



---

**Европейская экономическая комиссия****Комитет по внутреннему транспорту****Всемирный форум для согласования правил  
в области транспортных средств****Рабочая группа по проблемам энергии  
и загрязнения окружающей среды****Восемьдесят третья сессия**

Женева, 1–4 июня 2021 года

Пункт 7 предварительной повестки дня

**Программа измерения уровня выбросов  
взвешенных частиц (ПИЧ)****Предложение по новой Сводной резолюции,  
касающейся измерения количества сверхмалых частиц  
в отработавших газах двигателей большой мощности****Представлено Неофициальной рабочей группой по программе  
измерения выбросов взвешенных частиц (ПИЧ)\***

Воспроизведенный ниже текст был подготовлен Неофициальной рабочей группой по программе измерения уровня выбросов взвешенных частиц (ПИЧ). Он содержит предложение по новой Сводной резолюции (СР. [X]), касающейся процедуры испытания для измерения количества сверхмалых частиц в отработавших газах двигателей большой мощности. Этот текст представляется Рабочей группе по проблемам энергии и загрязнения окружающей среды для рассмотрения на ее восемьдесят третьей сессии. В части II этой Сводной резолюции изменения к тексту приложения 4 и добавления 8 к приложению 4 к поправкам серии 07 к Правилам № 49 ООН выделены жирным шрифтом в случае новых положений и зачеркиванием в случае исключенных элементов.

---

\* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2021 год, изложенной в предлагаемом бюджете по программам на 2021 год (A/75/6 (разд. 20), п. 20.51), Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила ООН в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



**Предложение по Сводной резолюции,  
касающейся измерения количества сверхмалых частиц  
в отработавших газах двигателей большой мощности**

Содержание

	<i>Стр.</i>
I. Изложение технических соображений и обоснование .....	3
A. Введение .....	3
B. Справочная информация процедурного характера .....	4
C. Существующие правила и стандарты .....	5
D. Технические соображения и обоснование .....	5
E. Техническая осуществимость, ожидаемые затраты и выгоды .....	9
F. Применение настоящей Сводной резолюции .....	9
II. Изменения к поправкам серии 07 к Правилам № 49 ООН с поправками .....	11
1. Приложение 4 — Процедура испытания .....	11
2. Приложение 4 — Добавление 8 — Оборудование для измерения количества частиц в выбросах .....	108

## I. Изложение технических соображений и обоснование

### A. Введение

1. С момента учреждения Неофициальной рабочей группы (НРГ) по программе измерения уровня выбросов взвешенных частиц (ПИЧ) ее деятельности была сосредоточена на разработке альтернативного показателя с большей чувствительностью по сравнению с существующей системой измерения массы взвешенных частиц (ВЧ) для двигателей/транспортных средств большой мощности (БМ) и малой мощности (ММ) (транспортных средств категорий М и N).

2. Этот этап завершился разработкой и принятием метода подсчета количества твердых частиц (КТЧ) (сверхмалых) в рамках Правил № 83 ООН (выбросы транспортными средствами категорий M<sub>1</sub> и N<sub>1</sub>) и Правил № 49 ООН (выбросы двигателями с воспламенением от сжатия и двигателями с принудительным зажиганием (двигателями, работающими на СНГ и СПГ)) наряду с усовершенствованием процедуры измерения для ВЧ в контексте Правил № 83 ООН. Первоначально протокол КТЧ был применен к дизельным двигателям/транспортным средствам только в поправках серии 06 к Правилам № 83 ООН и в поправках серии 06 к Правилам № 49 ООН, а затем был расширен для охвата транспортных средств, оснащенных двигателями прямого впрыскивания с искровым зажиганием, в рамках поправок серии 06 к Правилам № 83 ООН.

3. В 2013 году Европейский союз (ЕС) и Швейцария запросили проведения дальнейших исследований для измерения количества твердых частиц в выбросах двигателями с искровым зажиганием в зависимости от размеров частиц и интенсивности эксплуатации. В соответствии с этим запросом НРГ по ПИЧ провела мониторинг выбросов твердых частиц при использовании самых разнообразных технологий в двигателях ММ. Основное внимание было сосредоточено главным образом на различии между количеством выбросов, измеряемым при помощи существующей методики ПИЧ (50-процентная эффективность подсчета (d<sub>50</sub>) частиц размером около 23 нм) и при помощи систем с показателем ниже d<sub>50</sub>. Было установлено, что доля частиц, которые выбрасываются находящимися под мониторингом двигателями и не улавливаются/не учитываются в соответствии с существующей методикой ПИЧ, крайне нестабильна и зависит от применяемой в двигателе технологии, а также от учитываемого показателя эффективности d<sub>50</sub>. Установленная в законодательном порядке по принципу d<sub>50</sub>=23 нм (КТЧ23) методика, по всей видимости, приемлема в контексте нынешних технологий, используемых в двигателях, в отношении которых применяется предел КТЧ (т. е. в дизельных двигателях и бензиновых двигателях с непосредственным впрыском топлива), так как источники с высоким объемом выбросов все же были четко выявлены. Вместе с тем имеются веские данные, свидетельствующие о том, что применение конкретных технологий, например двигателей с многоточечной системой впрыска топлива (МСВП) и двигателей, работающих на КПП, в ряде случаев может быть сопряжено с выбросами твердых частиц, приближающимися по уровню к существующим предельным нормам выбросов, причем весьма значительную долю составляют частицы диаметром до 23 нм и даже менее 10 нм.

4. С учетом возможного распространения предельного значения количества частиц на все двигатели внутреннего сгорания Европейская комиссия и другие Договаривающиеся стороны выразили заинтересованность в наличии процедуры испытания, предусматривающей меньший отсекаемый диаметр частиц, с целью улучшения контроля за выбросами твердых частиц независимо от их среднего размера. НРГ по ПИЧ пришла к выводу, что задача разработки надежной методики подсчета частиц с d<sub>50</sub> менее 10 нм будет крайне сложной, между тем как в случае отсекаемого диаметра 50 % около 10 нм (КТЧ10) она вполне достижима за счет надлежащей адаптации существующей методики.

5. НРГ по ПИЧ определила необходимые изменения, которые позволили бы расширить размерный диапазон подсчитываемых частиц при сохранении

соответствующего уровня повторяемости/воспроизводимости и в то же время свести к минимуму общую испытательную нагрузку и потребности в измерительном оборудовании. Оценка предлагаемой новой процедуры была проведена в рамках межлабораторного сопоставления с участием ряда европейских и азиатских лабораторий. Как показала эта проверка, вариативность результатов по КТЧ10 и КТЧ23 находится на одном и том же уровне.

6. Выявленные изменения были представлены GRPE в июне 2020 года в качестве поправки к процедуре измерения КТЧ, предусмотренной в ГТП № 15 ООН для транспортных средств ММ. Поскольку некоторые Договаривающиеся стороны просили сохранить в ГТП № 15 ООН с поправками существующую методику подсчета частиц отсекаемого диаметра на уровне 50 % при 23 нм, было решено по согласованию с секретариатом GRPE не отказываться от существующей методики и включить в качестве дополнительного варианта новую процедуру для частиц отсекаемого диаметра в 10 нм.

7. Затем НРГ по ПИЧ сосредоточила свою деятельность на расширении новой процедуры с использованием сокращенного отсекаемого диаметра на двигателях БМ. В основу решения о таком расширении были положены главным образом веские данные, свидетельствующие о том, что применение двигателей БМ, работающих на СПГ (сжатом природном газе), в ряде случаев может быть сопряжено с выбросами твердых частиц, приближающимися по уровню к существующим предельным нормам выбросов, причем с учетом того, что весьма значительную долю составляют частицы диаметром до 23 нм. По этой причине НРГ по ПИЧ указала изменения к процедуре измерения КТЧ, предусмотренной в Правилах № 49 ООН, которые необходимо внести для уменьшения размера отсекаемого диаметра до 10 нм. Эти изменения в основном совпадают с изменениями, которые уже внесены в ГТП № 15 ООН в отношении транспортных средств ММ.

8. Кроме того, НРГ по ПИЧ произвела оценку дополнительного варианта отбора проб для измерения количества выбрасываемых твердых частиц. Процедура измерения КТЧ, изложенная в Правилах № 49 ООН, допускает отбор проб разбавленных отработавших газов из систем смесительного канала для полного разбавления потока или пропорционального частичного разбавления потока. Для облегчения бремени, связанного с проведением испытаний, некоторые стороны просили предусмотреть в качестве дополнительного варианта отбор проб первичных отработавших газов посредством фиксированного разбавления. Как изменения с целью уменьшения размера отсекаемого диаметра до 10 нм, так и альтернативный метод отбора проб, были подвергнуты оценке при помощи международной программы испытаний, реализованной лабораториями, находящимися в Европе и Азии.

9. Поскольку процедура измерения КТЧ описана только в Правилах № 49 ООН и в ГТП № 4 ООН и с учетом того обстоятельства, что разработка следующего после Евро-VI стандарта в Европе еще продолжается, Европейская комиссия просила не представлять новую процедуру в качестве поправки к Правилам № 49 ООН. Таким образом, любое решение о том, когда и как новая процедура будет включена в соответствующий нормативный акт, будет принято на следующем этапе.

10. В настоящей Сводной резолюции описаны новая процедура измерения КТЧ для двигателей БМ, включая частицы менее 23 нм, а также варианты отбора проб первичных отработавших газов. Таким образом, в новой Резолюции содержится обновленный вариант процедуры измерения КТЧ в случае двигателей БМ для всех Договаривающихся сторон, которые могут быть заинтересованы в ее использовании.

## **В. Справочная информация процедурного характера**

11. На своей восьмидесятой первой сессии в июне 2020 года GRPE одобрила новый КВ НРГ по ПИЧ, в котором поставлена следующая задача: «Внесение неофициального предложения по отбору проб из первичных отработавших газов, выбрасываемых двигателями БМ, для определения КТЧ и по распространению процедуры измерения на частицы менее 23 нм, выбрасываемые двигателями БМ: январь 2021 года».

12. НРГ по ПИЧ разработала указанное выше предложение и представила его GRPE на восемьдесят второй сессии в январе 2021 года в качестве неофициального документа для рассмотрения Договаривающимися сторонами.

13. Сводная резолюция (СР. [X]) предусматривает положения, касающиеся измерения количества частиц в выбросах из двигателей БМ.

### **С. Существующие правила и стандарты**

14. Многие страны мира уже ввели стандарты, касающиеся выбросов частиц из двигателей. С учетом намерения некоторых стран расширить стандарты, касающиеся КТЧ, на все двигатели внутреннего сгорания необходимо изменить процедуру для корректировки размеров отсекаемого диаметра с целью охвата и других вариантов применения, помимо дизельных двигателей.

15. Что касается транспортных средств ММ, то процедура измерения КТЧ описана как в Правилах № 83 ООН, так и в ГТП № 15 ООН. На сессии WP.29 в ноябре 2020 года в ГТП № 15 ООН были внесены поправки [ECE/TRANS/WP.29/2020/128 — (GRPE) — Технический доклад о разработке поправки 6 к Глобальным техническим правилам № 15 ООН (ГТП ООН) (всемирные согласованные процедуры испытания транспортных средств малой грузоподъемности (ВПИМ))]. Эти поправки предусматривают дополнительный вариант для измерения КТЧ с отсекаемым диаметром 10 нм, а также некоторые другие изменения для усовершенствования самой процедуры.

16. Процедура измерения КТЧ для двигателей БМ описана только в Правилах № 49 ООН; она не описана в ГТП № 4 ООН. По этой причине представить новую процедуру в качестве поправки к ГТП № 4 ООН нельзя.

### **Д. Технические соображения и обоснование**

17. В настоящем разделе представлены основные изменения к процедуре, описанной в Правилах № 49 ООН, которые нацелены на введение двух дополнительных вариантов. Первый вариант заключается в измерении КТЧ с отсекаемым диаметром 10 нм, а второй — в обеспечении возможности отбора проб из первичных отработавших газов с использованием фиксированного коэффициента разбавления.

#### **1. Вариант измерения частиц с отсекаемым диаметром 10 нм**

18. Один из наиболее активно обсуждавшихся в рамках НРГ по ПИЧ аспектов касался отделителя летучих частиц, а конкретнее того, должен ли он — для целей подсчета КТЧ10 — предполагать использование каталитической отгонной колонны или же следует допустить также применение типового испарительного патрубка. Результаты межлабораторного сопоставления не позволили получить однозначный ответ на вопрос о том, какой из вариантов лучше. Межлабораторное сопоставление по двигателям большой мощности показало, что возможны случаи, когда эффективность каталитической отгонной колонны при удалении летучих частиц (например, во время регенерации) выше. Обзор методов удаления летучих частиц показал, что каталитическая отгонная колонна эффективнее типового испарительного патрубка, особенно в тех случаях, когда в отработавших газах присутствует серная кислота. По этой причине было решено для подсчета КТЧ10 допустить использование только каталитической отгонной колонны.

19. Вместе с тем для сохранения возможности использования систем отбора проб, предназначенных для определения КТЧ10, также и при измерении КТЧ23 НРГ предложила внести изменения и в существующую процедуру посредством снятия ограничения, согласно которому никакие элементы системы отбора проб не должны вступать в реакцию с компонентами отработавших газов. Тем самым для подсчета КТЧ23 можно использовать систему отбора проб с каталитической отгонной

колонной, оснащенную надлежащим образом откалиброванным счетчиком конденсированных частиц. Как подтверждают некоторые экспериментальные данные, различие в потерях, обусловленных применением каталитической отгонной колонны или же испарительного патрубка, становится актуальным лишь при диаметре частиц менее 23 нм, а поэтому допустимость использования обоих устройств для целей подсчета КТЧ23 не должна приводить к повышению вариативности измерений.

20. В таблице 1 кратко перечислены основные изменения к процедуре, предусмотренной в Правилах № 49 ООН, с учетом положений настоящей Сводной резолюции.

Таблица 1

**Основные изменения по подсчету КТЧ23 и изменения/добавления по подсчету КТЧ10**

Аспект	Приложение 4 к Правилам № 49 ООН, как и в поправках серии 07	Предлагаемые изменения по КТЧ23	Предлагаемые изменения по КТЧ 10	Обоснование
Эффективность PNC	50±12 % частиц диаметром 23 нм >90 % частиц диаметром 41 нм	Отсутствуют	65±15 % частиц диаметром 10 нм, >90 % частиц диаметром 15 нм	Обычная эффективность подсчета счетчиком PNC, апробированная в полевых условиях
Предъявляемое к отделителю VPR требование в отношении максимальных потерь	Диаметром 30 нм — на 30 %, а диаметром 50 нм — на 20 % выше по сравнению с частицами диаметром 100 нм	Отсутствуют	Добавлено Диаметром 15 нм — на 100 % выше по сравнению с частицами диаметром 100 нм	Никаких дополнительных требований при диаметре менее 15 нм, поскольку образование частиц диаметром <15 нм маловероятно; высокая степень неопределенности
Подтверждение соответствия отделителя VPR с использованием полидисперсного аэрозоля	Для целей подтверждения соответствия можно использовать полидисперсный аэрозоль с диаметром частиц 50 нм	Отсутствуют	Исключено	Высокая степень неопределенности в случае частиц диаметром 15 нм или менее → испытание не имеет смысла
Подтверждение соответствия отделителя VPR	Испарение >99,0 % частиц тетраконтана диаметром 30 нм при концентрации на входе ≥10 000 на см <sup>3</sup> (монодисперсные)	Отсутствуют	Эффективность удаления >99,9 % частиц тетраконтана с учетным медианным диаметром >50 нм и массой >1 мг/м <sup>3</sup> . (полидисперсные)	Надежное функционирование отделителя VPR и при эффективности подсчета счетчиком PNC, составляющей 65±15 % частиц диаметром 10 нм, >90 % частиц диаметром 15 нм
Отделитель летучих частиц (VPR)	Никакие части (системы подсчета КТЧ) не должны вступать в реакцию с компонентами отработавших газов	— отделитель VPR может обладать каталитической активностью (допускается использование как подогреваемого испарительного	— отделитель VPR должен обладать каталитической активностью (использование только каталитической отгонной колонны)	Сведение к минимуму риска навешенных помех в случае КТЧ10. Сопоставимость результатов подсчета КТЧ10 и КТЧ23 и возможность использования — также для КТЧ23 — новых

Аспект	Приложение 4 к Правилам № 49 ООН, как и в поправках серии 07	Предлагаемые изменения по КТЧ23	Предлагаемые изменения по КТЧ 10	Обоснование
		патрубка, так и каталитической отгонной колонны)		систем отбора проб в режиме С3 за счет установки счетчика PNC для подсчета d50 при 23 нм

КОК — каталитическая отгонная колонна; PNC — счетчик количества частиц; КТЧ — количество твердых частиц; VPR — отделитель летучих частиц.

## 2. Цель и краткое описание измерений КТЧ непосредственно в выхлопной трубе с использованием варианта фиксированного разбавления

21. Изменения, внесенные в Правила № 49 ООН, нацелены главным образом на обеспечение — в качестве альтернативного варианта — возможности измерения количества твердых частиц (КТЧ) непосредственно в выхлопной трубе с фиксированным разбавлением, помимо допустимых в настоящее время вариантов измерения из системы пропорционального частичного разбавления потока либо смешительного канала полного разбавления.

22. Эта поправка обусловлена потребностью в более простых процедурах, для выполнения которых необходимо меньше места и не требуется использования систем частичного или полного разбавления потока. Правилами, касающимися двигателей большой мощности, допускается отбор проб газообразных загрязнителей и, следовательно, совершенно естественным образом разрешаются измерения КТЧ. Вместе с тем частицы могут быть потеряны или преобразованы в пробоотборных магистралях, поэтому особое внимание следует уделять условиям отбора проб. Опыт измерений КТЧ в выхлопной трубе двигателей малой мощности при помощи переносных систем измерения выбросов из транспортных средств малой и большой мощности позволяет предположить, что измерения КТЧ непосредственно в выхлопной трубе с фиксированным разбавлением оправданы в случае официального утверждения типа двигателей большой мощности. Возможны следующие два подхода: непосредственное горячее разбавление при помощи существующих систем ПИЧ или использование ненагретого предварительного разбавителя, причем в обоих случаях с коэффициентом фиксированного разбавления.

23. Было проведено межлабораторное сопоставление, в ходе которого сравнивалась оптимальная система измерения непосредственно в выхлопной трубе с «горячим» (150 °С) фиксированным разбавлением и регламентированные лабораторные системы. Полученный при помощи оптимальной аппаратуры результат составил 25 % в большинстве случаев, причем в двух лабораториях — до 40 %, по параметрам как >23 нм, так и >10 нм. Воспроизводимость результатов измерений (от 10 % до 40 %) была одинаковой в случае обеих систем и обоих отсекаемых диаметров. При измерении с использованием другой системы в выхлопной трубе с фиксированным «холодным» (при температуре окружающей среды) разбавлением разница в большинстве случаев составила 50 % (в среднем +26 %). Специальные испытания с использованием этой системы показали, что разница одинакова как при фиксированном, так и при пропорциональном разбавлении, а это свидетельствует о том, что речь идет не о завышении оценки, а о калибровке системы.

24. В таблице 2 кратко охарактеризованы основные элементы, добавляемые в контексте нового варианта, заключающегося в измерении КТЧ непосредственно в выхлопной трубе с фиксированным разбавлением. Главными являются технические требования к неразогретому предварительному разбавителю во всех случаях, когда он используется.

Таблица 2

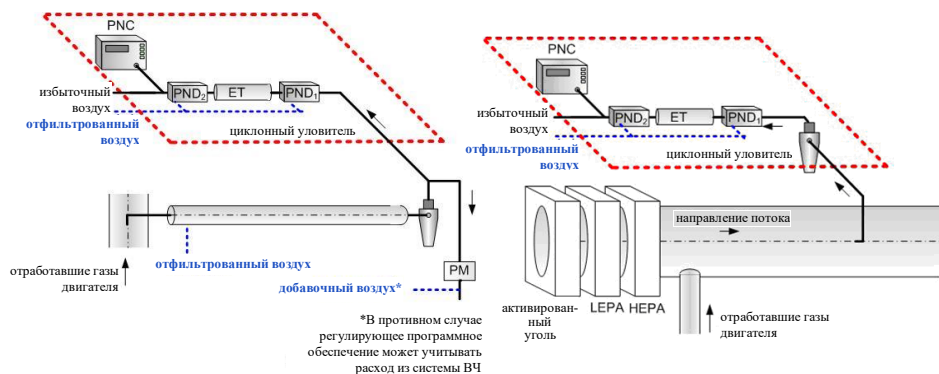
**Основные элементы, добавленные к процедуре, предусмотренной в Правилах № 49 ООН для непосредственного отбора проб с целью подсчета КТЧ**

Аспект	Предлагаемые изменения для непосредственного отбора проб с целью подсчета КТЧ с использованием коэффициента фиксированного разбавления	Обоснование
Предварительный разбавитель	Незагретый или разогретый предварительный разбавитель может устанавливаться в конце зонда для отбора проб частиц и перед РТГ. На этапе холодного или горячего разбавления применяется фиксированный коэффициент разбавления > 5:1. Холодное разбавление определяется в качестве разбавления при помощи (ненагретого) разбавляющего воздуха и/или при температуре разбавления $\geq 20$ °С.	Должно быть приемлемым холодное разбавление по аналогии с пропорциональным частичным разбавлением потока в системе
Потери	Проникновение по каждой модели предварительного разбавителя определяется в соответствии с пунктом А.8.2.2.4. Степень окончательного проникновения по системе (предварительный разбавитель, РТГ и VPR) не должна быть меньше, чем указано в пункте А.8.1.3.3.6, более чем на 20 %. Коэффициенты снижения концентрации частиц по каждому предварительному разбавителю определяются в соответствии с пунктом А.8.2.2.2. В случае комплектной системы (предварительный разбавитель, РТГ и VPR) речь должна идти о не более 10 % для 50 нм, 20 % для 30 нм и 30 % для 15 нм (если это применимо) по сравнению с требованиями, содержащимися в пункте А.8.1.3.3.4.	Необходимо охарактеризовать предварительный разбавитель
Пробоотборная магистраль	В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе время прохождения пробы до предварительного разбавителя или VPR должно составлять $\leq 1$ с. Патрубки должны нагреваться до $\geq 150$ °С, если речь идет о диаметре >10 см; в противном случае они лишь изолируются. Диаметр любых непогреваемых элементов должен составлять <10 см.	Сокращенное время прохождения, подогретая пробоотборная магистраль во избежание образования конденсата и для сведения к минимуму потерь частиц

Примеры различных конфигураций отбора проб для подсчета КТЧ:

Из смесительного канала полного разбавления

Из системы пропорционального частичного разбавления потока







32. Договаривающиеся стороны, желающие принять данную методику измерения КТЧ10, заменят соответствующие разделы поправок серии 07 к Правилам № 49 ООН с поправками текстом части II настоящей Сводной резолюции.

## II. Изменения к поправкам серии 07 к Правилам № 49 ООН с поправками

### Приложение 4

#### Процедура испытания

1. Введение
 

Настоящее приложение основано на всемирно согласованной процедуре сертификации двигателей большой мощности (ВСБМ), предусмотренной глобальными техническими правилами (ГТП № 4).
2. Зарезервирован<sup>1</sup>
3. Определения, обозначения и сокращения
  - 3.1 Определения
 

Для целей настоящих Правил:

    - 3.1.1 «Заявленная максимальная мощность ( $P_{max}$ )» означает максимальную мощность в кВт ЕЭК (полезная мощность), указанную изготовителем в своей заявке на официальное утверждение.
    - 3.1.2 «Время задержки» означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 10 % от конечных показаний ( $t_{10}$ ), причем за исходную точку принимают пробоотборник. В случае газообразных компонентов это время представляет собой время переноса замеряемого компонента от пробоотборника до детектора.
    - 3.1.3 «Дрейф» означает разность между значениями чувствительности контрольно-измерительного прибора к нулю и калибровке после и до проведения испытания на определение уровня выбросов.
    - 3.1.4 «Метод полного разбавления потока» означает процесс смешивания полного потока отработавших газов с разбавителем перед отделением соответствующей фракции потока разбавленных отработавших газов в целях анализа.
    - 3.1.5 «Высокая частота вращения ( $n_{hi}$ )» означает максимальную частоту вращения двигателя, при которой достигается 70 % заявленной максимальной мощности.
    - 3.1.6 «Низкая частота вращения ( $n_{lo}$ )» означает минимальную частоту вращения двигателя, при которой достигается 55 % заявленной максимальной мощности.
    - 3.1.7 «Максимальная мощность ( $P_{max}$ )» означает максимальную мощность в кВт, указанную изготовителем.
    - 3.1.8 «Максимальный крутящий момент» означает частоту вращения двигателя, при которой достигается максимальный крутящий момент двигателя, указанный изготовителем.
    - 3.1.9 «Приведенный крутящий момент» означает значение крутящего момента в процентах, приведенное по имеющемуся значению

<sup>1</sup> Нумерация пунктов в настоящем приложении соответствует нумерации в ГТП, касающихся ВСБМ. Вместе с тем некоторые разделы ГТП, касающиеся ВСБМ, в данном приложении не нужны.

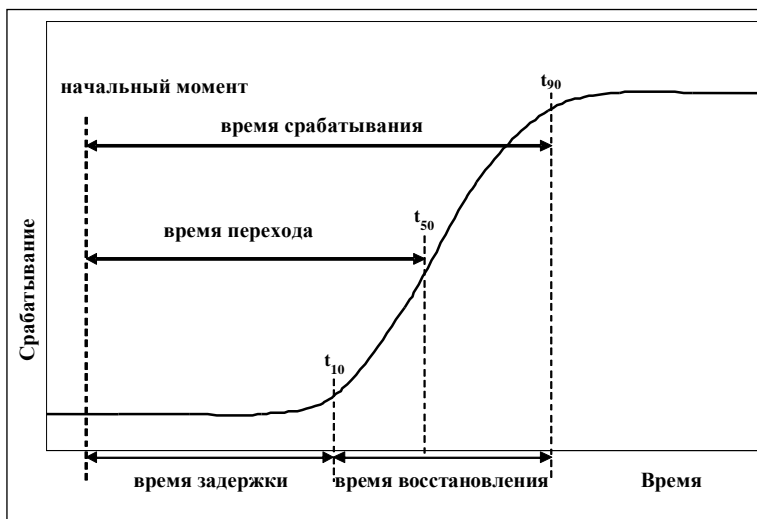
максимального крутящего момента на данной частоте вращения двигателя.

- 3.1.10 «Команда оператора» означает какой-либо входной сигнал со стороны оператора двигателя в целях регулирования мощности двигателя. Оператором может быть какое-либо лицо (сигнал, посылаемый вручную) или какой-либо регулятор (сигнал, посылаемый автоматически), которые передают двигателю механическую или электронную команду на обеспечение определенной мощности. Эта команда может подаваться путем воздействия на педаль акселератора, рычаг дроссельной заслонки, рычаг подачи топлива, рычаг регулятора оборотов или рабочую точку регулятора оборотов или в виде сигнала, подаваемого этими устройствами.
- 3.1.11 «Метод частичного разбавления потока» означает процесс отделения части от полного потока отработавших газов и ее последующее смешивание с соответствующим объемом разбавителя перед фильтром отбора проб взвешенных частиц.
- 3.1.12 «Ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах» означает испытательный цикл, предусматривающий последовательность испытаний двигателя в установившихся режимах при определенных критериях частоты вращения и крутящего момента в каждом режиме и определенные ступени перехода между этими режимами (ВСУЦ).
- 3.1.13 «Номинальная частота вращения» означает максимальную частоту вращения при полной нагрузке, допускаемую регулятором в соответствии со спецификациями изготовителя, указанными в его рекламных и сервисных материалах, или, если такой регулятор отсутствует, частоту вращения, при которой достигается максимальная мощность двигателя, указанная изготовителем в его рекламных или сервисных материалах.
- 3.1.14 «Время срабатывания» означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 90 % от конечных показаний ( $t_{90}$ ) (причем за исходную точку принимают пробоотборник), когда изменение измеряемого компонента составляет не менее 60 % полной шкалы (FS) и происходит менее чем за 0,1 секунды. Время срабатывания системы состоит из времени задержки системы и времени восстановления системы.
- 3.1.15 «Время восстановления» означает разницу во времени в пределах 10–90 % конечных показаний времени срабатывания ( $t_{90}$ – $t_{10}$ ).
- 3.1.16 «Чувствительность к калибровке» означает среднюю чувствительность к поверочному газу в течение 30-секундного отрезка времени.
- 3.1.17 «Удельные выбросы» означают массу выбросов, выраженную в г/кВт·ч.
- 3.1.18 «Испытательный цикл» означает последовательную серию испытательных операций, выполняемых с определенной частотой вращения и определенным крутящим моментом двигателя в установившемся режиме (ВСУЦ) или в переходных режимах работы (ВСПЦ).
- 3.1.19 «Время перехода» означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 50 % от конечных показаний ( $t_{50}$ ), причем за исходную точку принимают пробоотборник. Время перехода используется для синхронизации сигналов различных измерительных приборов.
- 3.1.20 «Цикл испытаний в переходных режимах» означает испытательный цикл в виде последовательности приведенных значений частоты вращения и

крутящего момента, которые изменяются во времени относительно быстро (ВСПЦ).

- 3.1.21 «Чувствительность к нулю» означает среднюю чувствительность к нулевому газу в течение 30-секундного отрезка времени.

Рис. 1  
Определения моментов срабатывания системы



### 3.2 Общие обозначения

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$a_1$	—	Наклон линии регрессии
$a_0$	—	Отрезок, отсекаемый линией регрессии на оси y
$A/F_{st}$	—	Стехиометрическое отношение воздуха к топливу
$c$	млн <sup>-1</sup> /объемн. доля, %	Концентрация
$c_d$	млн <sup>-1</sup> /объемн. доля, %	Концентрация на сухой основе
$c_w$	млн <sup>-1</sup> /объемн. доля, %	Концентрация на влажной основе
$c_b$	млн <sup>-1</sup> /объемн. доля, %	Фоновая концентрация
$C_d$	—	Коэффициент расхода SSV
$c_{gas}$	млн <sup>-1</sup> /объемн. доля, %	Концентрация газообразных компонентов
$\bar{C}_s$	Число частиц на кубический сантиметр	Средняя концентрация частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная на стандартные условия (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в показателях количества частиц на кубический сантиметр

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$C_{s,i}$	Число частиц на кубический сантиметр	Значение, полученное при отдельном измерении концентрации частиц в разбавленных отработавших газах, произведенном с помощью счетчика частиц с поправкой на совпадение и на стандартные условия (273,2 К и 101,33 кПа)
$d$	м	Диаметр
$d_i$		Диаметр электрической мобильности частицы (30, 50 или 100 нм)
$d_v$	м	Диаметр сужения трубки Вентури
$D_0$	м <sup>3</sup> /с	Отрезок, отсекаемый на координатной оси калибровочной функцией PDP
$D$	–	Коэффициент разбавления
$\Delta t$	с	Промежуток времени
$e$		Количество выделенных частиц на кВт·ч
$e_{\text{gas}}$	г/кВт·ч	Удельные выбросы газообразных компонентов
$e_{\text{PM}}$	г/кВт·ч	Удельные выбросы взвешенных частиц
$e_r$	г/кВт·ч	Удельные выбросы в процессе регенерации
$e_w$	г/кВт·ч	Взвешенные удельные выбросы
$E_{\text{CO}_2}$	%	Сбой анализатора NO <sub>x</sub> по CO <sub>2</sub>
$E_E$	%	Эффективность по этану
$E_{\text{H}_2\text{O}}$	%	Сбой анализатора NO <sub>x</sub> по воде
$E_M$	%	Эффективность по метану
$E_{\text{NO}_x}$	%	Эффективность конвертера NO <sub>x</sub>
$f$	Гц	Частота регистрации данных при отборе проб
$f_a$	–	Атмосферный коэффициент испытательной станции
$F_s$	–	Стехиометрический коэффициент
$\overline{f_r}$	–	Средний коэффициент уменьшения концентрации частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении коэффициента разбавления
$H_a$	г/кг	Абсолютная влажность воздуха на впуске
$H_d$	г/кг	Абсолютная влажность разбавителя
$i$	–	Нижний индекс, обозначающий замер мгновенного значения (например, 1 Гц)
$k$	–	Коэффициент калибровки, используемый для корректировки показаний счетчика количества частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества частиц такая функция не предусмотрена. Если же такая функция им предусмотрена, то значение $k$ в вышеуказанном уравнении принимается равным 1
$k_c$	–	Удельный коэффициент углерода
$k_{f,d}$	м <sup>3</sup> /кг топл.	Дополнительный объем сухих выбросов в результате сгорания

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$k_{f,w}$	м <sup>3</sup> /кг топл.	Дополнительный объем влажных выбросов в результате сгорания
$k_{h,D}$	–	Поправочный коэффициент на влажность для NO <sub>x</sub> в случае двигателей с воспламенением от сжатия
$k_{h,G}$	–	Поправочный коэффициент на влажность для NO <sub>x</sub> в случае двигателей с принудительным зажиганием
$k_r$	–	Корректировка на регенерацию в соответствии с пунктом 6.6.2; в том случае если двигатели не оснащены системой последующей обработки выбросов без периодической регенерации, то $k_r = 1$
$k_{r,d}$	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Понижительный корректировочный коэффициент регенерации</li> </ul>
$k_{r,u}$	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>Повышательный корректировочный коэффициент регенерации</li> </ul>
$k_{w,a}$	–	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для воздуха на впуске
$k_{w,d}$	–	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для разбавителя
$k_{w,e}$	–	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для разбавленных отработавших газов
$k_{w,r}$	–	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для первичных отработавших газов
$K_V$	–	Калибровочная функция CFV
$\lambda$	–	Коэффициент избытка воздуха
$m_b$	мг	Уловленная масса проб взвешенных частиц в разбавителе
$m_d$	кг	Масса пробы разбавителя, прошедшего через фильтры для отбора проб взвешенных частиц
$m_{ed}$	кг	Суммарная масса разбавленных отработавших газов за цикл
$m_{edf}$	кг	Масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за испытательный цикл
$m_{ew}$	кг	Суммарная масса отработавших газов за цикл
$m_{ex}$	кг	Общая масса разбавленных отработавших газов, отобранных из смесительного канала с целью измерения количества частиц в отобранной пробе
$m_f$	мг	Масса фильтра для отбора проб взвешенных частиц
$m_{gas}$	г	Масса газообразных выбросов за испытательный цикл
$m_p$	мг	Уловленная масса проб взвешенных частиц
$m_{PM}$	г	Масса выбросов взвешенных частиц за испытательный цикл

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$m_{PM,corr}$	г/испытание	Масса взвешенных частиц, скорректированная по количеству частиц в отобранном потоке пробы
$m_{se}$	кг	Масса проб отработавших газов за испытательный цикл
$m_{sed}$	кг	Масса разбавленных отработавших газов, прошедших через смесительный канал
$m_{sep}$	кг	Масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для отбора взвешенных частиц
$m_{ssd}$	кг	Масса вторичного разбавителя
$M$	Нм	Крутящий момент
$M_a$	г/моль	Молярная масса воздуха на впуске
$M_d$	г/моль	Молярная масса разбавителя
$M_e$	г/моль	Молярная масса отработавших газов
$M_f$	Нм	Крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование, которое надлежит установить
$M_{gas}$	г/моль	Молярная масса газообразных компонентов
$M_g$	Нм	Крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование, которое надлежит демонтировать
$N$	–	Количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла
$n$	–	Число замеров
$n_r$	–	Число замеров с регенерацией
$n$	мин <sup>-1</sup>	Частота вращения двигателя
$n_{hi}$	мин <sup>-1</sup>	Высокая частота вращения двигателя
$n_{lo}$	мин <sup>-1</sup>	Низкая частота вращения двигателя
$n_{pref}$	мин <sup>-1</sup>	Предпочтительная частота вращения двигателя
$n_p$	об/с	Частота вращения насоса PDP
$N_{cold}$	–	Общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском холодного двигателя
$N_{hot}$	–	Общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии
$N_{in}$	–	Количественная концентрация частиц на входе
$N_{out}$	–	Количественная концентрация частиц на выходе
$p_a$	кПа	Давление насыщенных паров на впуске воздуха в двигатель
$p_b$	кПа	Общее атмосферное давление
$p_d$	кПа	Давление насыщенных паров разбавителя
$p_p$	кПа	Абсолютное давление
$p_r$	кПа	Давление водяных паров после охлаждающей ванны
$p_s$	кПа	Сухое атмосферное давление
$P$	кВт	Мощность



<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$P_t$	кВт	Мощность, потребленная вспомогательным оборудованием/устройствами, которые надлежит установить
$P_r$	кВт	Мощность, потребленная вспомогательным оборудованием/устройствами, которые надлежит демонтировать
$q_{ex}$	кг/с	Количество частиц в массовом расходе потока пробы
$q_{mad}$	кг/с	Массовый расход воздуха на выпуске в сухом состоянии
$q_{maw}$	кг/с	Массовый расход воздуха на выпуске во влажном состоянии
$q_{mCe}$	кг/с	Массовый расход углерода в первичных отработавших газах
$q_{mCf}$	кг/с	Массовый расход углерода в двигателе
$q_{mCp}$	кг/с	Массовый расход углерода в системе частичного разбавления потока
$q_{mdew}$	кг/с	Массовый расход разбавленных отработавших газов на влажной основе
$q_{mdw}$	кг/с	Массовый расход разбавителя на влажной основе
$q_{medf}$	кг/с	Эквивалентный массовый расход разбавленных отработавших газов на влажной основе
$q_{mew}$	кг/с	Массовый расход отработавших газов на влажной основе
$q_{mex}$	кг/с	Массовый расход пробы, прошедшей через смесительный канал
$q_{mf}$	кг/с	Массовый расход топлива
$q_{mp}$	кг/с	Расход пробы отработавших газов, поступающих в систему частичного разбавления потока
$q_{sw}$	кг/с	Массовый расход потока, возвращаемый в туннель для разбавления с целью корректировки по количеству частиц в отобранной пробе
$q_{vCVS}$	м <sup>3</sup> /с	Объемный показатель CVS
$q_{vs}$	дм <sup>3</sup> /мин	Расход системы анализатора отработавших газов
$q_{vt}$	см <sup>3</sup> /мин	Расход индикаторного газа
$r^2$	–	Коэффициент смешанной корреляции
$r_d$	–	Коэффициент разбавления
$r_D$	–	Соотношение диаметров SSV
$r_h$	–	Коэффициент чувствительности FID к углеводородам
$r_m$	–	Коэффициент чувствительности FID к метанолу
$r_p$	–	Соотношение давлений SSV
$r_s$	–	Средний показатель отбора проб
$s$	–	Среднеквадратичное отклонение
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность
$\rho_e$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность отработавших газов
$\sigma$	–	Стандартное отклонение

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$T$	К	Абсолютная температура
$T_a$	К	Абсолютная температура воздуха на впуске
$t$	с	Время
$t_{10}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 10 % от конечных показаний
$t_{50}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 50 % от конечных показаний
$t_{90}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 90 % от конечных показаний
$u$	—	Отношение плотности (или молярной массы) газообразного компонента к плотности (или молярной массе) отработавших газов, разделенное на 1000
$V_0$	м <sup>3</sup> /об	Объем газа, нагнетаемого за один оборот вала PDP
$V_s$	дм <sup>3</sup>	Объем системы анализатора отработавших газов
$W_{act}$	кВт·ч	Фактическая работа за испытательный цикл
$W_{act, cold}$	кВт·ч	Фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском холодного двигателя в соответствии с пунктом 7.8.6
$W_{act, hot}$	кВт·ч	Фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии в соответствии с пунктом 7.8.6
$W_{ref}$	кВт·ч	Исходная работа за испытательный цикл
$X_0$	м <sup>3</sup> /об	Калибровочная функция PDP

### 3.3 Обозначения и сокращения состава топлива

$w_{ALF}$	содержание водорода в топливе в % от массы
$w_{BET}$	содержание углерода в топливе в % от массы
$w_{GAM}$	содержание серы в топливе в % от массы
$w_{DEL}$	содержание азота в топливе в % от массы
$w_{EPS}$	содержание кислорода в топливе в % от массы
$\alpha$	молярная доля водорода (H/C)
$\gamma$	молярная доля серы (S/C)
$\delta$	молярная доля азота (N/C)
$\varepsilon$	молярная доля кислорода (O/C)

по отношению к топливу  $CH_aO_cN_\delta S_\gamma$

### 3.4 Обозначения и сокращения химических компонентов

C1	Углеводороды, эквивалентные углероду 1
CH <sub>4</sub>	Метан
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Этан

C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Пропан
CO	Моноксид углерода
CO <sub>2</sub>	Диоксид углерода
DOP	Диоктилфталат
HC	Углеводороды
H <sub>2</sub> O	Вода
NMHC	Углеводороды, не содержащие метан
NO <sub>x</sub>	Оксиды азота
NO	Оксид азота
NO <sub>2</sub>	Диоксид азота
PM	Взвешенные частицы (ВЧ)
<b>SPN</b>	<b>Количество твердых частиц (КТЧ)</b>

### 3.5 Сокращения

CFV	Трубка Вентури с критическим расходом
CLD	Хемилюминесцентный детектор
CVS	Отбор проб при постоянном объеме
deNO <sub>x</sub>	Система последующей обработки NO <sub>x</sub>
EGR	Рециркуляция отработавших газов (РОГ)
ET	Испарительный патрубок
FID	Плазменно-ионизационный детектор
FTIR	Инфракрасный анализатор Фурье
GC	Газовый хроматограф
HCLD	Нагреваемый хемилюминесцентный детектор
HFID	Нагреваемый плазменно-ионизационный детектор
LDS	Диодно-лазерный спектрометр
LPG	Сжиженный нефтяной газ (СНГ)
NDIR	Недисперсионный инфракрасный анализатор
NG	Природный газ (ПГ)
NMC	Отделитель неметановых фракций
OT	Выпускной патрубок
PDP	Насос с объемным регулированием
% FS	Процент полной шкалы
PCF	Предварительный сепаратор частиц
PFS	Система частичного потока
PNC	Счетчик количества частиц
PND	Разбавитель частиц
PTS	Система отвода частиц
PTT	Отводящий патрубок частиц
SSV	Трубка Вентури для дозвуковых потоков

VGT	Турбина с изменяемой геометрией
VPR	Предварительный сепаратор частиц
WHSC	Всемирно согласованный устойчивый цикл
WHTC	Всемирно согласованный переходной цикл

#### 4. Общие требования

Система двигателя должна быть сконструирована, изготовлена и смонтирована таким образом, чтобы в условиях нормальной эксплуатации двигатель соответствовал положениям настоящего приложения в ходе всего срока службы, как он определен в настоящих Правилах.

#### 5. Требования к эксплуатационным показателям

##### 5.1 Выбросы загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц

Выбросы загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц двигателем определяют на основе испытательных циклов ВСПЦ и ВСУЦ, описанных в пункте 7. Системы измерения должны удовлетворять требованиям линейности, изложенным в пункте 9.2, и спецификациям пункта 9.3 (замеры газообразных выбросов), пункта 9.4 (замеры взвешенных частиц) и добавления 2 к настоящему приложению.

Орган по официальному утверждению типа может разрешить использование других систем или анализаторов, если будет установлено, что они обеспечивают эквивалентные результаты в соответствии с пунктом 5.1.1.

##### 5.1.1 Эквивалентность

Эквивалентность системы определяется на основе корреляционного анализа параметров рассматриваемой системы и одной из систем, указанных в настоящем приложении, с использованием семи (или более) пар проб.

«Результаты» означают взвешенные значения выбросов в ходе конкретного цикла. Испытание на предмет корреляционного анализа должно проводиться на одной и той же испытательной станции, в одном и том же испытательном боксе, на одном и том же двигателе и предпочтительно в одно и то же время. Эквивалентность средних значений отдельных пар проб определяют с помощью статистических критериев F и t по процедуре, описанной в пункте A.3.3 добавления 3, значения которых получены в испытательном боксе станции при характеристиках двигателя, описанных выше. Резко отклоняющиеся значения определяют в соответствии с ISO 5725 и из базы данных исключают. Используемые системы корреляции результатов испытания подлежат утверждению органом по официальному утверждению типа.

#### 5.2 Семейство двигателей

##### 5.2.1 Общие положения

Семейство двигателей характеризуется соответствующими конструктивными параметрами. Они должны быть общими для всех двигателей, входящих в данное семейство. Изготовитель двигателя может устанавливать, какие двигатели относятся к тому или иному семейству двигателей, на основе соблюдения критериев принадлежности к данной категории, перечисленных в пункте 5.2.3. Семейство двигателей подлежит утверждению органом по официальному утверждению типа. Изготовитель должен представить органу по официальному утверждению типа соответствующую информацию, касающуюся уровней выбросов двигателями, относящимися к данному семейству.

- 5.2.2 Особые случаи
- В некоторых случаях между параметрами может существовать определенная взаимосвязь. Этот момент следует учитывать с целью обеспечивать включение в одно и то же семейство только двигателей с аналогичными характеристиками, в том что касается выбросов отработавших газов. Такие случаи определяются изготовителем и доводятся до сведения органа по официальному утверждению типа. После этого они принимаются во внимание в качестве одного из критериев формирования нового семейства двигателей.
- В случае устройств или особенностей, которые не перечислены в пункте 5.2.3 и которые оказывают существенное влияние на уровень выбросов, это оборудование определяется изготовителем на основе проверенной инженерно-технической практики, и соответствующая информация доводится до сведения органа по официальному утверждению типа. После этого они принимаются во внимание в качестве одного из критериев формирования нового семейства двигателей.
- В дополнение к параметрам, перечисленным в пункте 5.2.3, изготовитель может вводить дополнительные критерии определения семейств, более ограниченных по размеру. Эти параметры необязательно являются параметрами, которые оказывают влияние на уровень выбросов.
- 5.2.3 Параметры, определяющие семейство двигателей
- 5.2.3.1 Рабочий цикл:
- 2-тактный цикл;
  - 4-тактный цикл;
  - роторный двигатель;
  - прочие.
- 5.2.3.2 Конфигурация цилиндров
- 5.2.3.2.1 Расположение цилиндров в блоке:
- V-образное;
  - в ряд;
  - радиальное;
  - прочие (по типу свободно-поршневого, W-образное и т. д.).
- 5.2.3.2.2 Относительное расположение цилиндров
- Двигатели с одним и тем же блоком могут принадлежать к одному и тому же семейству при условии одинакового межцентрового расстояния между цилиндрами.
- 5.2.3.3 Основная охлаждающая субстанция:
- воздух;
  - вода;
  - масло.
- 5.2.3.4 Рабочий объем отдельного цилиндра
- 5.2.3.4.1 Двигатель с рабочим объемом единичного цилиндра  $\geq 0,75 \text{ дм}^3$
- Для того чтобы двигатели с объемом единичного цилиндра  $\geq 0,75 \text{ дм}^3$  можно было рассматривать на предмет включения в одно и то же семейство двигателей, разброс значений рабочего объема отдельных

- цилиндров не должен превышать 15 % от наибольшего значения объема отдельного цилиндра в пределах данного семейства.
- 5.2.3.4.2 Двигатель с рабочим объемом единичного цилиндра  $<0,75 \text{ дм}^3$   
Для того чтобы двигатели с объемом единичного цилиндра  $<0,75 \text{ дм}^3$  можно было рассматривать на предмет включения в одно и то же семейство двигателей, разброс значений рабочего объема отдельных цилиндров не должен превышать 30 % от наибольшего значения объема отдельного цилиндра в пределах данного семейства.
- 5.2.3.4.3 Двигатель с иными предельными значениями рабочего объема единичного цилиндра  
Двигатели с рабочим объемом отдельного цилиндра, который превышает предельные значения, указанные в пунктах 5.2.3.4.1 и 5.2.3.4.2, могут рассматриваться на предмет включения в одно и то же семейство при условии согласия на это органа по официальному утверждению типа. Официальное утверждение производится на основе технических элементов (расчетов, моделирования, экспериментальных результатов и т. д.), подтверждающих, что превышение предельных значений не оказывает существенного влияния на выбросы отработавших газов.
- 5.2.3.5 Метод всасывания воздуха:
- без наддува;
  - с наддувом;
  - с наддувом и охладителем нагнетаемого воздуха.
- 5.2.3.6 Тип топлива:
- дизельное;
  - природный газ (ПГ);
  - сжиженный нефтяной газ (СНГ);
  - этанол.
- 5.2.3.7 Тип камеры сгорания:
- открытая;
  - разделенная;
  - иные типы.
- 5.2.3.8 Тип зажигания:
- принудительное зажигание;
  - воспламенение от сжатия.
- 5.2.3.9 Клапаны и гнезда клапанов:
- конфигурация;
  - число клапанов на один цилиндр.
- 5.2.3.10 Тип подачи топлива:
- тип подачи жидкого топлива:
    - насос и магистраль (высокого давления) и форсунка;
    - рядный или распределительный насос;
    - отдельный насос или насос-форсунка;
    - общий нагнетательный трубопровод;
    - карбюратор(ы);

- vi) прочее.
  - b) Тип подачи газового топлива:
    - i) газообразное;
    - ii) жидкое;
    - iii) через смесительный блок;
    - iv) прочее.
  - c) Другие типы.
- 5.2.3.11 Различные устройства:
- a) рециркуляция отработавших газов (РОГ);
  - b) впрыск воды;
  - c) нагнетание воздуха;
  - d) прочее.
- 5.2.3.12 Метод электронного управления
- Наличие или отсутствие электронного управляющего блока (ЭУБ) на двигателе рассматривается в качестве одного из основных параметров семейства.
- В случае двигателей, оснащенных системой электронного регулирования, изготовитель представляет технические элементы с разъяснением принципов объединения этих двигателей в одно и то же семейство, т. е. причин, по которым эти двигатели должны, как ожидается, удовлетворять одинаковым требованиям в отношении выбросов отработавших газов.
- К таким элементам могут относиться расчеты, моделирование, оценки, описание параметров впрыска, результаты экспериментов и т. д.
- Примеры регулируемых функций:
- a) момент впрыска;
  - b) давление впрыска;
  - c) многоточечный впрыск;
  - d) давление наддува;
  - e) турбина с изменяемой геометрией;
  - f) рециркуляция отработавших газов.
- 5.2.3.13 Системы последующей обработки отработавших газов
- В качестве критериев включения двигателей в соответствующее семейство рассматриваются функции и сочетание следующих устройств:
- a) окислительный каталитический нейтрализатор;
  - b) трехкомпонентный каталитический нейтрализатор;
  - c) система deNO<sub>x</sub> с селективным снижением уровня NO<sub>x</sub> (добавка реагента-восстановителя);
  - d) прочие системы deNO<sub>x</sub>;
  - e) уловитель взвешенных частиц с пассивной регенерацией;
  - f) уловитель взвешенных частиц с активной регенерацией;
  - g) прочие уловители взвешенных частиц;
  - h) прочие устройства.

Если двигатель сертифицирован без системы последующей обработки — либо в качестве базового двигателя, либо в качестве двигателя, относящегося к данному семейству, — то тогда этот двигатель, в случае его оснащения окислительным каталитическим нейтрализатором, может быть включен в то же семейство двигателей, если это не требует изменения характеристик топлива.

Если же это требует использования топлива с конкретными характеристиками (например, при наличии уловителя взвешенных частиц, когда для обеспечения процесса регенерации необходимы специальные добавки в топливо), то решение включить его в одно и то же семейство принимается на основе технических элементов, представляемых изготовителем. Эти элементы должны указывать, что ожидаемый уровень выбросов отработавших газов двигателем, оснащенный таким образом, соответствует тем же предельным величинам, что и в случае неоснащенного двигателя.

Если двигатель сертифицирован с системой последующей обработки — либо в качестве базового двигателя, либо в качестве двигателя, включенного в соответствующее семейство, в случае которого базовый двигатель оснащен той же системой последующей обработки, — то тогда этот двигатель, если он не оснащен системой последующей обработки, не должен включаться в то же самое семейство.

#### 5.2.4 Выбор базового двигателя

##### 5.2.4.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

После того как орган по официальному утверждению типа подтверждает семейство двигателей, выбирается базовый двигатель данного семейства с использованием первичного критерия, каковым является наибольшая подача топлива за один такт при заявленной частоте вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту. Если же этому первичному критерию отвечают два или более двигателей, то базовый двигатель выбирается с использованием вторичного критерия, каковым является наибольшая подача топлива за один такт при номинальной частоте вращения.

##### 5.2.4.2 Двигатели с принудительным зажиганием

После того как орган по официальному утверждению типа подтверждает семейство двигателей, выбирается базовый двигатель данного семейства с использованием первичного критерия, каковым является наибольший рабочий объем цилиндров. Если же этому первичному критерию отвечают два или более двигателей, то базовый двигатель выбирается с использованием вторичного критерия в следующем порядке приоритетности:

- a) наибольшая подача топлива за один такт при частоте вращения, соответствующей заявленной номинальной мощности;
- b) наибольший угол опережения зажигания;
- c) наименьшая степень РОГ.

##### 5.2.4.3 Замечания относительно выбора базового двигателя

Орган по официальному утверждению типа может прийти к выводу о том, что наименее благоприятный случай выбросов загрязняющих веществ двигателями данного семейства может быть наилучшим образом определен путем испытания дополнительных двигателей. В этом случае изготовитель двигателя представляет соответствующую информацию для выявления тех двигателей семейства, для которых может быть характерен наиболее высокий уровень выбросов.



Если у двигателей данного семейства имеются другие особенности, которые, как считается, могут влиять на выбросы отработавших газов, то эти особенности также должны быть определены и учтены при выборе базового двигателя.

Если двигатели, относящиеся к данному семейству, имеют одни и те же значения выбросов в течение различных сроков службы, то при выборе базового двигателя этот момент необходимо принимать во внимание.

6. Условия проведения испытаний

6.1 Условия проведения испытаний на испытательной станции

Измеряют абсолютную температуру ( $T_a$ ) нагнетаемого в двигатель воздуха, выраженную в градусах Кельвина, и сухое атмосферное давление ( $p_s$ ), выраженное в кПа, и определяют параметр  $f_a$  в соответствии с нижеследующими положениями. В многоцилиндровых двигателях, оснащенных отдельными группами впускных коллекторов, например в случае V-образных двигателей, измеряют среднюю температуру в каждой группе. Параметр  $f_a$  указывают в протоколе испытаний. Для обеспечения лучшей повторяемости и воспроизводимости результатов испытаний рекомендуется, чтобы параметр  $f_a$  находился в следующих пределах:  $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ .

a) Двигатели с воспламенением от сжатия:

Двигатели без наддува и с механическим наддувом:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (1)$$

Двигатели с турбонаддувом (с охлаждением нагнетаемого воздуха или без охлаждения):

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (2)$$

b) Двигатели с принудительным зажиганием:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6} \quad (3)$$

6.2 Двигатели с охлаждением воздушного заряда

Регистрируют температуру воздушного заряда, которая при номинальной частоте вращения и полной нагрузке должна составлять  $\pm 5$  K от максимальной температуры впускного воздуха, указанной изготовителем. Температура охлаждающей субстанции должна быть не менее 293 K (20 °C).

Если используется система испытательной станции или внешний вентилятор, то расход охлаждающей субстанции должен быть таким, чтобы обеспечивалась температура нагнетаемого заряда  $\pm 5$  K от максимальной температуры нагнетаемого воздуха, указанной изготовителем для номинальной частоты вращения и полной нагрузки. Температура охлаждающей субстанции и ее расход в воздухоохладителе в указанной выше точке не должны изменяться в течение всего цикла испытаний, если только это не приводит к нерепрезентативному переохлаждению воздушного заряда. Объем нагнетаемого воздуха в целях охлаждения определяют на основе проверенной инженерно-технической практики. Он должен быть репрезентативным для установки, используемой в производственном процессе изготовления

двигателя. Система испытательной станции должна быть сконструирована таким образом, чтобы сводилось к минимуму скопление конденсата. До проведения испытаний на выбросы любой скопившийся конденсат следует удалить, и все дренажные каналы следует герметично закрыть.

Если изготовитель двигателя указывает соответствующие пределы падения давления в системе охлаждения воздушного заряда, то необходимо обеспечить, чтобы величины падения давления в системе охлаждения воздушного заряда при указанных изготовителем условиях работы двигателя не выходили за пределы указанного(ых) изготовителем значения(й). Величину падения давления измеряют в указанных изготовителем местах.

### 6.3 Мощность двигателя

Конкретные измерения выбросов проводят с учетом мощности двигателя и работы за цикл, которые определяются в соответствии с пунктами 6.3.1–6.3.5.

#### 6.3.1 Общая установка двигателя

Двигатель должен испытываться вместе со вспомогательным оборудованием/устройствами, перечисленными в добавлении 6.

Если вспомогательное оборудование/устройства установлены в соответствии с существующими требованиями, то их мощность учитывается согласно пунктам 6.3.2–6.3.5.

#### 6.3.2 Вспомогательное оборудование/устройства, подлежащие установке для проведения испытания на выбросы

Если установка вспомогательного оборудования/устройств, требуемых согласно добавлению 6, на испытательном стенде представляется нецелесообразной, то потребляемую ими мощность определяют и вычитают из мощности двигателя (исходной и фактической), измеряемой во всем диапазоне частоты вращения двигателя в режиме ВСПЦ и испытательной частоты вращения в режиме ВСУЦ.

#### 6.3.3 Вспомогательное оборудование/устройства, демонтируемые на время проведения испытания

В тех случаях, когда нельзя демонтировать вспомогательное оборудование/устройства, которые не требуются в соответствии с добавлением 6 к настоящему приложению, потребляемую ими мощность можно определять и прибавлять к мощности двигателя (исходной и фактической), измеряемой во всем диапазоне частоты вращения двигателя в режиме ВСПЦ и испытательной частоты вращения в режиме ВСУЦ. Если это значение превышает 3 % максимальной мощности при испытательной частоте вращения, то этот момент подтверждают органу по официальному утверждению типа.

#### 6.3.4 Определение мощности, потребляемой вспомогательным оборудованием

Мощность, потребляемую вспомогательным оборудованием/устройствами, нужно определять только в том случае, если:

a) вспомогательное оборудование/устройства, требуемые на основании добавления 6 к настоящему приложению, не установлены на двигателе;

и/или

b) вспомогательное оборудование/устройства, не требуемые в соответствии с добавлением 6 к настоящему приложению, установлены на двигателе.

Значения мощности вспомогательного оборудования и метод измерения/расчета, используемый для определения мощности вспомогательного оборудования, представляется изготовителем двигателя по всему рабочему диапазону испытательных циклов и утверждается органом по официальному утверждению типа.

#### 6.3.5 Цикл работы двигателя

Расчет работы в условиях исходного цикла и фактической работы за цикл (см. пункты 7.4.8 и 7.8.6) производят на основе мощности двигателя согласно пункту 6.3.1. В этом случае значения  $P_f$  и  $P_r$  в уравнении 4 равны нулю, а  $P$  равно  $P_m$ .

Если вспомогательное оборудование/устройства установлены в соответствии с пунктом 6.3.2 и/или 6.3.3, то потребляемая ими мощность используется для корректировки каждого мгновенного значения  $P_{m,i}$  мощности в цикле следующим образом:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i}, \quad (4)$$

где:

$P_{m,i}$  — измеренная мощность двигателя в кВт;

$P_{f,i}$  — мощность, потребляемая вспомогательным оборудованием/устройствами, которые должны быть установлены, в кВт;

$P_{r,i}$  — мощность, потребляемая вспомогательным оборудованием/устройствами, которые должны быть демонтированы, в кВт.

#### 6.4 Система впуска воздуха в двигатель

Должна использоваться система впуска воздуха в двигатель или система испытательной станции, обеспечивающая ограничение подачи воздуха в пределах  $\pm 300$  Па от максимального значения, указанного изготовителем устройства очистки воздуха при номинальной частоте вращения и полной нагрузке. Соответствующий перепад статического давления измеряют в месте, указанном изготовителем.

#### 6.5 Система выпуска двигателя

Должна использоваться система выпуска двигателя или система испытательной станции, обеспечивающая противодействие отработавших газов в пределах 80–100 % от максимального значения, указанного изготовителем, при номинальной частоте вращения и полной нагрузке. Если максимальное ограничение составляет не более 5 кПа, то установочная точка должна составлять не менее 1,0 кПа от максимума. Система выпуска должна отвечать требованиям в отношении отбора проб отработавших газов, изложенным в пунктах 9.3.10 и 9.3.11.

#### 6.6 Двигатель, оснащенный системой последующей обработки отработавших газов

Если двигатель оснащен системой последующей обработки отработавших газов, то выпускная труба должна иметь тот же диаметр, что и трубы, используемые в процессе эксплуатации, либо же, как указано изготовителем, диаметр, равный по меньшей мере четырем диаметрам трубы, направленной против потока отработавших газов и примыкающей к расширительному патрубку, содержащему устройство последующей обработки. Расстояние от фланца выпускного коллектора или выхода из турбоагрегата до системы последующей обработки отработавших газов должно быть таким же, как и в конструкции транспортного средства, либо в пределах расстояния, указанного в спецификациях изготовителя. Противодействие или ограничение

выпуска должно соответствовать изложенным выше критериям и может регулироваться с помощью клапана. В случае устройств последующей обработки с изменяемыми ограничениями максимальное ограничение выпуска определяется в условиях последующей обработки (уровень притирки/старения и регенерации/загрязнения), указанных изготовителем. Если максимальное ограничение не превышает 5 кПа, то установочная точка должна быть не менее 1,0 кПа от максимума. В ходе холостых испытаний и в процессе снятия данных для построения карты характеристик двигателя контейнер с устройством последующей обработки может быть демонтирован и заменен эквивалентным контейнером с неактивным носителем катализатора.

Выбросы, измеренные в ходе испытательного цикла, должны быть репрезентативными для выбросов, получаемых в условиях эксплуатации. Если двигатель оснащен системой последующей обработки отработавших газов, для которых требуется соответствующий реагент, то изготовитель указывает этот реагент, который используется в ходе всех испытаний.

Двигатели, оснащенные системами последующей обработки отработавших газов с непрерывной регенерацией, в специальной процедуре испытаний не нуждаются, однако процесс регенерации должен быть продемонстрирован в соответствии с пунктом 6.6.1.

В случае двигателей, оснащенных системами последующей обработки отработавших газов, которые подвергаются периодической регенерации, как указано в пункте 6.6.2, результаты замеров выбросов следует корректировать с учетом циклов регенерации. В этом случае средний уровень выбросов зависит от частоты циклов регенерации, который выражается в виде соответствующей доли испытательных циклов, в процессе которых происходит регенерация.

#### 6.6.1 Непрерывная регенерация

В целях обеспечения повторяемости параметров выбросов замер выбросов производят на системе последующей обработки в стабилизированном состоянии. В ходе испытания ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии процесс регенерации должен происходить не менее одного раза. Изготовитель указывает нормальные условия, в которых происходит регенерация (количество сажи, температура, противодавление отработавших газов и т. д.).

Для подтверждения непрерывности процесса регенерации проводят не менее трех испытаний ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии. Для целей данного подтверждения двигатель разогревают в соответствии с пунктом 7.4.1, подвергают процедуре прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3 и проводят первое испытание ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии. Последующие испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии проводят после процедуры прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3. В ходе этих испытаний регистрируют температуру и давление отработавших газов (температура на входе и выходе системы последующей обработки, противодавление отработавших газов и т. д.).

Если в ходе испытаний обеспечиваются условия, указанные изготовителем, и расхождения между результатами трех (или более) испытаний ВСПЦ при запуске двигателя в прогретом состоянии составляют не более  $\pm 25\%$  или  $0,005$  г/кВт·ч — в зависимости от того, какое из этих значений выше, то система последующей обработки считается относящейся к типу непрерывной регенерации, и в этом случае применяются общие предписания, касающиеся испытания, которые указаны в пункте 7.6 (ВСПЦ) и пункте 7.7 (ВСУЦ).

Если система последующей обработки отработавших газов предусматривает использование режима безопасности, который переходит в режим периодической регенерации, то ее проверку проводят в соответствии с положениями пункта 6.6.2. В этом конкретном случае применимые значения выбросов могут быть превышены и взвешиванию не подлежат.

#### 6.6.2 Периодическая регенерация

В случае последующей обработки отработавших газов с использованием процесса периодической регенерации замер выбросов производят в ходе не менее трех испытаний ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (одного — в процессе регенерации и двух — вне этого процесса) на стабилизированной системе последующей обработки и полученные результаты подвергают взвешиванию в соответствии с уравнением 5.

В ходе испытания ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии процесс регенерации должен происходить не менее одного раза. Двигатель может быть оборудован устройством, позволяющим блокировать или включать процесс регенерации, при условии, что эта операция не влияет на первоначальную регулировку двигателя.

Изготовитель указывает параметры в обычных условиях, в которых происходит процесс регенерации (количество сажи, температура, противодавление отработавших газов и т. д.), и его продолжительность. Изготовитель также сообщает о частоте регенерации, указывая число испытаний, в ходе которых происходит регенерация, в сравнении с числом испытаний, при которых регенерация не происходит. Точная процедура определения этой частоты должна основываться на данных об эксплуатируемых двигателях, а также на надлежащем инженерно-техническом заключении и должна быть согласована с органом по официальному утверждению типа.

Изготовитель предоставляет систему последующей обработки в снаряженном состоянии в целях обеспечения процесса регенерации в ходе испытания в режиме ВСПЦ. Для целей этого испытания двигатель разогревают в соответствии с пунктом 7.4.1, подвергают процедуре прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3 и начинают проведение испытания ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии. В процессе прогрева двигателя регенерация происходить не должна.

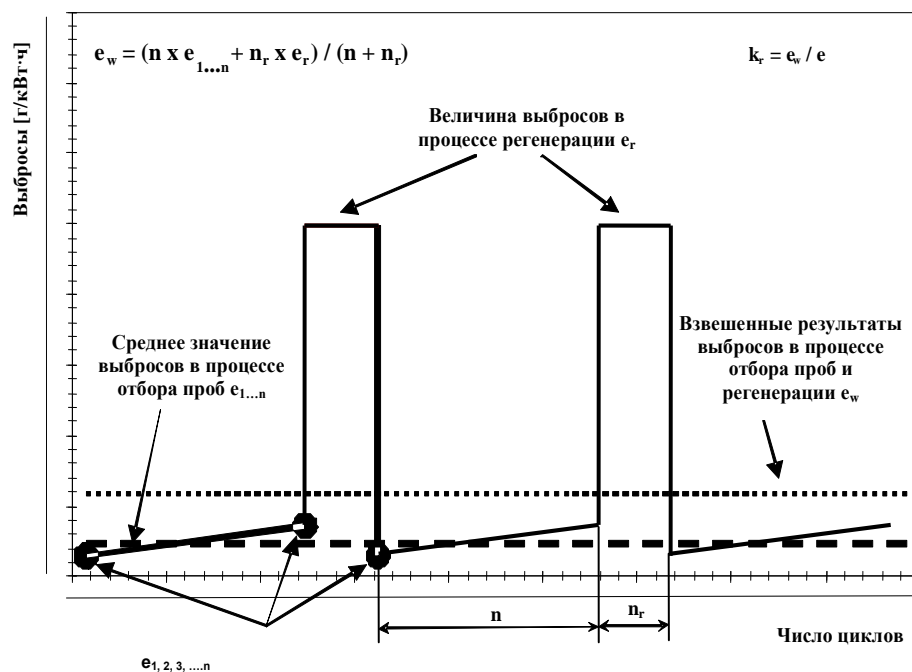
Среднюю величину удельных выбросов между этапами регенерации определяют путем расчета среднего арифметического результата (г/кВт·ч) нескольких испытаний ВСПЦ на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии, проводимых через приблизительно одинаковые промежутки времени. В этих целях проводят по меньшей мере одно испытание ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии как можно ближе к моменту испытания на регенерацию и одно испытание ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии сразу же после испытания на регенерацию. В качестве альтернативы изготовитель может представить данные, подтверждающие, что величина выбросов между этапами регенерации остается постоянной ( $\pm 25\%$  или  $0,005$  г/кВт·ч — в зависимости от того, какой из этих показателей выше). В этом случае можно использовать результаты замера выбросов, полученные в ходе только одного испытания в режиме ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии.

В ходе испытания на регенерацию регистрируют все данные, необходимые для обнаружения процесса регенерации (выбросы CO или NO<sub>x</sub>, температура на выходе и входе системы последующей обработки, противодавление отработавших газов и т. д.).

Во время испытания на регенерацию применимые предельные значения выбросов могут быть превышены.

Данная процедура испытаний схематически показана на рис. 2.

Рис. 2  
Схема периодической регенерации



Выбросы в ходе испытания ВСПЦ в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии взвешивают следующим образом:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r}, \quad (5)$$

где:

n — количество испытаний ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии без регенерации;

n<sub>r</sub> — число испытаний ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии с регенерацией (минимум одно испытание);

$\bar{e}$  — среднее значение удельных выбросов без регенерации в г/кВт·ч;

$\bar{e}_r$  — среднее значение удельных выбросов с регенерацией в г/кВт·ч.

Величину  $\bar{e}_r$  определяют с учетом следующих положений:

- Если для регенерации требуется более одного запуска двигателя в прогретом состоянии в режиме ВСПЦ, то проводят последовательные полные испытания ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии и продолжают непрерывное измерение выбросов без прогрева двигателя и без его отключения до завершения регенерации и рассчитывают средние результаты испытаний в режиме ВСПЦ с запуском в прогретом состоянии.

- b) Если полная регенерация происходит в ходе любого запуска в прогретом состоянии в режиме ВСПЦ, то испытания продолжают в течение всего цикла.

По согласованию с органом по официальному утверждению типа могут применяться мультипликативный c) или аддитивный d) корректировочный коэффициент регенерации, установленный на основе надежного инженерно-технического анализа.

- c) Мультипликативные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

$$k_{r,u} = \frac{e_w}{e} \quad (\text{вверх}) \quad (6)$$

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \quad (\text{вниз}) \quad (6a)$$

- d) Аддитивные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

$$k_{r,u} = e_w - e \quad (\text{вверх}) \quad (7)$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \quad (\text{вниз}) \quad (8)$$

В связи с расчетами удельных выбросов, упомянутыми в пункте 8.6.3, корректировочные коэффициенты регенерации применяют следующим образом:

- e) в случае испытания без регенерации коэффициент  $k_{r,u}$  умножают на значение удельных выбросов  $e$  в уравнениях 69 или 70 либо прибавляют к этому значению;
- f) в случае испытания с регенерацией коэффициент  $k_{r,d}$  умножают на значение удельных выбросов  $e$  в уравнениях 69 или 70 либо прибавляют к этому значению.

По просьбе изготовителя корректировочные коэффициенты регенерации:

- g) могут распространяться на другие двигатели того же семейства;
- h) могут распространяться на другие семейства двигателей, использующих ту же систему последующей обработки, при условии предварительного одобрения этого решения органом по официальному утверждению типа или по сертификации на основании технических данных, подлежащих представлению изготовителем и подтверждающих, что выбросы являются аналогичными.

#### 6.7 Система охлаждения

Необходимо использовать систему охлаждения, объем которой достаточен для поддержания нормальной рабочей температуры двигателя, предписанной изготовителем.

#### 6.8 Смазочное масло

Смазочное масло должно указываться изготовителем и должно быть репрезентативным по отношению к смазочному маслу, имеющемуся на рынке; технические требования к смазочному маслу, используемому для испытания, регистрируют и представляют вместе с результатами испытания.

#### 6.9 Технические требования к эталонному топливу

Эталонное топливо указано в приложении 5.

Температура топлива должна соответствовать рекомендациям изготовителя.

#### 6.10 Выбросы картерных газов

Выбросы картерных газов непосредственно в окружающую среду не допускаются, за исключением двигателей, оснащенных системами турбонаддува, нагнетательными насосами, компрессорами или нагнетателями для всасывания воздуха, которые могут выбрасывать картерные газы в окружающую среду, если объем этих выбросов прибавляется к объему выбросов отработавших газов (как физически, так и математически) в ходе всех испытаний на выбросы. Изготовители, пользующиеся этим исключением, должны устанавливать двигатели таким образом, чтобы все выбросы картерных газов могли направляться в систему пробоотборников выбросов.

Для целей настоящего пункта выбросы картерных газов, направляемые в выпускную трубу, примыкающую к верхней части устройства последующей обработки отработавших газов в процессе всей операции, не считаются выбрасываемыми непосредственно в окружающую среду.

Система направления картерных газов в выхлопную систему для измерения выбросов должна отвечать следующим требованиям:

- a) материалы, используемые для изготовления трубопроводов, должны иметь гладкое покрытие, должны быть электропроводящими и не должны вступать в реакцию с выбрасываемыми картерными газами. Длина патрубков должна быть минимальной;
- b) число изгибов в патрубках, используемых на испытательной станции для сбора картерных газов, должно быть минимальным, и если без изгиба обойтись нельзя, то его радиус должен быть максимальным;
- c) патрубки, используемые на испытательной станции для сбора выбрасываемых картерных газов, должны подогреваться, должны быть тонкостенными или должны быть изолированы, а также должны соответствовать указаниям изготовителя транспортного средства в отношении противодействия в картере;
- d) патрубки, используемые для сбора выбрасываемых картерных газов, должны быть подсоединены к устройству улавливания первичных выхлопных газов после любой системы последующей обработки, после любого устройства, создающего встречное давление, и на достаточном расстоянии до любых пробоотборников в целях обеспечения их полного смешивания с отработавшими газами на выходе из двигателя до отбора проб. Патрубок, через который проходят выбрасываемые картерные газы, должен достигать свободного потока отработавших газов с целью избежать воздействия пограничного слоя и обеспечить более полное смешивание газов. Выходное отверстие патрубка, через который проходят картерные газы, может быть ориентировано в любом направлении по отношению к потоку первичных отработавших газов.

6.11 Пункты 6.11.1 и 6.11.2 применяются к двигателям с принудительным зажиганием, работающим на бензине или E85.

6.11.1 Измерение давления внутри картера производят в надлежащем месте в ходе циклов испытания на выбросы. Давление во всасывающем трубопроводе измеряют с точностью  $\pm 1$  кПа.



- 6.11.2 Считается, что предписания пункта 6.10 соблюдены, если в каждом случае измерения, предусмотренном в пункте 6.11.1, давление в картере в момент измерения не превышает атмосферное давление.
7. Процедуры испытаний
- 7.1 Принципы измерения выбросов
- Для измерения удельных выбросов двигатель должен работать в режиме циклов испытаний, определенных в пунктах 7.2.1 и 7.2.2. ~~Для измерения~~ **Измерение** удельных выбросов ~~требуется определить~~ **количественного определения** массы **или числа** компонентов **обозначенных видов выбросов** в отработавших газах и соответствующей работы двигателя за цикл. Эти компоненты определяют методами отбора проб, описанными в пунктах 7.1.1 и 7.1.2.
- 7.1.1 Непрерывный отбор проб
- При непрерывном отборе проб концентрацию компонентов измеряют непрерывно на основе первичных или разбавленных отработавших газов. Эту концентрацию умножают на показатель постоянного расхода (первичных или разбавленных) отработавших газов в месте отбора проб выбросов для определения расхода массы **или количества** данного компонента. Выбросы данного компонента непрерывно суммируют в ходе всего испытательного цикла. Полученная сумма представляет собой общую массу **или количество** выделяемого компонента.
- 7.1.2 Отбор проб из партии
- При отборе проб из партии производят непрерывный отбор проб первичных или разбавленных отработавших газов, которые сохраняют для последующего измерения. Пробы следует отбирать пропорционально расходу первичных или разбавленных отработавших газов. Примерами метода отбора проб из партии служит сбор разбавленных газообразных компонентов в мешок и сбор взвешенных частиц (ВЧ) на фильтре. Концентрации отобранных из партии проб умножают на общий показатель массы отработавших газов или массы расхода (в первичном или разбавленном состоянии), из которой они были вычтены в ходе данного цикла испытания. Полученный результат представляет собой общую массу (**либо количество**) или массу (**либо количество**) расхода выбрасываемого компонента. Для расчета концентрации ВЧ массу отложившихся на фильтре ВЧ, которая приходится на пропорционально взятые отработавшие газы, делят на количество отфильтрованных отработавших газов.
- 7.1.3 Процедуры измерения
- В настоящем приложении предусмотрены две процедуры измерения, которые являются эквивалентными с функциональной точки зрения. Обе процедуры могут использоваться для проведения испытательных циклов в режиме как ВСПЦ, так и ВСУЦ:
- отбор проб газообразных компонентов производят в потоке первичных отработавших газов, а выбросы взвешенных частиц определяют с использованием системы частичного разбавления потока;
  - газообразные компоненты и взвешенные частицы определяют с использованием системы полного разбавления потока (системы CVS).
- Допускается любая комбинация указанных двух принципов (например, измерение газообразных компонентов в первичном потоке взвешенных частиц в условиях полного разбавления).

Количество твердых частиц (КТЧ) может быть определено при помощи надлежащей системы измерения, в которой в качестве первоначальной стадии разбавления используется разбавление с фиксированной пропорцией, либо при помощи пропорционального разбавления потока с использованием системы частичного разбавления потока или системы полного разбавления потока на первоначальном этапе разбавления.

## 7.2 Циклы испытаний

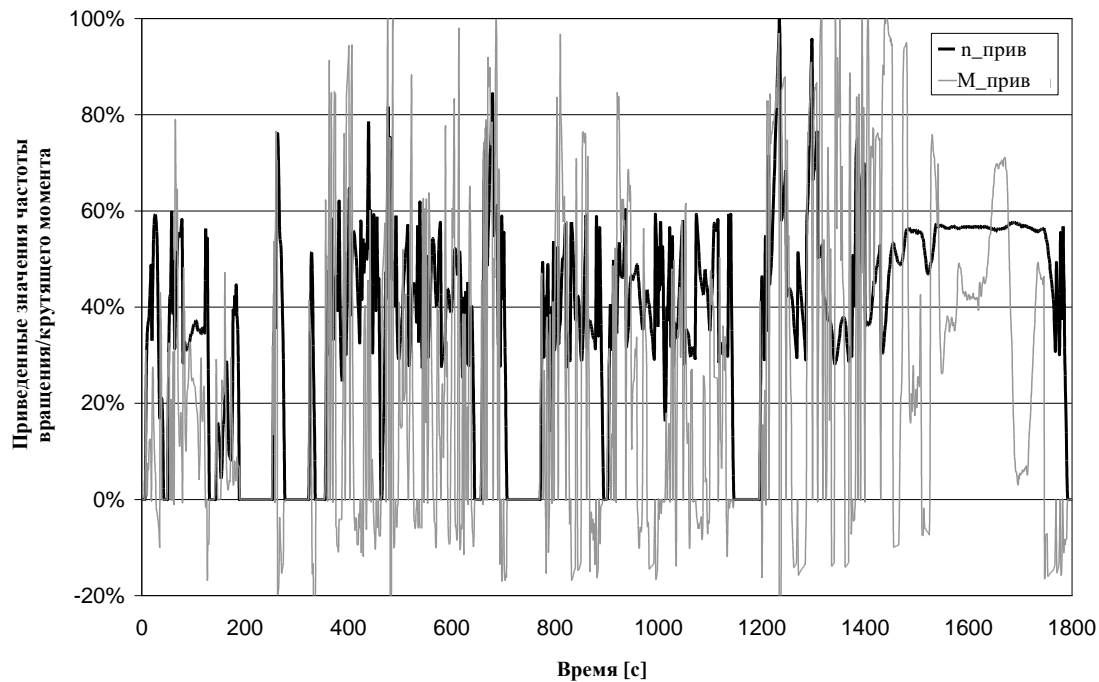
### 7.2.1 Цикл испытаний в переходных режимах (ВСПЦ)

Цикл испытаний в переходных режимах (ВСПЦ) описан в добавлении 1 в виде указанной в разбивке по секундам последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента. В целях проведения испытаний на двигателе в испытательном боксе приведенные значения преобразуют в реальные значения для данного двигателя, подвергаемого испытанию, на основе картографического отображения характеристик двигателя. Это преобразование представляет собой замену приведенных значений на реальные, а развернутый таким образом цикл испытаний — исходный цикл двигателя, подлежащего испытанию. Цикл проводят в испытательном боксе на основе указанных исходных значений частоты вращения и крутящего момента с регистрацией фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения производят регрессионный анализ исходных и фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности.

Для расчета удельных выбросов при стендовых испытаниях фактическую работу за цикл рассчитывают путем интегрирования фактической мощности двигателя в течение всего цикла. Для признания достоверности цикла фактическая работа за цикл должна быть в пределах предписанных значений работы, соответствующей исходному циклу.

В случае газообразных загрязнителей может применяться непрерывный отбор проб (первичных или разбавленных отработавших газов) либо отбор проб из партии (разбавленных отработавших газов). Пробу взвешенных частиц разбавляют кондиционированным разбавителем (таким, как окружающий воздух) и собирают на одном подходящем фильтре. Количество твердых частиц (КТЧ) может быть определено при помощи надлежащей системы измерения, в которой в качестве первоначальной стадии разбавления используется разбавление с фиксированной пропорцией, либо при помощи пропорционального разбавления потока с использованием системы частичного разбавления потока или системы полного разбавления потока на первоначальном этапе разбавления. Цикл ВСПЦ схематически показан на рис. 3.

Рис. 3  
Испытательный цикл ВСПЦ



#### 7.2.2 Ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах (ВСУЦ)

Ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах (ВСУЦ) состоит из ряда режимов с приведенными значениями частоты вращения и нагрузки, которые преобразуются в исходные значения для данного двигателя в процессе испытания на основе карты мощности двигателя. Двигатель работает предписанное время в каждом режиме, причем частота вращения двигателя и нагрузка изменяются линейно в течение  $20 \pm 1$  секунда. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения проводят регрессионный анализ исходных и фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности.

Определяют концентрацию каждого газообразного загрязнителя, интенсивность потока отработавших газов и выходную мощность по всему циклу испытания. Газообразные загрязнители можно регистрировать непрерывно или отбирать в мешок для отбора проб. Проба взвешенных частиц разбавляется кондиционированным разбавителем (таким, как окружающий воздух). В течение всей процедуры испытания отбирается одна проба, которая собирается на одном подходящем фильтре. **Количество твердых частиц (КТЧ) может быть определено при помощи надлежащей системы измерения, в которой в качестве первоначальной стадии разбавления используется разбавление с фиксированной пропорцией, либо при помощи пропорционального разбавления потока с использованием системы частичного разбавления потока или системы полного разбавления потока на первоначальном этапе разбавления.**

Для расчета удельных выбросов в режиме торможения фактическую работу за цикл рассчитывают путем интегрирования фактической мощности двигателя в течение всего цикла.

Испытание в режиме ВСУЦ показано в таблице 1. За исключением режима 1, начало реализации каждого режима определяется в качестве начала перехода от предыдущего режима.

Таблица 1  
Испытательный цикл ВСУЦ

<i>Режим</i>	<i>Приведенная частота вращения (%)</i>	<i>Приведенный крутящий момент (%)</i>	<i>Продолжительность режима (с), включая 20 с перехода</i>
1	0	0	210
2	55	100	50
3	55	25	250
4	55	70	75
5	35	100	50
6	25	25	200
7	45	70	75
8	45	25	150
9	55	50	125
10	75	100	50
11	35	50	200
12	35	25	250
13	0	0	210
<b>Итого</b>			<b>1 895</b>

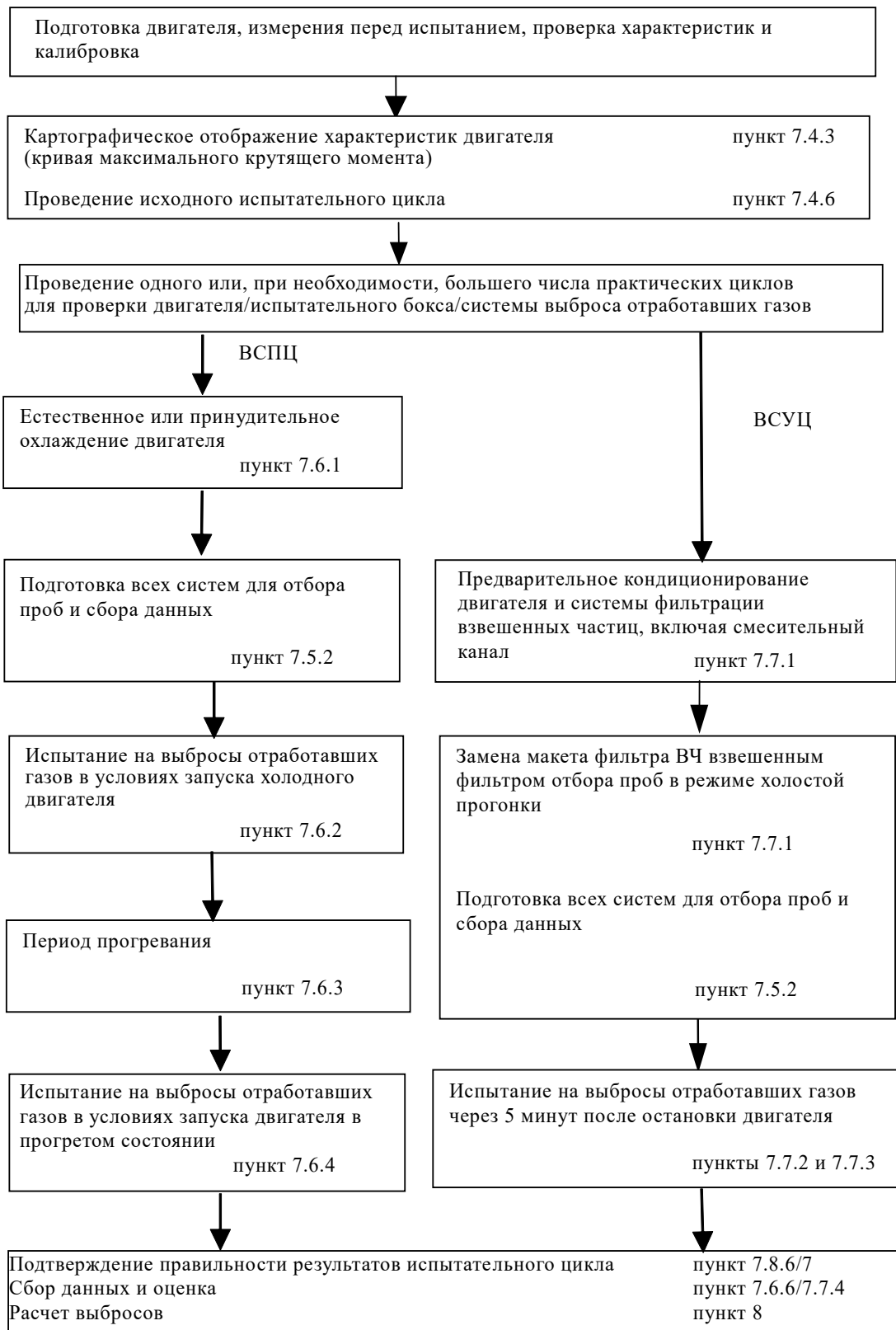
## 7.3

## Общая последовательность испытания

На приведенной ниже диаграмме изложены общие указания, которых необходимо придерживаться в ходе испытания. Детальное описание каждого этапа приводится в соответствующих пунктах. В случае необходимости допускаются некоторые отклонения от этих указаний, однако конкретные требования, изложенные в соответствующих пунктах, являются обязательными.

В случае ВСПЦ процедура испытания включает запуск холодного двигателя, а затем период либо естественного, либо принудительного охлаждения двигателя, период прогрева и испытание в условиях запуска в прогретом состоянии.

В случае ВСУЦ процедура испытания включает запуск прогретого двигателя с последующим предварительным кондиционированием в режиме 9 ВСУЦ.



7.4 Картографическое отображение характеристик двигателя и исходный цикл

До процедуры построения карты характеристик двигателя в соответствии с общей последовательностью испытания, указанной в пункте 7.3, на этапе до испытания производят замеры на двигателе, проверку характеристик двигателя и калибровку систем.

В качестве основы для реализации исходных циклов ВСПЦ и ВСУЦ производят картографирование характеристик двигателя, работающего в режиме полной нагрузки, для построения кривых зависимости частоты вращения от максимального крутящего момента и частоты вращения от максимальной мощности. Карта характеристик используется для получения реальной частоты вращения двигателя (пункт 7.4.6) и крутящего момента двигателя (пункт 7.4.7).

#### 7.4.1 Прогрев двигателя

Двигатель прогревают в режиме 75–100 % от его максимальной мощности в соответствии с рекомендациями изготовителя и признанной инженерно-технической практикой. В конце периода прогрева он должен работать таким образом, чтобы температура охлаждающей жидкости и смазочного масла находилась в пределах  $\pm 2$  % от средних значений в течение не менее 2 минут либо до того момента, когда термостат двигателя отрегулирует температуру двигателя.

#### 7.4.2 Определение диапазона частот вращения для построения карты характеристик

Минимальную и максимальную частоту вращения для построения карты определяют следующим образом:

Минимальная частота вращения для построения карты = частота вращения холостого хода

Максимальная частота вращения для построения карты =  $n_{hi} \times 1,02$  или частота вращения, при которой значение крутящего момента и полной нагрузки падает до нуля, в зависимости от того, какое из этих значений меньше.

#### 7.4.3 Построение карты мощности двигателя

После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом 7.4.1 строят карту его характеристик с соблюдением следующей процедуры:

- с двигателя снимают нагрузку и осуществляют прогон на холостом ходу;
- двигатель работает в режиме максимальной команды оператора при минимальной частоте вращения, предусмотренной для построения карты;
- частоту вращения двигателя увеличивают со средней интенсивностью  $8 \pm 1$  мин<sup>-1</sup>/с в диапазоне от минимальной до максимальной отображаемой на карте частоты вращения либо с постоянной интенсивностью, с тем чтобы от минимальной до максимальной частоты вращения, отображенной на карте, потребовалось от 4 до 6 минут. Точки карты, соответствующие конкретным сочетаниям частоты вращения двигателя и крутящего момента, регистрируют с частотой измерений не менее одной точки в секунду.

При выборе варианта b) в пункте 7.4.7 для определения отрицательных исходных значений крутящего момента картографическая кривая может быть непосредственно продолжена (в режиме минимальной команды оператора) от максимальной до минимальной частоты вращения, отображенной на карте.

#### 7.4.4 Альтернативное построение карты

Если изготовитель считает, что вышеописанная методика построения карты ненадежна или не является репрезентативной для любого данного

двигателя, то можно использовать альтернативные методы построения карты. Эти альтернативные методы должны отвечать цели конкретных процедур картографического отображения, состоящей в определении максимального развиваемого двигателем крутящего момента на всех частотах вращения в ходе испытательных циклов. Отклонения от методов картографирования, указанных в настоящем пункте, продиктованные соображениями надежности или репрезентативности, вместе с обоснованием их применения подлежат одобрению органом по официальному утверждению типа. Однако в случае двигателей с регулятором или турбонаддувом снижение частоты вращения двигателя для построения кривой крутящего момента ни в коем случае не допускается.

#### 7.4.5 Повторные испытания

В построении карты характеристик двигателя перед каждым испытательным циклом нет необходимости. Повторное картографирование перед испытательным циклом проводят в том случае, если:

- a) согласно надлежащему техническому заключению с момента снятия последней карты прошло слишком много времени; или
- b) двигатель был подвергнут физическим изменениям либо повторным калибровкам, которые потенциально могли отразиться на его характеристиках.

#### 7.4.6 Получение реальной частоты вращения двигателя

Для реализации исходных циклов приведенные частоты вращения, предусмотренные в добавлении 1 (ВСПЦ) и в таблице 1 (ВСУЦ), преобразуют в реальные с помощью следующего уравнения:

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{10} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (9)$$

Для определения  $n_{\text{pref}}$  рассчитывают интеграл максимального крутящего момента от  $n_{\text{idle}}$  до  $n_{95h}$  на основе картографического изображения характеристик двигателя в соответствии с пунктом 7.4.3.

Частоты вращения двигателя на рис. 4 и 5 определяют следующим образом:

- $n_{\text{norm}}$  — приведенная частота вращения, указанная в добавлении 1 и таблице 1 и деленная на 100;
- $n_{10}$  — наименьшая частота вращения, при которой мощность составляет 55 % от максимальной мощности;
- $n_{\text{pref}}$  — частота вращения двигателя, при которой интеграл максимального крутящего момента, отображенного на карте, составляет 51 % от полного интеграла в пределах от  $n_{\text{idle}}$  до  $n_{95h}$ ;
- $n_{\text{hi}}$  — наибольшая частота вращения, при которой мощность составляет 70 % от максимальной мощности;
- $n_{\text{idle}}$  — частота вращения холостого хода;
- $n_{95h}$  — наибольшая частота вращения, при которой мощность составляет 95 % от максимальной мощности.

В случае двигателей (главным образом с принудительным зажиганием) с кривой, указывающей на резкое снижение характеристик регулятора (когда при отключении подачи топлива двигатель не в состоянии работать в режиме до  $n_{\text{hi}}$  или  $n_{95h}$ ), применяют следующие положения:

$n_{\text{hi}}$  в уравнении 9 заменяется на  $n_{\text{Pmax}} \times 1,02$ ;

$n_{95h}$  заменяется на  $n_{P_{max}} \times 1,02$ .

Рис. 4  
Определение частот вращения для целей испытаний

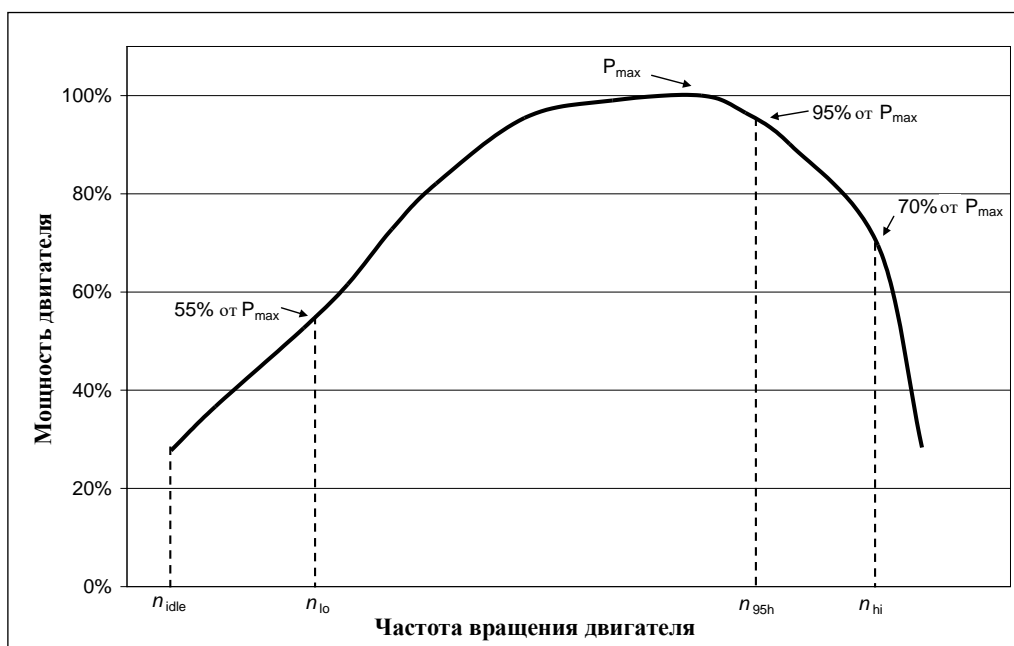
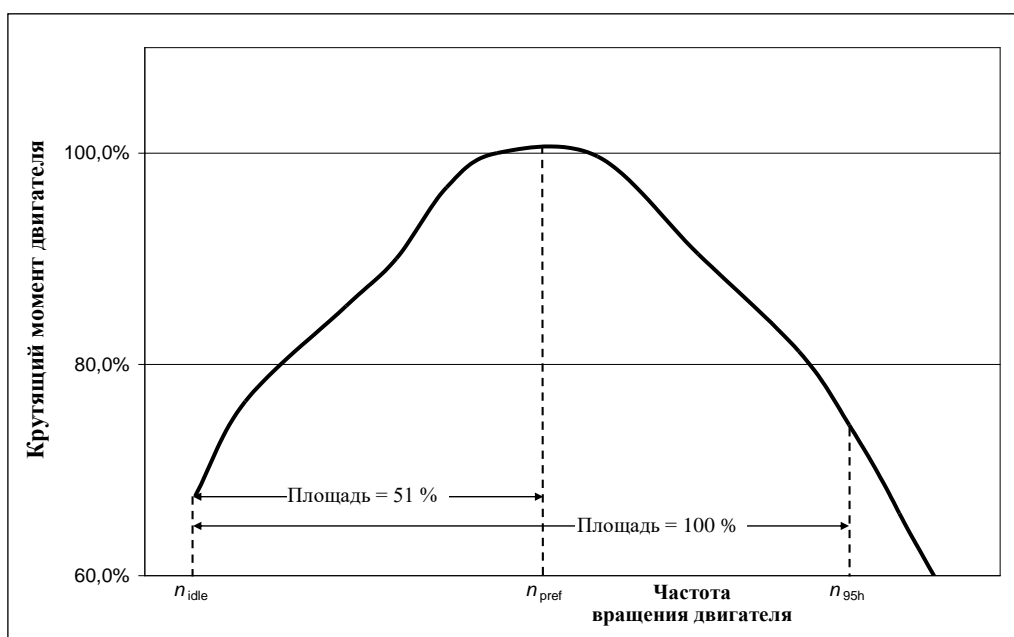


Рис. 5  
Определение  $n_{pref}$



#### 7.4.7 Получение реального крутящего момента двигателя

Приведенный крутящий момент, значения которого указаны в программе задания режима работы двигателя на динамометре, описанной в добавлении 1 к настоящему приложению (ВСПЦ) и в таблице 1 (ВСУЦ), определяют по максимальному крутящему моменту на соответствующей частоте вращения. Для реализации исходных циклов значения приведенного крутящего момента по каждому индивидуальному исходному показателю вращения, как это указано в пункте 7.4.6, преобразуют в реальные значения с использованием кривой



характеристик, построенной в соответствии с пунктом 7.4.3, следующим образом:

$$M_{ref,i} = \frac{M_{nom,i}}{100} \times M_{max,i} + M_{f,i} - M_{r,i},$$

где:

- $M_{norm,i}$  — приведенный крутящий момент в %;
- $M_{max,i}$  — максимальный крутящий момент на кривой характеристик в Нм;
- $M_{f,i}$  — крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование/устройства, которые надлежит установить, в Нм;
- $M_{r,i}$  — крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование/устройства, которые надлежит демонтировать, в Нм.

Если вспомогательное оборудование/устройства установлены в соответствии с пунктом 6.3.1 и добавлением 6 к настоящему приложению, то  $M_f$  и  $M_r$  равны нулю.

Для целей реализации исходного цикла отрицательные значения крутящего момента в точках, где происходит прокрутка двигателя («т» в добавлении 1 к настоящему приложению), представляют собой исходные значения, определяемые в соответствии с одним из следующих методов:

- a) отрицательное 40-процентное значение положительного крутящего момента в точке, соответствующей данной частоте вращения;
- b) картографическое отображение отрицательных значений крутящего момента, необходимого для перевода двигателя из максимального в минимальный режим вращения, отраженный на карте;
- c) определение отрицательного значения крутящего момента, необходимого для перевода двигателя в режим холостого хода и  $n_{hi}$ , а также линейная интерполяция между этими двумя точками.

#### 7.4.8 Расчет работы в условиях исходного цикла

Работу в условиях исходного цикла определяют на протяжении всего цикла испытаний посредством синхронного расчета мгновенных значений мощности двигателя, полученных в исходном режиме вращения и при исходном крутящем моменте, как это указано в пунктах 7.4.6 и 7.4.7. Мгновенные значения мощности двигателя суммируют в ходе всего цикла испытаний для расчета работы в условиях исходного цикла  $W_{ref}$  (кВт·ч). Если вспомогательное оборудование не установлено в соответствии с пунктом 6.3.1, то мгновенные значения мощности корректируют с использованием уравнения (4), содержащегося в пункте 6.3.5.

Такую же методологию следует использовать для получения суммарных значений как исходной, так и фактической мощности двигателя. Если необходимо определить значения параметров между смежными исходными или смежными измеренными величинами, то используется метод линейной интерполяции. При суммировании фактической работы за цикл любые отрицательные значения крутящего момента приравнивают к нулю и учитывают. Если суммирование производят с частотой менее 5 Гц и если в течение данного отрезка времени значение крутящего момента изменяется с положительного на отрицательное или с отрицательного на положительное, то отрицательную часть при

вычислениях приравнивают к нулю. Положительную часть учитывают в суммарном значении.

## 7.5 Процедуры, предшествующие испытаниям

### 7.5.1 Установка измерительного оборудования

Контрольно-измерительные приборы и пробоотборники устанавливают в соответствии с установленными требованиями. В случае использования системы полного разбавления потока к ней подсоединяется выпускная труба.

### 7.5.2 Подготовка контрольно-измерительного оборудования к отбору проб

Перед началом отбора проб выбросов предпринимают следующие шаги:

- a) не менее чем за 8 часов до отбора проб выбросов в соответствии с пунктом 9.3.4 проводят проверку на герметичность;
- b) при отборе проб из партии подсоединяют чистые приспособления для хранения выбросов, например пустые мешки для газа;
- c) приводят в действие все контрольно-измерительные приборы в соответствии с инструкциями изготовителя и на основе надлежащего инженерно-технического заключения;
- d) приводят в действие системы разбавления, насосы, охлаждающие вентиляторы, а также систему сбора данных;
- e) если это необходимо, то расход проб регулируют с учетом требуемых уровней при помощи обходного контура;
- f) производят предварительное нагревание или предварительное охлаждение теплообменников в пределах диапазона их рабочих температур для проведения испытания;
- g) допускается стабилизация таких нагреваемых или охлаждаемых компонентов, как пробоотборные магистрали, фильтры, охладители и насосы, в пределах их рабочих температур;
- h) не менее чем за 10 минут до начала цикла испытаний пускают поток из системы разбавления отработавших газов;
- i) перед началом любого отрезка времени между испытаниями все устройства электронного суммирования устанавливают на нулевое значение или перезагружают по нулевому значению.

### 7.5.3 Проверка газоанализаторов

Выбирают диапазоны работы газоанализаторов. Допускается использование анализаторов выбросов с автоматическим или ручным переключением диапазона. В ходе цикла испытаний диапазон анализаторов выбросов не должен изменяться. В то же время в ходе цикла испытаний не должны изменяться и характеристики аналогового(ых) эксплуатационного(ых) усилителя(ей) анализатора.

Для всех анализаторов определяют чувствительность к нулю и чувствительность к калибровке с использованием газов, соответствующих международным стандартам и удовлетворяющих предписаниям пункта 9.3.3. Анализаторы FID калибруют по углероду 1 (C1).

### 7.5.4 Подготовка фильтра для отбора проб взвешенных частиц

Не менее чем за час до начала испытания каждый фильтр помещают в чашку Петри, которая предохраняется от попадания пыли и дает возможность проветривания, и устанавливают в целях стабилизации в камеру для взвешивания. По окончании периода стабилизации каждый фильтр взвешивают и регистрируют массу сухого фильтра. Затем фильтр

хранят в закрытой чашке Петри или запечатанном фильтродержателе до того момента, пока он не понадобится для испытания. Этот фильтр следует использовать в течение восьми часов после его извлечения из камеры для взвешивания.

#### 7.5.5 Регулировка системы разбавления

Суммарный расход отработавших газов, проходящих через систему полного разбавления потока, или расход разбавленных отработавших газов, проходящих через систему частичного разбавления потока, регулируют таким образом, чтобы исключить возможность конденсации воды в системе и обеспечить температуру на поверхности фильтра в пределах 315 К (42 °С) – 32 К (52 °С).

#### 7.5.6 Пуск системы отбора проб взвешенных частиц

Систему отбора проб взвешенных частиц приводят в действие и запускают по обходной схеме. Фоновый уровень взвешенных частиц в разбавителе можно определить путем отбора проб разбавителя на входе отработавших газов в смесительный канал. Этот замер можно произвести до или после испытания. Если замеры произведены в начале и в конце цикла, то полученные значения можно усреднить. Если для измерения фоновой концентрации используется иная система отбора проб, то измерения производят по ходу испытания.

### 7.6 Реализация цикла ВСПЦ

#### 7.6.1 Охлаждение двигателя

Может применяться естественный или принудительный способ охлаждения. В случае принудительного охлаждения для регулировки систем обдува двигателя охлаждающим воздухом, подачи охлажденного масла в систему смазки двигателя, отбора тепла и охлаждающей субстанции, циркулирующей в системе охлаждения двигателя, и отбора тепла от системы последующей обработки отработавших газов следует руководствоваться надлежащим инженерно-техническим заключением. В случае принудительного охлаждения системы последующей обработки охлаждающий воздух направляется в систему последующей обработки только после того, как она остыла до температуры ниже ее каталитической активации. Никакая процедура охлаждения, приводящая к нерепрезентативным выбросам, не допускается.

#### 7.6.2 Испытание в условиях запуска холодного двигателя

Испытание в условиях запуска холодного двигателя начинают при температуре смазочного масла и охлаждающей жидкости двигателя и систем последующей обработки в пределах 293–303 К (20–30 °С). Запуск двигателя производят одним из следующих методов:

- a) двигатель запускают, как это рекомендовано в руководстве по эксплуатации, с использованием серийного стартера и должным образом заряженной аккумуляторной батареи или соответствующего источника электроэнергии; или
- b) двигатель запускают с использованием динамометра. Прокрутку двигателя осуществляют с частотой вращения  $\pm 25\%$  от характерной частоты проворачивания коленчатого вала в условиях эксплуатации. Проворачивание прекращают в течение 1 секунды после того, как двигатель был запущен. Если после 15-секундного проворачивания коленчатого вала двигатель не заводится, то проворачивание прекращают и выясняют причины невозможности запустить двигатель, если только в руководстве по эксплуатации или в руководстве по обслуживанию и ремонту не указывается, что более длительное проворачивание коленчатого вала соответствует норме.

- 7.6.3 Период прогрева
- Сразу же после завершения испытания в условиях запуска в холодном состоянии двигатель готовят к испытанию на запуск в разогретом состоянии методом прогрева в течение  $10 \pm 1$  минуты.
- 7.6.4 Испытание в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии
- Двигатель запускают в конце периода прогрева, указанного в пункте 7.6.3, с использованием методов запуска, указанных в пункте 7.6.2.
- 7.6.5 Последовательность проведения испытания
- Последовательность проведения испытания в условиях запуска как в холодном, так и прогретом состоянии начинается с запуска двигателя. После запуска двигателя приступают к контролю за циклом таким образом, чтобы характер работы двигателя соответствовал первой установочной точке цикла.
- ВСПЦ проводят в соответствии с исходным циклом, описанным в пункте 7.4. Частота подачи команд на установку частоты вращения и крутящего момента двигателя составляет 5 Гц или более (рекомендуется 10 Гц). Установочные точки рассчитывают методом линейной интерполяции по установочным точкам исходного цикла с шагом 1 Гц. Значения реальной частоты вращения и реального крутящего момента двигателя регистрируют не реже одного раза в секунду на протяжении испытательного цикла (1 Гц), а поступающие сигналы могут пропускаться через электронный фильтр.
- 7.6.6 Сбор данных, имеющих отношение к выбросам
- В начале последовательности проведения испытаний приводят в действие измерительное оборудование в условиях синхронного начала следующих операций:
- отбор проб или анализ разбавителя, если используется система полного разбавления потока;
  - отбор проб или анализ первичных либо разбавленных отработавших газов в зависимости от используемого метода;
  - измерение количества разбавленных отработавших газов и задаваемых значений температуры и давления;
  - регистрация расхода отработавших газов по массе, если используется метод анализа первичных отработавших газов;
  - регистрация снимаемых с динамометра данных обратной связи, указывающих на частоту вращения и крутящий момент.
- Если используется метод замера первичных отработавших газов, то измерение концентрации выбросов (КТЧ, (NM)HC, CO и NO<sub>x</sub>) и массового расхода отработавших газов производят непрерывно и полученные результаты регистрируют с помощью компьютера через интервалы не менее 2 Гц. Все остальные данные можно регистрировать с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируют, а в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме «онлайн» или «офлайн».
- Если используется система полного разбавления потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производят непрерывно в смесительном канале с частотой не менее 2 Гц. Средние значения концентраций определяют путем суммирования сигналов анализатора на протяжении испытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 секунд и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потока CVS и

отклонениями времени отбора проб/циклов испытания. Концентрации CO, CO<sub>2</sub> и NMHC можно определять методом суммирования непрерывных сигналов измерения или методом анализа концентраций этих веществ, накопившихся в мешке для отбора проб в течение цикла. Концентрации газообразных загрязнителей в разбавителе следует определять до того момента, когда выбросы поступают в смесительный канал, посредством суммирования или накопления в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируют не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.6.7 Отбор проб взвешенных частиц

В начале последовательности испытания систему отбора проб взвешенных частиц переключают с обходной схемы на режим накопления взвешенных частиц.

Если используется система частичного разбавления потока, то насос(ы) пробоотборника должен (должны) быть отрегулирован(ы) таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник взвешенных частиц или передаточную трубу, оставался пропорциональным расходу отработавших газов по массе, как это определено в соответствии с пунктом 9.4.6.1.

Если используется система полного разбавления потока, то насос(ы) пробоотборника должен (должны) быть отрегулирован(ы) таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник взвешенных частиц или передаточную трубу, поддерживался в пределах  $\pm 2,5\%$  от установленного расхода. При наличии компенсации потока (т.е. в условиях пропорционального управления потока проб) необходимо показать, что отношение потока, идущего по основному каналу, к потоку проб взвешенных частиц отклоняется не более чем на  $\pm 2,5\%$  от установленной величины (за исключением первых 10 секунд процесса отбора проб). Регистрируют средние значения температуры и давления на входе потока в газовый(ые) счетчик(и) или контрольно-измерительную аппаратуру. Если из-за интенсивных отложений частиц на фильтре поддерживать заданный расход на всем протяжении цикла в пределах  $\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания признаются недействительными. В таком случае испытание повторяют с использованием более низкого значения расхода.

#### 7.6.8 Остановка двигателя и неполадки в работе оборудования

Если в какой-либо момент в ходе испытания в условиях холодного запуска двигатель глохнет, то испытание признается недействительным. В этом случае двигатель подвергают предварительному кондиционированию и снова запускают в соответствии с требованиями пункта 7.6.2, и испытание повторяют.

Если в какой-либо момент в ходе испытания в условиях запуска в прогретом состоянии двигатель глохнет, то испытание в условиях запуска в прогретом состоянии признается недействительным. Двигатель прогревают в соответствии с предписаниями пункта 7.6.3, и испытание двигателя в условиях запуска в прогретом состоянии повторяют. В этом случае повторное испытание в условиях запуска холодного двигателя можно не проводить.

Если в ходе реализации цикла испытания возникают неполадки в работе какого-либо требуемого испытательного оборудования, то испытание признается недействительным и проводится повторное испытание в соответствии с вышеизложенными положениями.

- 7.7 Реализация цикла ВСПЦ
- 7.7.1 Предварительное кондиционирование системы разбавления и двигателя
- Систему разбавления и двигатель запускают и прогревают в соответствии с пунктом 7.4.1. После прогрева двигателя и систему отбора проб подвергают предварительному кондиционированию путем перевода двигателя в режим 9 (см. пункт 7.2.2, таблица 1) минимум на 10 минут с одновременным включением системы разбавления. При этом можно произвести условный отбор проб выбросов взвешенных частиц. Стабилизировать или взвешивать эти фильтры для отбора проб не нужно, их можно отбраковать. Расход устанавливают приблизительно в соответствии с расходом, выбранным для проведения испытания. После предварительного кондиционирования двигатель можно отключить.
- 7.7.2 Запуск двигателя
- Через  $5 \pm 1$  минуту после завершения периода предварительного кондиционирования в режиме 9, как это указано в пункте 7.7.1, двигатель запускают в соответствии с рекомендациями изготовителя по порядку запуска, содержащимися в руководстве по эксплуатации, с использованием либо серийного стартера, либо динамометра в соответствии с пунктом 7.6.2.
- 7.7.3 Последовательность проведения испытания
- Испытание начинают после запуска двигателя и не позднее чем через одну минуту после проверки, показывающей, что он работает в соответствии с первым режимом цикла (холостой ход).
- ВСПЦ проводят в соответствии с порядком использования режимов испытания, указанных в таблице 1, содержащейся в пункте 7.2.2.
- 7.7.4 Сбор данных, касающихся выбросов
- В начале последовательности проведения испытаний приводят в действие контрольно-измерительное оборудование в условиях синхронного начала следующих операций:
- отбор проб или анализ разбавителя, если используется система полного разбавления потока;
  - отбор проб или анализ первичных либо разбавленных отработавших газов в зависимости от используемого метода;
  - измерение количества разбавленных отработавших газов и задаваемых значений температуры и давления;
  - регистрация расхода отработавших газов по массе, если используется метод анализа первичных отработавших газов;
  - регистрация снимаемых с динамометра данных обратной связи, указывающих на частоту вращения и крутящий момент.
- Если используется метод замера первичных отработавших газов, то измерение концентрации выбросов (КТЧ, (NM)HC, CO и NO<sub>x</sub>) и массового расхода отработавших газов производят непрерывно и полученные результаты регистрируют с помощью компьютера через интервалы не менее 2 Гц. Все остальные данные можно регистрировать с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируют, а в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме «онлайн» или «офлайн».
- Если используется система полного разбавления потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производят непрерывно в смешительном канале с частотой не менее 2 Гц. Среднее значение концентраций определяют путем суммирования

сигналов анализатора на протяжении испытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 секунд и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потоков CVS и отклонениями времени отбора проб/циклов испытания. Концентрации CO, CO<sub>2</sub> и NMHC можно определять суммированием непрерывных сигналов измерения или методом анализа концентраций этих веществ, накопившихся в мешке для отбора проб в течение цикла. Концентрации газообразных загрязнителей в разбавителе определяют до того момента, когда отработавшие газы поступают в смесительный канал, методом суммирования или накопления в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируют не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.7.5 Отбор проб взвешенных частиц

В начале последовательности испытаний систему отбора проб взвешенных частиц переключают с обходной схемы на режим сбора взвешенных частиц. Если используется система частичного разбавления потока, то насос(ы) пробоотборника должен (должны) быть отрегулирован(ы) таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник взвешенных частиц или передаточную трубу, оставался пропорциональным расходу отработавших газов по массе, как это определено в соответствии с пунктом 9.4.6.1.

Если используется система полного разбавления потока, то насос(ы) пробоотборника должен (должны) быть отрегулирован(ы) таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник взвешенных частиц или передаточную трубу, поддерживался в пределах  $\pm 2,5\%$  от установленного расхода. При наличии компенсации потока (т.е. в условиях пропорционального управления потоком проб) необходимо продемонстрировать, что отношение потока, идущего по основному каналу, к потоку проб взвешенных частиц отклоняется не более чем на  $\pm 2,5\%$  от установленной величины (за исключением первых 10 секунд процесса отбора проб). Регистрируют средние значения температуры и давления на входе потока в газовый(ые) счетчик(и) или измерительную аппаратуру. Если из-за интенсивных отложений частиц на фильтре поддерживать заданный расход на всем протяжении цикла в пределах  $\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания признаются недействительными. В таком случае испытание повторяют с использованием более низкого значения расхода.

#### 7.7.6 Остановка двигателя и неполадки в работе оборудования

Если в какой-либо момент цикла испытания двигатель заглох, то испытание признается недействительным. В этом случае двигатель подвергают предварительному кондиционированию в соответствии с пунктом 7.7.1 и снова запускают в соответствии с пунктом 7.7.2, и испытание повторяют.

Если в ходе реализации цикла испытания возникают неполадки в работе любого требуемого испытательного оборудования, то испытание признается недействительным, и проводят повторное испытание в соответствии с изложенными выше положениями.

### 7.8 Процедуры, применяемые после испытания

#### 7.8.1 Операции, применяемые после испытания

По завершении испытания прекращают измерение массового расхода отработавших газов, объема разбавленных отработавших газов и потока газа, направляемого в накопительные мешки, а также останавливают насос для отбора проб взвешенных частиц. В случае интегрирующей системы анализатора отбор проб продолжается до момента перекрытия времени срабатывания системы

- 7.8.2 Проверка процедуры пропорционального отбора проб
- В случае любого пропорционального отбора проб из партии, например отбора проб в мешок или проб ВЧ, производят проверку с целью определить соответствие процедуры отбора проб положениям пунктов 7.6.7 и 7.7.5. Любая проба, не соответствующая установленным требованиям, считается неприемлемой.
- 7.8.3 Кондиционирование и взвешивание ВЧ
- Сажевые фильтры помещают в закрываемые крышкой или в герметически закрываемые контейнеры либо закрывают держатели контейнеров с целью предохранить сажевые фильтры от любого загрязнения извне. После обеспечения такой защиты фильтры возвращают в камеру для взвешивания. Фильтры выдерживают в течение не менее одного часа и взвешивают в соответствии с пунктом 9.4.5. Регистрируют общую массу фильтров.
- 7.8.4 Проверка дрейфа
- Как только это будет возможно, но не позднее чем через 30 минут после окончания испытательного цикла либо в период прогрева определяют чувствительность к нулю и чувствительность к калибровке используемого диапазона характеристик газового анализатора. Для целей настоящего пункта цикл испытания определяют следующим образом:
- для ВСПЦ: полная последовательность «запуск холодного двигателя — этап прогрева для стабилизации — запуск в прогретом состоянии»;
  - для испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ) (пункт 6.6): последовательность «этап прогрева для стабилизации — запуск в прогретом состоянии»;
  - для испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ) с многократной регенерацией (пункт 6.6): общее число испытаний на запуск двигателя в прогретом состоянии;
  - для ВСУЦ: цикл испытаний.
- В отношении дрейфа анализатора применяют следующие положения:
- показатели чувствительности к нулю и калибровке как до испытаний, так и после испытаний можно включить непосредственно в уравнение 6б в пункте 8.6.1 без определения самого дрейфа;
  - если разница между значениями до испытания и после испытания составляет менее 1 % полной шкалы, то измеренные концентрации можно использовать без корректировки или с корректировкой на дрейф в соответствии с пунктом 8.6.1;
  - если разница дрейфа между значениями до испытания и после испытания составляет не менее 1 % полной шкалы, то испытание считается недействительным либо же измеренные концентрации корректируют на дрейф в соответствии с пунктом 8.6.1.
- 7.8.5 Анализ проб газа из мешка
- Как только это будет возможно, осуществляют следующие операции:
- пробы газа из мешка анализируют не позднее чем через 30 минут после завершения испытания в условиях запуска в прогретом состоянии либо в период прогрева для испытания на запуск в холодном состоянии;



- b) фоновые пробы анализируют не позднее чем через 60 минут после завершения испытания на запуск двигателя в прогретом состоянии.

#### 7.8.6 Подтверждение результатов работы за цикл

До расчета фактической работы за цикл любые точки, зарегистрированные в процессе запуска двигателя, исключаются. Фактическую работу за цикл определяют по всему циклу испытания посредством одновременного использования значений фактической частоты вращения и фактического крутящего момента для расчета мгновенных значений мощности двигателя. Мгновенные значения мощности двигателя суммируются в ходе всего цикла испытания для расчета фактической работы за цикл  $W_{act}$  (кВт·ч). Если вспомогательное оборудование/устройства не установлены в соответствии с пунктом 6.3.1, то мгновенные значения мощности корректируют с использованием уравнения (4), содержащегося в пункте 6.3.5.

Для суммирования фактической мощности двигателя используют методику, описанную в пункте 7.4.8.

Фактическая работа за цикл  $W_{act}$  используется для сопоставления с исходной работой за цикл  $W_{ref}$  и для расчета удельных выбросов при стендовых испытаниях (см. пункт 8.6.3).

Показатель  $W_{act}$  должен составлять 85–105 %  $W_{ref}$ .

#### 7.8.7 Статистические критерии подтверждения правильности результатов испытательного цикла

В случае как ВСПЦ, так и ВСУЦ производится расчет методом линейной регрессии реальных значений ( $n_{act}$ ,  $M_{act}$ ,  $P_{act}$ ) по исходным значениям ( $n_{ref}$ ,  $M_{ref}$ ,  $P_{ref}$ ).

В целях сведения к минимуму погрешности, обусловленной задержкой по времени между реальными и исходными значениями цикла, всю последовательность фактических сигналов, отражающих частоту вращения и крутящий момент двигателя, можно сдвинуть по времени вперед или назад по отношению к последовательности исходных значений частоты вращения и крутящего момента. В случае сдвига сигналов реальных значений необходимо сдвинуть в том же направлении и на ту же величину значения частоты вращения и крутящего момента.

В этих целях используют метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим следующий вид:

$$y = a_1x + a_0, \quad (11)$$

где:

$y$  — реальное значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящего момента (Нм) или мощности (кВт);

$a_1$  — наклон линии регрессии;

$x$  — исходное значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящего момента (Нм) или мощности (кВт);

$a_0$  — значение, отсекаемое на оси  $y$  линией регрессии.

Для каждой линии регрессии рассчитывают стандартную погрешность оценки (СПО) по осям  $y$  и  $x$  и коэффициент смешанной корреляции ( $r^2$ ).

Этот анализ рекомендуется выполнять с частотой 1 Гц. Для того чтобы испытание было признано достоверным, должны соблюдаться критерии, указанные в таблице 2 (ВСПЦ) или таблице 3 (ВСУЦ).

Таблица 2

**Допустимые отклонения линии регрессии для ВСЩ**

	<i>Частота вращения</i>	<i>Крутящий момент</i>	<i>Мощность</i>
Стандартная погрешность оценки (СПО) по осям $y$ и $x$	максимум 5 % максимальной частоты вращения	максимум 10 % максимального крутящего момента двигателя	максимум 10 % максимальной мощности двигателя
Наклон линии регрессии $a_1$	0,95–1,03	0,83–1,03	0,89–1,03
Коэффициент смешанной корреляции $r^2$	минимум 0,970	минимум 0,850	минимум 0,910
Значение, отсекаемое на оси $y$ линией регрессии, $a_0$	максимум 10 % частоты вращения на холостом ходу	$\pm 20$ Нм или $\pm 2$ % максимального крутящего момента в зависимости от того, какое из этих значений больше	$\pm 4$ кВт или $\pm 2$ % максимальной мощности в зависимости от того, какое из этих значений больше

Таблица 3

**Допустимые отклонения линии регрессии для ВСУЦ**

	<i>Частота вращения</i>	<i>Крутящий момент</i>	<i>Мощность</i>
Стандартная погрешность оценки (СПО) по осям $y$ и $x$	максимум 1 % максимальной частоты вращения	максимум 2 % максимального крутящего момента двигателя	максимум 2 % максимальной мощности двигателя
Наклон линии регрессии $a_1$	0,99–1,01	0,98–1,02	0,98–1,02
Коэффициент смешанной корреляции $r^2$	минимум 0,990	минимум 0,950	минимум 0,950
Значение, отсекаемое на оси $y$ линией регрессии, $a_0$	максимум 1 % максимальной частоты вращения	$\pm 20$ Нм или $\pm 2$ % максимального крутящего момента в зависимости от того, какое из этих значений больше	$\pm 4$ кВт или $\pm 2$ % максимальной мощности в зависимости от того, какое из этих значений больше

Сугубо для целей регрессионного анализа до проведения соответствующих расчетов регрессии допускается исключение полученных точек в тех случаях, которые указаны в таблице 4. Однако для целей расчета работы и выбросов за данный цикл исключение этих точек не допускается. Метод исключения точек можно применять ко всему циклу или к любой его части.

Таблица 4

**Точки, которые можно исключить из регрессионного анализа**

<i>Действие</i>	<i>Условия</i>	<i>Допустимое исключение точек</i>
Минимальная команда оператора (точка холостого хода)	$n_{ref} = 0$ % и $M_{ref} = 0$ % и $M_{act} > (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$ и $M_{act} < (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	частота вращения и мощность

<i>Действие</i>	<i>Условия</i>	<i>Допустимое исключение точек</i>
Минимальная команда оператора (точка прокрутки двигателя)	$M_{ref} < 0 \%$	мощность и крутящий момент
Минимальная команда оператора	$n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ и $M_{act} > M_{ref}$ или $n_{act} > n_{ref}$ и $M_{act} \leq M_{ref}$ или $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ и $M_{ref} < M_{act} \leq (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	мощность и либо крутящий момент, либо частота вращения
Максимальная команда оператора	$n_{act} < n_{ref}$ и $M_{act} \geq M_{ref}$ или $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ и $M_{act} < M_{ref}$ или $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ и $M_{ref} > M_{act} \geq (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$	мощность и либо крутящий момент, либо частота вращения

## 8. Расчет выбросов

Окончательные результаты испытания округляют до такого числа знаков после запятой, которое предусмотрено применимым стандартом на выбросы, плюс один дополнительный знак, не равный 0, в соответствии с ASTM E 29-06B. Округление промежуточных значений, используемых для расчета конечного результата удельных выбросов при стендовых испытаниях, не допускается.

Расчет концентраций углеводородов, метана и неметановых углеводородов производят на основе следующих показателей молярного соотношения в топливе фракций углерода/водорода/кислорода (C/H/O):

- CH<sub>1,86</sub>O<sub>0,006</sub> — дизельное топливо (B7);
- CH<sub>2,92</sub>O<sub>0,46</sub> — этанол для специальных двигателей с воспламенением от сжатия (ED95);
- CH<sub>1,93</sub>O<sub>0,032</sub> — для бензина (E10);
- CH<sub>2,74</sub>O<sub>0,385</sub> — для этанола (E85);
- CH<sub>2,525</sub> — для СНГ (сжиженный нефтяной газ);
- CH<sub>4</sub> — для ПГ (природный газ) и биометана.

Примеры процедур расчета приведены в добавлении 5 к настоящему приложению.

Расчет выбросов на молярной основе в соответствии с приложением 7 к гтп № 11, касающимся протокола испытания на выбросы отработавших газов внедорожной подвижной техникой (ВДПТ), допускается при условии получения предварительного согласия на это со стороны органа по официальному утверждению типа.

### 8.1 Поправка на сухое/влажное состояние

Если замер выбросов производился на сухой основе, то измеренную концентрацию преобразуют в концентрацию на влажной основе при помощи следующего уравнения:

$$c_w = k_w \times c_d, \quad (12)$$

где:

- $c_d$  — концентрация в сухом состоянии в млн<sup>-1</sup> или в % объема;  
 $k_w$  — поправочный коэффициент на сухое/влажное состояние ( $k_{w,a}$ ,  $k_{w,e}$  или  $k_{w,d}$  в зависимости от соответствующего уравнения, которое используется).

## 8.1.1 Первичные отработавшие газы

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \times 1,008 \quad (13)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \left( 1 - \frac{P_r}{P_b} \right) \quad (14)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad (15)$$

при этом

$$k_{fw} = 0,055594 \times W_{ALF} + 0,0080021 \times W_{DEL} + 0,0070046 \times W_{EPS} \quad (16)$$

и

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}, \quad (17)$$

где:

- $H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;  
 $w_{ALF}$  — содержание водорода в топливе в % от массы;  
 $q_{mf,i}$  — мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с;  
 $q_{mad,i}$  — мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске на сухой основе в кг/с;  
 $P_r$  — давление водяных паров после охлаждающей ванны в кПа;  
 $P_b$  — общее барометрическое давление в кПа;  
 $w_{DEL}$  — содержание азота в топливе в % от массы;  
 $w_{EPS}$  — содержание кислорода в топливе в % от массы;  
 $\alpha$  — молярная доля водорода, содержащегося в топливе;  
 $c_{CO_2}$  — концентрация CO<sub>2</sub> на сухой основе в %;  
 $c_{CO}$  — концентрация CO на сухой основе в %.

Уравнения 13 и 14 в принципе идентичны, причем коэффициент 1,008 в уравнениях 13 и 15 представляет собой приближенное значение более точной величины знаменателя в уравнении 14.

## 8.1.2 Разбавленные отработавшие газы

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (18)$$

или

$$k_{w,e} = \left[ \left( \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO_2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (19)$$

при этом

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}}, \quad (20)$$

где:

- $\alpha$  — молярная доля водорода, содержащегося в топливе;
- $c_{CO_2w}$  — концентрация  $CO_2$  на влажной основе в %;
- $c_{CO_2d}$  — концентрация  $CO_2$  на сухой основе в %;
- $H_d$  — влажность разбавителя в г воды на кг сухого воздуха;
- $H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;
- $D$  — коэффициент разбавления (см. пункт 8.5.2.3.2).

## 8.1.3 Разбавитель

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (21)$$

при этом

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)}, \quad (22)$$

где:

- $H_d$  — влажность разбавителя в г воды на кг сухого воздуха.

8.2 Поправка на влажность  $NO_x$ 

Поскольку выбросы  $NO_x$  зависят от состояния окружающего воздуха, концентрация  $NO_x$  должна быть скорректирована на влажность с использованием коэффициентов, приведенных в пунктах 8.2.1 или 8.2.2. Влажность воздуха на впуске ( $H_a$ ) может быть рассчитана на основе измерения относительной влажности, определения точки росы, измерения давления паров или измерения по шариком сухого/влажного термометра с использованием общепринятых уравнений.

## 8.2.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

$$k_{n,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1\,000} + 0,832, \quad (23)$$

где:

- $H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха.

## 8.2.2 Двигатели с принудительным зажиганием

$$k_{h.G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (24)$$

где:

$H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха.

## 8.3 Поправка на статическое давление сажевого фильтра

Плотность фильтра для отбора проб корректируют на взвешивание его в воздухе. Поправка на статическое давление зависит от плотности фильтра для отбора проб, плотности воздуха и плотности калибровочного груза и при взвешивании в воздухе самих ВЧ не учитывается. Поправка на статическое давление применяется к массе фильтра как нетто, так и брутто.

Если плотность материала, из которого изготовлен фильтр, неизвестна, то используют следующие значения плотности:

- стекловолоконный фильтр с тефлоновым покрытием: 2300 кг/м<sup>3</sup>;
- тефлоновый фильтр мембранного типа: 2144 кг/м<sup>3</sup>;
- тефлоновый фильтр мембранного типа с опорным кольцом из полиметилпентена: 920 кг/м<sup>3</sup>.

В случае калибровочных грузов из нержавеющей стали используется показатель плотности, равный 8000 кг/м<sup>3</sup>. Если калибровочный груз изготовлен из другого материала, его плотность должна быть известна.

Используется следующее уравнение:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left( \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (25)$$

при этом

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (26)$$

где:

$m_{\text{uncor}}$  — нескорректированная масса пробы взвешенных частиц в мг;

$\rho_a$  — плотность воздуха в кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_w$  — плотность калибровочного груза в кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_f$  — плотность фильтра для отбора проб взвешенных частиц в кг/м<sup>3</sup>;

$p_b$  — общее атмосферное давление в кПа;

$T_a$  — температура воздуха вокруг весов в К;

28,836 — молярная масса воздуха при исходной влажности (282,5 К) в г/моль;

8,3144 — молярная газовая постоянная.

Массу проб взвешенных частиц ( $m_p$ ), указанную в пунктах 8.4.3 и 8.5.3, рассчитывают по следующей формуле:

$$m_p = m_{i,G} - m_{i,T}, \quad (27)$$

где:

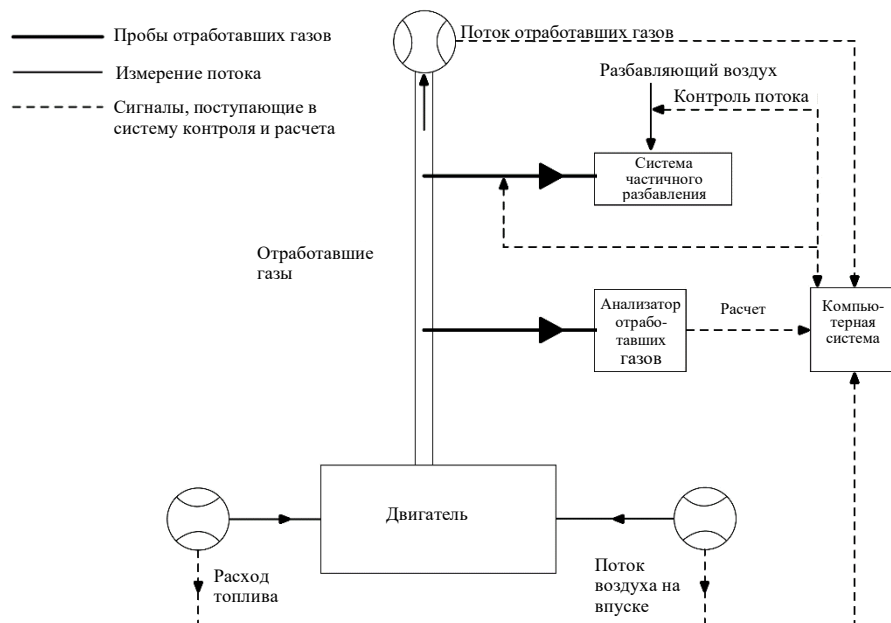
$m_{i,G}$  — масса брутто фильтра для взвешенных частиц с поправкой на статическое давление в мг;

$m_{i,T}$  — масса нетто фильтра для взвешенных частиц с поправкой на статическое давление в мг.

#### 8.4 Частичное разбавление потока (PFS) и замер первичных газообразных компонентов

Для расчета массы выбросов используются значения сигналов мгновенной концентрации газообразных компонентов, которые умножают на мгновенную величину массового расхода отработавших газов. Массовый расход отработавших газов можно либо измерить непосредственно, либо рассчитать с помощью метода измерения параметров воздуха на впуске и расхода топлива, метода использования индикаторного газа или измерения параметров воздуха на впуске и соотношения воздух/топливо. Особое внимание следует обращать на время срабатывания различных приборов. Эти различия следует учитывать при синхронизации сигналов. В случае взвешенных частиц для регулирования системы частичного разбавления потока в целях отбора пробы, пропорциональной расходу отработавших газов по массе, используются сигналы, показывающие массовый расход отработавших газов. Степень пропорциональности проверяют с помощью регрессионного анализа пробы и потока отработавших газов в соответствии с пунктом 9.4.6.1. Полная схема испытания показана на рис. 6.

Рис. 6  
Принципиальная схема системы измерения первичного/частично разбавленного потока



- 8.4.1 Определение массового расхода отработавших газов
- 8.4.1.1 Введение
- Для расчета выбросов веществ, содержащихся в первичных отработавших газах, и контроля системы частичного разбавления потока необходимо знать массовый расход отработавших газов. Для определения массового расхода отработавших газов можно использовать любой из методов, изложенных в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7.
- При необходимости для расчета выбросов веществ, содержащихся в отработавших газах, расход отработавших газов корректируется по любому отбираемому потоку. В случае применимости результаты, полученные в смесительном канале полного разбавления, корректируются по расходу потока пробы, отобранной из канала, если:**
- Q (отобр.) < 0,5 % цикла не соответствует расходу отработавших газов.**
- В этом случае корректировка является факультативной.**
- 8.4.1.2 Время срабатывания
- В целях расчета выбросов время срабатывания по каждому методу, изложенному в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7, не должно превышать время срабатывания анализатора, составляющее  $\leq 10$  с, как это требуется в пункте 9.3.5.
- Для целей контроля системы частичного разбавления потока требуется более быстрое время срабатывания. В случае систем частичного разбавления потока, работающих в режиме контроля «онлайн», время срабатывания должно составлять  $\leq 0,3$  с. В случае систем частичного разбавления потока с прогностическим алгоритмом управления на основе предварительно записанных параметров испытания время срабатывания системы измерения расхода отработавших газов должно составлять  $\leq 5$  с, а время восстановления —  $\leq 1$  с. Время срабатывания системы указывается изготовителем прибора. Требования в отношении общего времени срабатывания системы измерения расхода отработавших газов и системы частичного разбавления потока указаны в пункте 9.4.6.1.
- 8.4.1.3 Непосредственный метод измерения
- Непосредственное измерение мгновенных значений расхода отработавших газов производят с помощью таких систем, как:
- а) дифференциальное устройство измерения давления, например мерное сопло (более подробно см. ISO 5167);
  - б) ультразвуковой расходомер;
  - в) вихревой расходомер.
- Во избежание погрешностей измерения, которые могут привести к ошибочным значениям выбросов, необходимо принять соответствующие меры предосторожности. Такие меры предосторожности включают тщательную установку контрольно-измерительного устройства в системе выпуска отработавших газов двигателя в соответствии с рекомендациями изготовителя прибора и проверенной инженерно-технической практикой. Особое внимание необходимо обращать на то, чтобы установка устройства не оказала отрицательного воздействия на характеристики двигателя и параметры выбросов.
- Расходомеры должны отвечать требованиям линейности, указанным в пункте 9.2.



## 8.4.1.4 Метод измерения расхода воздуха и топлива

Этот метод предполагает измерение расхода воздуха и топлива с помощью подходящих расходомеров. Мгновенные значения расхода отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i}, \quad (28)$$

где:

$q_{mew,i}$  — мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с;

$q_{maw,i}$  — мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске в кг/с;

$q_{mf,i}$  — мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с.

Расходомеры должны отвечать требованиям линейности, указанным в пункте 9.2, но должны быть при этом достаточно точными, с тем чтобы отвечать также требованиям линейности параметров потока отработавших газов.

## 8.4.1.5 Метод измерения с помощью индикаторного газа

Этот метод предполагает измерение концентрации индикаторного газа в отработавших газах.

В поток отработавших газов в качестве индикаторного газа вводят известное количество инертного газа (например, чистого гелия). Этот газ смешивают и разбавляют с помощью отработавших газов, однако его контакт с выхлопной трубой не допускается. Затем измеряют концентрацию данного газа в пробе отработавших газов.

В целях обеспечения полного смешивания индикаторного газа пробоотборник отработавших газов устанавливают на расстоянии не менее 1 м или на расстоянии, соответствующем 30-кратному диаметру выхлопной трубы, в зависимости от того, какая из этих величин больше, ниже точки ввода индикаторного газа. Пробоотборник можно устанавливать ближе к точке ввода в том случае, если при вводе индикаторного газа на впуске двигателя полнота смешивания подтверждается путем сопоставления концентрации индикаторного газа с исходной концентрацией.

Расход индикаторного газа регулируют таким образом, чтобы концентрация индикаторного газа на холостых оборотах двигателя после смешивания была меньше пределов шкалы измерения анализатора индикаторного газа.

Расход отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)}, \quad (29)$$

где:

$q_{mew,i}$  — мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с;

$q_{vt}$  — расход индикаторного газа в см<sup>3</sup>/мин;

$c_{mix,i}$  — мгновенное значение концентрации индикаторного газа после смешивания в млн<sup>-1</sup>;

$\rho_e$  — плотность отработавших газов в кг/м<sup>3</sup> (см. таблицу 5);

$c_b$  — фоновая концентрация индикаторного газа в воздухе на впуске в млн<sup>-1</sup>.

Фоновую концентрацию индикаторного газа ( $c_b$ ) можно определить путем усреднения значений фоновой концентрации, измеряемых непосредственно перед испытанием и после испытания.

Когда фоновая концентрация составляет менее 1 % от концентрации индикаторного газа после смешивания ( $c_{mix,i}$ ) в условиях максимального потока отработавших газов, фоновой концентрацией можно пренебречь.

Вся система должна отвечать требованиям линейности параметров потока отработавших газов, указанным в пункте 9.2.

#### 8.4.1.6 Метод измерения расхода воздуха и отношения воздуха к топливу

Этот метод предполагает расчет массы отработавших газов на основании расхода воздуха и отношения воздуха к топливу. Мгновенные значения массового расхода отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right), \quad (30)$$

при этом

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (31)$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})}, \quad (32)$$

где:

$q_{maw,i}$  — мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске в кг/с;

$A/F_{st}$  — стехиометрическое отношение воздуха к топливу в кг/кг;

$\lambda_i$  — мгновенное значение коэффициента избытка воздуха;

$c_{CO2d}$  — концентрация  $CO_2$  на сухой основе в процентах;

$c_{COd}$  — концентрация  $CO_2$  на сухой основе в  $млн^{-1}$ ;

$c_{HCw}$  — концентрация HC на влажной основе в  $млн^{-1}$ .

Расходомер воздуха и анализаторы должны отвечать требованиям линейности, указанным в пункте 9.2, а вся система должна отвечать требованиям линейности параметров потока отработавших газов, указанным в пункте 9.2.

Если для измерения коэффициента избытка воздуха используется оборудование для измерения отношения воздуха к топливу, например циркониевый датчик, то такое оборудование должно отвечать техническим требованиям, указанным в пункте 9.3.2.7.

#### 8.4.1.7 Метод углеродного баланса

Этот метод предполагает расчет массы отработавших газов на основе расхода топлива и газообразных компонентов в отработавших газах,

включая углерод. Мгновенные значения массового расхода отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times \left( \frac{w_{\text{BET}}^2 \times 1,4}{(1,0828 \times w_{\text{BET}} + k_{\text{fd}} \times k_c) \times k_c} \left( 1 + \frac{H_a}{1\,000} \right) + 1 \right), \quad (33)$$

при этом

$$k_c = (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2d,a}}) \times 0,5441 + \frac{c_{\text{COd}}}{18,522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17,355} \quad (34)$$

и

$$k_{\text{fd}} = -0,055594 \times w_{\text{ALF}} + 0,0080021 \times w_{\text{DEL}} + 0,0070046 \times w_{\text{EPS}}, \quad (35)$$

где:

- $q_{mf,i}$  — мгновенный массовый расход топлива в кг/с;
- $H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;
- $w_{\text{BET}}$  — содержание углерода в топливе в процентах от массы;
- $w_{\text{ALF}}$  — содержание водорода в топливе в процентах от массы;
- $w_{\text{DEL}}$  — содержание азота в топливе в процентах от массы;
- $w_{\text{EPS}}$  — содержание кислорода в топливе в процентах от массы;
- $c_{\text{CO2d}}$  — концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе в процентах;
- $c_{\text{CO2d,a}}$  — концентрация  $\text{CO}_2$  во всасываемом воздухе в процентах;
- $c_{\text{CO}}$  — концентрация  $\text{CO}$  на сухой основе в  $\text{млн}^{-1}$ ;
- $c_{\text{HCw}}$  — концентрация  $\text{HC}$  на влажной основе в  $\text{млн}^{-1}$ .

## 8.4.2 Определение содержания газообразных компонентов

### 8.4.2.1 Введение

Газообразные компоненты в первичных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряют с помощью систем измерения и отбора проб, описанных в пункте 9.3 и в добавлении 2. Процедура оценки данных изложена в пункте 8.4.2.2.

В пунктах 8.4.2.3 и 8.4.2.4 описываются два метода расчета, которые эквивалентны для эталонного топлива, указанного в добавлении 5. Порядок расчета, изложенный в пункте 8.4.2.3, более прост, так как он предусматривает использование табличных значений  $u$ , отражающих отношение плотности газообразного компонента к плотности отработавших газов. Порядок, изложенный в пункте 8.4.2.4, более точен для определения качества топлива, которое не соответствует техническим требованиям добавления 5, однако он предполагает необходимость анализа элементарного состава топлива.

### 8.4.2.2 Оценка данных

Данные, касающиеся выбросов, регистрируют и хранят в соответствии с пунктом 7.6.6.

Для расчета массы выбросов газообразных компонентов следовые значения зарегистрированных концентраций и следовые значения массового расхода отработавших газов синхронизируют с учетом времени перехода, определенного в пункте 3.1. В этой связи время срабатывания каждого анализатора газообразных выбросов и системы измерения массового расхода отработавших газов определяют согласно пунктам 8.4.1.2 и 9.3.5, соответственно, и регистрируют.

## 8.4.2.3 Расчет массы выбросов на основе табличных значений

Массу загрязнителей (г/испытание) определяют методом расчета мгновенных значений массы выбросов на основе концентраций загрязняющих веществ в первичных отработавших газах и массового расхода отработавших газов, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в соответствии с пунктом 8.4.2.2, суммирования мгновенных значений по всему циклу и умножения суммарных значений на значения  $u$ , взятые из таблицы 5. В случае измерения на сухой основе до проведения любых дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации корректируют на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета  $\text{NO}_x$  массу выбросов умножают на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Для расчета используется следующее уравнение:

$$m_{gas} = u_{gas} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left( c_{gas,i} \times q_{mew,i} \times \frac{1}{f} \right) \text{ (в г/испытание)}, \quad (36)$$

где:

$u_{gas}$  — соответствующее значение компонента отработавших газов, указанное в таблице 5;

$c_{gas,i}$  — мгновенное значение концентрации компонента в отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$q_{mew,i}$  — мгновенное значение массового расхода отработавших газов в  $\text{кг/с}$ ;

$f$  — частота регистрации данных при отборе проб в Гц;

$n$  — число замеров.

Таблица 5

Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов первичных отработавших газов

Топливо	$\rho_c$	Газ					
		$\text{NO}_x$	$\text{CO}$	$\text{HC}$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CH}_4$
		$\rho_{gas} [\text{кг/м}^3]$					
		2,053	1,250	<sup>a</sup>	1,9636	1,4277	0,716
$u_{gas}^b$							
Дизельное (B7)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Этанол (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
СПГ <sup>c</sup>	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 <sup>d</sup>	0,001551	0,001128	0,000565
Пропан	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Бутан	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
СНГ <sup>c</sup>	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Бензин (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Этанол (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

<sup>a</sup> в зависимости от топлива

<sup>b</sup> при  $\lambda = 2$ , сухом воздухе, 273 К; 101,3 кПа

<sup>c</sup>  $u$  с точностью 0,2 % по массовому составу: C = 66–76 %; H = 22–25 %; N = 0–12 %

- <sup>d</sup> NMHC на основе  $\text{CH}_{2,93}$  (применительно к общему количеству HC для  $\text{CH}_4$  используется коэффициент  $u_{\text{gas}}$ )
- <sup>e</sup>  $u$  с точностью 0,2 % по массовому составу:  $\text{C}_3 = 70\text{--}90\%$ ;  $\text{C}_4 = 10\text{--}30\%$

#### 8.4.2.4 Расчет массы выбросов на основе точных уравнений

Массу загрязняющих веществ (г/испытание) определяют методом расчета мгновенных значений массы выбросов на основе концентраций загрязняющих веществ в первичных отработавших газах, значения  $u$  и массового расхода отработавших газов, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в соответствии с пунктом 8.4.2.2, и суммирования мгновенных значений по всему циклу. В случае измерения на сухой основе до проведения любых дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации корректируют на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета  $\text{NO}_x$  массу выбросов умножают на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Для расчета используется следующее уравнение:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} \left( u_{\text{gas},i} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \right) \text{ (в г/испытание)}, \quad (37)$$

где:

- $u_{\text{gas}}$  — рассчитывается по уравнениям 38 или 39;
- $c_{\text{gas},i}$  — мгновенное значение концентрации компонента в отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$ ;
- $q_{\text{mew},i}$  — мгновенное значение массового расхода отработавших газов в  $\text{кг/с}$ ;
- $f$  — частота регистрации данных при отборе проб в Гц;
- $n$  — число замеров.

Мгновенные значения  $u$  рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \times 1\,000) \quad (38)$$

или

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1\,000) \quad (39)$$

при этом

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414, \quad (40)$$

где:

- $M_{\text{gas}}$  — молярная масса компонента газа в г/моль (см. добавление 5 к настоящему приложению);
- $M_{e,i}$  — мгновенное значение молярной массы отработавших газов в г/моль;
- $\rho_{\text{gas}}$  — плотность компонента газа в  $\text{кг/м}^3$ ;
- $\rho_{e,i}$  — мгновенное значение плотности отработавших газов в  $\text{кг/м}^3$ .

Молярную массу отработавших газов  $M_e$  определяют на основе общего состава топлива  $\text{C}_m\text{O}_e\text{N}_d\text{S}_y$  в предположении его полного сжигания по следующей формуле:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}, \quad (41)$$

где:

$q_{maw,i}$  — мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске на влажной основе в кг/с;

$q_{mf,i}$  — мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с;

$H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;

$M_a$  — молярная масса сухого воздуха на впуске (= 28,965 г/моль).

Плотность отработавших газов  $\rho_{e,i}$  определяют по следующей формуле:

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_{fw} \times 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}, \quad (42)$$

где:

$q_{mad,i}$  — мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске на сухой основе в кг/с;

$q_{mf,i}$  — мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с;

$H_a$  — влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;

$k_{fw}$  — коэффициент, учитывающий удельный вес топлива на влажной основе (уравнение 16) и рассчитываемый в соответствии с пунктом 8.1.1.

#### 8.4.3 Определение содержания взвешенных частиц

##### 8.4.3.1 Оценка данных

Массу взвешенных частиц рассчитывают в соответствии с уравнением 27, содержащимся в пункте 8.3. Для оценки концентрации взвешенных частиц регистрируют суммарную массу пробы ( $m_{sep}$ ), прошедшей через фильтры за весь испытательный цикл.

С предварительного одобрения органа по официальному утверждению типа масса взвешенных частиц может быть скорректирована на конкретный уровень разбавителя, как это указано в пункте 7.5.6, в соответствии с проверенной инженерно-технической практикой и конкретными конструктивными особенностями используемой системы измерения взвешенных частиц.

##### 8.4.3.2 Расчет массы выбросов

В зависимости от конструкции системы массу взвешенных частиц (г/испытание) рассчитывают с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.4.3.2.1 или 8.4.3.2.2, после корректировки массы пробы взвешенных частиц на статическое давление на фильтре в соответствии с пунктом 8.3.

##### 8.4.3.2.1 Расчет на основе коэффициента отбора

$$m_{PM} = m_p / (r_s \times 1\,000), \quad (43)$$

где:

$m_p$  — масса взвешенных частиц, отобранных за цикл, в мг;

$r_s$  — средний коэффициент отбора проб в течение испытательного цикла,

при этом

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}}, \quad (44)$$

где:

$m_{se}$  — масса пробы, отобранная за цикл, в кг;

$m_{ew}$  — суммарная масса отработавших газов за цикл в кг;

$m_{sep}$  — масса разбавленных отработавших газов, прошедших через сажевые фильтры, в кг;

$m_{sed}$  — масса разбавленных отработавших газов, прошедших через смесительный канал, в кг.

В случае системы общего отбора проб значения  $m_{sep}$  и  $m_{sed}$  идентичны.

#### 8.4.3.2.2 Расчет на основе коэффициента разбавления

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1\,000}, \quad (45)$$

где:

$m_p$  — масса взвешенных частиц, отобранных за цикл, в мг;

$m_{sep}$  — масса разбавленных отработавших газов, прошедших через сажевые фильтры, в кг;

$m_{edf}$  — масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл в кг.

Суммарную массу эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл определяют по следующим формулам:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (46)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (47)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})}, \quad (48)$$

где:

$q_{medf,i}$  — мгновенное значение массового расхода эквивалентных разбавленных отработавших газов в кг/с;

$q_{mew,i}$  — мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с;

$r_{d,i}$  — мгновенное значение коэффициента разбавления;

$q_{mdew,i}$  — мгновенное значение массового расхода разбавленных отработавших газов в кг/с;

$q_{mdw,i}$  — мгновенное значение массового расхода разбавителя в кг/с;

$f$  — частота регистрации данных при отборе проб в Гц;

$n$  — число замеров.

## 8.5 Измерение в условиях полного разбавленного потока (CVS)

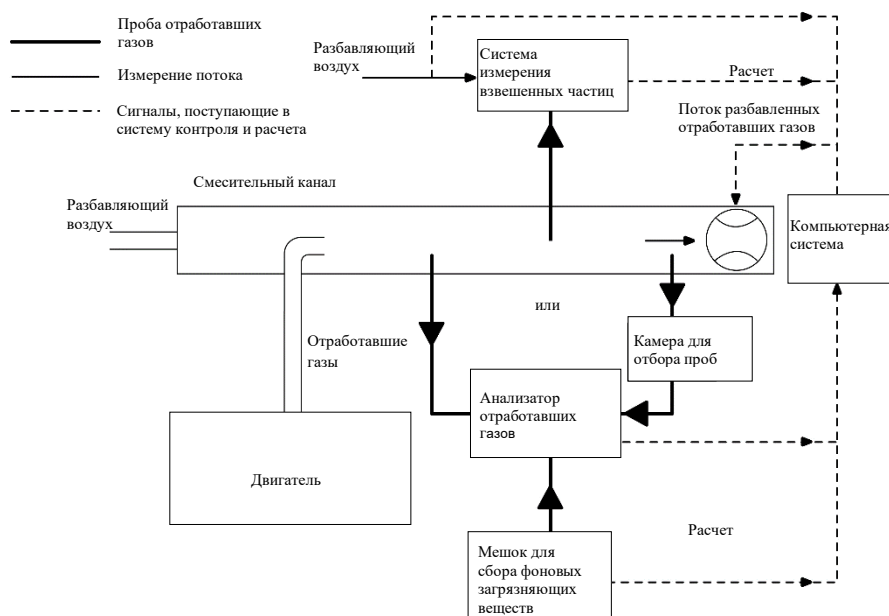
Для расчета массы выбросов используют значения сигналов концентрации газообразных компонентов, полученные на основе суммирования по всему циклу или методом отбора проб в мешки для отбора, которые умножаются на величину массового расхода разбавленных отработавших газов. Массовый расход отработавших газов измеряют с помощью системы отбора проб постоянного объема (CVS), в которой может использоваться насос с объемным регулированием (PDP), трубка Вентури с критическим расходом (CFV) или трубка Вентури для дозвуковых потоков (SSV) с компенсацией потока или без нее.

В случае отбора проб в мешок и отбора проб взвешенных частиц производят отбор пропорциональной пробы разбавленных отработавших газов с помощью системы CVS. В случае системы без компенсации потока отношение потока проб к потоку CVS не должно отличаться более чем на  $\pm 2,5\%$  от установленного значения для испытания. В случае системы с компенсацией потока каждое отдельное значение расхода должно оставаться постоянным в пределах  $\pm 2,5\%$  соответствующего целевого значения расхода.

Полная схема испытания показана на рис. 7.

Рис. 7

### Принципиальная схема системы измерения с полным разбавлением потока



### 8.5.1 Определение расхода разбавленных отработавших газов

#### 8.5.1.1 Введение

Для расчета выбросов веществ, содержащихся в разбавленных отработавших газах, необходимо знать массовый расход разбавленных отработавших газов. Суммарный расход разбавленных отработавших газов за цикл (кг/испытание) рассчитывают на основе значений, измеренных в течение цикла, и соответствующих данных калибровки устройства измерения расхода ( $V_0$  для PDP,  $K_v$  для CFV,  $C_d$  для SSV) с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.5.1.2–8.5.1.4. Если суммарная масса пробы взвешенных частиц ( $m_{\text{сер}}$ ) превышает  $0,5\%$



суммарного значения массы потока CVS ( $m_{ed}$ ), то этот поток CVS корректируется по  $m_{sep}$ , в противном случае поток взвешенных частиц, идущий на отбор проб, до его прохождения через устройство измерения возвращается в поток CVS.

#### 8.5.1.2 Система PDP–CVS

Если температура разбавленных отработавших газов поддерживается в течение цикла с помощью теплообменников в пределах  $\pm 6$  К, то расчет массы потока за цикл производят по следующей формуле:

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T), \quad (49)$$

где:

$V_0$  — объем газа, нагнетаемого насосом за один оборот в условиях испытания, в м<sup>3</sup>/об;

$n_p$  — суммарное число оборотов вала насоса за испытание;

$p_p$  — абсолютное давление на входе в насос в кПа;

$T$  — средняя температура разбавленных отработавших газов на входе в насос в К.

Если используется система с компенсацией расхода (т. е. без теплообменника), то рассчитывают мгновенные значения массы выбросов и суммируют их за весь цикл. В этом случае мгновенное значение массы разбавленных отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T), \quad (50)$$

где:

$n_{p,i}$  — суммарное число оборотов вала насоса за соответствующий временной интервал.

#### 8.5.1.3 Система CFV–CVS

Если температура разбавленных отработавших газов поддерживается в течение цикла с помощью теплообменника в пределах  $\pm 11$  К, то расчет массы потока за цикл производят по следующей формуле:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0,5}, \quad (51)$$

где:

$t$  — продолжительность цикла в с;

$K_v$  — коэффициент калибровки трубки Вентури с критическим расходом при стандартных условиях;

$p_p$  — абсолютное давление на входе в трубку Вентури в кПа;

$T$  — абсолютная температура на входе в трубку Вентури в К.

Если используется система с компенсацией расхода (т. е. без теплообменника), то рассчитывают мгновенные значения массы выбросов и суммируют их за весь цикл. В этом случае мгновенное значение массы разбавленных отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5}, \quad (52)$$

где:

$\Delta t_i$  — временной интервал в с.

## 8.5.1.4 Система SSV–CVS

Если температура разбавленных отработавших газов поддерживается в течение цикла с помощью теплообменника в пределах  $\pm 11$  К, то расчет массы потока за цикл производят по следующей формуле:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (53)$$

при этом

$$Q_{SSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d p_p \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \cdot \left( \frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]}, \quad (54)$$

где:

$$A_0 \text{ — } 0,005692 \text{ в единицах СИ } \left( \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \right) \left( \frac{\text{К}^2}{\text{кПа}} \right) \left( \frac{1}{\text{мм}^2} \right),$$

$d_v$  — диаметр сужения SSV в мм;

$C_d$  — коэффициент расхода SSV;

$p_p$  — абсолютное давление на входе в трубку Вентури в кПа;

$T$  — температура на входе в трубку Вентури в К;

$r_p$  — отношение давления на сужении SSV к абсолютному статистическому давлению на входе,  $1 - \frac{\Delta p}{p_a}$ ;

$r_D$  — отношение диаметра сужения SSV  $d$  к внутреннему диаметру  $D$  входной трубы.

Если используется система с компенсацией расхода (т. е. без теплообменника), то рассчитывают мгновенные значения массы выбросов и суммируют их за весь цикл. В этом случае мгновенное значение массы разбавленных отработавших газов рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (55)$$

где:

$\Delta t_i$  — временной интервал в с.

Расчет в реальном масштабе времени начинают либо со значения  $C_d$  в разумных пределах, например 0,98, или значения  $Q_{SSV}$  в разумных пределах. Если расчеты начинают с  $Q_{SSV}$ , то для подсчета числа Рейнольдса используют первоначальное значение  $Q_{SSV}$ .

В ходе всех испытаний на выбросы число Рейнольдса при данном диаметре сужения SSV должно находиться в диапазоне чисел Рейнольдса, используемых для построения калибровочной кривой в соответствии с пунктом 9.5.4.

## 8.5.2 Определение газообразных компонентов

## 8.5.2.1 Введение

Газообразные компоненты в разбавленных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряют с помощью методов, описанных в добавлении 2. Разбавление отработавших газов производят с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Пропускная способность системы с полным разбавлением потока должна быть достаточной для полного устранения конденсации воды в системах разбавления и отбора проб. Процедуры оценки данных и расчетов изложены в пунктах 8.5.2.2 и 8.5.2.3.

## 8.5.2.2 Оценка данных

Данные, касающиеся выбросов, регистрируют и хранят в соответствии с пунктом 7.6.6.

## 8.5.2.3 Расчет массы выбросов

## 8.5.2.3.1 Система с постоянным массовым расходом

В случае систем с теплообменником массу загрязняющих веществ определяют с помощью следующего уравнения:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}} \text{ (в г/испытание)}, \quad (56)$$

где:

$u_{\text{gas}}$  — соответствующее значение компонента отработавших газов, указанное в таблице 6;

$c_{\text{gas}}$  — средняя концентрация компонента, скорректированная по фону, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$m_{\text{ed}}$  — суммарная масса разбавленных отработавших газов за цикл в кг.

В случае измерения на сухой основе производят корректировку на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета  $\text{NO}_x$  массу выбросов умножают, если это применимо, на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Значения  $u$  приводятся в таблице 6. Для расчета значений  $u_{\text{gas}}$  плотность разбавленных отработавших газов принимают равной плотности воздуха. В этой связи значения  $u_{\text{gas}}$  идентичны для отдельных газовых компонентов, но различны для HC.

Таблица 6

**Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов разбавленного отработавшего газа**

Топливо	$\rho_{\text{де}}$	Газ					
		$\text{NO}_x$	$\text{CO}$	HC	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CH}_4$
		$\rho_{\text{gas}} [\text{кг}/\text{м}^3]$					
		2,053	1,250	<sup>a</sup>	1,9636	1,4277	0,716
$u_{\text{gas}}^{\text{b}}$							
Дизельное (B7)	1,293	0,001588	0,000967	0,000483	0,001519	0,001104	0,000553
Этанол (ED95)	1,293	0,001588	0,000967	0,000770	0,001519	0,001104	0,000553
СПГ <sup>c</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000517 <sup>d</sup>	0,001519	0,001104	0,000553
Пропан	1,293	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,001104	0,000553
Бутан	1,293	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,001104	0,000553
СНГ <sup>c</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553
Бензин (E10)	1,293	0,001588	0,000967	0,000499	0,001519	0,001104	0,000554
Этанол (E85)	1,293	0,001588	0,000967	0,000722	0,001519	0,001104	0,000554

<sup>a</sup> в зависимости от топлива

<sup>b</sup> при  $\lambda = 2$ , сухом воздухе, 273 К; 101,3 кПа

<sup>c</sup>  $u$  с точностью 0,2 % по массовому составу: C = 66–76 %; H = 22–25 %; N = 0–12 %

<sup>d</sup> NMHC на основе  $\text{CH}_{2,93}$  (применительно к общему количеству HC для  $\text{CH}_4$  используется коэффициент  $u_{\text{gas}}$ )

<sup>e</sup>  $u$  с точностью 0,2 % по массовому составу: C3 = 70–90 %; C4 = 10–30 %

В качестве варианта значения  $u$  можно рассчитать с использованием метода точных расчетов, который в целом описан в пункте 8.4.2.4, по следующей формуле:

$$u_{gas} = \frac{M_{gas}}{M_d \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_e \times \left(\frac{1}{D}\right)} \times \frac{1}{1000}, \quad (57)$$

где:

$M_{gas}$  — молярная масса компонента газа в г/моль (см. добавление 5 к настоящему приложению);

$M_e$  — молярная масса отработавших газов в г/моль;

$M_d$  — молярная масса разбавителя = 28,965 г/моль;

$D$  — коэффициент разбавления (см. пункт 8.5.2.3.2).

#### 8.5.2.3.2 Определение концентраций, скорректированных по фону

Для получения чистых концентраций загрязняющих веществ средняя фоновая концентрация газообразных загрязняющих веществ в разбавителе вычитается из измеренных концентраций. Среднее значение фоновых концентраций можно определить либо с помощью накопительного мешка, либо методом непрерывного измерения с последующим суммированием. Для расчета используют следующее уравнение:

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \times (1 - (1/D)), \quad (58)$$

где:

$c_{gas,e}$  — концентрация компонента, измеренная в разбавленных отработавших газах, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_d$  — концентрация компонента, измеренная в разбавителе, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$D$  — коэффициент разбавления.

Коэффициент разбавления рассчитывают следующим образом:

a) для дизельных двигателей и газовых двигателей, работающих на СНГ

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \times 10^{-4}} \quad (59)$$

b) для газовых двигателей, работающих на природном газе

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2,e} + (c_{NMHC,e} + c_{CO,e}) \times 10^{-4}}, \quad (60)$$

где:

$c_{CO_2,e}$  — концентрация  $CO_2$  на влажной основе в разбавленных отработавших газах, объемная доля, в %;

$c_{HC,e}$  — концентрация HC на влажной основе в разбавленных отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$  C1;

$c_{NMHC,e}$  — концентрация NMHC на влажной основе в разбавленных отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$  C1;

$c_{CO,e}$  — концентрация CO на влажной основе в разбавленных отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$F_s$  — стехиометрический коэффициент.

Стехиометрический коэффициент рассчитывается следующим образом:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)}, \quad (61)$$

где:

$\alpha$  — молярная доля водорода в топливе (H/C).

С другой стороны, если состав топлива неизвестен, то в качестве варианта можно использовать следующие стехиометрические коэффициенты:

$F_s$ (дизельное топливо)	=	13,4;
$F_s$ (СНГ)	=	11,6;
$F_s$ (ПГ)	=	9,5;
$F_s$ (E10)	=	13,3;
$F_s$ (E85)	=	11,5.

#### 8.5.2.3.3 Система с компенсацией расхода

В случае систем без теплообменника массу загрязняющих веществ (г/испытание) определяют на основе расчета мгновенных значений массы выбросов и суммирования этих мгновенных значений по всему циклу. Кроме того, необходимо выполнить корректировку по фону, которую производят непосредственно по мгновенным значениям концентрации. Расчет производят по следующей формуле:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n \left[ (m_{\text{ed},i} \times c_{\text{gas},e} \times u_{\text{gas}}) \right] - \left[ (m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}}) \right], \quad (62)$$

где:

$c_{\text{gas},e}$  — концентрация компонента, измеренная в разбавленных отработавших газах, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_d$  — концентрация компонента, измеренная в разбавителе, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$m_{\text{ed},i}$  — мгновенное значение массы разбавленных отработавших газов в кг;

$m_{\text{ed}}$  — суммарное значение массы разбавленных отработавших газов за цикл в кг;

$u_{\text{gas}}$  — табличное значение, выбираемое из таблицы 6;

$D$  — коэффициент разбавления.

#### 8.5.3 Определение содержания взвешенных частиц

##### 8.5.3.1 Расчет массы выбросов

Массу взвешенных частиц (г/испытание) рассчитывают после корректировки массы пробы взвешенных частиц на фильтре на статистическое давление в соответствии с пунктом 8.3 следующим образом:

$$m_{\text{PM}} = \frac{m_p}{m_{\text{sep}}} \times \frac{m_{\text{ed}}}{1\,000}, \quad (63)$$

где:

- $m_p$  — масса взвешенных частиц, отобранных за цикл, в мг;  
 $m_{sep}$  — масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для осаждения взвешенных частиц, в кг;  
 $m_{ed}$  — масса разбавленных отработавших газов за цикл в кг,

при этом

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}, \quad (64)$$

где:

- $m_{set}$  — масса отработавших газов, подвергнутых двойному разбавлению, которые прошли через сажевый фильтр, в кг;  
 $m_{ssd}$  — масса вторичного разбавителя в кг.

Если фоновый уровень взвешенных частиц в разбавителе определен в соответствии с пунктом 7.5.6, то массу взвешенных частиц можно скорректировать по фону. В этом случае массу взвешенных частиц (г/испытание) рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{PM} = \left[ \frac{m_p}{m_{sep}} - \left( \frac{m_b}{m_{sd}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1\,000}, \quad (65)$$

где:

- $m_{sep}$  — масса разбавленных отработавших газов, прошедших через сажевые фильтры, в кг;  
 $m_{ed}$  — масса разбавленных отработавших газов за цикл в кг;  
 $m_{sd}$  — масса разбавителя, пропущенного через фоновый пробоотборник взвешенных частиц, в кг;  
 $m_b$  — масса собранных фоновых взвешенных частиц в разбавителе в мг;  
 $D$  — коэффициент разбавления, определенный в соответствии с пунктом 8.5.2.3.2.

## 8.6 Общие расчеты

### 8.6.1 Корректировка на дрейф

Что касается корректировки на дрейф, упомянутой в пункте 7.8.4, то скорректированное значение концентрации рассчитывают следующим образом:

$$c_{cor} = c_{ref,z} + (c_{ref,s} - c_{ref,z}) \left( \frac{2 \cdot c_{gas} - (c_{pre,z} + c_{post,z})}{(c_{pre,s} + c_{post,s}) - (c_{pre,z} + c_{post,z})} \right), \quad (66)$$

где:

- $c_{ref,z}$  — исходная концентрация нулевого газа (равная обычно нулю) в  $млн^{-1}$ ;  
 $c_{ref,s}$  — исходная концентрация поверочного газа в  $млн^{-1}$ ;  
 $c_{pre,z}$  — концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора до проведения испытания, в  $млн^{-1}$ ;  
 $c_{pre,s}$  — концентрация поверочного газа, измеренная при помощи анализатора до проведения испытания, в  $млн^{-1}$ ;  
 $c_{post,z}$  — концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора после проведения испытания, в  $млн^{-1}$ ;

$c_{\text{post},s}$  — концентрация поверочного газа, измеренная при помощи анализатора после проведения испытания, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_{\text{gas}}$  — концентрация газа, отобранного в качестве пробы, в  $\text{млн}^{-1}$ .

В соответствии с пунктом 8.6.3 для каждого компонента рассчитывают два набора результатов удельных выбросов после любой другой необходимой корректировки. Один из этих наборов рассчитывают с использованием концентраций без корректировки, а другой — с использованием концентраций, скорректированных на дрейф, в соответствии с уравнением 66.

В зависимости от системы измерения и метода проведения расчетов нескорректированные результаты выбросов рассчитывают при помощи уравнений 36, 37, 56, 58 или 62, соответственно. Для расчета скорректированных значений выбросов показатель  $c_{\text{gas}}$  в уравнениях 36, 37, 56, 58 или 62, соответственно, заменяют показателем  $c_{\text{cor}}$  из уравнения 66. Если в соответствующем уравнении используются мгновенные значения концентрации  $c_{\text{gas},i}$ , то в качестве мгновенного значения  $c_{\text{cor},i}$  также применяется скорректированный показатель. В уравнениях 58 и 62 скорректированное значение используют в отношении как измеренной концентрации, так и фоновой концентрации.

Сопоставление производят на основе процентной доли нескорректированных результатов. Различия между нескорректированными и скорректированными значениями удельных выбросов при стендовых испытаниях должны оставаться в пределах  $\pm 4\%$  нескорректированных значений удельных выбросов при стендовых испытаниях либо в пределах  $\pm 4\%$  соответствующего предельного значения — в зависимости от того, какой из этих показателей выше. Если дрейф превышает  $4\%$ , то испытание считается недействительным.

Если применяется корректировка на дрейф, то в отчете о результатах испытания на выбросы указывают только значения выбросов.

#### 8.6.2

##### Расчет NMHC и $\text{CH}_4$

Расчет NMHC и  $\text{CH}_4$  зависит от используемого метода калибровки. Для измерения без NMC (нижняя часть на рисунке 11 в добавлении 2 к настоящему приложению) FID калибруется при помощи пропана. Для калибровки FID последовательно с NMC (верхняя часть рисунка 11 в добавлении 2 к настоящему приложению) допускается использование следующих методов:

- калибровочный газ — пропан; пропан идет в обход NMC;
- калибровочный газ — метан; метан проходит через NMC.

Что касается подпункта а), то концентрацию NMHC и  $\text{CH}_4$  рассчитывают следующим образом:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC}(w/\text{NMC})} - c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (67)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC}(w/\text{NMC})}}{E_E - E_M} \quad (68)$$

Что касается подпункта б), то концентрацию NMHC и  $\text{CH}_4$  рассчитывают следующим образом:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC}(w/\text{NMC})} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M} \quad (67a)$$

$$C_{CH4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)}, \quad (68a)$$

где:

- $c_{HC(w/NMC)}$  — концентрация HC в пробе газа, проходящего через NMC, в  $\text{млн}^{-1}$ ;
- $c_{HC(w/oNMC)}$  — концентрация HC в пробе газа, идущего в обход NMC, в  $\text{млн}^{-1}$ ;
- $r_h$  — коэффициент чувствительности к метану, определяемый в соответствии с пунктом 9.3.7.2;
- $E_M$  — эффективность по метану, определяемая в соответствии с пунктом 9.3.8.1;
- $E_E$  — эффективность по этану, определяемая в соответствии с пунктом 9.3.8.2.

Если  $r_h < 1,05$ , то в уравнениях 67, 67 а) и 68 а) этот коэффициент можно опустить.

### 8.6.3 Расчет удельных выбросов

Расчет удельных выбросов  $e_{\text{gas}}$  или  $e_{\text{PM}}$  (г/кВт·ч) по каждому отдельному компоненту в зависимости от типа испытательного цикла производится следующим образом.

Для ВСУЦ, ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии или ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя применяют следующее уравнение:

$$e = \frac{m}{W_{\text{act}}} \quad (69)$$

$$e = \frac{(0,14 \times m_{\text{cold}}) + (0,86 \times m_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{act,hot}})}, \quad (70)$$

где

- $m$  — масса выбросов данного компонента в г/испытание;
- $W_{\text{act}}$  — фактическая работа за цикл, определяемая в соответствии с пунктом 7.8.6, в кВт·ч.

Для ВСПЦ окончательный результат испытаний представляет собой взвешенное среднее значений, полученных по итогам испытаний в условиях запуска холодного двигателя и испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии в соответствии со следующим уравнением:

где:

- $m_{\text{cold}}$  — масса выбросов компонента в ходе испытания с запуском в холодном состоянии в г/испытание;
- $m_{\text{hot}}$  — масса выбросов компонента в ходе испытания с запуском в прогретом состоянии в г/испытание;
- $W_{\text{act,cold}}$  — фактическая работа за цикл в ходе испытания с запуском в холодном состоянии в кВт·ч;
- $W_{\text{act,hot}}$  — фактическая работа за цикл в ходе испытания с запуском в прогретом состоянии в кВт·ч.

Если применяется периодическая регенерация в соответствии с пунктом 6.6.2, то корректировочные коэффициенты на регенерацию  $k_{r,u}$



или  $k_{r,d}$  соответственно умножают на результат удельных выбросов  $e$ , определенный в уравнениях 69 и 70, либо прибавляют к нему.

## 9. Спецификация и проверка оборудования

В настоящем приложении не содержится детального описания аппаратуры или системы для измерения расхода, давления и температуры. Вместо этого в пункте 9.2 указываются только требования к линейности такой аппаратуры или таких систем, которые необходимы для проведения испытаний на выбросы.

### 9.1 Спецификация динамометра

Для проведения соответствующего испытательного цикла, описанного в пунктах 7.2.1 и 7.2.2, используют динамометрический стенд для испытания двигателя, имеющий надлежащие характеристики.

Приборы для измерения крутящего момента и частоты вращения должны позволять производить измерения мощности на валу с погрешностью, необходимой для соблюдения критериев подтверждения достоверности результатов цикла. В этой связи может потребоваться проведение дополнительных расчетов. Погрешность контрольно-измерительной температуры должна обеспечивать соблюдение требований к линейности, указанных в таблице 7 пункта 9.2.

### 9.2 Требования к линейности

Калибровку всех контрольно-измерительных приборов и систем производят в соответствии с национальными (международными) стандартами. Контрольно-измерительные приборы и системы должны отвечать указанным в таблице 7 требованиям, предъявляемым к линейности. В случае газоанализаторов проверку линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 проводят не реже одного раза в три месяца или всякий раз, когда производятся работы по ремонту или модификации системы, которые могут сказаться на калибровке. В случае других приборов и систем проверка линейности проводится изготовителем прибора согласно требованиям, установленным внутренними правилами проверки, или в соответствии с требованиями ISO 9000.

Таблица 7

#### Требования к линейности, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам и системам

Контрольно-измерительная система	$ \chi_{\min} \times (a_1 - 1) + a_0 $	Наклон $a_1$	Стандартная погрешность СП	Коэффициент смешанной корреляции $r^2$
Частота вращения двигателя	$\leq 0,05$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Крутящий момент двигателя	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход топлива	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход воздуха	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход отработавших газов	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход разбавителя	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход разбавленных отработавших газов	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Расход проб	$\leq 1$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Газоанализаторы	$\leq 0,5$ % макс.	0,99 – 1,01	$\leq 1$ % макс.	$\geq 0,998$
Газовые сепараторы	$\leq 0,5$ % макс.	0,98 – 1,02	$\leq 2$ % макс.	$\geq 0,990$
Температура	$\leq 1$ % макс.	0,99 – 1,01	$\leq 1$ % макс.	$\geq 0,998$

Контрольно-измерительная система	$ \chi_{\min} \times (a_1 - 1) + a_0 $	Наклон $a_1$	Стандартная погрешность СП	Коэффициент смешанной корреляции $r^2$
Давление	$\leq 1$ % макс.	0,99 – 1,01	$\leq 1$ % макс.	$\geq 0,998$
Баланс ВЧ	$\leq 1$ % макс.	0,99 – 1,01	$\leq 1$ % макс.	$\geq 0,998$

## 9.2.1 Проверка линейности

### 9.2.1.1 Введение

Проверку линейности проводят для каждой контрольно-измерительной системы, указанной в таблице 7. Контрольно-измерительную систему выставляют минимум по десяти исходным величинам либо в соответствии с другими указаниями. Для проверки на линейность отдельно давления и температуры отбирают по меньшей мере три исходных значения. Измеренные значения сопоставляют с исходными с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов согласно уравнению 11 в пункте 7.8.7. Максимальные предельные значения в таблице 7 означают максимальные значения, которые, как ожидается, могут быть получены в ходе испытания.

### 9.2.1.2 Общие требования

Контрольно-измерительные системы прогревают в соответствии с рекомендациями изготовителя приборов. Контрольно-измерительные системы приводят в действие при указанных значениях температуры, давления и расхода.

### 9.2.1.3 Процедура

Проверку линейности проводят по каждому обычно используемому диапазону измерения в следующем порядке:

- прибор устанавливают на нуль путем подачи нулевого сигнала. В случае газоанализаторов чистый синтетический воздух (или азот) подается непосредственно на вход анализатора;
- прибор настраивается посредством подачи соответствующего поверочного сигнала. В случае газоанализаторов соответствующий поверочный газ подают непосредственно на вход анализатора;
- процедуру установки на нуль, указанную в подпункте а), повторяют;
- проверку производят минимум по десяти исходным значениям (включая нуль), которые находятся в пределах шкалы измерения от нуля до максимальной величины, которая, как ожидается, может быть получена в ходе испытаний на выброс. В случае газоанализаторов газ известной концентрации в соответствии с пунктом 9.3.3.2 подают непосредственно на вход анализатора;
- исходные величины измеряют, и измеренные значения регистрируют в течение 30 секунд с частотой регистрации не менее 1 Гц;
- расчет параметров с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов в соответствии с уравнением 11 в пункте 7.8.7 производят на основе среднеарифметических значений, полученных в течение указанного выше 30-секундного периода;
- параметры, рассчитанные методом линейной регрессии, должны отвечать требованиям таблицы 7, указанным в пункте 9.2;

- h) установку на нуль проверяют еще раз, и при необходимости производят повторную проверку.
- 9.3 Замеры газообразных выбросов и система отбора проб
- 9.3.1 Технические требования к анализаторам
- 9.3.1.1 Общие положения
- Диапазон измерений и время срабатывания анализаторов должны соответствовать точности, требуемой для измерения концентраций компонентов отработавших газов в условиях переходного и устойчивого состояния.
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) оборудования должна находиться на уровне, позволяющем свести дополнительные ошибки к минимуму.
- 9.3.1.2 Погрешность
- Погрешность, определяемая как отклонение показаний анализатора от исходного значения, не должна превышать  $\pm 2$  % считываемых показаний или  $\pm 0,3$  % полной шкалы — в зависимости от того, какое из этих значений больше.
- 9.3.1.3 Воспроизводимость
- Воспроизводимость, определяемая как увеличенное в 2,5 раза среднеквадратичное отклонение 10 повторений реакции на данный калибровочный или поверочный газ, не должна превышать 1 % верхнего значения концентрации по полной шкале для любого диапазона свыше  $155 \text{ млн}^{-1}$  (или  $\text{млн}^{-1} \text{ C}$ ) либо 2 % для любого диапазона ниже  $155 \text{ млн}^{-1}$  (или  $\text{млн}^{-1} \text{ C}$ ).
- 9.3.1.4 Помехи
- Чувствительность анализатора по полному диапазону показаний к нулевому, калибровочному или поверочному газу в течение любого 10-секундного периода не должна превышать 2 % полной шкалы на всех использованных диапазонах измерений.
- 9.3.1.5 Дрейф нуля
- Дрейф чувствительности к нулю указывается изготовителем приборов.
- 9.3.1.6 Дрейф калибровки
- Дрейф чувствительности к калибровке указывается изготовителем приборов.
- 9.3.1.7 Время восстановления
- Время восстановления анализатора, установленного в измерительной системе, не должно превышать 2,5 с.
- 9.3.1.8 Сушка газа
- Замер отработавших газов производят на влажной или сухой основе. Осушитель газа, если он используется, должен оказывать минимальное влияние на состав измеряемых газов. Использование химических осушителей для удаления воды из пробы не допускается.
- 9.3.2 Газоанализаторы
- 9.3.2.1 Введение
- В пунктах 9.3.2.2–9.2.3.7 изложены принципы приемлемых методов измерения. Детальное описание контрольно-измерительных систем приводится в добавлении 2 к настоящему приложению. Газы, подлежащие замеру, анализируют с помощью перечисленных ниже

приборов. Для нелинейных анализаторов допускается использование контуров линеаризации.

#### 9.3.2.2 Анализ содержания монооксида углерода (CO)

Для анализа содержания монооксида углерода используют недисперсионный инфракрасный анализатор (NDIR) абсорбционного типа.

#### 9.3.2.3 Анализ содержания диоксида углерода (CO<sub>2</sub>)

Для анализа содержания диоксида углерода используют недисперсионный инфракрасный анализатор (NDIR) абсорбционного типа.

#### 9.3.2.4 Анализ содержания углеводородов (HC)

Для анализа содержания углеводорода в качестве анализатора используют нагреваемый плазменно-ионизационный детектор (HFID) с датчиком, клапанами, системой трубопроводов и т. п., нагреваемыми таким образом, чтобы поддерживать температуру газа на уровне  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В случае двигателей, работающих на ПГ, и двигателей с принудительным зажиганием в качестве анализатора углеводородов может использоваться, в зависимости от применяемого метода, ненагреваемый плазменно-ионизационный детектор (FID) (см. пункт А.2.1.3 добавления 2 к настоящему приложению).

#### 9.3.2.5 Анализ содержания метана (CH<sub>4</sub>) и неметановых углеводородов (NMHC)

Фракцию метана и неметановых углеводородов определяют с помощью прогретого отделителя неметановых фракций (NMC) и двух FID в соответствии с пунктами А.2.1.4 и А.2.1.5 добавления 2 к настоящему приложению. Концентрация компонентов определяется в соответствии с пунктом 8.6.2.

#### 9.3.2.6 Анализ содержания оксидов азота (NO<sub>x</sub>)

Для измерения NO<sub>x</sub> предусмотрено два контрольно-измерительных прибора, причем каждый из них можно использовать в том случае, если он соответствует критериям, изложенным в пункте 9.3.2.6.1 или 9.3.2.6.2 соответственно. Для определения соответствия альтернативной процедуры измерения согласно пункту 5.1.1 допускается использование только CLD.

##### 9.3.2.6.1 Хемилюминесцентный детектор (CLD)

В случае измерения на сухой основе для анализа содержания оксидов азота в качестве анализатора используют хемилюминесцентный детектор (CLD) или нагреваемый хемилюминесцентный детектор (HCLD) с конвертером NO<sub>2</sub>/NO. В случае измерения на влажной основе используют детектор HCLD с конвертером при температуре, поддерживаемой на уровне свыше  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ), и при условии соблюдения критериев проверки на сбой по воде (см. пункт 9.3.9.2.2). Как для CLD, так и для HCLD температура стенки канала отбора проб должна поддерживаться в пределах  $328 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C} - 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) вплоть до конвертера в случае замеров на сухой основе и до анализатора в случае замеров на влажной основе.

##### 9.3.2.6.2 Недисперсионный ультрафиолетовый детектор (NDUV)

Для измерения концентрации NO<sub>x</sub> используют недисперсионный ультрафиолетовый (NDUV) анализатор. Если анализатор NDUV измеряет только NO, то перед анализатором NDUV устанавливают конвертер NO<sub>2</sub>/NO. Температура анализатора должна поддерживаться на таком уровне, чтобы исключалась возможность образования водного конденсата, если перед конвертером NO<sub>2</sub>/NO (в случае его

использования) либо перед анализатором не установлен осушитель для проб.

### 9.3.2.7 Измерение отношения воздуха к топливу

Аппаратура для измерения отношения воздуха к топливу, которая используется для определения расхода отработавших газов в соответствии с указаниями, содержащимися в пункте 8.4.1.6, представляет собой широкополосный датчик состава смеси или кислородный датчик циркониевого типа. Датчик устанавливают непосредственно на выхлопной трубе в том месте, где температура отработавших газов достаточно высока и позволяет устранить конденсацию водяных паров.

Погрешность датчика со встроенной электронной схемой должна быть в следующих пределах:

$\pm 3$  % показаний при  $\lambda < 2$ ;

$\pm 5$  % показаний при  $2 \leq \lambda < 5$ ;

$\pm 10$  % показаний при  $5 \leq \lambda$ .

Для того чтобы датчик удовлетворял указанным выше пределам погрешности, его необходимо подвергнуть калибровке в соответствии с инструкцией изготовителя прибора.

### 9.3.3 Газы

Используются газы с неистекшим сроком годности.

#### 9.3.3.1 Химически чистые газы

Требуемая чистота газов зависит от предельного содержания примесей, указанных ниже. Для проведения испытаний необходимо иметь в наличии следующие газы:

##### a) В случае первичных отработавших газов

Чистый азот

(Примеси:  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> CO,  $\leq 400$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  млн<sup>-1</sup> NO)

Чистый кислород

(Чистота: объемная доля O<sub>2</sub> > 99,5 %)

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)

(40 ± 1 % — водород, остальное — гелий)

(Примеси:  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 400$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>)

Чистый синтетический воздух

(Примеси:  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> CO,  $\leq 400$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  млн<sup>-1</sup> NO)

(Содержание кислорода: 18–21 % по объему).

##### b) В случае разбавленного отработавшего газа (факультативно в случае первичного отработавшего газа)

Чистый азот

(Примеси:  $\leq 0,05$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> CO,  $\leq 10$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,02$  млн<sup>-1</sup> NO)

Чистый кислород

(Чистота: объемная доля O<sub>2</sub> > 99,5 %)

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)

(40 ± 1 % — водород, остальное — гелий)

(Примеси:  $\leq 0,05$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 10$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>)

Чистый синтетический воздух  
 (Примеси:  $\leq 0,05$  млн<sup>-1</sup> C1,  $\leq 1$  млн<sup>-1</sup> CO,  $\leq 10$  млн<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>,  
 $\leq 0,02$  млн<sup>-1</sup> NO)  
 (Содержание кислорода: объемная доля 20,5–21,5 %).

При отсутствии газовых баллонов и если можно подтвердить уровень примесей, допускается использование соответствующего газоочистителя.

#### 9.3.3.2 Калибровочные и поверочные газы

В случае применимости в наличии должны быть смеси газов, состоящие из нижеследующих химических соединений. Допускаются также другие комбинации газов при условии, что эти газы не вступают между собой в реакцию. Срок истечения годности калибровочных газов, указанный изготовителем, регистрируют.

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> и чистый синтетический воздух (см. пункт 9.3.3.1);

CO и чистый азот;

NO и чистый азот;

NO<sub>2</sub> и чистый синтетический воздух;

CO<sub>2</sub> и чистый азот;

CH<sub>4</sub> и чистый синтетический воздух;

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> и чистый синтетический воздух.

Реальная концентрация калибровочного и поверочного газа должна находиться в пределах  $\pm 1$  % номинального значения и должна соответствовать национальным или международным стандартам. Все концентрации калибровочного газа указываются в объемных долях (% или млн<sup>-1</sup>).

#### 9.3.3.3 Газовые сепараторы

Газы, применяемые для калибровки и тарирования, можно также получить с помощью газовых сепараторов (прецизионных смесителей), используя в качестве разбавителя чистый N<sub>2</sub> или чистый синтетический воздух. Точность, обеспечиваемая газовым сепаратором, должна быть такой, чтобы концентрацию смешанных калибровочных газов можно было определять с погрешностью, не превышающей  $\pm 2$  %. Данная погрешность означает, что содержание первичных газов смеси должно быть известно с точностью не менее  $\pm 1$  % в соответствии с национальными или международными стандартами на газ. Проверку производят в диапазоне 15–50 % полной шкалы для каждой операции калибровки с использованием газового сепаратора. Если первая проверка дала отрицательные результаты, то можно произвести дополнительную проверку с использованием другого калибровочного газа.

При желании смеситель можно проверить с помощью прибора, который по своему характеру является линейным, например CLD с использованием NO. Пределы измерений прибора регулируют с помощью поверочного газа, непосредственно направляемого в прибор. Газовый сепаратор применяют при данных параметрах настройки, и номинальное значение сравнивают с концентрацией, замеренной прибором. Разность в показаниях в каждой точке должна находиться в пределах  $\pm 1$  % номинального значения.

В случае проверки линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 погрешность газового сепаратора должна находиться в пределах  $\pm 1$  %.

### 9.3.3.4 Газы для проверки кислородной интерференции

Газы для проверки кислородной интерференции представляют собой смесь пропана, кислорода и азота. Они должны содержать пропан с концентрацией углеводорода  $350 \text{ млн}^{-1} \pm 75 \text{ млн}^{-1} \text{ С}$ . Значение концентрации определяют по допускам на калибровочный газ путем хроматографического анализа общего состава углеводорода плюс примесей или методом динамического смешивания. Концентрации кислорода, требуемые в случае испытания двигателей с принудительным зажиганием и с воспламенением от сжатия, перечислены в таблице 8 с учетом того, что оставшуюся газовую фракцию должен составлять чистый азот.

Таблица 8

#### Газы для проверки кислородной интерференции

Тип двигателя	Концентрация $O_2$ (в %)
Воспламенение от сжатия	21 (20–22)
Воспламенение от сжатия и принудительное зажигание	10 (9–11)
Воспламенение от сжатия и принудительное зажигание	5 (4–6)
Принудительное зажигание	0 (0–1)

### 9.3.4 Проверка герметичности

Система подвергается проверке на герметичность. Для этого пробоотборник отсоединяют от системы выпуска, а его входное отверстие закрывают пробкой. Включают насос анализатора. После первоначального периода стабилизации и при отсутствии утечки все расходомеры будут показывать приблизительно ноль. Если этого не происходит, то проводят проверку пробоотборных магистралей и неполадку устраняют.

Предельно допустимая степень утечки со стороны разрежения должна составлять 0,5 % реального расхода в проверяемой части системы. Допускается определение значения реального расхода по расходам потоков, идущих через анализатор и по обходному контуру.

В качестве варианта газы из системы можно откачивать до вакуумного давления не менее 20 кПа (абсолютное давление — 80 кПа). После первоначального периода стабилизации скорость нарастания давления  $\Delta p$  (кПа/мин) в системе не должна превышать:

$$\Delta p = p / V_s \times 0,005 \times q_{vs}, \quad (71)$$

где:

$V_s$  — объем системы в л;

$q_{vs}$  — расход в системе в л/мин.

Другой метод заключается в ступенчатом изменении концентрации на входе в пробоотборную магистраль путем переключения с нулевого на поверочный газ. Если — в случае правильно калиброванного анализатора — после соответствующего периода времени прибор показывает  $\leq 99\%$  по сравнению с введенной концентрацией, то это свидетельствует о наличии утечки, которую необходимо устранить.

### 9.3.5 Проверка времени срабатывания аналитической системы

Настройка системы на проверку времени срабатывания является точно такой же, как и в случае замера в ходе фактического испытания (т. е. настройка давления, расхода, фильтров анализаторов и всех других параметров, влияющих на время срабатывания). Время срабатывания

определяют посредством переключения подвода газа непосредственно на вход пробоотборника. Переключение газа должно быть произведено менее чем за 0,1 с. Газы, используемые для испытания, должны вызывать изменение концентрации на уровне не менее 60 % полной шкалы (FS).

Регистрируют следовую концентрацию каждого отдельного газового компонента. Время срабатывания означает разницу во времени между моментом переключения газа и моментом, в который происходит соответствующее изменение регистрируемой концентрации. Время срабатывания системы ( $t_{90}$ ) состоит из времени задержки измерительного детектора и времени восстановления детектора. Время задержки означает время, исчисляемое с момента изменения ( $t_0$ ) до момента, в который показания сработавшей системы составляют 10 % от конечных показаний ( $t_{10}$ ). Время восстановления означает время в пределах 10–90 % конечных показаний времени срабатывания ( $t_{90}-t_{10}$ ).

Для целей синхронизации сигналов анализатора и сигналов регистрации расхода отработавших газов время перехода означает промежуток времени с момента изменения ( $t_0$ ) до момента, когда показания сработавшей системы составляют 50 % от конечных показаний ( $t_{50}$ ).

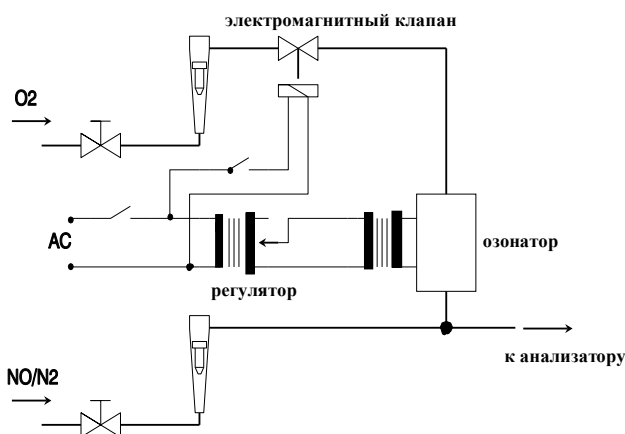
Для всех компонентов, на которые распространяются ограничения (CO, NO<sub>x</sub>, HC или NMHC), и всех используемых диапазонов измерений время срабатывания системы должно составлять  $\leq 10$  с, а время восстановления (в соответствии с пунктом 9.3.1.7) —  $\leq 2,5$  с. При использовании NMC для измерения NMHC время срабатывания системы может превышать 10 с.

### 9.3.6 Проверка эффективности конвертера NO<sub>x</sub>

Проверку эффективности конвертера, используемого для преобразования NO<sub>2</sub> в NO, проводят в соответствии с положениями пунктов 9.3.6.1–9.3.6.8 (см. рис. 8).

Рис. 8

#### Схема устройства для проверки эффективности конвертера NO<sub>2</sub>



#### 9.3.6.1 Испытательная установка

Эффективность конвертера проверяют с помощью озонатора на испытательной установке, схематически показанной на рис. 8, в соответствии с изложенной ниже процедурой.

#### 9.3.6.2 Калибровка

Детекторы CLD и HCLD калибруют в наиболее часто используемом рабочем диапазоне согласно спецификациям изготовителя с помощью нулевого и поверочного газов (в последнем содержание NO должно соответствовать примерно 80 % рабочего диапазона, а концентрация NO<sub>2</sub> в газовой смеси должна составлять менее 5 % концентрации NO).



Анализатор  $\text{NO}_x$  должен быть отрегулирован в режиме измерения  $\text{NO}$  таким образом, чтобы поверочный газ не проходил через конвертер. Показания концентрации регистрируют.

#### 9.3.6.3 Расчет

Эффективность конвертера в процентах рассчитывают по следующей формуле:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100 \quad (72)$$

где:

- $a$  — концентрация  $\text{NO}_x$  в соответствии с пунктом 9.3.6.6;
- $b$  — концентрация  $\text{NO}_x$  в соответствии с пунктом 9.3.6.7;
- $c$  — концентрация  $\text{NO}$  в соответствии с пунктом 9.3.6.4;
- $d$  — концентрация  $\text{NO}$  в соответствии с пунктом 9.3.6.5.

#### 9.3.6.4 Добавление кислорода

С помощью T-образного соединения в поток газа непрерывно добавляют кислород или нулевой воздух до момента, пока показания концентрации не будут приблизительно на 20 % меньше концентрации калибровки, указанной в пункте 9.3.6.2 (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}$ ).

Показания концентрации ( $c$ ) регистрируют. Озонатор в течение всего процесса остается отключенным.

#### 9.3.6.5 Включение озонатора

Озонатор включают для получения озона в количестве, достаточном для снижения концентрации  $\text{NO}$  приблизительно до 20 % (минимум 10 %) концентрации калибровки, указанной в пункте 9.3.6.2. Показания концентрации ( $d$ ) регистрируют (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}$ ).

#### 9.3.6.6 Режим измерения $\text{NO}_x$

Анализатор  $\text{NO}$  переключают в режим измерения  $\text{NO}_x$  таким образом, чтобы газовая смесь (состоящая из  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$ ) теперь проходила через конвертер. Показания концентрации ( $a$ ) регистрируют (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}_x$ ).

#### 9.3.6.7 Отключение озонатора

Затем озонатор отключают. Газовая смесь, указанная в пункте 9.3.6.6, проходит через конвертер в детектор. Показания концентрации ( $b$ ) регистрируют (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}_x$ ).

#### 9.3.6.8 Режим измерения $\text{NO}$

При отключенном озонаторе производят переключение на режим измерения  $\text{NO}$  и отключают подачу кислорода или синтетического воздуха. Значение  $\text{NO}_x$ , показанное анализатором, не должно отклоняться более чем на  $\pm 5$  % от величины, измеренной в соответствии с пунктом 9.3.6.2 (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}$ ).

#### 9.3.6.9 Периодичность проверки

Эффективность конвертера проверяют не реже одного раза в месяц.

#### 9.3.6.10 Требование к эффективности

Эффективность конвертера  $E_{\text{NO}_x}$  должна составлять не менее 95 %.

Если на наиболее часто используемом диапазоне анализатора работа озонатора не дает снижения концентрации с 80 % до 20 % в соответствии с пунктом 9.3.6.5, то в этом случае используют наивысший диапазон, который обеспечит такое снижение.

### 9.3.7 Регулировка FID

#### 9.3.7.1 Оптимизация чувствительности детектора

FID должен быть отрегулирован в соответствии с указанием изготовителя прибора. Для оптимизации чувствительности в наиболее часто используемом рабочем диапазоне применяют поверочный газ в виде смеси пропана и воздуха.

После установки показателей расхода топлива и воздуха в соответствии с рекомендациями изготовителя в анализатор подают поверочный газ в концентрации  $350 \pm 75 \text{ млн}^{-1} \text{ С}$ . Чувствительность при данном расходе топлива определяют по разности между чувствительностью к калибровке и чувствительностью к нулю. Расход топлива ступенчато регулируют несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя. Регистрируют чувствительность к калибровке и нулю при этих значениях расхода топлива. Разность между значениями чувствительности к калибровке и нулю наносят на график, а расход топлива корректируют по стороне кривой, соответствующей более богатой смеси. Это — первоначальная регулировка расхода, которую, возможно, необходимо будет оптимизировать дополнительно в зависимости от результатов проверки коэффициентов чувствительности к углеводородам и показателей кислородной интерференции в соответствии с пунктами 9.3.7.2 и 9.3.7.3. Если показатели кислородной интерференции или коэффициенты чувствительности к углеводородам не отвечают нижеследующим требованиям, то расход воздуха ступенчато регулируют несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя, с повторением процедур, предусмотренных в пунктах 9.3.7.2 и 9.3.7.3, для каждого значения расхода.

При желании оптимизацию можно провести с использованием процедур, изложенных в нормативном документе SAE № 770141.

#### 9.3.7.2 Коэффициенты чувствительности к углеводородам

Проверку линейности анализатора проводят с использованием воздушно-пропановой смеси и чистого синтетического воздуха в соответствии с пунктом 9.2.1.3.

Коэффициенты чувствительности определяют при вводе анализатора в эксплуатацию и после основных этапов работы. Коэффициент чувствительности ( $r_h$ ) к конкретным углеводородам представляет собой отношение показания FID C1 и концентрации газа в баллоне и выражается в  $\text{млн}^{-1} \text{ С1}$ .

Концентрация испытательного газа должна находиться на уровне чувствительности, соответствующей приблизительно 80 % полной шкалы. Концентрация должна быть известна с точностью до  $\pm 2 \%$  по отношению к гравиметрическому эталону, выраженному в объемных долях. Кроме того, газовый баллон предварительно выдерживают в течение 24 часов при температуре  $298 \pm 5 \text{ К}$  ( $25 \pm 5 \text{ °С}$ ).

Используемые испытательные газы и диапазоны значений относительного коэффициента чувствительности указаны ниже:

- a) метан и чистый синтетический воздух:  $1,00 \leq r_h \leq 1,15$ ;
- b) пропилен и чистый синтетический воздух:  $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ ;

- с) толуол и чистый синтетический воздух:  $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ .

Эти значения даны по отношению к коэффициенту  $r_h$  для смеси пропана и чистого синтетического воздуха, приравненному к 1.

### 9.3.7.3 Проверка кислородной интерференции

Только в случае анализаторов первичных отработавших газов: проверку кислородной интерференции проводят при вводе анализатора в эксплуатацию и после основных этапов работы.

Диапазон измерения выбирают таким образом, чтобы концентрация газов, используемых для проверки кислородной интерференции, находилась в пределах 50 % верхней части шкалы. Испытание проводят при предписанной температуре воздуха горелки. Спецификации газа, используемого для проверки кислородной интерференции, указаны в пункте 9.3.3.4.

- Анализатор устанавливают на нуль.
- В случае двигателей с принудительным зажиганием анализатор настраивают с помощью 0-процентной смеси кислорода. Приборы для проверки двигателей с воспламенением от сжатия настраивают с помощью смеси, содержащей 21 % кислорода.
- Чувствительность к нулю проверяют еще раз. Если она изменилась более чем на 0,5 % полной шкалы, то операции а) и б), указанные в настоящем пункте, повторяют.
- Для проверки кислородной интерференции вводят 5-процентную и 10-процентную смеси газов.
- Чувствительность к нулю проверяют еще раз. Если она изменилась более чем на  $\pm 1$  % полной шкалы, то испытание повторяют.
- Показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  рассчитывают для каждой смеси, используемой при операции д), по следующей формуле:

$$E_{O_2} = (c_{ref,d} - c) \times 100 / c_{ref,d}, \quad (73)$$

при этом чувствительность анализатора рассчитывают по следующей формуле:

$$c = \frac{c_{ref,b} \times c_{FS,b}}{c_{m,b}} \times \frac{c_{m,d}}{c_{FS,d}}, \quad (74)$$

где:

$c_{ref,b}$  — исходная концентрация НС при операции б), в  $млн^{-1} С$ ;

$c_{ref,d}$  — исходная концентрация НС при операции д), в  $млн^{-1} С$ ;

$c_{FS,b}$  — концентрация НС по полной шкале при операции б), в  $млн^{-1} С$ ;

$c_{FS,d}$  — концентрация НС по полной шкале при операции д), в  $млн^{-1} С$ ;

$c_{m,b}$  — измеренная концентрация НС при операции б), в  $млн^{-1} С$ ;

$c_{m,d}$  — измеренная концентрация НС при операции д), в  $млн^{-1} С$ .

- g) До начала испытания показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  должен быть меньше  $\pm 1,5\%$  для всех газов, требуемых для проверки кислородной интерференции.
- h) Если показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  больше  $\pm 1,5\%$ , то можно произвести корректировку посредством ступенчатого регулирования расхода воздуха несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя, а также расхода топлива и расхода проб.
- i) Проверку кислородной интерференции проводят для каждой новой регулировки.

### 9.3.8 Эффективность отделителя неметановых фракций (NMC)

NMC применяется для удаления из отбираемой пробы газа углеводородов, не содержащих метан, путем окисления всех углеводородов, за исключением метана. В идеале преобразование метана должно составлять 0 %, а остальных углеводородов, представленных этаном, — 100 %. Для точного измерения NMHC определяют два показателя эффективности, которые используются для расчета массового расхода выбросов NMHC (см. пункт 8.6.2).

#### 9.3.8.1 Эффективность по метану

Калибровочный газ, содержащий метан, пропускают через FID с прохождением через NMC и в обход его. Оба значения концентрации регистрируют. Эффективность определяют по следующей формуле:

$$E_M = 1 - \frac{c_{HC(w/NMC)}}{c_{HC(w/o NMC)}}, \quad (75)$$

где:

- $c_{HC(w/NMC)}$  — концентрация HC при  $CH_4$ , проходящем через NMC, в  $млн^{-1} C$ ;
- $c_{HC(w/o NMC)}$  — концентрация HC при  $CH_4$ , идущем в обход NMC, в  $млн^{-1} C$ .

#### 9.3.8.2 Эффективность по этану

Калибровочный газ, содержащий этан, пропускают через FID с прохождением через NMC и в обход его. Оба значения концентраций регистрируют. Эффективность определяют по следующей формуле:

$$E_E = 1 - \frac{c_{HC(w/NMC)}}{c_{HC(w/o NMC)}}, \quad (76)$$

где:

- $c_{HC(w/NMC)}$  — концентрация HC при  $C_2H_6$ , проходящем через NMC, в  $млн^{-1} C$ ;
- $c_{HC(w/o NMC)}$  — концентрация HC при  $C_2H_6$ , идущем в обход NMC, в  $млн^{-1} C$ .

### 9.3.9 Влияние на показания анализаторов

Помимо анализируемого газа, на показания приборов могут тем или иным образом влиять и другие газы. Позитивное влияние наблюдается в анализаторах NDIR, если посторонний газ оказывает такое же воздействие, как и измеряемый газ, но в меньшей степени. Негативное влияние в анализаторах NDIR наблюдается тогда, когда посторонний газ расширяет полосу поглощения измеряемого газа, а в детекторах CLD — когда посторонний газ подавляет излучение. Проверки влияния,

описанные в пунктах 9.3.9.1 и 9.3.9.3, проводят до первоначального ввода анализатора в эксплуатацию и после основных этапов работы.

#### 9.3.9.1 Проверка влияния на показания анализатора CO

Вода и CO<sub>2</sub> могут воздействовать на работу анализатора CO. Поэтому поверочный газ, содержащий CO<sub>2</sub> и имеющий концентрацию 80–100 % полной шкалы максимального рабочего диапазона, используемого в ходе испытания, пропускают через воду при комнатной температуре и регистрируют чувствительность анализатора. Чувствительность анализатора не должна превышать 2 % средней концентрации CO, которую предполагается выявить в ходе испытания.

Процедуры определения воздействия CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O можно также осуществлять отдельно. Если используемые уровни CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O превышают максимальные уровни, которые предполагается выявить в ходе испытания, то каждое из установленных значений воздействия следует снизить посредством умножения полученного показателя воздействия на соотношение предполагаемой максимальной концентрации и фактического значения, используемого в ходе осуществления этой процедуры. Процедуры определения воздействия концентраций H<sub>2</sub>O, которые ниже максимальных уровней, которые предполагается выявить в ходе испытания, можно осуществлять отдельно, однако в этом случае выявленный показатель воздействия H<sub>2</sub>O уменьшают посредством умножения значения выявленного воздействия на соотношение предполагаемой максимальной концентрации H<sub>2</sub>O и фактического значения, используемого в ходе осуществления этой процедуры. Сумма обоих уменьшенных значений воздействия должна соответствовать пределам, указанным в настоящем пункте.

#### 9.3.9.2 Проверки на сбой анализатора NO<sub>x</sub> в случае анализатора CLD

К двум газам, которые отрицательно влияют на работу анализаторов CLD (и HCLD), относятся CO<sub>2</sub> и водяной пар. Чувствительность приборов к воздействию этих газов пропорциональна их концентрации, что предполагает необходимость использования испытательного оборудования для определения возможности сбоя при самых высоких предполагаемых концентрациях, которые могут быть выявлены в ходе испытания. Если в анализаторе CLD используются алгоритмы компенсации сбоя на базе оборудования для измерения H<sub>2</sub>O и/или CO<sub>2</sub>, то оценку сбоя производят в режиме работы этого оборудования и с применением компенсационных алгоритмов.

##### 9.3.9.2.1 Проверка на сбой по CO<sub>2</sub>

Поверочный газ, содержащий CO<sub>2</sub> и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100 % полной шкалы в максимальном рабочем диапазоне, пропускают через анализатор NDIR, и полученное значение для CO<sub>2</sub> регистрируют в качестве *A*. Затем этот газ разбавляют приблизительно на 50 % поверочным газом, содержащим NO, и пропускают через NDIR и CLD, причем полученные значения для CO<sub>2</sub> и NO регистрируют в качестве *B* и *C* соответственно. После этого подачу CO<sub>2</sub> прекращают, и через (H)CLD пропускают поверочный газ, содержащий только NO. Значение для NO регистрируют в качестве *D*.

Сбой (в %) рассчитывают по следующей формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[ 1 - \left( \frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100, \quad (77)$$

где:

- A* — концентрация неразбавленного CO<sub>2</sub>, измеренная с помощью NDIR, в %;
- B* — концентрация разбавленного CO<sub>2</sub>, измеренная с помощью NDIR, в %;
- C* — концентрация разбавленного NO, измеренная с помощью (H)CLD, в млн<sup>-1</sup>;
- D* — концентрация неразбавленного NO, измеренная с помощью (H)CLD, в млн<sup>-1</sup>.

С одобрения органа по официальному утверждению типа допускается использование таких альтернативных методов разбавления и количественного определения значений концентрации поверочных газов, содержащих CO<sub>2</sub> и NO, как динамическое смешивание/добавление присадок.

#### 9.3.9.2.2 Проверка на сбой по воде

Этот метод проверки применяют только в случае измерения концентрации влажного газа. При расчете вероятности сбоя, вызываемого водой, необходимо учитывать разбавление поверочного газа, содержащего NO, водяным паром и величину концентрации водяного пара в смеси, которая, как ожидается, будет достигнута в ходе испытания.

Поверочный газ, содержащий NO и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100 % полной шкалы в нормальном рабочем диапазоне, пропускают через (H)CLD, и полученное значение для NO регистрируют в качестве *D*. Затем этот поверочный газ NO пропускают через воду при комнатной температуре и направляют через (H)CLD, причем полученное значение для NO регистрируют в качестве *C*. Температуру воды измеряют и регистрируют в качестве *F*. Давление насыщенных паров смеси, соответствующее температуре (*F*) воды в барботёре, определяют и регистрируют в качестве *G*.

Концентрацию водяных паров (в %) в смеси рассчитывают по следующей формуле:

$$H = 100 \times (G / p_b) \quad (78)$$

и регистрируют в качестве *H*. Предполагаемую концентрацию разбавленного поверочного газа NO (в водяных парах) рассчитывают по следующей формуле:

$$D_e = D \times (1 - H / 100) \quad (79)$$

и регистрируют в качестве *D<sub>e</sub>*. Максимальную концентрацию водяных паров в отработавших газах (в %), ожидаемую в ходе испытания, определяют на основе максимальной концентрации CO<sub>2</sub> в отработавших газах *A* следующим образом:

$$H_m = \alpha/2 \times A \quad (80)$$

и регистрируют в качестве *H<sub>m</sub>*.

Сбой по воде (в %) рассчитывают по следующей формуле:

$$E_{H_2O} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H), \quad (81)$$

где:

- D<sub>e</sub>* — предполагаемая концентрация разбавленного NO в млн<sup>-1</sup>;
- C* — измеренная концентрация разбавленного NO в млн<sup>-1</sup>;
- H<sub>m</sub>* — максимальная концентрация водяных паров в %;

$H$  — реальная концентрация водяных паров в %.

#### 9.3.9.2.3 Максимально допустимый сбой

Суммарный сбой  $\text{CO}_2$  и воды не должен превышать 2 % полной шкалы.

#### 9.3.9.3 Проверка сбоя анализатора $\text{NO}_x$ для анализатора NDUV

Углеводороды и  $\text{H}_2\text{O}$  могут позитивно воздействовать на анализатор NDUV, вызывая такую же реакцию, как и в случае  $\text{NO}_x$ . Если в анализаторе NDUV используются компенсационные алгоритмы на основе измерения содержания других газов для проверки этого воздействия, то в ходе этой проверки воздействия на анализатор такие измерения проводят и для контроля этих алгоритмов.

#### 9.3.9.3.1 Процедура

Анализатор NDUV включают, приводят в действие, устанавливают на нулевое значение и калибруют в соответствии с инструкциями изготовителя прибора. Для проведения данной проверки рекомендуется извлечь пробу отработавших газов, выбрасываемых двигателем. Для определения содержания  $\text{NO}_x$  в отработавших газах используют CLD. В качестве исходного значения следует использовать уровень чувствительности CLD. Кроме того, с помощью анализатора FID измеряют содержание HC в отработавших газах. И в этом случае в качестве исходного значения содержания углеводорода используют уровень чувствительности FID.

Перед любым осушителем проб, если он используется в ходе испытания, в анализатор NDUV вводят пробу отработавших газов из двигателя. Анализатору дают нужное время на стабилизацию уровня чувствительности. Период его стабилизации может включать время, необходимое для продувки переходного трубопровода, и время срабатывания анализатора. В процессе измерения всеми анализаторами концентрации пробы производят регистрацию (в течение 30 секунд) полученных данных и рассчитывают средние арифметические значения для всех трех анализаторов.

Среднее значение CLD вычитают из среднего значения NDUV. Их разность умножают на соотношение предполагаемой средней концентрации HC и концентрации HC, измеренной в ходе проверки, следующим образом:

$$E_{\text{HC/H}_2\text{O}} = (c_{\text{NO}_x,\text{CLD}} - c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}) \times \left( \frac{c_{\text{HC},e}}{c_{\text{HC},m}} \right), \quad (82)$$

где:

$c_{\text{NO}_x,\text{CLD}}$  — концентрация  $\text{NO}_x$ , измеренная при помощи CLD, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}$  — концентрация  $\text{NO}_x$ , измеренная при помощи NDUV, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_{\text{HC},e}$  — предполагаемая максимальная концентрация HC, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

$c_{\text{HC},m}$  — измеренная концентрация HC, в  $\text{млн}^{-1}$ .

#### 9.3.9.3.2 Максимально допустимый сбой

Суммарный сбой по HC и по воде не должен превышать 2 % концентрации  $\text{NO}_x$ , которую предполагается выявить в ходе испытания.

- 9.3.9.4      Осушитель проб
- Осушитель проб устраняет воду, которая в противном случае может повлиять на измерение содержания  $\text{NO}_x$ .
- 9.3.9.4.1    Эффективность осушителя проб
- В случае сухих анализаторов CLD следует подтвердить, что при наибольшей предполагаемой концентрации водяных паров  $H_m$  (см. пункт 9.3.9.2.2) осушитель проб позволяет поддерживать влажность CLD на уровне  $\leq 5$  г воды/кг сухого воздуха (или приблизительно 0,8 % по объему  $\text{H}_2\text{O}$ ), что соответствует относительной влажности 100 % при 3,9 °C и 101,3 кПа. Данный показатель влажности также эквивалентен относительной влажности около 25 % при 25 °C и 101,3 кПа. Это можно подтвердить путем замера температуры на выходе термического влагопоглотителя или путем измерения влажности в точке непосредственно перед CLD. Влажность отработавших газов, проходящих через CLD, можно также измерить в том случае, если в CLD поступает только поток из влагопоглотителя.
- 9.3.9.4.2    Воздействие осушителя проб на  $\text{NO}_2$
- Вода, сохраняющаяся в осушителе проб с неэффективной конструкцией, может вытеснять  $\text{NO}_2$  из пробы. Если осушитель проб используется в сочетании с анализатором NDUV и без подключенного перед ним конвертера  $\text{NO}_2/\text{NO}$ , то она, таким образом, может вытеснить  $\text{NO}_2$  из пробы до измерения содержания  $\text{NO}_x$ .
- Конструкция осушителя проб должна допускать измерение содержания не менее 95 % общего объема  $\text{NO}_2$  при предполагаемой максимальной концентрации  $\text{NO}_2$ .
- 9.3.10      Отбор проб первичных выбросов газообразных веществ, если это применимо
- Пробоотборники газообразных выбросов устанавливаются на расстоянии не менее 0,5 м или на расстоянии, равном трем диаметрам выхлопной трубы, в зависимости от того, какая из этих величин больше, перед выпускным отверстием системы выпуска отработавших газов, но достаточно близко к двигателю, с тем чтобы температура отработавших газов в пробоотборнике составляла не менее 343 К (70 °C).
- В случае многоцилиндрового двигателя с разветвленными выпускными патрубками вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по ходу потока, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае многоцилиндровых двигателей с разнесенными группами выпускных патрубков, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять патрубки на участке до пробоотборника. Если на практике это сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем выбросов  $\text{CO}_2$ . Для расчета выбросов веществ, содержащихся в отработавших газах, используется суммарный массовый расход отработавших газов.
- Если двигатель оснащен системой последующей обработки отработавших газов, то отбор проб производят на выходе системы последующей обработки отработавших газов.
- 9.3.11      Отбор проб разбавленных выбросов газообразных веществ, если это применимо
- Выпускная труба на участке между двигателем и системой полного разбавления потока должна отвечать требованиям, изложенным в добавлении 2 к настоящему приложению. Пробоотборник(и) газообразных выбросов устанавливаются в смесительном канале в той



точке, где разбавитель и отработавшие газы хорошо смешиваются, и в непосредственной близости от пробоотборника взвешенных частиц.

Отбор проб обычно можно производить двумя способами:

- a) отбор проб выбросов производят в мешок для отбора проб в течение всего цикла, и их количество замеряют после завершения испытания; в случае HC мешок для отбора проб нагревают до  $464 \pm 11 \text{ K}$  ( $191 \pm 11 \text{ °C}$ ), а в случае  $\text{NO}_x$  температура мешка для отбора проб должна быть выше температуры точки росы;
- b) отбор проб выбросов производят непрерывно, и полученные значения суммируют по всему циклу.

Фоновую концентрацию определяют на входе в смесительный канал в соответствии с подпунктом a) или b) и вычитают из концентраций выбросов в соответствии с пунктом 8.5.2.3.2.

#### 9.4 Измерение взвешенных частиц и система отбора проб

##### 9.4.1 Общие технические требования

Для определения массы взвешенных частиц требуются система разбавления и отбора проб взвешенных частиц, сажевый фильтр, весы с точностью до миллионной доли грамма, а также камера для взвешивания с контролем температуры и влажности. Система отбора проб взвешенных частиц должна быть сконструирована таким образом, чтобы она обеспечивала репрезентативность пробы взвешенных частиц пропорционально расходу отработавших газов.

##### 9.4.2 Общие требования к системе разбавления

Для определения содержания взвешенных частиц необходимо произвести разбавление пробы с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота (разбавителя). Систему разбавления регулируют таким образом, чтобы:

- a) полностью устранить конденсацию воды в системах разбавления и отбора проб;
- b) поддерживать температуру разбавленных отработавших газов в диапазоне  $315 \text{ K}$  ( $42 \text{ °C}$ ) –  $325 \text{ K}$  ( $52 \text{ °C}$ ) в пределах  $20 \text{ см}$  перед фильтродержателем(ями) или после него (них);
- c) температура разбавителя составляла  $293 \text{ K}$  –  $325 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$  –  $52 \text{ °C}$ ) в непосредственной близости от входа в смесительный канал;
- d) минимальный коэффициент разбавления составлял в пределах  $5:1$  –  $7:1$  и по меньшей мере  $2:1$  на этапе разбавления первичных газов с учетом максимального расхода отработавших газов, выбрасываемых двигателем;
- e) в случае системы с частичным разбавлением потока время прохождения через систему от точки ввода разбавителя до фильтродержателя(ей) составляло  $0,5$ – $5$  секунд;
- f) в случае системы с полным разбавлением потока общее время прохождения через систему от точки ввода разбавителя до фильтродержателя(ей) составляло  $1$ – $5$  секунд, а время прохождения через вторичную систему разбавления, если она используется, от точки ввода разбавителя до фильтродержателя(ей) составляло не менее  $0,5$  секунды.

Допускается осушение разбавителя перед входом в систему разбавления, причем к осушению целесообразно прибегать, в частности, в том случае, когда разбавитель имеет высокую влажность.

- 9.4.3 Отбор проб взвешенных частиц
- 9.4.3.1 Система частичного разбавления потока
- Пробоотборник для взвешенных частиц устанавливают в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.10, регламентирующие порядок установки, применяют также к отбору проб взвешенных частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в добавлении 2 к настоящему приложению.
- В случае многоцилиндрового двигателя с разветвленными выпускными патрубками вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по потоку, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае многоцилиндровых двигателей с разнесенными группами выпускных патрубков, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять патрубки на участке до пробоотборника. Если это на практике сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем выбросов взвешенных частиц. Для расчета выбросов частиц, содержащихся в отработавших газах, используется суммарный массовый расход отработавших газов на выходе патрубка.
- 9.4.3.2 Система полного разбавления потока
- Пробоотборник для взвешенных частиц устанавливают в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.11, регламентирующие порядок установки, применяются также к отбору проб взвешенных частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в добавлении 2 к настоящему приложению.
- 9.4.4 Фильтры для отбора проб взвешенных частиц
- Отбор проб разбавленных отработавших газов производят с помощью фильтра, который отвечает требованиям пунктов 9.4.4.1–9.4.4.3, в ходе всей последовательности проведения испытания.
- 9.4.4.1 Технические требования к фильтрам
- Фильтры всех типов должны иметь коэффициент улавливания частиц DOP (диоктилфталата) или PAO (полиальфаолефина) диаметром 0,3 мкм не менее 99 %. Для доказательства соответствия этому требованию можно использовать измерения параметров пробоотборного фильтра, произведенные изготовителем и отраженные в характеристиках продукции. Фильтр должен быть:
- либо из стекловолокна с фторуглеродным покрытием (PTFE),
  - либо мембранного типа на фторуглеродной основе (PTFE).
- 9.4.4.2 Размер фильтра
- Фильтр должен иметь округлую форму с номинальным диаметром 47 мм (с допуском  $46,50 \pm 0,6$  мм) и с внешним диаметром (рабочим диаметром) не менее 38 мм.
- 9.4.4.3 Скорость прохождения газа через фильтрующую поверхность
- Скорость прохождения газов через фильтрующую поверхность должна составлять 0,90–1,00 м/с, причем превышать этот предел может менее 5 % зарегистрированных значений потока. Если общая масса ВЧ на фильтре превышает 400 мкг, то скорость прохождения газов через фильтрующую поверхность может быть уменьшена до 0,50 м/с. Скорость прохождения рассчитывают посредством деления объемного

расхода пробы на показатели давления перед фильтром и температуры поверхности фильтра в рабочей зоне фильтра.

#### 9.4.5 Технические требования к камере для взвешивания и аналитическим весам

Окружающая среда в камере (или помещении) не должна подвергаться воздействию каких-либо внешних загрязнителей (например, пыли, аэрозоли или полуплетучих материалов), которые могут загрязнять сажевые фильтры. В помещении для взвешивания следует обеспечить соблюдение установленных требований, по крайней мере за 60 мин до взвешивания фильтров.

##### 9.4.5.1 Условия в камере для взвешивания

Температура в камере (или помещении), где проводится кондиционирование и взвешивание сажевых фильтров, должна поддерживаться на уровне  $295 \pm 1 \text{ K}$  ( $22 \pm 1 \text{ °C}$ ) в течение всего времени кондиционирования и взвешивания фильтра. Влажность должна поддерживаться в пределах точки росы  $282,5 \pm 1 \text{ K}$  ( $9,5 \pm 1 \text{ °C}$ ).

Если стабилизацию и взвешивание производят в разных местах, то температуру в месте стабилизации следует поддерживать с допуском  $295 \pm 3 \text{ K}$  ( $22 \pm 3 \text{ °C}$ ), а требование в отношении точки росы сохраняется на уровне  $282,5 \pm 1 \text{ K}$  ( $9,5 \pm 1 \text{ °C}$ ).

Значения влажности и внешней температуры регистрируют.

##### 9.4.5.2 Взвешивание эталонных фильтров

Не раньше чем за 12 часов до испытания взвешивают по крайней мере два ранее не использованных эталонных фильтра, причем предпочтительно одновременно с фильтрами для отбора проб. Они должны быть изготовлены из того же материала, что и фильтры для проб. При взвешивании делают поправку на статическое давление.

Если масса любого из эталонных фильтров изменяется между взвешиваниями фильтров для отбора проб более чем на 10 мкг, то все фильтры для отбора проб отбраковывают и испытание на измерение выбросов повторяют.

В соответствии с надлежащим инженерно-техническим заключением эталонные фильтры периодически (но не реже одного раза в год) заменяют.

##### 9.4.5.3 Аналитические весы

Аналитические весы, используемые для определения массы фильтра, должны удовлетворять критерию проверки линейности, указанному в таблице 7 пункта 9.2. Это означает, что их погрешность (среднеквадратичное отклонение) должна составлять не более 2 мкг, а разрешение — не менее 1 мкг (1 деление = 1 мкг).

Для обеспечения тщательного взвешивания фильтра весы рекомендуется устанавливать следующим образом:

- a) они должны быть установлены на платформе с виброизоляцией для изолирования их от внешнего шума и вибрации;
- b) они должны быть защищены от конвекционного потока воздуха заземленным токорассеивающим экраном.

##### 9.4.5.4 Устранение статического электричества

Перед взвешиванием фильтры нейтрализуют, например с помощью полониевого нейтрализатора или другого устройства аналогичного действия. Если используется фильтр мембранного типа на основе PTFE,

то статическое электричество измеряют; рекомендуется, чтобы оно было в пределах  $\pm 2,0$  В от нейтрального значения.

В зоне нахождения весов заряд статического электричества сводят к минимуму при помощи следующих возможных методов:

- a) весы заземляют;
- b) если пробы ВЧ отбираются вручную, то в этом случае следует использовать пинцеты из нержавеющей стали;
- c) пинцеты следует заземлять при помощи заземляющей перемычки, или оператор должен использовать заземляющий браслет таким образом, чтобы он был заземлен на общей основе с весами. Заземляющие браслеты должны иметь надлежащее сопротивление, с тем чтобы предохранить оператора от случайного поражения электрическим током.

#### 9.4.5.5 Дополнительные технические требования

Все элементы системы разбавления и системы отбора проб на участке от выхлопной трубы до фильтродержателя, находящиеся в контакте с первичными и разбавленными отработавшими газами, должны быть сконструированы таким образом, чтобы свести к минимуму осаждение взвешенных частиц или изменение их характеристик. Все элементы должны быть изготовлены из электропроводящих материалов, не вступающих в реакцию с компонентами отработавших газов, и заземлены для предотвращения образования статического электричества.

#### 9.4.5.6 Калибровка приборов для измерения расхода

Каждый расходомер, используемый при отборе проб взвешенных частиц и в системе частичного разбавления потока, подвергают проверке на линейность, как это указано в пункте 9.2.1, так часто, как это необходимо для обеспечения точности, требуемой настоящими Правилами. Для определения исходных значений расхода используют точный расходомер, соответствующий международным и/или национальным стандартам. Калибровка дифференциального измерения расхода указана в пункте 9.4.6.2.

#### 9.4.6 Особые требования к системе частичного разбавления потока

Система частичного разбавления потока должна быть сконструирована таким образом, чтобы из потока отработавших газов двигателя можно было извлечь пропорциональную пробу первичных отработавших газов в целях учета колебаний расхода отработавших газов. В этой связи необходимо определить коэффициент разбавления  $r_d$  или коэффициент отбора проб  $r_s$  с такой точностью, которая обеспечивала бы соблюдение требований, предусмотренных в пункте 9.4.6.2.

##### 9.4.6.1 Время срабатывания системы

Для контроля системы частичного разбавления потока требуется соответствующая быстродействующая система. Время перехода для этой системы определяют методом, указанным в пункте 9.4.6.6. Если общее время перехода для системы измерения потока отработавших газов (см. пункт 8.4.1.2) и системы частичного разбавления потока составляет  $\leq 0,3$  с, то используют систему контроля в режиме «онлайн». Если время перехода превышает 0,3 с, то используют прогностический алгоритм управления на основе предварительно записанных параметров испытания. В этом случае комбинированное время восстановления должно составлять  $\leq 1$  с, а комбинированное время задержки —  $\leq 10$  с.

Система должна быть сконструирована таким образом, чтобы общее время срабатывания обеспечивало отбор репрезентативных проб

взвешенных частиц  $q_{mp,i}$  пропорционально массовому расходу отработавших газов. Для определения пропорциональности проводится регрессионный анализ значений  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  с частотой не менее 5 Гц, что соответствует скорости регистрации данных. При этом должны соблюдаться следующие критерии:

- коэффициент смешанной корреляции  $r^2$  линейной регрессии на отрезке  $q_{mp,i}$  между  $q_{mew,i}$  должен составлять не менее 0,95;
- стандартная погрешность оценки  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  не должна превышать 5 % от максимального значения  $q_{mp}$ ;
- отрезок  $q_{mp}$ , отсекаемый линией регрессии, не должен превышать  $\pm 2$  % от максимального значения  $q_{mp}$ .

Прогностический алгоритм управления требуется в том случае, когда суммарное время перехода системы сбора взвешенных частиц  $t_{50,P}$  и сигнала массового расхода отработавших газов  $t_{50,F}$  составляет  $>0,3$  с. В этом случае проводят предварительное испытание и полученный сигнал массового расхода отработавших газов используют для контроля расхода проб, поступающих в систему сбора взвешенных частиц. Правильность регулировки системы частичного разбавления обеспечивается в том случае, если отметка времени для  $q_{mew,pre}$ , полученная в ходе предварительного испытания, которая используется для регулирования  $q_{mp}$ , сдвигается на «прогностический» отрезок времени, равный  $t_{50,P} + t_{50,F}$ .

Для установления корреляции между значениями  $q_{mp,i}$  и  $q_{mew,i}$  следует использовать данные, полученные в ходе фактического испытания, при этом  $q_{mew,i}$  синхронизируется по  $t_{50,F}$  относительно  $q_{mp,i}$  (без учета  $t_{50,P}$  в полученном сдвиге). Это означает, что сдвиг по времени между  $q_{mew}$  и  $q_{mp}$  представляет собой разницу между временем перехода каждого из этих параметров, которое было определено в соответствии с пунктом 9.4.6.6.

#### 9.4.6.2 Технические требования к дифференциальному измерению расхода

В случае систем с частичным разбавлением потока точность регистрации расхода пробы  $q_{mp}$  приобретает особое значение, если она не измеряется непосредственно, а определяется с помощью дифференциального метода измерения расхода:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (83)$$

В этом случае максимальная погрешность разности должна быть такой, чтобы погрешность  $q_{mp}$  находилась в пределах  $\pm 5$  %, когда коэффициент разбавления составляет менее 15. Данную погрешность можно рассчитать по среднеквадратичному значению погрешностей каждого прибора.

Приемлемый уровень погрешности  $q_{mp}$  можно обеспечить при соблюдении одного из следующих условий:

- абсолютная погрешность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  составляет  $\pm 0,2$  %, что обеспечивает погрешность  $q_{mp}$  на уровне  $\leq 5$  % при коэффициенте разбавления 15. Однако при более высоких коэффициентах разбавления погрешность будет увеличиваться;
- калибровку  $q_{mdw}$  по  $q_{mdew}$  производят таким образом, чтобы обеспечить ту же погрешность  $q_{mp}$ , что и в случае а). Более подробно см. пункт 9.4.6.3;

- с) погрешность  $q_{mp}$  определяют опосредованно исходя из погрешности коэффициента разбавления, определенного с помощью индикаторного газа, например  $CO_2$ . При этом необходимо обеспечить погрешность  $q_{mp}$ , эквивалентную случаю а);
- д) абсолютная погрешность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  находится в пределах  $\pm 2\%$  полной шкалы, максимальная погрешность разности  $q_{mdew} - q_{mdw}$  составляет  $0,2\%$ , а линейная погрешность не превышает  $\pm 0,2\%$  наибольшего значения  $q_{mdew}$ , зарегистрированного в ходе испытания.

#### 9.4.6.3 Калибровка приборов для дифференциального измерения расхода

Расходомер или прибор для измерения параметров потока калибруют с соблюдением одной из следующих процедур таким образом, чтобы погрешность регистрации расхода пробы  $q_{mp}$ , поступающей в канал, соответствовала требованиям пункта 9.4.6.2:

- а) расходомер для измерения  $q_{mdw}$  подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ ; разность показаний двух расходомеров калибруют не менее чем по пяти контрольным точкам со значениями расхода, равномерно распределенными между наименьшим значением  $q_{mdw}$ , используемым в ходе испытания, и значением  $q_{mdew}$ , используемым в ходе испытания. Измерение можно проводить в обход смесительного канала;
- б) калиброванное устройство измерения расхода подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ , и его точность проверяют по значению, используемому в ходе испытания. Затем это калиброванное устройство подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdw}$ , и его точность проверяют не менее чем по пяти точкам регулировки, соответствующим коэффициенту разбавления в пределах от 3 до 50, по отношению к значению  $q_{mdew}$ , используемому в ходе испытания;
- с) отводящий патрубок (ТТ) отсоединяют от выхлопной трубы, и калиброванное устройство измерения параметров потока с соответствующим диапазоном измерения  $q_{mp}$  подсоединяют к отводящему патрубку. Значение  $q_{mdew}$  устанавливают по значению, используемому в ходе испытания, а значение  $q_{mdw}$  последовательно устанавливают как минимум по пяти значениям, соответствующим коэффициентам разбавления в пределах от 3 до 50. В качестве варианта можно предусмотреть специальную калибровочную магистраль в обход смесительного канала, но с прохождением общего потока и потока разбавителя через соответствующие расходомеры, как это делается в случае фактического испытания;
- д) индикаторный газ направляется в отводящий патрубок ТТ, через который проходят отработавшие газы. Этим индикаторным газом может быть один из компонентов отработавших газов, например  $CO_2$  или  $NO_x$ . После разбавления в смесительном канале этот компонент, служащий в качестве индикаторного газа, измеряют. Данное измерение проводят по пяти коэффициентам разбавления, находящимся в пределах от 3 до 50. Точность расхода пробы определяют исходя из коэффициента разбавления  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (84)$$

Для обеспечения точности регистрации  $q_{mp}$  необходимо учитывать точность газовых анализаторов.

#### 9.4.6.4 Проверка расхода углерода

Для выявления проблем с измерением и регулировкой и для проверки надлежащей работы системы частичного разбавления потока настоятельно рекомендуется произвести проверку расхода углерода на фактических отработавших газах. Проверку расхода углерода следует проводить по меньшей мере каждый раз при установке нового двигателя, а также в случае существенных изменений в конфигурации испытательного бокса.

Двигатель прогоняют в режиме нагрузки и с частотой вращения, которые соответствуют максимальному крутящему моменту, или в любом другом установившемся режиме, в котором содержание  $\text{CO}_2$  увеличивается на 5 % или более. Систему отбора проб частично разбавленного потока прогоняют при коэффициенте разбавления примерно 15 к 1.

Если проводится проверка расхода углерода, то применяют процедуру, указанную в добавлении 4. Значения расхода углерода рассчитывают по формулам 112–114, приведенным в добавлении 4 к настоящему приложению. Разброс всех значений расхода углерода должен составлять не более 3 %.

#### 9.4.6.5 Предварительная проверка перед испытанием

Предварительную проверку проводят не ранее чем за 2 часа до проведения испытания следующим образом.

Точность расходомеров проверяют с помощью того же метода, который используется для калибровки (см. пункт 9.4.6.2), не менее чем по двум точкам, включая значение расхода  $q_{mdw}$ , которое соответствует коэффициентам разбавления в пределах 5–15 для значения  $q_{mdew}$ , используемого в ходе испытания.

Если данные, зарегистрированные в процессе калибровки, предусмотренной пунктом 9.4.6.2, показывают, что калибровка расходомера остается стабильной в течение продолжительного периода времени, то предварительную проверку можно не проводить.

#### 9.4.6.6 Определение времени перехода

Регулировка системы для определения времени перехода должна быть точно такой же, как и в случае замеров в ходе испытания. Время перехода определяют следующим методом.

Отдельный эталонный расходомер с диапазоном измерений, соответствующим расходу пробы, устанавливают последовательно с пробоотборником и подсоединяют непосредственно к нему. Время перехода этого расходомера должно составлять менее 100 мс для той степени регулировки расхода, которая используется при измерении времени срабатывания, причем ограничение расхода должно быть достаточно малым, с тем чтобы исключить воздействие на динамические характеристики системы частичного разбавления потока и обеспечить соответствие проверенной инженерно-технической практике.

Расход отработавших газов (или расход воздуха, если расход отработавших газов определяется методом расчета), поступающих в систему частичного разбавления потока, подвергают ступенчатому изменению от самого низкого уровня расхода до уровня, составляющего 90 % максимального расхода отработавших газов. Триггерный механизм перехода на следующую ступень должен быть таким же, который используется для включения системы прогностического алгоритма управления в ходе фактических испытаний. Величина ступенчатого наращивания расхода отработавших газов и показания расходомера регистрируют с частотой отбора проб, составляющей не менее 10 Гц.

На основе этих данных определяют время перехода системы частичного разбавления потока, которое представляет собой время с начального момента ступенчатого наращивания до момента, когда показания расходомера достигают 50 % номинального значения. Аналогичным образом определяют время перехода системы частичного разбавления потока под воздействием сигнала  $q_{mp}$  и время перехода расходомера отработавших газов под воздействием сигнала  $q_{mew,i}$ . Значения этих сигналов используют для проверки полученных результатов методом регрессионного анализа после каждого испытания (см. пункт 9.4.6.1).

Расчеты повторяют не менее чем по пяти точкам увеличения и снижения расхода, и полученные результаты усредняют. Из полученного значения вычитают внутреннее время перехода (<100 мс) эталонного расходомера. Полученная разность представляет собой «прогностическое» значение для системы частичного разбавления потока, которое применяется в соответствии с пунктом 9.4.6.1.

## 9.5 Калибровка системы CVS

### 9.5.1 Общие положения

Систему CVS калибруют с помощью точного расходомера и ограничительного устройства. Расход через систему измеряют при различных значениях регулировки ограничителя. Измеряют также контрольные параметры системы и определяют их соотношение с расходом.

Для этих целей можно использовать различные типы расходомеров, например калиброванную трубку Вентури, калиброванный ламинарный расходомер, калиброванный турборасходомер.

### 9.5.2 Калибровка насоса с объемным регулированием (PDP)

Все параметры, связанные с насосом, измеряют одновременно с параметрами, относящимися к калибровочной трубке Вентури, которая соединяется с насосом последовательно. Значение расчетного расхода (в м<sup>3</sup>/с на входе в насос при данном абсолютном давлении и температуре) наносят на график зависимости расхода от корреляционной функции, которая является показателем конкретного сочетания параметров насоса. Затем определяют линейное уравнение, показывающее взаимосвязь между расходом потока, проходящего через насос, и корреляционной функцией. Если система CVS имеет многорежимный привод, то калибровку проводят для каждого используемого диапазона.

В процессе калибровки поддерживают стабильный температурный режим.

Утечку во всех соединениях и трубопроводах между калибровочной трубкой Вентури и насосом CVS поддерживают на уровне менее 0,3 % от самой низкой величины расхода (максимальное ограничение и минимальная частота вращения вала PDP).

#### 9.5.2.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $q_{v, CVS}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум шесть регулировок) рассчитывают в стандартных единицах (м<sup>3</sup>/с) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Затем расход воздуха преобразуют в расход насоса ( $V_0$ ) в м<sup>3</sup>/об при абсолютной температуре и абсолютном давлении на входе в насос по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p}, \quad (85)$$

где:



- $q_{vCVS}$  — расход воздуха при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К), в м<sup>3</sup>/с;
- $T$  — температура на входе в насос, в К;
- $p_p$  — абсолютное давление на входе в насос, в кПа;
- $n$  — частота вращения вала насоса в об/с.

Для учета взаимовлияния колебаний давления в насосе и степени проскальзывания насоса определяют функцию корреляционной зависимости ( $X_0$ ) между частотой вращения вала насоса, разностью давлений на входе и выходе насоса и абсолютным давлением на выходе насоса, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}}, \quad (86)$$

где:

- $\Delta p_p$  — разность давлений на входе и выходе насоса, в кПа;
- $p_p$  — абсолютное давление на выходе насоса, в кПа.

Для получения нижеследующего линейного уравнения калибровки необходимо произвести подбор методом наименьших квадратов:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (87)$$

$D_0$  и  $m$  — соответственно отрезок, отсекаемый на оси ординат, и коэффициент наклона — параметры, определяющие линии регрессии.

В случае многорежимной системы CVS калибровочные кривые, построенные для различных диапазонов значений расхода на насосе, должны располагаться приблизительно параллельно, а отрезки, отсекаемые на оси ординат ( $D_0$ ), должны увеличиваться по мере перехода к диапазону с меньшими значениями расхода на насосе.

Значения, рассчитанные по вышеприведенному уравнению, должны находиться в пределах  $\pm 0,5$  % от измеренной величины  $V_0$ . Значения  $m$  будут варьироваться в зависимости от конкретного насоса. Засасывание взвешенных частиц со временем приведет к снижению степени проскальзывания насоса, о чем свидетельствуют меньшие значения  $m$ . Поэтому калибровку следует производить при вводе насоса в эксплуатацию после капитального технического обслуживания и в том случае, если общая проверка системы указывает на изменение степени проскальзывания.

### 9.5.3 Калибровка трубки Вентури с критическим расходом (CFV)

Калибровка CFV основана на уравнении критического расхода через трубку Вентури. Расход газа представляет собой функцию давления и температуры на входе в трубку.

Для определения диапазона критического расхода значения  $K_v$  наносят на график в виде функции давления на входе в трубку Вентури. При критическом расходе (закупорке)  $K_v$  будет иметь относительно постоянную величину. По мере снижения давления (увеличения разрежения) закупорка трубки Вентури рассасывается и значение  $K_v$  уменьшается, что указывает на то, что CFV вышла за пределы допустимого диапазона.

## 9.5.3.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $q_{vCVS}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум восемь регулировок) рассчитывают в стандартных единицах ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Коэффициент калибровки рассчитывают на основе калибровочных данных для каждого значения регулировки по следующей формуле:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{P_p}, \quad (88)$$

где:

$q_{vCVS}$  — расход воздуха при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К), в  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$T$  — температура на входе в трубку Вентури, в К,

$P_p$  — абсолютное давление на входе в трубку Вентури, в кПа.

Затем рассчитывают среднее значение  $K_v$  и стандартное отклонение. Стандартное отклонение не должно превышать  $\pm 0,3\%$  среднего значения  $K_v$ .

## 9.5.4 Калибровка трубки Вентури для дозвуковых потоков (SSV)

Калибровка SSV основана на уравнении расхода через трубку Вентури для дозвуковых потоков. Как явствует из уравнения 53 (см. пункт 8.5.1.4), расход газа представляет собой функцию давления и температуры на входе и падения давления на входе и сужении SSV.

## 9.5.4.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $Q_{SSV}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум 16 регулировок) рассчитывают в стандартных единицах ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Коэффициент расхода рассчитывают по калибровочным данным для каждого значения регулировки по следующей формуле:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{\frac{A_0}{60} \times d_v^2 \times P_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}}, \quad (89)$$

где:

$Q_{SSV}$  — расход воздуха при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К), в  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$T$  — температура на входе в трубку Вентури, в К;

$d_v$  — диаметр сужения SSV, в мм;

$r_p$  — отношение давления на сужении SSV к абсолютному статическому давлению на входе  $= 1 - \frac{\Delta p}{P_p}$ ;

$r_D$  — отношение диаметра сужения SSV  $d_v$  к внутреннему диаметру  $D$  входной трубы.

Для определения диапазона расхода дозвукового потока значения  $C_d$  наносят на график в виде функции числа Рейнольдса  $Re$  на сужении SSV.  $Re$  на сужении SSV рассчитывают при помощи следующего уравнения:

$$Re = A_1 \times 60 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu}, \quad (90)$$

при этом

$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T}, \quad (91)$$

где:

$A_1$  — 27,43831 в единицах СИ  $\left(\frac{кг^2}{м^3}\right) \left(\frac{мин}{с}\right) \left(\frac{мм}{м}\right)$ ;

$Q_{SSV}$  — расход воздуха при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К), в м<sup>3</sup>/с;

$d_v$  — диаметр сужения SSV, в мм;

$\mu$  — абсолютная или динамическая вязкость газа, в кг/мс;

$b$  —  $1,458 \times 10^6$  (эмпирическая константа), в кг/мс К<sup>0.5</sup>;

$S$  — 110,4 (эмпирическая константа), в К.

Поскольку в уравнении  $Re$   $Q_{SSV}$  представляет собой аргумент, расчеты начинают с произвольно выбранной величины  $Q_{SSV}$  или  $C_d$  калибровочной трубки Вентури и повторяют расчет  $Q_{SSV}$  до тех пор, пока результаты не совпадут. При этом методе последовательных приближений погрешность должна составлять 0,1 % или меньше.

Значения  $C_d$ , рассчитанные с помощью уравнения подборки калибровочной кривой как минимум в 16 точках участка дозвукового потока, должны находиться в пределах  $\pm 0,5$  % от измеренной величины  $C_d$  в каждой точке калибровки.

#### 9.5.5 Общая проверка системы

Суммарную погрешность измерения с помощью системы отбора проб CVS и аналитической системы определяют путем введения известной массы загрязняющего газа в систему во время ее работы в нормальном режиме. Загрязняющее вещество подвергают анализу, и его массу рассчитывают в соответствии с пунктом 8.5.2.3, за исключением случая пропана, когда для HC вместо 0,000483 используется коэффициент  $\mu$ , который принимается равным 0,000507. При этом используют один из следующих двух методов.

##### 9.5.5.1 Измерение с помощью диафрагмы для создания критического потока

Известное количество чистого газа (монооксида углерода или пропана) подают в систему CVS через калиброванную диафрагму для создания критического потока. Если давление на входе достаточно высокое, то расход, регулируемый посредством диафрагмы для создания критического потока, не зависит от давления на выходе из диафрагмы (критический поток). Систему CVS прогоняют в нормальном режиме испытания на выбросы отработавших газов в течение приблизительно 5–10 минут. Пробу газа анализируют с помощью обычного оборудования (мешок для отбора проб или метод суммирования) и производят расчет массы газа.

Определенная таким образом масса должна находиться в пределах  $\pm 3$  % от известной массы введенного газа.

##### 9.5.5.2 Измерение с помощью гравиметра

Массу небольшого цилиндрического контейнера, заполненного оксидом углерода или пропаном, определяют с точностью  $\pm 0,01$  г. В течение приблизительно 5–10 минут систему CVS прогоняют в нормальном режиме испытания на выбросы отработавших газов и одновременно

вводят в систему монооксид углерода или пропан. Количество выделенного чистого газа определяют посредством дифференциального взвешивания. Пробу газа анализируют с помощью обычного оборудования (мешок для отбора проб или метод суммирования) и производят расчет массы газа.

Определенная таким образом масса должна находиться в пределах  $\pm 3\%$  от известной массы введенного газа.

## 10. Процедура испытания на измерение количества частиц

### 10.1 Отбор проб

Количество частиц в выбросах измеряют посредством непрерывного отбора проб ~~либо из системы частичного разбавления потока~~ **1) выхлопной трубы с использованием фиксированного разбавления, 2) системы пропорционального частичного разбавления потока**, описанной в пунктах А.2.2.1 и А.2.2.2 добавления 2 к настоящему приложению, ~~либо 3) из системы полного разбавления потока~~, описанной в пунктах А.2.2.3 и А.2.2.4 добавления 2 к настоящему приложению.

#### 10.1.1 Фильтрация разбавителя

Разбавитель, используемый как для первичного, так и (когда это применимо) для вторичного разбавления отработавших газов в системе разбавления, пропускают через фильтры, соответствующие требованиям, предъявляемым к высокоэффективным фильтрам очистки воздуха (HEPA) и изложенным в подпункте А.2.2.2 или А.2.2.4 добавления 2 к настоящему приложению. В качестве варианта допускается очистка разбавителя до его подачи на фильтр HEPA древесным углем для уменьшения и стабилизации концентраций углеводорода в разбавителе. Перед фильтром HEPA и за угольным газоочистителем, если таковой используется, рекомендуется размещать дополнительный фильтр для осаждения крупнозернистых взвешенных частиц.

#### 10.2 Корректировка по количеству частиц в потоке пробы: системы полного разбавления потока

Для корректировки массового потока, отбираемого из системы разбавления, по количеству частиц в отбираемой пробе отобранный массовый поток (отфильтрованный) возвращается в систему разбавления. В качестве варианта суммарный массовый поток в системе разбавления можно математически скорректировать по количеству частиц в отобранном потоке пробы. В том случае, если суммарный массовый поток, отобранный из системы разбавления для измерения количества частиц в пробе и массы этих частиц в пробе, составляет менее 0,5 % суммарного потока разбавленных отработавших газов в туннеле для разбавления ( $m_{ed}$ ), то такую корректировку или возврат потока можно не производить.

#### 10.3 Корректировка по количеству частиц в потоке пробы: системы частичного разбавления потока

##### 10.3.1 В случае систем частичного разбавления потока массовый поток, отобранный из системы разбавления для отбора проб частиц с целью измерения их количества, должен учитываться в системе регулирования пропорциональности пробы. Это делается посредством либо возврата данного количества частиц из отобранной пробы в систему разбавления, установленную перед устройством измерения расхода, либо соответствующей математической корректировки, упомянутой в пункте 10.3.2. В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб, массовый поток, отобранный

для измерения количества частиц в пробе, также корректируют при расчете массы взвешенных частиц, как указано в пункте 10.3.3.

10.3.2 Мгновенный расход потока отработавших газов в системе разбавления ( $q_{mp}$ ), используемый для регулирования пропорциональности отбираемой пробы, корректируют с помощью одного из нижеследующих методов.

а) В том случае, если количество частиц в отобранном потоке пробы не учитывается, уравнение (83), приведенное в пункте 9.4.6.2, заменяют следующим уравнением:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex}, \quad (92)$$

где:

$q_{mp}$  — поток пробы отработавших газов, проходящий через систему частичного разбавления потока (кг/с);

$q_{mdew}$  — массовый расход потока разбавленных отработавших газов (кг/с);

$q_{mdw}$  — массовый расход потока разбавляющего воздуха (кг/с);

$q_{ex}$  — массовый расход потока пробы для измерения количества частиц (кг/с).

Точность сигнала  $q_{ex}$ , передаваемого на регулятор системы частичного разбавления потока, должна составлять в пределах 0,1 % от  $q_{mdew}$  в любой момент, причем этот сигнал следует передавать с частотой не менее 1 Гц.

б) В том случае, если расход потока пробы для измерения количества частиц не учитывается совсем или учитывается частично, но эквивалентный поток возвращается при этом в систему разбавления, установленную перед устройством измерения расхода, то уравнение (83), содержащееся в пункте 9.4.6.2, заменяют следующим уравнением:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw}, \quad (93)$$

где:

$q_{mp}$  — поток пробы отработавших газов, проходящий через систему частичного разбавления потока (кг/с);

$q_{mdew}$  — массовый расход потока разбавленных отработавших газов (кг/с);

$q_{mdw}$  — массовый расход потока разбавляющего воздуха (кг/с);

$q_{ex}$  — массовый расход потока пробы для измерения количества частиц (кг/с);

$q_{sw}$  — массовый расход потока, возвращаемый в туннель для разбавления с целью корректировки по количеству частиц в отобранной пробе (кг/с).

Точность сигнала о разнице между  $q_{ex}$  и  $q_{sw}$ , передаваемого на регулятор системы частичного разбавления потока, в любой момент должна составлять в пределах 0,1 % от  $q_{mdew}$ . Этот сигнал (или эти сигналы) следует передавать с частотой не менее 1 Гц.

## 10.3.3 Корректировка измерений ВЧ

Если отбор потока пробы для измерения количества частиц производят из системы частичного разбавления потока, относящейся к типу полного отбора, то массу частиц ( $m_{PM}$ ), рассчитываемую в соответствии с пунктом 8.4.3.2.1 или 8.4.3.2.2, корректируют указанным ниже способом для учета отобранного потока. Такая корректировка требуется даже в том случае, когда отфильтрованный отобранный поток возвращается в систему частичного разбавления потока.

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})}, \quad (94)$$

где:

$m_{PM,corr}$  — масса взвешенных частиц, скорректированная по количеству частиц в отобранном потоке пробы (г/испытание);

$m_{PM}$  — масса взвешенных частиц, определяемая в соответствии с пунктом 8.4.3.2.1 или 8.4.3.2.2 (г/испытание);

$m_{sed}$  — общая масса разбавленных отработавших газов, прошедших через смесительный канал (кг);

$m_{ex}$  — общая масса разбавленных отработавших газов, отобранных из смесительного канала с целью измерения количества частиц в отобранной пробе (кг).

## 10.3.4 Пропорциональность пробы, отобранной при частичном разбавлении потока

В случае измерения количества частиц массовый расход потока отработавших газов, определяемый при помощи любого из методов, описанных в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7, используется для регулирования системы частичного разбавления потока в целях отбора пробы, пропорциональной расходу потока отработавших газов по массе. Степень пропорциональности проверяют с помощью регрессионного анализа пробы и потока отработавших газов в соответствии с пунктом 9.4.6.1.

## 10.4 Определение количества частиц

## 10.4.1 Синхронизация времени

В случае систем частичного разбавления потока необходимо учитывать время прохождения через систему отбора проб и измерения количества частиц на основе синхронизации сигнала, указывающего количество частиц в ходе испытательного цикла, и массового расхода потока отработавших газов в соответствии с процедурой, определенной в пункте 8.4.2.2. Время перехода системы отбора проб и измерения количества частиц определяют в соответствии с пунктом А.8.1.3.7 добавления 8 к настоящему приложению.

**В случае прямого отбора проб из выхлопной трубы с фиксированным коэффициентом первоначального разбавления сигнал, указывающий количество частиц, должен быть синхронизирован во времени с сигналом потока отработавших газов с использованием соответствующих показателей времени перехода. Время перехода системы отбора проб и измерения количества частиц определяется в соответствии с пунктом А.8.1.3.7 добавления 8 к настоящему приложению.**

#### 10.4.2 Определение количества частиц с использованием системы частичного разбавления потока

В случае измерения количества частиц в пробе с использованием системы частичного разбавления потока в соответствии с процедурами, изложенными в пункте 8.4, количество частиц, выделяемых в ходе испытательного цикла, рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6, \quad (95)$$

где:

$N$  — количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла;

$m_{edf}$  — масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл, определяемая в соответствии с пунктом 8.4.3.2.2 (кг/испытание);

$k$  — коэффициент калибровки, используемый для корректировки показаний счетчика количества частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества частиц такая функция не предусмотрена. Если же такая функция им предусмотрена, то значение  $k$  в вышеуказанном уравнении принимают равным 1;

$\bar{c}_s$  — средняя концентрация частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная по стандартным условиям (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в количестве частиц на см<sup>3</sup>;

$\bar{f}_r$  — средний коэффициент уменьшения концентрации частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении коэффициента разбавления.

$\bar{c}_s$  рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}, \quad (96)$$

где:

$c_{s,i}$  — значение, полученное в ходе отдельного измерения концентрации частиц в разбавленных отработавших газах, произведенного с помощью счетчика частиц с поправкой на совпадение и на стандартные условия (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в КТЧ, количестве частиц на см<sup>3</sup>;

$n$  — число измерений концентрации частиц, произведенных в ходе испытания.

#### 10.4.3 Определение количества частиц

##### 10.4.3.1 Определение количества частиц с использованием системы полного разбавления потока

При измерении количества частиц в пробе с использованием системы полного разбавления потока в соответствии с процедурами,

изложенными в пункте 8.5, количество частиц, выделяемых в ходе испытательного цикла, рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6, \quad (97)$$

где:

$N$  — количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла,

$m_{ed}$  — суммарный расход разбавленных отработавших газов за цикл, рассчитанный в соответствии с одним из методов, описанных в пунктах 8.5.1.2–8.5.1.4 (кг/испытание),

$k$  — коэффициент калибровки, используемый для корректировки показаний счетчика количества частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества частиц такая функция не предусмотрена. Если же такая функция им предусмотрена, то значение  $k$  в вышеуказанном уравнении принимают равным 1,

$\bar{c}_s$  — средняя концентрация частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная на стандартные условия (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в количестве частиц на см<sup>3</sup>,

$\bar{f}_r$  — средний коэффициент уменьшения концентрации частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении коэффициента разбавления.

$\bar{c}_s$  — рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}, \quad (98)$$

где:

$c_{s,i}$  — значение, полученное в ходе отдельного измерения концентрации частиц в разбавленных отработавших газах, произведенного с помощью счетчика частиц с поправкой ~~на совпадение~~ на стандартные условия (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в КТЧ, количестве частиц на см<sup>3</sup>;

$n$  — число измерений концентрации частиц, произведенных в ходе испытания.

#### 10.4.3.2 Определение количества частиц при отборе проб первичных отработавших газов

Мгновенные показатели количества частиц выбросов [частиц/с] определяют путем умножения мгновенной концентрации рассматриваемого загрязняющего вещества [частиц/см<sup>3</sup>] на мгновенный показатель массового расхода отработавших газов [кг/с], которые и в том, и в другом случае корректируют и приводят в соответствие с учетом времени перехода. Если это применимо, то отрицательные мгновенные значения выбросов вводятся во все последующие оценки данных. Все значащие цифры промежуточных



результатов вводятся в систему расчета мгновенных показателей выбросов. Для расчета используют следующее уравнение:

$$N_i = c_{N,i} q_{mew,i} / \rho_e,$$

где:

$N_i$  — количество частиц в потоке [частиц/с],

$c_{N,i}$  — измеренная концентрация количества частиц, нормализованная при 0 °С [частиц/м<sup>3</sup>], с поправкой на любые калибровочные коэффициенты,

$q_{mew,i}$  — измеренное значение массового расхода отработавших газов [кг/с] (8.4.1.3),

$\rho_e$  — плотность отработавших газов при 0 °С, 1013 мбар [кг/м<sup>3</sup>] (таблица 5).

#### 10.4.4 Результаты испытаний

##### 10.4.4.1 Расчет удельных выбросов

В случае каждого индивидуального испытания ВСУЦ, ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии или ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя удельные выбросы в показателях количества частиц/кВт·ч рассчитывают следующим образом:

$$e = \frac{N}{W_{act}}, \quad (99)$$

где:

$e$  — количество выделенных частиц на кВт·ч;

$W_{act}$  — фактическая работа за цикл, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6, в кВт·ч.

##### 10.4.4.2 Системы последующей обработки отработавших газов с периодической регенерацией

В случае двигателей, оснащенных системами последующей обработки отработавших газов с периодической регенерацией, применяются предписания пункта 6.6.2. Значения выбросов в случае ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии взвешивают по формуле 5, где  $\bar{e}$  — среднее количество частиц на кВт·ч без регенерации, а  $e_r$  — среднее количество частиц на кВт·ч с регенерацией. Расчет поправочных коэффициентов на регенерацию производят в зависимости от случая, по формулам 6, 6а, 7 или 8.

##### 10.4.4.3 Взвешенные средние результаты испытания в режиме ВСПЦ

Для ВСПЦ окончательный результат испытаний представляет собой взвешенное среднее значений, полученных по итогам испытаний в условиях запуска холодного двигателя и испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии (включая периодическую регенерацию, когда это уместно), с использованием следующих уравнений:

а) в случае мультипликативной корректировки регенерации или двигателей, не оснащенных системами последующей обработки выбросов с периодической регенерацией

$$e = k_r \left( \frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right) \quad (100)$$

b) в случае аддитивной корректировки регенерации

$$e = k_r + \left( \frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right), \quad (101)$$

где:

$N_{cold}$  — общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском холодного двигателя;

$N_{hot}$  — общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии;

$W_{act,cold}$  — фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском холодного двигателя, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6, в кВт·ч;

$W_{act,hot}$  — фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6, в кВт·ч;

$k_r$  — корректировка регенерации в соответствии с пунктом 6.6.2; в случае, если двигатели не оснащены системой последующей обработки выбросов без периодической регенерации,  $k_r = 1$ .

#### 10.4.4.4 Округление окончательных результатов

Окончательные результаты испытания ВСУЦ и взвешенные средние результаты испытания ВСПЦ округляют до трех знаков после запятой в соответствии с ASTM E 29–06B. Округление промежуточных значений, используемых для расчета конечного результата удельных выбросов при стендовых испытаниях, не допускается.

#### 10.5 Определение количества фоновых частиц

10.5.1 По просьбе изготовителя двигателя до или после испытания может быть произведен отбор пробы для измерения количественной концентрации фоновых частиц в смесительном канале в точке, расположенной ниже по потоку за сажевым фильтром и фильтром для углеводородов, входящих в систему измерения количества частиц, для определения концентрации фоновых частиц в канале.

10.5.2 Вычитание количественных концентраций фоновых частиц в смесительном канале для целей предоставления официального утверждения типа не допускается, однако его можно производить по просьбе изготовителя при условии предварительного одобрения этого решения органом по официальному утверждению для проведения испытаний на соответствие производства, если может быть подтверждено, что их фоновая концентрация в смесительном канале является значительной; в этом случае эти значения вычитают из значений, полученных после замеров в разбавленных отработавших газах.

**Добавления 1–7 к приложению 4 остаются прежними,  
без изменений.**

## Приложение 4 — Добавление 8

### Оборудование для измерения количества частиц в выбросах

- A.8.1 Технические требования
- A.8.1.1 Краткое описание системы
- A.8.1.1.1 Система отбора проб частиц состоит из пробоотборника или пробоотборного зонда для отбора проб из однородного смешанного потока **в выхлопной трубе или** в системе разбавления, как указано в пунктах A.2.2.1 и A.2.2.2 или A.2.2.3 и A.2.2.4 добавления 2 к настоящему приложению, отделителя летучих частиц (VPR), установленного перед счетчиком количества частиц (PNC), а также надлежащего отводного патрубка. **Для отбора проб непосредственно в выхлопной трубе между пробоотборником или зондом для отбора проб и VPR в факультативном порядке может использоваться предварительный разбавитель.**
- A.8.1.1.2 Перед входным отверстием VPR рекомендуется устанавливать предварительный сепаратор (например, циклонного или ударного типа и т. п.) для «сортировки» частиц по размеру. Однако в качестве альтернативы такому предварительному сепаратору допускается использование пробоотборника, действующего как соответствующее сортировочное устройство и аналогичного показанному на рис. 14 в добавлении 2 к настоящему приложению. В случае систем частичного разбавления потока допускается использование одного и того же предварительного сепаратора для определения массы взвешенных частиц и измерения количества частиц, причем проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве варианта можно использовать разные предварительные сепараторы, и в этом случае проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы частиц.
- A.8.1.2 Общие требования
- A.8.1.2.1 ~~Система отвода частиц Зонд для отбора проб частиц устанавливается в системе разбавления.~~
- Пробоотборник с наконечником или зонд для отбора проб частиц и отводящий патрубок частиц (РТТ), **а также в факультативном порядке предварительный разбавитель при отборе проб непосредственно в выхлопной трубе** в совокупности образуют систему отвода частиц (PTS). По системе PTS проба подается ~~из смежного канала~~ на входное отверстие VPR.
- Неразогретый или разогретый предварительный разбавитель может устанавливаться в конце зонда для отбора проб частиц и перед РТТ. На этапе холодного или горячего разбавления применяется фиксированный коэффициент разбавления >5:1. Холодное разбавление определяется в качестве разбавления при помощи (ненагретого) разбавляющего воздуха и/или при температуре разбавления  $\geq 20$  °С. Должны быть предоставлены показатели, свидетельствующие о том, находятся ли значения температуры (если это применимо) и разбавления в верных рабочих диапазонах.**

**В предварительном разбавителе должна учитываться оптимальная практика отбора проб аэрозолей, описанная для VPR в пунктах А.8.1.2.3 и А.8.2.2.4.**

**Проникновение по каждой модели предварительного разбавителя определяется в соответствии с пунктом А.8.2.2.4. Степень окончательного проникновения по системе (предварительный разбавитель, РТТ и VPR) не должна быть меньшей, чем указано в пункте А.8.1.3.3.6, более чем на 20 %.**

**Коэффициенты снижения концентрации частиц по каждому предварительному разбавителю определяются в соответствии с пунктом А.8.2.2.2. В случае комплектной системы (предварительный разбавитель, РТТ и VPR) речь должна идти о не более 10 % для 50 нм, 20 % для 30 нм и 30 % для 15 нм (если это применимо) по сравнению с требованиями, содержащимися в пункте А.8.1.3.3.4.**

**Калибровка или валидация предварительного разбавителя должна производиться при тех же временных интервалах, что и в случае VPR, как указано в пункте А.8.2.2.1.**

PTS должна отвечать нижеследующим требованиям.

В случае систем полного разбавления потока и систем частичного разбавления потока, относящихся к типу частичного отбора проб (как указано в пункте А.2.2.1 добавления 2 к настоящему приложению), пробоотборник устанавливают вблизи от осевой линии смесительного канала на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров канала, после точки входа газов, навстречу газовому потоку таким образом, чтобы его ось в районе наконечника была параллельна оси смесительного канала. Пробоотборник располагают в смесительном канале таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.2.2.1 добавления 2 к настоящему приложению), зонд для отбора проб частиц или пробоотборник устанавливают в отводящем патрубке взвешенных твердых частиц перед фильтродержателем, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора пробы/обходного канала. Пробоотборный зонд или пробоотборник располагают таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа. Размеры пробоотборника частиц должны быть такими, чтобы он не нарушал работу системы частичного разбавления потока.

**В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе отбор проб отработавших газов производится из центральной части потока отработавших газов. Пробоотборник для определения КТЧ устанавливают на расстоянии, составляющем 0,5 м или три диаметра выхлопной трубы, в зависимости от того, какой из этих показателей больше, перед выходом из системы отвода отработавших газов, но достаточно близко к двигателю, с тем чтобы обеспечить температуру отработавшего газа на уровне по крайней мере 343 К (70 °C) — не допустить образования конденсата на пробоотборнике.**

**В случае многоцилиндрового двигателя с разнесенными группами выпускных патрубков, вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по ходу потока, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае таких многоцилиндровых двигателей с несколькими группами**

выпускных патрубков, как V-образный двигатель, рекомендуется сочетать эти патрубки перед пробоотборником. Если это невозможно, то допускается получение пробы из группы с наибольшим КТЧ. Для расчета объема выбросов отработавших газов должен использоваться общий поток отработавшего газа по массе.

Пробоотборник или зонд для отбора проб с целью определения КТЧ располагается в непосредственной близости от пробоотборника для газообразных выбросов (в случае его использования) или системы пропорционального отбора проб (если она используется), но на достаточном расстоянии, чтобы не создавать помех.

Проба газа, отбираемая с помощью PTS, должна отвечать нижеследующим требованиям.

В случае систем полного разбавления потока ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $<1700$ .

В случае систем частичного разбавления потока ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $<1700$  в РТТ, т.е. на выходе из пробоотборника или пробоотборного зонда.

**В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $<1700$  в РТТ.**

**При отборе проб из систем полного или частичного разделения потока либо из предварительного разбавителя время прохождения пробы через PTS должно составлять  $\leq 3$  с.**

**В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе время прохождения пробы до предварительного разбавителя или VPR должно составлять  $\leq 1$  с. Патрубки должны подогреваться до  $\geq 150$  °С, если речь идет о диаметре  $>10$  см; в противном случае они лишь изолируются. Диаметр любых неподогреваемых элементов должен составлять  $<10$  см.**

**КТЧ23:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное проникновение частиц диаметром 30 нм.

**КТЧ10:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное проникновение частиц диаметром 15 нм.

**Выпускной патрубок (ОТ), по которому проба разбавленных газов подается из VPR на вход PNC, должен отвечать нижеследующим требованиям:**

**его внутренний диаметр должен составлять  $\geq 4$  мм;**

**время прохождения пробы газа через ОТ должно составлять  $\leq 0,8$  секунды.**

**КТЧ23:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение твердых частиц диаметром 30 нм.

**КТЧ10:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение твердых частиц диаметром 15 нм.

A.8.1.2.2 VPR состоит из устройств для разбавления пробы и отделения летучих частиц.

A.8.1.2.3 Все части системы разбавления и системы отбора проб на участке от выпускной трубы до PNC, находящиеся в контакте с первичными и

разбавленными отработавшими газами, должны быть **изготовлены из электропроводящих материалов, быть заземлены для предотвращения образования статического электричества** и сконструированы таким образом, чтобы свести осаждение частиц к минимуму. ~~Все части должны быть изготовлены из электропроводящих материалов, не вступающих в реакцию с компонентами отработавших газов, и быть заземлены для предотвращения образования статического электричества.~~

- A.8.1.2.4 В системе отбора проб частиц должна учитываться надлежащая практика отбора проб аэрозолей, предусматривающая исключение крутых изгибов и резких изменений диаметра, использование гладких внутренних поверхностей и сведение длины пробоотборной магистрали до минимума. Допускаются плавные изменения поперечного сечения.
- A.8.1.3 Конкретные предписания
- A.8.1.3.1 Проба частиц не должна пропускаться через насос до прохождения через PNC.
- A.8.1.3.2 Рекомендуется использовать предварительный сепаратор пробы.
- A.8.1.3.3 Устройство для предварительного кондиционирования пробы должно:
- A.8.1.3.3.1 обеспечивать возможность однократного или многократного разбавления пробы для достижения количественной концентрации частиц, которая ниже верхнего предела измерения при работе счетчика PNC в режиме подсчета отдельных частиц, ~~и при температуре газа на входе PNC ниже 35 °C, которая ниже максимальной допустимой температуры на входе, указанной изготовителем PNC;~~
- A.8.1.3.3.2 **КТЧ23:** предусматривать первоначальный этап разбавления в условиях подогрева с получением на выходе пробы, имеющей температуру  $\geq 150$  °C и  $\leq 400-350 \pm 10$  °C, при коэффициенте разбавления не менее 10;
- КТЧ10:** предусматривать первоначальный этап разбавления в условиях подогрева с получением на выходе пробы, имеющей температуру  $\geq 150$  °C и  $\leq 350 \pm 10$  °C, при коэффициенте разбавления не менее 10;
- предусматривать каталитически активный элемент при фиксированной ( $\pm 10$  °C) температуре стенок, превышающей температуру на начальном этапе разбавления или равной этой температуре.**
- A.8.1.3.3.3 обеспечивать контроль за этапами подогрева для поддержания постоянных значений номинальной рабочей температуры в диапазоне, указанном в пункте A.8.1.3.3.2, с допуском  $\pm 10$  °C и указывать, являются ли надлежащими значения рабочей температуры на этапах подогрева;
- A.8.1.3.3.4 **КТЧ23:** обеспечивать — в случае частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 30 нм и 50 нм — коэффициент уменьшения их концентрации ( $f_r(d_i)$ ), определяемый в пункте A.8.2.2.2 ниже, который не более чем на 30 % и 20 % соответственно выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с таким коэффициентом для частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR;
- КТЧ10:** обеспечивать — в случае частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 15 нм, 30 нм и 50 нм — коэффициент уменьшения их концентрации ( $f_r(d_i)$ ), определяемый в пункте A.8.2.2.2 ниже, который не более чем на 100 %, 30 % и 20 % соответственно выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с

таким коэффициентом для частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR;

A.8.1.3.3.5 **КТЧ23:** также обеспечивать путем нагревания испарение частиц тетраоктана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) размером 30 нм на уровне >99,0 % при концентрации на входе  $\geq 10\,000$  на  $\text{см}^{-3}$  за счет понижения парциального давления тетраоктана.

**КТЧ10:** обеспечивать путем нагревания испарение частиц тетраоктана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) средним диаметром >50 нм и массой >1  $\text{мг}/\text{м}^3$  на уровне более 99,9 % за счет понижения парциального давления тетраоктана.

A.8.1.3.4 Счетчик PNC должен:

A.8.1.3.4.1 действовать при всех рабочих условиях полного потока;

A.8.1.3.4.2 обеспечивать точность подсчета  $\pm 10\%$  в диапазоне от 1 на  $\text{см}^{-3}$  до верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC в соответствии с надлежащими стандартами. При концентрациях ниже 100 на  $\text{см}^{-3}$  для подтверждения точности счетчика PNC с высокой степенью статистической достоверности может потребоваться усреднение результатов измерений, полученных за более продолжительный период отбора проб;

A.8.1.3.4.3 обеспечивать считываемость показаний на уровне не менее 0,1 частицы на  $\text{см}^{-3}$  при концентрациях ниже 100 на  $\text{см}^{-3}$ ;

A.8.1.3.4.4 иметь линейную чувствительность к изменению концентрации частиц по всему диапазону измерений в каждом отдельном режиме работы счетчика;

A.8.1.3.4.5 обеспечивать регистрацию данных с частотой не менее 0,5 Гц;

A.8.1.3.4.6 обеспечивать время срабатывания  $t_{90}$  по всему диапазону измерения значений концентрации менее 5 с;

A.8.1.3.4.7 ~~предусматривать функцию максимум 10-процентной поправки на совпадение, а также использование коэффициента внутренней калибровки, определяемого в пункте А.8.2.1.3, но без применения для корректировки или уточнения эффективности подсчета какого-либо другого алгоритма;~~

**КТЧ23:** обеспечивать коэффициент внутренней калибровки по результатам калибровки линейности согласно применимому стандарту, как это указано в пункте А.8.2.1.3, который определяется для выявления эффективности подсчета PNC. Эффективность подсчета указывается с учетом коэффициента калибровки;

**КТЧ10:** обеспечивать коэффициент внутренней калибровки по результатам калибровки линейности согласно применимому стандарту, как это указано в пункте А.8.2.1.3, который определяется для выявления эффективности подсчета PNC. Эффективность подсчета указывается с учетом коэффициента калибровки. В качестве калибровочного материала для счетчика PNC выступают частицы полиальфаолефина вязкостью 4 cSt (шлифовального масла) или сажеподобные частицы (например, образующиеся в процессе горения сажистые частицы либо частицы графита);

A.8.1.3.4.8 **КТЧ23:** обеспечивать эффективность подсчета частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 23 нм ( $\pm 1$  нм) и 41 нм ( $\pm 1$  нм) на уровне 50 % ( $\pm 12$  %) и >90 % соответственно. Такой эффективности подсчета можно добиться за счет внутренних (например, соответствующей регулировки прибора) или внешних (например, предварительной сепарации по размеру) средств;



**КТЧ10: обеспечивать эффективность подсчета частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 10 нм и 15 нм на уровне 65 % ( $\pm 15$  %) и >90 % соответственно. Такой эффективности подсчета можно добиться за счет внутренних (например, соответствующей регулировки прибора) или внешних (например, предварительной сепарации по размеру) средств;**

A.8.1.3.4.9 если в PNC используется рабочая жидкость, то ее замену следует производить с периодичностью, указанной изготовителем прибора.

A.8.1.3.5 Если значения давления и/или температуры в точке, где регулируется расход потока PNC, не поддерживаются на известном постоянном уровне, то их значения давления и/или температуры на входе в PNC измеряют и ~~сообщают~~ для целей корректировки процедур измерения концентрации **числа** частиц в соответствии со стандартными условиями, **которые являются следующими: давление — 101,325 кПа и температура — 0 °С.**

A.8.1.3.6 Суммарное время прохождения пробы через PTS, VPR и ОТ плюс время срабатывания  $t_{90}$  счетчика PNC в общей сложности не должно превышать 20 с.

A.8.1.3.7 Время перехода всей системы отбора проб для измерения количества частиц (PTS, VPR, ОТ и PNC) определяют посредством переключения на аэрозоль, который впрыскивается непосредственно на входе в PTS. Время переключения на аэрозоль должно составлять менее 0,1 с. Аэрозоль, используемый для испытания, должен вызывать изменение концентрации на уровне не менее 60 % полной шкалы (FS).

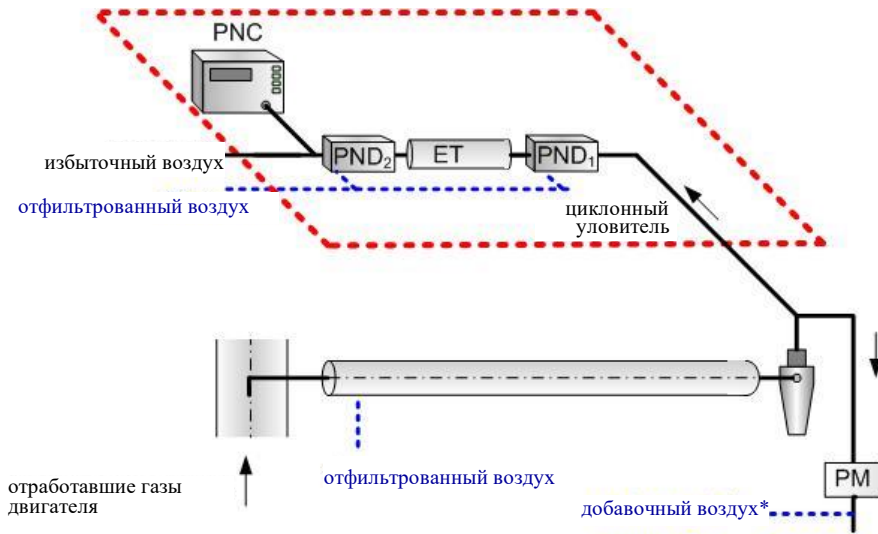
Регистрируют следовую концентрацию. Для синхронизации сигналов, указывающих концентрацию количества частиц и расход отработавших газов, время перехода определяется в качестве промежутка времени с момента изменения ( $t_0$ ) до момента, когда показания сработавшей системы составляют 50 % от конечных показаний ( $t_{50}$ ).

A.8.1.4 Описание рекомендуемой системы

В нижеследующем пункте перечисляются рекомендуемые аппаратные средства измерения количества частиц. Вместе с тем допускается использование любой системы, отвечающей техническим характеристикам, указанным в пунктах A.8.1.2 и A.8.1.3.

На рис. 19, 20 и 21 приводятся принципиальные схемы конфигураций системы отбора проб частиц, рекомендуемой для систем частичного, ~~н~~ полного разбавления потока и выхлопной трубы соответственно.

Рис. 19  
**Принципиальная схема рекомендуемой системы отбора проб частиц:**  
**отбор проб с частичным разбавлением потока**



\* В противном случае регулирующее программное обеспечение может учитывать расход из системы PN

Рис. 20  
**Принципиальная схема рекомендуемой системы отбора проб частиц:**  
**отбор проб с полным разбавлением потока**

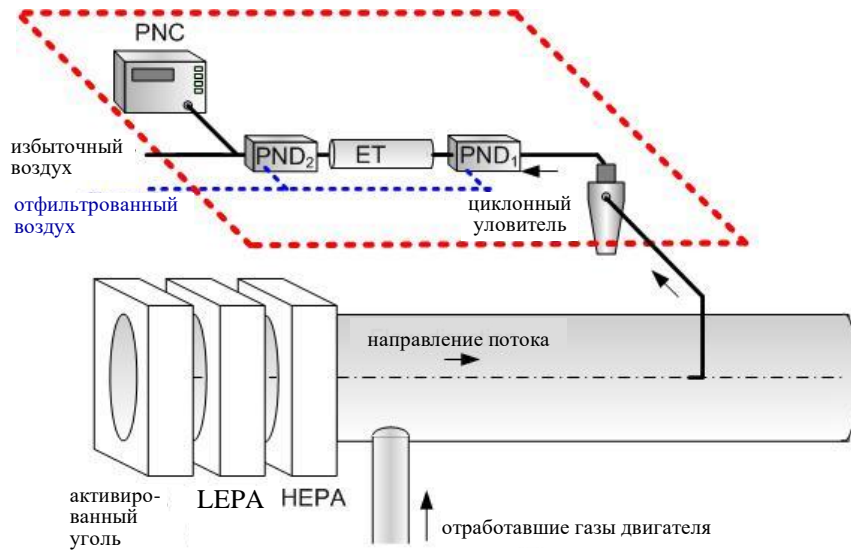
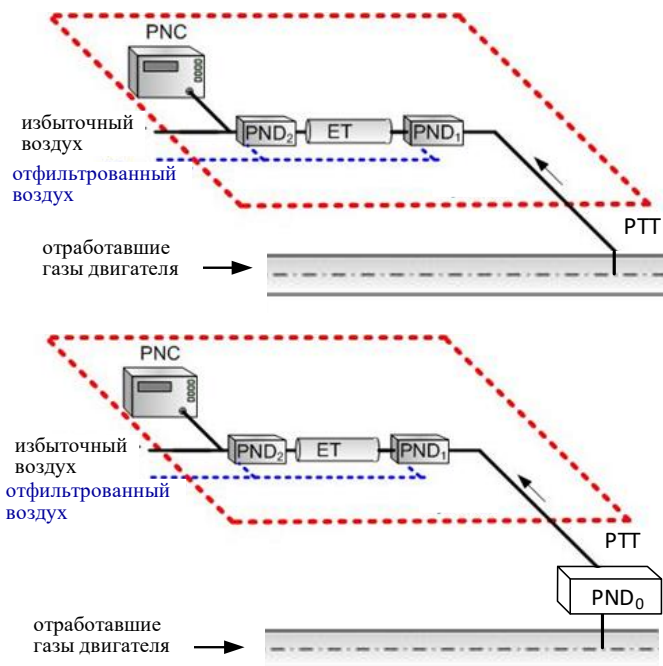


Рис. 21

Принципиальная схема рекомендуемой системы отбора проб частиц: отбор проб в выхлопной трубе i) без предварительного разбавителя; ii) с предварительным разбавителем



#### A.8.1.4.1 Описание системы отбора проб

Система отбора проб частиц состоит из пробоотборника с наконечником или пробоотборного зонда для отбора проб частиц в системе разбавления, отводного патрубка частиц (РТТ), предварительного сепаратора частиц (PCF) и отделителя летучих частиц (VPR), установленного перед блоком измерения количественной концентрации частиц (PNC). VPR включает в себя устройства для разбавления пробы (разбавители частиц: PND<sub>1</sub> и PND<sub>2</sub>) и испарения частиц (испарительный патрубок, ET). Место для пробоотборника или пробоотборного зонда для отбора проб из испытательного газового потока определяется в смесительном канале таким образом, чтобы репрезентативные пробы потока газов отбирались из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа. Время прохождения пробы через систему и время срабатывания  $t_{90}$  счетчика PNC в общей сложности не должно превышать 20 с.

#### A.8.1.4.2 Система отвода частиц

Пробоотборник с наконечником и отводящий патрубок частиц (РТТ), а также в факультативном порядке предварительный разбавитель при отборе проб непосредственно в выхлопной трубе в совокупности образуют систему отвода частиц (PTS). По системе PTS проба подается из смесительного канала на входное отверстие VPR первого разбавителя частиц.

Незагретый или разогретый предварительный разбавитель может устанавливаться в конце зонда для отбора проб частиц и перед РТТ. На этапе холодного или горячего разбавления применяется фиксированный коэффициент разбавления  $>5:1$ . Холодное разбавление определяется в качестве разбавления при помощи (ненагретого) разбавляющего воздуха и/или при температуре разбавления  $\geq 20$  °C. Должны быть предоставлены показатели, свидетельствующие о том, находятся ли значения температуры (если это применимо) и разбавления в верных рабочих диапазонах.

PTS должна отвечать нижеследующим требованиям:

В случае систем полного разбавления потока и систем частичного разбавления потока, относящихся к типу частичного отбора проб (как указано в пункте А.2.2.1 добавления 2 к настоящему приложению), пробоотборник устанавливают вблизи от осевой линии смесительного канала на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров канала, после точки входа газов, навстречу газовому потоку таким образом, чтобы его ось в районе наконечника была параллельна оси смесительного канала. Пробоотборник располагают в смесительном канале для разбавления таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.2.2.1 добавления 2), пробоотборный зонд для отбора проб частиц устанавливают в отводном патрубке взвешенных частиц перед фильтродержателем, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора проб/обходного канала. Пробоотборный зонд или пробоотборник располагают таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

**В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе отбор проб отработавших газов производится из центральной части потока отработавших газов. Пробоотборник для определения КТЧ устанавливают на расстоянии, составляющем 0,5 м или три диаметра выхлопной трубы, в зависимости от того, какой из этих показателей больше, перед выходом из системы отвода отработавших газов, но достаточно близко к двигателю, с тем чтобы обеспечить температуру отработавшего газа на уровне по крайней мере 343 К (70 °С) не допустить образования конденсата на пробоотборнике.**

В случае многоцилиндрового двигателя с разнесенными группами выпускных патрубков, вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по ходу потока, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае таких многоцилиндровых двигателей с несколькими группами выпускных патрубков, как V-образный двигатель, рекомендуется сочетать эти патрубки перед пробоотборником. Если это невозможно, то допускается получение пробы из группы с наибольшим КТЧ. Для расчета объема выбросов отработавших газов должен использоваться общий поток отработавшего газа по массе.

Пробоотборник или зонд для отбора проб с целью определения КТЧ располагается в непосредственной близости от пробоотборника для газообразных выбросов (в случае его использования) или системы пропорционального отбора проб (если она используется), но на достаточном расстоянии, чтобы не создавать помех.

Проба газа, отбираемая с помощью PTS, должна отвечать нижеследующим требованиям:

ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $<1700$ ;

При отборе проб из систем полного или частичного разделения потока либо из предварительного разбавителя время прохождения пробы через РТТ должно составлять  $\leq 3$  с.

В случае отбора проб непосредственно в выхлопной трубе время прохождения пробы до предварительного разбавителя или VPR должно составлять  $\leq 1$  с. Патрубки должны нагреваться до  $\geq 150$  °С, если речь идет о диаметре  $>10$  см; в противном случае они лишь

изолируются. Диаметр любых неподогреваемых элементов должен составлять <10 см.

**КТЧ23:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное проникновение частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 30 нм.

**КТЧ10:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное проникновение частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 15 нм.

Выпускной патрубков (ОТ), по которому проба разбавленных газов подается из VPR на вход PNC, должен отвечать нижеследующим требованиям:

его внутренний диаметр должен составлять  $\geq 4$  мм;

время прохождения пробы газа через ОТ должно составлять  $\leq 0,8$  с.

**КТЧ23:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 30 нм.

**КТЧ10:** Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 15 нм.

#### A.8.1.4.3 Предварительный сепаратор частиц

Рекомендуемый предварительный сепаратор частиц устанавливается перед VPR. Этот сепаратор частиц должен обеспечивать 50-процентный уровень эффективности отделения частиц диаметром 2,5–10 мкм при объемном расходе потока, выбранном для целей измерения количества частиц в выбросах. При указанном выше объемном расходе на выход предварительного сепаратора должны поступать по крайней мере 99 % (по массе) пропускаемых через него частиц размером 1 мкм. В случае систем частичного разбавления потока допускается использование одного и того же предварительного сепаратора для определения массы взвешенных частиц и измерения количества частиц, причем проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве варианта могут использоваться разные предварительные сепараторы, и в этом случае проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы взвешенных частиц.

#### A.8.1.4.4 Отделитель летучих частиц (VPR)

VPR состоит из первого разбавителя частиц (PND<sub>1</sub>), испарительного патрубка и второго разбавителя частиц (PND<sub>2</sub>), подсоединяемых последовательно. Функция разбавления имеет целью снизить количественную концентрацию пробы, поступающей в блок измерения концентрации частиц, до уровня, который ниже верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы PNC, и предотвратить образование в пробе центров кристаллизации. VPR указывает, являются ли надлежащими значения рабочей температуры PND<sub>1</sub> и испарительного патрубка.

**КТЧ23:** VPR должен обеспечивать путем нагревания и уменьшения парциального давления тетраоктана испарение частиц тетраоктана

( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) размером 30 нм на уровне >99,0 % при концентрации на входе  $\geq 10\,000$  на  $\text{см}^{-3}$ .

В случае частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 30 нм и 50 нм он должен также обеспечивать коэффициент уменьшения их концентрации ( $f_r$ ), который не более чем на 30 % и 20 %, соответственно, выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с таким коэффициентом для частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR.

**КТЧ10: VPR должен обеспечивать путем нагревания и уменьшения парциального давления тетраоктана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) испарение свыше 99,9 % его частиц с учетным медианным диаметром >50 нм и массой > 1 мг/м<sup>3</sup>.**

Он должен обеспечивать также для всей системы отделителя VPR в случае обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 15 нм, 30 нм и 50 нм коэффициент уменьшения концентрации ( $f_r$ ), который не более чем на 100 %, 30 % и 20 % соответственно выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с таким коэффициентом для обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 100 нм.

#### A.8.1.4.4.1 Первый разбавитель частиц (PND<sub>1</sub>)

Конструкция первого устройства для разбавления частиц специально приспособлена для разбавления частиц в высокой концентрации и работы при температуре (стенок) 150 °C – 400 °C. Заданное значение температуры стенок должно поддерживаться на уровне постоянных значений номинальной рабочей температуры в пределах этого диапазона с допуском  $\pm 10$  °C и не должно превышать температуру стенок патрубка ET (пункт A.8.1.4.4.2). Разбавляющий воздух, пропускаемый через фильтр HEPA, подается в разбавитель, который должен быть в состоянии обеспечивать 10–200-кратный коэффициент разбавления.

#### A.8.1.4.4.2 Испарительный патрубок (ET)

По всей длине патрубка ET обеспечивается контролируемая температура стенок, которая должна быть не ниже данного параметра для первого разбавителя частиц, при поддержании температуры стенок на фиксированном уровне номинального рабочего значения в пределах от 300 °C до 400 °C с допуском  $\pm 10$  °C.

#### A.8.1.4.4.3 КТЧ23: ET может быть каталитически активным.

**КТЧ10: ET может быть каталитически активным.**

#### A.8.1.4.4.4 Второй разбавитель частиц (PND<sub>2</sub>)

Конструкция PND<sub>2</sub> должна быть специально приспособлена для разбавления частиц в высокой концентрации. В разбавитель подается разбавляющий воздух, пропущенный через фильтр HEPA, и он должен быть в состоянии обеспечивать 10–30-кратный единый коэффициент разбавления. Коэффициент разбавления для PND<sub>2</sub> выбирается в диапазоне от 10 до 15 таким образом, чтобы количественная концентрация частиц на выходе из второго разбавителя была ниже верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC, а температура газа на входе PNC составляла <35 °C ниже максимальной допустимой температуры на входе, указанной изготовителем PNC.

#### A.8.1.4.5 Счетчик количества частиц (PNC)

PNC должен отвечать требованиям пункта A.8.1.3.4.

- A.8.2 Калибровка/подтверждение соответствия системы отбора проб частиц
- A.8.2.1 Калибровка счетчика количества частиц
- A.8.2.1.1 Техническая служба обеспечивает наличие калибровочного сертификата на счетчик PNC, свидетельствующего о его соответствии надлежащему стандарту, в сроки, не превышающие ~~12~~ **13** месяцев до проведения испытания на выбросы. **В межкалибровочный период либо контролируют эффективность подсчета частиц счетчиком PNC, не допуская ее снижения, либо каждые 6 месяцев меняют фитиль счетчика PNC, если это рекомендовано изготовителем прибора.**

**Компетентный орган обеспечивает наличие свидетельства о калибровке счетчика PNC, подтверждающего его соответствие надлежащему стандарту, в срок, не превышающий 13 месяцев до проведения испытания на выбросы. В межкалибровочный период либо контролируют эффективность подсчета частиц счетчиком PNC, не допуская ее снижения, либо каждые 6 месяцев меняют фитиль счетчика PNC, если это рекомендовано изготовителем прибора. См. рис 22 и 23. Эффективность подсчета частиц счетчиком PNC можно контролировать при помощи эталонного счетчика PNC или не менее чем двух других рабочих счетчиков PNC. Если согласно показаниям счетчика PNC количественные концентрации частиц находятся в пределах  $\pm 10\%$  от среднего арифметического значения концентраций, установленных при помощи эталонного счетчика PNC либо набора из двух или более счетчиков PNC, то работа счетчика PNC считается стабильной; в противном случае необходимо провести техническое обслуживание этого счетчика. В тех случаях, когда контроль счетчика PNC осуществляется при помощи двух или нескольких рабочих счетчиков PNC, допускаются последовательные прогоны контрольного транспортного средства в различных испытательных боксах, каждый из которых оснащен собственным счетчиком PNC.**

Рис. 22

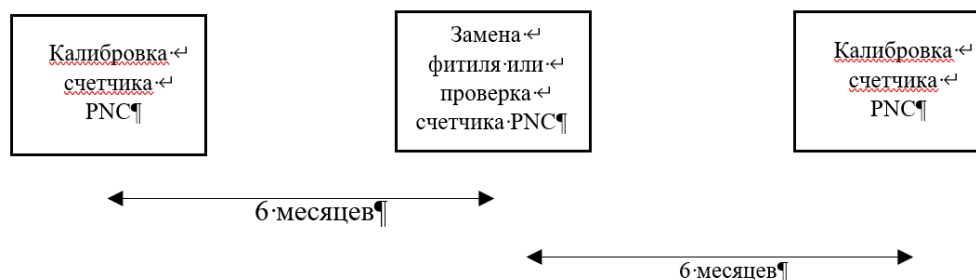
**Типовой годичный цикл эксплуатации счетчика PNC**

Рис. 23

**Расширенный годичный цикл эксплуатации счетчика PNC (если полная калибровка счетчика PNC отложена)**

A.8.2.1.2 Кроме того, после любого капитального технического обслуживания счетчик PNC подвергают повторной калибровке, и на него выдается новый калибровочный сертификат.

A.8.2.1.3 Калибровку производят в соответствии со стандартными методами калибровки:

- a) путем сопоставления чувствительности калибруемого счетчика PNC с чувствительностью калиброванного аэрозольного электрометра при одновременном отборе проб калибровочных частиц, дифференцированных по электростатическому заряду; или
- b) путем сопоставления чувствительности калибруемого счетчика PNC с чувствительностью второго PNC, калиброванного непосредственно указанным выше методом.

При использовании электрометра калибровку производят минимум по шести точкам, соответствующим стандартным значениям концентрации и распределенным как можно более равномерно по всему диапазону измерения PNC. В число этих точек входит точка, показывающая номинальную нулевую концентрацию и полученная путем установки на входе каждого прибора фильтров HEPA, относящихся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющих эквивалентные характеристики. Замеренные значения концентрации, полученные без применения к калибруемому счетчику PNC коэффициента калибровки, должны соответствовать стандартной концентрации при каждом значении регулировки (исключая нулевую точку) с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ ; в противном случае калибруемый счетчик PNC признается непригодным. Рассчитывают и регистрируют градиент линейной регрессии обоих наборов данных. К калибруемому счетчику PNC применяется коэффициент калибровки, равный обратной величине этого градиента. Линейную чувствительность рассчитывают путем возведения в квадрат коэффициента мгновенной корреляции Пирсона ( $R^2$ ) применительно к обоим наборам данных; она



должна составлять не менее 0,97. При расчете как градиента, так и коэффициента  $R^2$  линия регрессии должна проходить через точку начала отсчета (значение нулевой концентрации на обоих приборах).

При использовании эталонного счетчика PNC калибровку производят минимум по шести точкам, соответствующим стандартным значениям концентрации, по всему диапазону измерения PNC. Не менее трех точек должны соответствовать значениям концентрации ниже  $1000 \text{ см}^{-3}$ , а остальные — быть линейно разнесены в диапазоне от  $1000 \text{ см}^{-3}$  до верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC. В число этих точек входит точка, показывающая номинальную нулевую концентрацию и полученная путем установки на входе каждого прибора фильтров HEPA, относящихся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющих эквивалентные характеристики. Замеренные значения концентрации, полученные без применения к калибруемому счетчику PNC коэффициента калибровки, должны соответствовать стандартной концентрации при каждом значении регулировки (исключая нулевую точку) с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ ; в противном случае калибруемый счетчик PNC признается непригодным. Рассчитывают и регистрируют градиент линейной регрессии обоих наборов данных. К калибруемому счетчику PNC применяется коэффициент калибровки, равный обратной величине этого градиента. Линейную чувствительность рассчитывают путем возведения в квадрат коэффициента мгновенной корреляции Пирсона ( $R^2$ ) применительно к обоим наборам данных; она должна составлять не менее 0,97. При расчете как градиента, так и коэффициента  $R^2$  линия регрессии должна проходить через точку начала отсчета (значение нулевой концентрации на обоих приборах).

Калибровку производят минимум по шести точкам, соответствующим стандартным значениям концентрации, по всему диапазону измерения PNC. Пять из этих стандартных значений концентрации точек должны быть как можно более равномерно разнесены в диапазоне от стандартной концентрации в 2000 частиц на  $\text{см}^3$  или ниже до верхнего предела измерения при работе счетчика PNC в режиме подсчета отдельных частиц. Шестая точка должна показывать номинальную нулевую концентрацию и должна быть получена путем установки на входе каждого прибора фильтров HEPA, относящихся, по крайней мере, к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющих эквивалентные характеристики. Рассчитывают и регистрируют градиент линейной регрессии обоих наборов данных методом наименьших квадратов. К калибруемому счетчику PNC применяется коэффициент калибровки, равный обратной величине этого градиента. Линейность чувствительности рассчитывают путем возведения в квадрат коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ) применительно к обоим наборам данных; она должна составлять не менее 0,97. При расчете как градиента, так и коэффициента  $r^2$  кривая линейной регрессии должна проходить через точку начала отсчета (значение нулевой концентрации на обоих приборах). Коэффициент калибровки должен составлять от 0,9 до 1,1; в противном случае счетчик PNC признают непригодным. Каждое значение концентрации, измеренное с применением калибруемого счетчика PNC, должно соответствовать замеренному значению исходной концентрации, помноженному на градиент (за исключением точки нуля), с допустимым отклонением  $\pm 5\%$ ; в противном случае калибруемый счетчик PNC признают непригодным.

A.8.2.1.4 КТЧ23: Калибровка также предусматривает проверку — с соблюдением требований пункта A.8.1.3.4.8 — эффективности обнаружения счетчиком PNC частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром

23 нм. Проведения проверки эффективности подсчета частиц размером 41 нм не требуется.

**КТЧ10:** Калибровка также предусматривает проверку — с соблюдением требований пункта А.8.1.3.4.8 — эффективности обнаружения счетчиком PNC частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 10 нм. Проведение проверки эффективности подсчета частиц размером 15 нм не требуется.

- A.8.2.2 Калибровка/подтверждение соответствия отделителя летучих частиц
- A.8.2.2.1 Проведение калибровки отделителя VPR при различных коэффициентах уменьшения концентрации и рабочих температурах, рекомендуемых изготовителем устройства, по всему диапазону значений регулировки коэффициента разбавления требуется в случае использования нового прибора и после любого капитального технического обслуживания. Требование относительно периодического подтверждения соответствия отделителя VPR при определенном коэффициенте уменьшения концентрации сводится к проверке при единичном значении регулировки, обычно применяемом при замерах на транспортных средствах, оснащенных дизельным сажевым фильтром. Техническая служба обеспечивает наличие калибровочного сертификата или свидетельства о соответствии отделителя летучих частиц в сроки, не превышающие 6 месяцев до проведения испытания на выбросы. Если конструкцией отделителя летучих частиц предусматривается использование сигнальных датчиков температуры, то для целей подтверждения соответствия допускается ~~±13~~13-месячный интервал.

**КТЧ23:** Параметры отделителя VPR снимаются для коэффициента уменьшения концентрации обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 30 нм, 50 нм и 100 нм. Применительно к частицам, обладающим электрической подвижностью, диаметром 30 нм и 50 нм коэффициенты уменьшения концентрации ( $f_r(d)$ ) должны быть не более чем на 30 % и 20 % соответственно выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с таким коэффициентом для частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 100 нм. Для целей подтверждения соответствия средний коэффициент уменьшения концентрации должен равняться среднему коэффициенту ( $\bar{f}_r$ ), определенному при первоначальной калибровке VPR, с допустимым отклонением  $\pm 10$  %.

**КТЧ10:** **КТЧ10:** Параметры отделителя VPR снимаются для коэффициента уменьшения концентрации обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 15 нм, 30 нм, 50 нм и 100 нм. Применительно к частицам, обладающим электрической подвижностью, диаметром 15 нм, 30 нм и 50 нм коэффициенты уменьшения концентрации ( $f_r(d)$ ) должны быть не более чем на 100 %, 30 % и 20 % соответственно выше и не более чем на 5 % ниже по сравнению с таким коэффициентом для частиц, обладающих электрической подвижностью, диаметром 100 нм. Для целей подтверждения соответствия средний коэффициент уменьшения концентрации должен равняться среднему коэффициенту ( $\bar{f}_r$ ), определенному при первоначальной калибровке VPR, с допустимым отклонением  $\pm 10$  %.

- A.8.2.2.2 **КТЧ23:** Используемый для этих замеров испытательный аэрозоль состоит из обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 30, 50 и 100 нм при минимальной концентрации на уровне 5000 частиц на  $\text{см}^{-3}$  на входном отверстии VPR. Значения концентрации частиц измеряют перед элементами системы и за ними.

**КТЧ10:** Используемый для этих замеров испытательный аэрозоль состоит из обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 30, 50 и 100 нм при минимальной концентрации 5000 частиц на см<sup>3</sup> и — в случае обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 15 нм — 3000 частиц на см<sup>3</sup> на входном отверстии VPR. Значения концентрации частиц измеряют перед элементами системы и за ними.

Коэффициент уменьшения концентрации для частиц каждого размера рассчитывают следующим образом:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)}, \quad (117)$$

где:

$N_{in}(d_i)$  — количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на входе;

$N_{out}(d_i)$  — количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на выходе; и

**КТЧ23:**  $d_i$  — диаметр частиц, обладающих электрической подвижностью (30, 50 или 100 нм).

**КТЧ10:**  $d_i$  — диаметр частиц, обладающих электрической подвижностью (15, 30, 50 или 100 нм).

$N_{in}(d_i)$  и  $N_{out}(d_i)$  корректируются по таким же условиям.

Средний коэффициент уменьшения концентрации ( $\overline{f_r}$ ) при данном значении коэффициента разбавления рассчитывают следующим образом:

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30\text{нм}) + f_r(50\text{нм}) + f_r(100\text{нм})}{3} \quad (118)$$

Для целей калибровки и подтверждения соответствия отделитель VPR рекомендуется рассматривать как комплектный узел.

A.8.2.2.3 Техническая служба обеспечивает наличие свидетельства о соответствии отделителя VPR, подтверждающего реальную эффективность отделения летучих частиц, в сроки, не превышающие 6 месяцев до проведения испытания на выбросы. Если конструкцией отделителя летучих частиц предусматривается использование сигнальных датчиков температуры, то для целей подтверждения соответствия допускается 12-месячный интервал. В рабочих условиях при коэффициенте разбавления, установленном на минимальное значение, и рабочей температуре, рекомендуемой изготовителем, VPR должен обеспечивать удаление свыше 99,0 % частиц тетраэтилсвинец, обладающих электрической подвижностью ( $\text{C}_2\text{H}_5(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{C}_2\text{H}_5$ ), размером 30 нм с концентрацией на входе  $\geq 10\,000 \text{ см}^{-3}$

Эффективность удаления летучих соединений VPR необходимо подтверждать только один раз для семейства приборов. Изготовитель прибора должен указать сроки технического обслуживания или замены, при которых обеспечиваемая отделителем VPR эффективность удаления не опускается ниже технических требований. Если такая информация не указывается, то эффективность удаления летучих соединений надлежит проверять ежегодно для каждого прибора.

**КТЧ23:** В условиях функционирования при коэффициенте разбавления, установленном на минимальное значение, и рабочей температуре, рекомендуемой изготовителем, VPR должен обеспечивать удаление свыше 99,0 % обладающих электрической

подвижностью частиц тетраконтана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) размером 30 нм с концентрацией на входе  $\geq 10\,000\text{ см}^{-3}$ .

КТЧ10: При коэффициенте разбавления, выставленном на минимальное значение, и рабочей температуре, рекомендуемой изготовителем, отделитель VPR должен обеспечивать удаление свыше 99,0 % обладающих электрической подвижностью частиц тетраконтана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) средним диаметром  $>50$  нм и массой  $>1\text{ мг/м}^3$ .

- A.8.2.2.4 Изготовитель прибора должен представить доказательства в подтверждение показателя прохождения твердых частиц  $P_r(d_i)$  на основе результатов испытания каждой из моделей системы измерения КТЧ. В данном случае понятием «модель системы измерения КТЧ» охватываются все системы измерения КТЧ одинаковой аппаратной комплектации, т. е. с одинаковой конфигурацией аппаратных средств, одинаковыми материалами подводящих соединений, одинаковыми показателями расхода и одинаковыми температурными режимами в аэрозольном тракте.

$$P_r(d_i) = DF \cdot N_{\text{out}}(d_i) / N_{\text{in}}(d_i),$$

где:

$N_{\text{in}}(d_i)$  — количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на входе;

$N_{\text{out}}(d_i)$  — количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на выходе;

$d_i$  — диаметр обладающих электрической подвижностью частиц;

DF — коэффициент разбавления на участке между точками измерения  $N_{\text{in}}(d_i)$  и  $N_{\text{out}}(d_i)$ , определяемый либо по микропримесям газов, либо по замеренным значениям расхода.

- A.8.2.3 Процедуры проверки системы определения количества частиц
- A.8.2.3.1 Перед началом каждого испытания счетчик частиц должен показывать значения замеренной концентрации, составляющие менее 0,5 частицы на  $\text{см}^{-3}$ , при установленном на входе всей системы отбора проб частиц (VPR и PNC) фильтре HEPA, относящемся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющем эквивалентные характеристики.
- A.8.2.3.2 В ходе проводимой ежемесячно проверки с использованием калиброванного расходомера показываемые счетчиком ~~частиц~~ PNC параметры поступающего в него потока должны соответствовать номинальному расходу ~~счетчика~~ PNC  $\pm 5\%$ . В данном случае под «номинальным расходом» понимается указанное изготовителем значение расхода при самой последней калибровке счетчика PNC.
- A.8.2.3.3 ~~На суточной основе счетчик частиц — после установки на входе фильтра HEPA, относящегося по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющего эквивалентные характеристики, — должен показывать значения концентрации, составляющие  $\leq 0,2\text{ см}^{-3}$ . При снятом фильтре, т. е. в условиях воздействия окружающего воздуха, показываемые счетчиком частиц значения замеренной концентрации должны увеличиваться минимум до 100 частиц на  $\text{см}^{-3}$ ; по возвращении фильтра HEPA на место они должны возвращаться к уровню  $\leq 0,2\text{ см}^{-3}$ . По результатам ежедневной проверки PNC с использованием фильтра на входе PNC концентрация частиц должна составлять  $\leq 0,2$  на  $\text{см}^3$ . При снятом фильтре показываемые счетчиком PNC значения замеренной концентрации должны увеличиваться, а после~~

**повторной установки фильтра — возвращаться до уровня  $\leq 0,2$  частицы на  $\text{см}^3$ . Должна исключаться регистрация любых ошибочных показаний счетчика PNC.**

- A.8.2.3.4 До начала каждого испытания удостоверяются в том, что температура в испарительном патрубке, если он установлен в системе, достигла, по показаниям системы измерения, надлежащего рабочего давления.
- A.8.2.3.5 До начала каждого испытания удостоверяются в том, что температура в разбавителе  $\text{PND}_1$  достигла, по показаниям системы измерения, надлежащего рабочего значения.
-