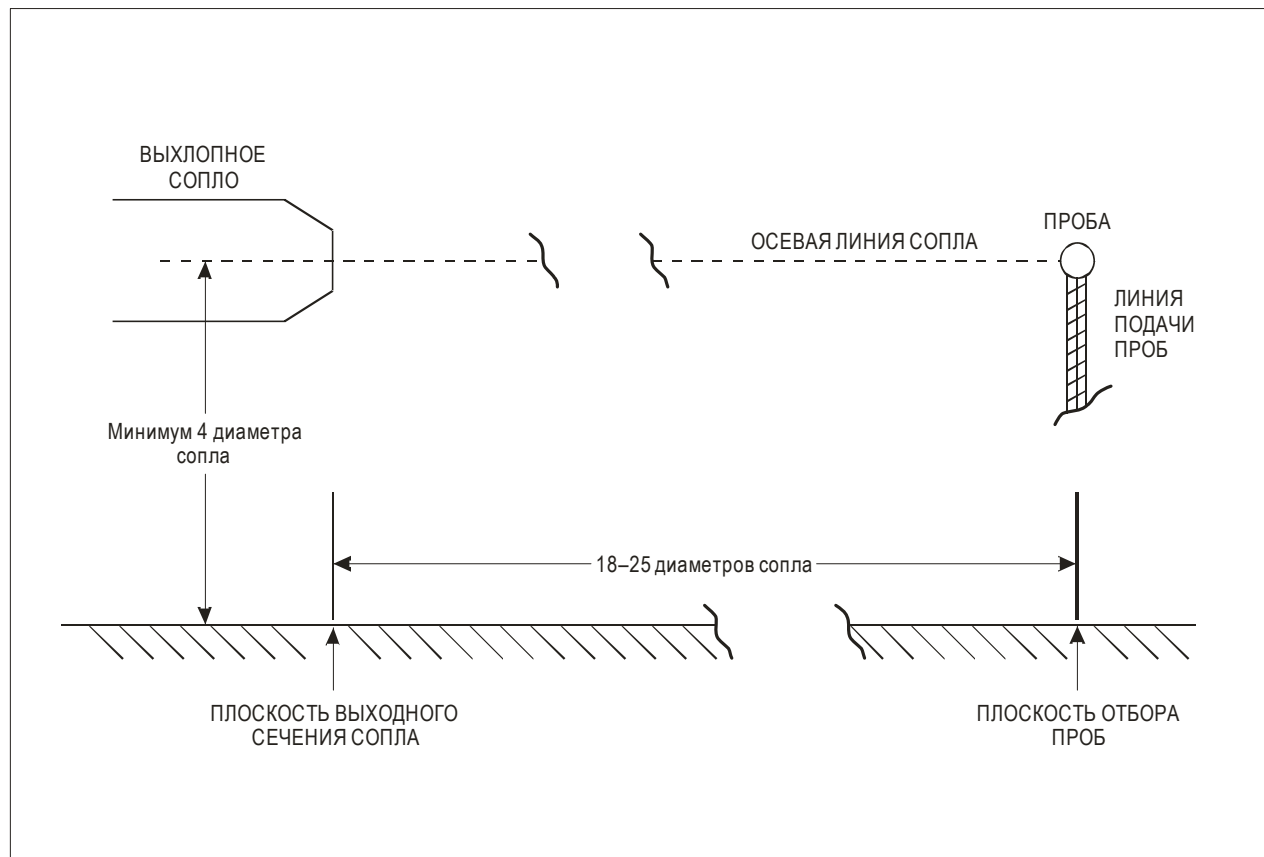


Рис. А5-1. Схема системы отбора проб

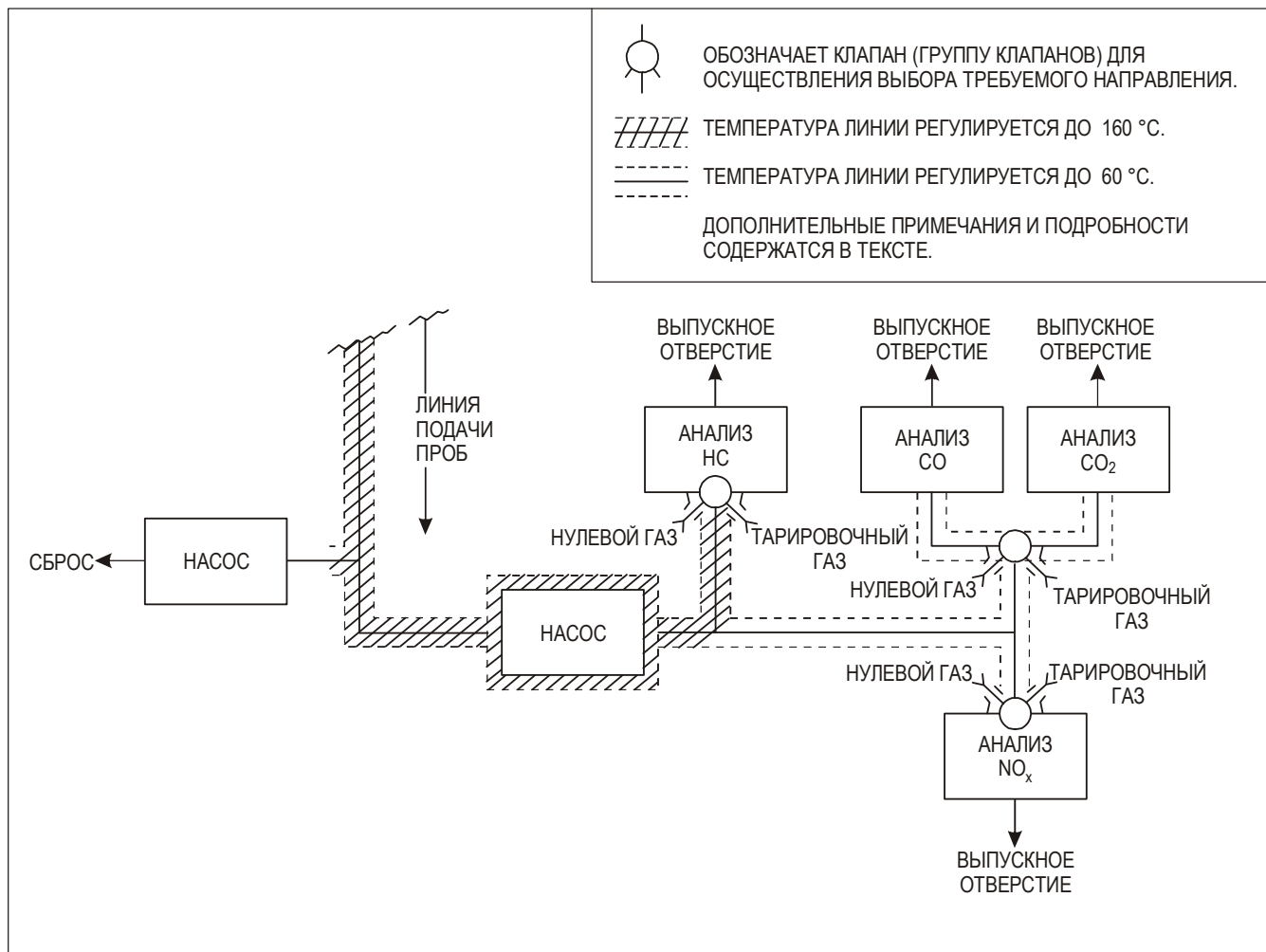


Рис. А5-2. Схема системы отбора и анализа проб

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 А, В и С к настоящему добавлению.

5.1 Система отбора проб

5.1.1 Пробоотборник

- а) 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 °С.
- 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 от оси сопла в 4 диаметра выходного сечения.
- 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:

$$R1 = 0,05X;$$

$$R2 = 0,09X.$$

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 0,11 до 0,16 X .

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 °С ± 15 °С (с точностью до ±10 °С). Когда отбор проб осуществляется с целью измерения составляющих НС, СО, СО₂ и NO_x, линия изготавливается из нержавеющей стали или шлифованного наполненного углеродом материала PTFE (политетрафторэтилена).

5.2 Анализатор углеводородов (НС)

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 А к настоящему добавлению.

5.3 Анализаторы окиси и двуокиси углерода (СО и СО₂)

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 сенсублизованы. Предполагается 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 вступающей в реакцию NO с добавлением O₃ соответствует мере концентрации NO. До проведения измерения компонент NO₂ 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 соответственно оборудован для проведения высокоточных испытаний характеристик и который отвечает требованиям для пробоотборника, указанным в п. 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, CO₂ 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 CO₂ 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, выпадением 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 их характеристик.

6.3.1 Подающий заявку на проведение испытаний представляет полномочному сертифицирующему органу доказательство того, что система для анализа соответствующим образом тарирована ко времени проведения испытаний.

6.3.2 Что касается анализатора углеводородов, то при этой тарировке проверяется, находятся ли показания детектора кислорода и избирательные показания детектора углеводородов в пределах, установленных в дополнении А к настоящему добавлению. Проверяется также соответствие кпд конвертера NO_2/NO положениям дополнения С 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 D 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 % от 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) CO₂ 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 $\pm 1 \text{ ppm}^*$, 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:

- 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 той, которая используется 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.

Примечание 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.

* Кроме анализатора CO₂, для которого это значение составляет $\pm 100 \text{ ppm}$.

Примечание 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 % от 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 получают значения концентрации различных классов загрязняющих веществ при соответствующем режиме(ах) 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:

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

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;

$C_{i \text{ moy}}$ – средняя концентрация вида i .

Все результаты замера концентрации на сухой основе преобразуются в реальные концентрации на влажной основе (см. дополнение Е к настоящему добавлению).

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

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

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; какие-либо необходимые поправки в отношении замера проб на сухой основе и(или) интерференций вносятся, как указано в дополнении Е к настоящему добавлению. Эти средние концентрации используются для вычисления следующих основных параметров:

$$\text{EI}_p \text{ (индекс эмиссии для компонента } p) = \frac{\text{масса образующего компонента } p \text{ в г}}{\text{масса используемого топлива в кг}};$$

$$\text{EI}(\text{CO}) = \left(\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{CO}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1+T(P_0/m));$$

$$\text{EI}(\text{HC}) = \left(\frac{[\text{HC}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{HC}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1+T(P_0/m));$$

$$\text{EI}(\text{NO}_x) \text{ (как NO}_2) = \left(\frac{[\text{NO}_x]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left(\frac{10^3 M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1+T(P_0/m));$$

$$\text{отношение воздуха к топливу} = (P_0/m) \left(\frac{M_{\text{ВОЗДУХА}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right),$$

где

$$P_0/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1 + h_{\text{vol}} - [TZ/2])}$$

и

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - ([2/x] - [y/2x])[\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]}$$

- $M_{\text{воздуха}}$ – молекулярная масса сухого воздуха равна 28,966 г или, где уместно, равна $(32 R + 28,156 4 S + 44,011 T)$ г;
- M_{HC} – молекулярная масса углеводородов в выхлопной пробе, принимаемая как $\text{CH}_4 = 16,043$ г;
- M_{CO} – молекулярная масса CO равна 28,011 г;
- M_{NO_2} – молекулярная масса NO_2 равна 46,008 г;
- M_{C} – масса атома углерода равна 12,011 г;
- M_{H} – масса атома водорода равна 1,008 г;
- R – концентрация O_2 в сухом воздухе по объему обычно равна 0,2095;
- S – концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему обычно равна 0,7902;
- T – концентрация CO_2 в сухом воздухе по объему обычно равна 0,0003;
- $[\text{HC}]$ – средняя концентрация выхлопных углеводородов (объем/объем во влажных условиях), выраженных как углерод;
- $[\text{CO}]$ – средняя концентрация CO (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{CO}_2]$ – средняя концентрация CO_2 (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{NO}_x]$ – средняя концентрация NO_x (объем/объем во влажных условиях) равна $[\text{NO}] + [\text{NO}_2]$;
- $[\text{NO}]$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях);
- $[\text{NO}_2]$ – средняя концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем во влажных условиях)
 $= \frac{([\text{NO}_x]_c - [\text{NO}])}{\eta}$;
- $[\text{NO}_x]_c$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем во влажных условиях);
- η – КПД конвертера NO_2/NO ;
- h_{vol} – 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 CO₂, значения их концентрации приводятся к эквивалентным значениям концентрации влажных CO и CO₂, 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 Приведение индексов эмиссии к стандартным условиям

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 0,00634 кг воды/кг сухого воздуха.

Следовательно, EI приведенный = $K \times$ EI измеренный, где общее выражение для K :

$$K = (P_{вст}/P_B)^a \times (FAR_{ст}/FAR_B)^b \times \exp([T_{вст} - T_B]/c) \times \exp(d[h_{vol} - 0,00634]),$$

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_{vol} – влажность окружающего воздуха;

$P_{ст}$ – давление на уровне моря (МСА);

$T_{ст}$ – температура на уровне моря (МСА);

$P_{вст}$ – давление на входе в камеру сгорания испытываемого двигателя (или исходного двигателя, если данные скорректированы относительно исходного двигателя), связанные 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 условии 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 $\exp((T_{вст} - T_{вст}]/c)$ 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) приведенный = EI, полученный из кривой зависимости $(P_B/P_{вст}) \cdot EI(\text{CO})$ от T_B ;

EI(HC) приведенный = EI, полученный из кривой зависимости $(P_B/P_{вст}) \cdot EI(\text{HC})$ от T_B ;

EI(NO_x) приведенный = EI, полученный из кривой зависимости EI(NO_x) $(P_{вст}/P_B)^{0,5\exp(19[h_{vol} - 0,00634])}$ от T_B .

В том случае, когда данный рекомендуемый метод коррекции индексов эмиссии CO и HC не обеспечивает удовлетворительной корреляции, может применяться альтернативный метод с использованием параметров, полученных 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}, 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 первой ступени компрессора в момент, когда двигатель развивает номинальную взлетную тягу в статических 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 цикла 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) между EI и T_B ;
- b) между W_f (массовый расход топлива) и T_B ;
- c) между F_n (приведенным к условиям МСА на уровне моря) и T_B (приведенной к условиям МСА на уровне моря).

Примечание. Для примера эти зависимости приводятся на рис. А5-3 а), 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});
- e) степень повышения давления в двигателе (π) на максимальной тяге.

Примечание. Эти данные приводятся на рис. А5-3 d).

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) (рис. А5-3 c)) для каждого режима тяги для условий МСА F_n ;
- b) на основе характеристики EI/ T_B (рис. А5-3 a)) определить величину EI_n, соответствующую T_B ;
- c) на основе характеристики W_f/T_B (рис. А5-3 b)) определить величину W_{fn} , соответствующую T_B ;
- d) записать величины максимальной тяги и степени повышения давления для условий МСА. Соответственно они будут представлять собой F_{oo} и π (рис. А5-3 d));
- e) для каждого загрязняющего вещества рассчитать $D_p = \Sigma(EI_n)(W_{fn})(t)$,

где t – время работы на режиме в течение ЛТО (в минутах);

W_{fn} – массовый расход топлива (кг/мин);

Σ – означает совокупность режимов, используемых на протяжении исходного цикла ЛТО.

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.

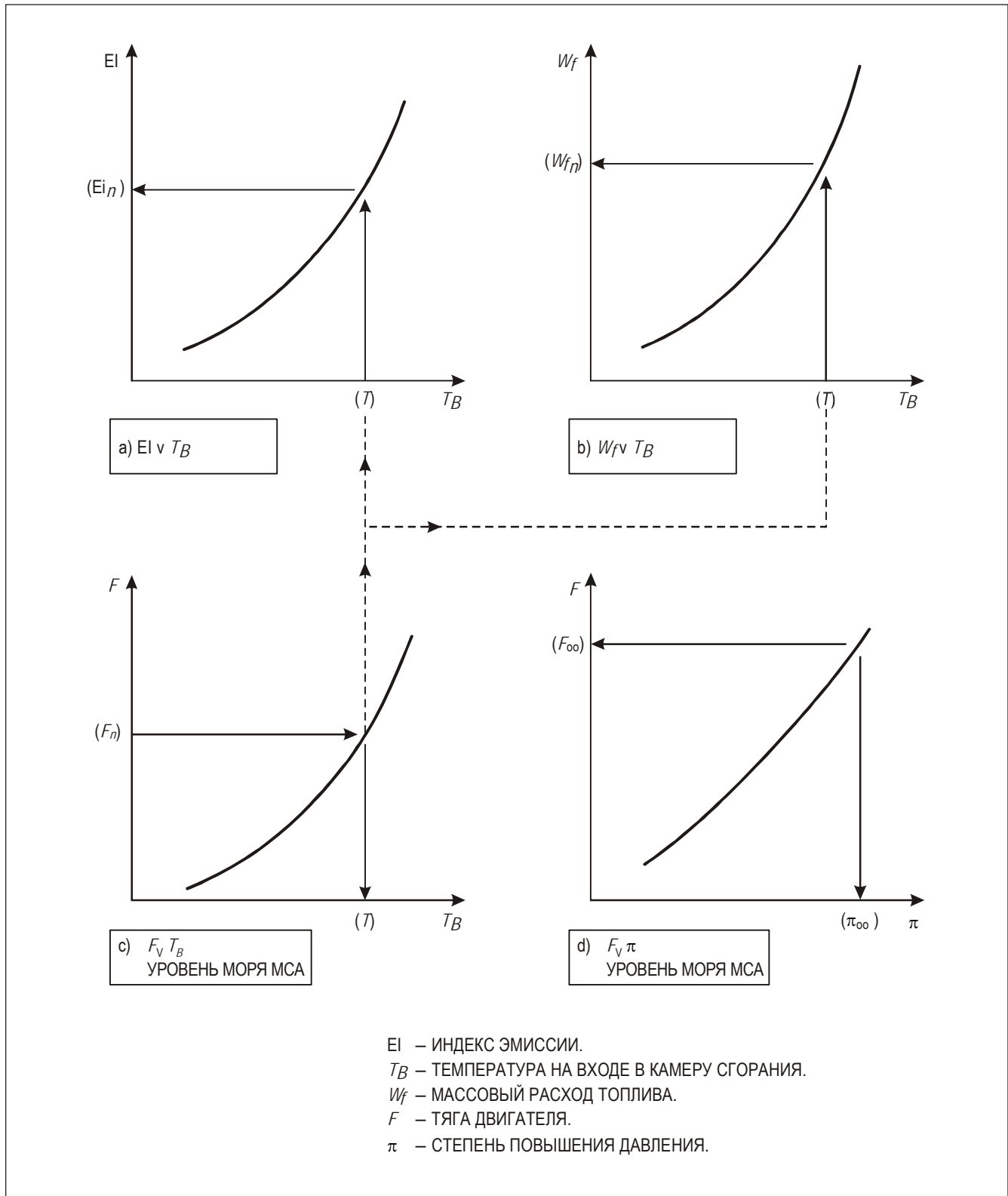


Рис. А5-3. Порядок расчета

ДОПОЛНЕНИЕ А К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗАТОРУ НС

Примечание 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.

Примечание 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 повышенных 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 °С при стабильности ± 2 °С. 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 $\pm 0,5$ ppmC, в зависимости от того, что больше.
- d) *Стабильность:* не хуже ± 2 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\pm 1,0$ ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- e) *Дрейф нуля:* менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\pm 0,5$ ppmC в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- f) *Шумы:* 0,5 Гц и больше, менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\pm 0,5$ 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 $\pm 2\%$ от диапазона измерений прибора, в противном случае вводятся тарировочные поправки.

2. СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

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.

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

- 1) смесь пропана с $10\% \pm 1\% \text{O}_2$ (остальное N_2),
- 2) смесь пропана с $21\% \pm 1\% \text{O}_2$ (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 $\pm 1\%$:

- 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 $(R_a - R_b)$, $(R_a - R_c)$ и $(R_a - R_d)$, каждая разность в отдельности, меньше $5\% R_a$.

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. Используя в качестве пробы воздушно-пропановую 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 СО И СО₂

Примечание 1. В п. 5.3 добавления 5 приводятся характеристики анализирующей подсистемы, подлежащей применению при отдельных измерениях концентрации СО и СО₂ в пробе выхлопных газов. Приборы основаны на принципе недисперсионного поглощения инфракрасного излучения в параллельных элементах, заполненных эталонным и отобранном 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).

Примечание 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 повышенных ошибок. В тех случаях, когда требуется обеспечить лучшие характеристики, принимаются соответствующие меры предосторожности.

К основным техническим характеристикам относятся следующие:

Анализатор СО

- 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 больше; 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 СО при:
 - 1) менее 500 ppm на каждый процент концентрации этилена;
 - 2) менее 2 ppm на каждый процент концентрации СО₂;

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

Если интерференция для CO₂ и (или) водяных паров не может быть ограничена в таких пределах, определяются, сообщаются и вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Примечание. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

Анализатор CO₂

- 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 $\square 100$ ppm, в зависимости от того, что больше.
- d) *Стабильность:* не хуже ± 2 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- e) *Дрейф нуля:* менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- f) *Шум:* 0,5 Гц и больше; менее ± 1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или $\square 100$ ppm, в зависимости от того, что больше.
- g) Проверяется влияние кислорода (O₂) на чувствительность анализатора CO₂. При изменении содержания O₂ от 0 до 21 % чувствительность при данной концентрации CO₂ не должна меняться более чем на 2 % от показания. Если данное ограничение невозможно выполнить, то применяется соответствующий коэффициент коррекции.

Примечание. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

Анализаторы CO и CO₂

- 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 отобранном газом, и другие компоненты этой подсистемы, вступающие в непосредственный контакт с пробой газа, сохраняли постоянную температуру не менее 50 °С при стабильности $\square 2$ °С. Допускается измерение CO и CO₂ в сухом состоянии (с использованием соответствующих водоотделителей); в этом случае разрешается использовать ненагретые анализаторы, при этом нет необходимости определять пределы интерференции для паров H₂O, 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.

с) Калибровочные кривые:

- i) Анализаторы с линейными характеристиками выходного сигнала проверяются во всех рабочих диапазонах с использованием калибровочных газов в 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 $\pm 2\%$ 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, подготавливаются калибровочные кривые, построенные для всех рабочих диапазонов с использованием калибровочных газов в известных концентрациях примерно 0, 30, 60 и 90 % от полной шкалы. При необходимости используются дополнительные смеси для точного определения вида кривой.

ДОПОЛНЕНИЕ С 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 хемиллюминесценции, с помощью которого измеряется излучение, выделяемое при реакции NO и O₃. Этот метод не обеспечивает точного определения NO₂, поэтому прежде чем измерить общее содержание NO_x, пробу газа пропускают через конвертер, в котором NO₂ преобразуется в NO. Регистрируется как первоначальное содержание NO, так и общее содержание NO_x. Таким образом, содержание NO₂ 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 повышенных 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 °С, относятся следующие:

- a) *Полный диапазон измерения:* 0 – 2500 ppт в соответствующих интервалах измерения.
- b) *Разрешающая способность:* не хуже 0,5 % от всего используемого диапазона измерения прибора или 1 ppт, в зависимости от того, что больше.
- c) *Повторяемость:* не хуже ±1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppт, в зависимости от того, что больше.
- d) *Стабильность:* не хуже ±2 % от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppт в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- e) *Дрейф нуля:* менее ±1 % от всего используемого диапазона измерения прибора или □1 ppт в течение 1 ч, в зависимости от того, что больше.
- f) *Шум:* 0,5 Гц и больше; менее ±1,0 % от всего используемого диапазона измерения прибора или ±1 ppт в течение 2 ч, в зависимости от того, что больше.
- g) *Интерференция:* влияние для отобранных газов, содержащих CO₂ и водяные пары, ограничивается следующим образом:

- менее 0,05 % от показания прибора на каждый процент содержания CO_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. В соответствии с общепринятой практикой рекомендуется применять такую методику коррекции во всех случаях.

- 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 $\square 2$ 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.

Коэффициент полезного действия (кпд) конвертера составляет не менее 90 %.

Это значение кпд используется для приведения изменяемого количества NO_2 , содержащегося в пробе (т. е. $[\text{NO}_x]_c - [\text{NO}]$), к тому количеству, которое было бы получено, если бы кпд не составлял 100 %.

ДОПОЛНЕНИЕ D К ДОБАВЛЕНИЮ 5. ТАРИРОВОЧНЫЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ГАЗЫ

Таблица тарифовочных газов

<i>Анализатор</i>	<i>Газ</i>	<i>Точность*</i>
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 тарифовки анализаторов во время нормального рабочего использования.

Таблица испытательных газов

<i>Анализатор</i>	<i>Газ</i>	<i>Точность*</i>
HC	пропан (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 А, В и С.

Тарифовочные газы окиси углерода в 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, CO₂ и HC является нулевой воздух (который представляет собой "искусственный" воздух, состоящий из смеси 20–22 % O₂ с N₂). Для анализатора NO_x в качестве нулевого газа применяется нулевой азот. Содержание примесей в обоих типах нулевого газа ограничивается следующими величинами:

1 ppm C,
1 ppm CO,
100 ppm CO₂,
1 ppm NO_x.

Подающий заявку обеспечивает, чтобы поставляемые ему технические газы фактически соответствовали данным требованиям или 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; $10^3 \times$ массовый расход газообразного продукта эмиссии на выхлопе/удаленный 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 CO₂;
- M, M' – коэффициент интерференции анализатора для интерференции H₂O;
- M_{ВОЗДУХА} – молекулярная масса сухого воздуха равна 28,966 г или, где удобно, равна $(32 R + 28,156 4 S + 44,011 T)$ г;
- M_{СО} – молекулярная масса СО равна 28,011 г;
- M_{НС} – молекулярная масса характеристического выхлопного углеводорода, принятого за CH₄, равна 16,043 г;
- M_{NO₂} – молекулярная масса NO₂ равна 46,008 г;
- M_C – масса атома углерода равна 12,011 г;
- M_H – масса атома водорода равна 1,008 г;
- P₁ – количество молей CO₂ в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₂ – количество молей N₂ в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₃ – количество молей O₂ в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₄ – количество молей H₂O в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₅ – количество молей СО в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₆ – количество молей C_xH_y в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₇ – количество молей NO₂ в выхлопной пробе на моль топлива;
- P₈ – 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 0,2095;
- S – концентрация N_2 + редкие газы в сухом воздухе по объему равна 0,7902;
- 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;
- $[CO_2]$ – средняя концентрация CO_2 в выхлопной пробе (объем/объем);
- $[CO]$ – средняя концентрация CO в выхлопной пробе (объем/объем);
- $[HC]$ – средняя концентрация углеводорода выхлопной пробе (объем/объем);
- $[NO]$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе (объем/объем);
- $[NO_2]$ – средняя концентрация NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем);
- $[NO_x]$ – средняя концентрация NO и NO_2 в выхлопной пробе (объем/объем);
- $[NO_x]_c$ – средняя концентрация NO в выхлопной пробе после прохождения через конвертер NO_2/NO (объем/объем);
- $[NO_2]$ – среднее значение = $\frac{([NO_x]_c - [NO])}{\eta}$;
- $[]_d$ – средняя концентрация в выхлопной пробе после холодного паросепаратора (объем/объем);
- $[]_m$ – средняя измеренная концентрация до введения инструментальной поправки (объем/объем);
- h_{vol} – 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 топливно-воздушной смеси и результирующим состоянием отобранной выхлопной эмиссии может быть выражен с помощью следующего уравнения:

$$C_m H_n + P_0 [R(O_2) + S(N_2) + T(CO_2) + h_{vol}(H_2O)] = P_1(CO_2) + P_2(N_2) + P_3(O_2) + P_4(H_2O) + P_5(CO) + P_6(C_x H_y) + P_7(NO_2) + P_8(NO),$$

из которого требуемые параметры могут быть определены как

$$EI(CO) = P_5 \left(\frac{10^3 M_{CO}}{mM_C + nM_H} \right)$$

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

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

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

2.2 Величины углеводородного состава топлива (m , n) определяются спецификацией топлива или путем анализа. Если таким образом определено только отношение n/m , может устанавливаться величина $m = 12$. Обычно грамм-молекулярные части составляющих сухого воздуха (R , S , T) берутся равными рекомендуемому 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_{vol} , 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.

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

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

$$(2R + 2T + h_{vol})P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \quad (3)$$

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

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

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

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

$$[\text{NO}_x]_c P_T = \eta P_7 + P_8 \quad (8)$$

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

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

Вышеуказанная система условных уравнений относится к тому случаю, когда все измеренные концентрации 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 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 – изменения чувствительности, что учитывается следующими выражениями:

$$[\text{CO}] = [\text{CO}]_m + L [\text{CO}_2] + M [\text{H}_2\text{O}]$$

и

$$[\text{NO}_x]_c = [\text{NO}_x]_{cm} (1 + L' [\text{CO}_2] + M' [\text{H}_2\text{O}]),$$

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

$$[\text{CO}]_m P_T + L P_1 + M P_4 = P_5 \quad (6A)$$

$$[\text{NO}_x]_{cm} (P_T + L' P_1 + M' P_4) = \eta P_7 + P_8 \quad (8A)$$

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

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:

$$[\text{CO}_2]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_1 \quad (5A)$$

и

$$[\text{CO}]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_5.$$

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

$$[\text{CO}]_{md} (P_T - P_4) (1 + h_d) + L P_1 + M h_d (P_T - P_4) = P_5 \quad (6B)$$

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

3.1 Общие положения

Уравнения (1)–(10) могут быть преобразованы в аналитические выражения для параметров EI и AFR, как показано в п. 7.1 настоящего дополнения. Это преобразование представляет собой процесс постепенного исключения корней P_0, P_1-P_8, P_T , при этом допуская, 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 = $K \times$ сухая концентрация, т. е.

$$[] = K []_d.$$

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

$$K = \frac{\{4 + (n/m)T + ([n/m]T - 2h_{vol})([\text{NO}_2] - (2[\text{HC}]/x)) + (2 + h_{vol})([y/x] - [n/m])[\text{HC}]\}(1 + h_d)}{(2 + h_{vol})\{2 + (n/m)(1 + h_d)([\text{CO}_2]_d + [\text{CO}]_d)\} - ([n/m]T - 2h_{vol})(1 - [1 + h_d][\text{CO}]_d)}.$$

3.3 Поправка на интерференцию

В результате замеров CO и(или) NO_x и NO , возможно, потребуются вносить поправки на интерференцию CO_2 пробы и концентрации воды до использования в аналитических уравнениях выше. Такие поправки обычно могут выражаться следующими путями:

$$[\text{CO}] = [\text{CO}]_m + L [\text{CO}_2] + M [\text{H}_2\text{O}];$$

$$[\text{CO}]_d = [\text{CO}]_{md} + L [\text{CO}_2]_d + M \left(\frac{h_d}{1 + h_d} \right);$$

$$[\text{NO}] = [\text{NO}]_m (1 + L' [\text{CO}_2] + M' [\text{H}_2\text{O}]);$$

$$\eta[\text{NO}_2] = ([\text{NO}_x]_{cm} - [\text{NO}]_m (1 + L' [\text{CO}_2] + M' [\text{H}_2\text{O}])).$$

3.4 Уравнение определения содержания воды в пробе

Концентрация воды в пробе

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{([n/2m] + h_{\text{vol}}[P_0/m]) ([\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}])}{1 + T(P_0/m)} - (y/2x) [\text{HC}],$$

где

$$P_0/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1 + h_{\text{vol}} - [TZ/2])}$$

и

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - ([2/x] - [y/2x]) [\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]}$$

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 (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 (5А), (6А) и т. д., которые приемлемы для конкретной измерительной системы.

4.3 Подходящие простые машинные программы с двумерным массивом для решения уравнений широко распространены, они удобны и гибки в использовании для указанных целей и позволяют легко вводить и определять любые методы высушивания проб, поправки на 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 $\pm 0,5$ °C в точке, расположенной от входного сечения воздухозаборника двигателя в пределах одного его диаметра;
- 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 Н/С топлива: определяется отношением n/m , где $C_m H_n$ – 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 $\pm 0,5$ %;
 - 3) расход воздуха в газогенераторе: определяется с точностью ± 2 % на основе тарировки характеристик двигателя.

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

ДОБАВЛЕНИЕ 6. ПОРЯДОК ДЕМОНСТРАЦИИ СООТВЕТСТВИЯ ПО ЭМИССИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ И ДЫМУ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 При соблюдении нормативных уровней, указанных в пп. 2.2, 2.3, 3.2 и 3.3 части III, 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) по крайней мере проводится 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 соответственно в п. 2.4 или 3.4 части III;
- 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 соответственно в п. 7 добавления 3 и п. 7 добавления 5.

2. ПОРЯДОК ДЕМОНСТРАЦИИ СООТВЕТСТВИЯ

Сертифицирующий полномочный орган выдает сертификат о соответствии нормам, если среднее значение измеренных и скорректированных величин (относительно исходного стандартного двигателя и исходных атмосферных условий) для всех опробованных двигателей при переводе в характерный уровень с использованием соответствующего коэффициента, определенного, как указано ниже в таблице, числом опробованных двигателей (i), не превышает предельного нормативного уровня.

Примечание. Как указано в таблице А6-1, характерный уровень числа дымности или газообразной эмиссии является средним значением величин, полученных при опробовании всех двигателей, а в отношении только газообразной эмиссии – соответственно скорректированным относительно исходного стандартного двигателя и исходных атмосферных условий значением, разделенным на коэффициент, соответствующий числу опробованных двигателей.

Таблица А6-1. Характерный уровень числа дымности или газообразной эмиссии

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	$1 - 0,130 59$ \sqrt{i}	$1 - 0,247 24$ \sqrt{i}	$1 - 0,096 78$ \sqrt{i}	$1 - 0,157 36$ \sqrt{i}

3. ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ В СЛУЧАЕ НЕСООТВЕТСТВИЯ

Примечание. Если сертификационное испытание окончилось неудачей, это не обязательно означает, что данный тип двигателя не отвечает требованиям, а скорее то, что уровень достоверности, определенный сертифицирующему органу при установлении соответствия, недостаточно высок, т. е. менее чем 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 его 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 опять говорят о неудаче, то изготовителю разрешается выбрать один или большее количество двигателей с целью их модификации. После этого результаты проведенных испытаний выбранного(ых) двигателя(ей) 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 до модификации".

3.3 После этого двигатель(и) может (могут) быть модифицирован(ы) и затем проводится по крайней мере три испытания модифицированного(ых) двигателя(ей), 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.

– КОНЕЦ –

