



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.  
GENERAL

ECE/TRANS/WP.29/2006/128  
18 July 2006

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КОМИТЕТ ПО ВНУТРЕННЕМУ ТРАНСПОРТУ

Всемирный форум для согласования правил  
в области транспортных средств (WP.29)

Сто сороковая сессия

Женева, 14-17 ноября 2006 года

Пункты 5.2.2 и В.2.3.2 предварительной повестки дня

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПРОЕКТУ ГЛОБАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРАВИЛ (ГТП),  
КАСАЮЩИХСЯ: ПРОЦЕДУРЫ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ С  
ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ И ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ  
ЗАЖИГАНИЕМ, РАБОТАЮЩИХ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ (ПГ) ИЛИ  
СЖИЖЕННОМ НЕФТЯНОМ ГАЗЕ (СНГ), В ОТНОШЕНИИ  
ВЫДЕЛЯЕМЫХ ИМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ  
(Всемирная согласованная процедура сертификации двигателей  
большой мощности (ВСБМ))

Представлено Рабочей группой по проблемам энергии и загрязнения  
окружающей среды (GRPE)

Примечание: Приведенный ниже текст был принят GRPE на ее пятьдесят второй сессии.  
В его основу положен документ ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2006/17 с поправками,  
содержащимися в приложении 2 к докладу. Этот текст передается WP.29 и AC.3 для  
рассмотрения и проведения голосования (ECE/TRANS/WP.29/GRPE/52, пункты 6-8).

Настоящий документ является рабочим документом, который распространяется для  
обсуждения и представления замечаний. Ответственность за его использование в других  
целях полностью ложится на пользователя. Документы можно также получить через  
Интернет:

<http://www.unece.org/trans/main/welcwp29.htm>

## A. ТЕХНИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ

### 1. ТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОСУЩЕСТВИМОСТЬ

Цель настоящего предложения состоит в введении глобальных технических правил (гтп), касающихся процедуры официального утверждения типа двигателей большой мощности в отношении выбросов выхлопных газов. В основе этого предложения лежит процедура испытания, разработанная неофициальной группой GRPE по ВСБМ (см. неофициальный документ № 4, распространенный в ходе сорок шестой сессии GRPE).

Правила, регулирующие аспекты выбросов выхлопных газов двигателями большой мощности, существуют уже многие годы, однако циклы испытаний и методы измерения выбросов весьма различаются. Для того чтобы можно было правильно определять воздействие транспортных средств большой мощности на окружающую среду с точки зрения выбросов загрязняющих веществ, процедуры лабораторных испытаний, и следовательно гтп, должны адекватно отражать реальные условия эксплуатации транспортных средств.

Предлагаемые правила основаны на новом исследовании модели эксплуатации коммерческих транспортных средств большой грузоподъемности в реальных условиях во всем мире. С учетом собранных данных были установлены два репрезентативных цикла испытаний: переходный цикл испытаний (ВСПЦ) в соответствии с требованиями для запуска двигателя из холодного и горячего состояния и цикл испытаний в устойчивом состоянии для запуска горячего двигателя (ВСУЦ), которые соответствуют типичным условиям вождения в Европейском союзе (ЕС), Соединенных Штатах Америки, Японии и Австралии. Альтернативные процедуры измерения выбросов были разработаны одним из комитетов экспертов ИСО и опубликованы в качестве стандарта ISO 16183. Этот стандарт базируется на технологии измерения выбросов выхлопных газов, позволяющей тщательно определять объем выбросов загрязнителей из будущих двигателей, характеризующихся низким уровнем выбросов. Такая деятельность служит основой для разработки будущего законодательства Японии и ЕС относительно выбросов. Параллельно с этим в течение последних нескольких лет в Соединенных Штатах Америки уже на иной основе ведется целенаправленная работа по усовершенствованию процедур измерения выбросов, протоколов испытаний и нормативной структуры в сфере транспортных средств большой грузоподъемности, эксплуатируемых как на дорогах, так и вне дорог. Эта деятельность подтверждена соответствующей документацией в рамках нормотворческого процесса в Соединенных Штатах Америки, которая опубликована 13 июля 2005 года. Некоторые из новых протоколов испытаний уже нашли отражение в настоящих гтп.

Договаривающиеся стороны Соглашения 1998 года признают, что долгосрочная цель испытаний транспортных средств большой грузоподъемности с дизельным двигателем, предназначенных для эксплуатации как на дорогах, так и вне дорог, состоит в подготовке гтп, которые по своей структуре и существу были бы аналогичны предписаниям, касающимся измерительного оборудования, а также измерительных процедур и требований. Поэтому Договаривающиеся стороны считают, что в будущем в эти гтп потребуется внести поправки, с тем чтобы обеспечить максимальное соответствие между гтп, касающимися транспортных средств большой грузоподъемности с дизельным двигателем, предназначенных для эксплуатации на дорогах, и разрабатываемыми сейчас гтп, касающимися транспортных средств с дизельным двигателем, предназначенных для использования вне дорог. Как отмечалось ранее, эти гтп не предусматривают предельных значений в отношении выбросов. Будущий процесс внесения поправок в эти гтп с целью включения в них предельных значений, по-видимому, даст удобную возможность для согласования сколь-либо существенных отличий между гтп, касающимися всемирной согласованной процедуры сертификации двигателей большой мощности (ВСБМ), и будущими гтп, касающимися недорожной мобильной техники (НМТ). На данном этапе предельные значения надлежит разработать Договаривающимся сторонам согласно их собственным правилам процедуры.

Циклы испытаний ВСПЦ и ВСУЦ по возможности максимально точно отражают реальные дорожные условия эксплуатации двигателей большой мощности во всем мире и в значительной степени приближают к реальным условиям процедуры испытания для измерения уровня выбросов существующих и будущих двигателей большой мощности. Иными словами, процедура испытания была разработана таким образом, чтобы она:

- a) была репрезентативной для реальных дорожных условий эксплуатации транспортных средств во всем мире;
- b) была способна обеспечить наивысший возможный уровень эффективности для снижения уровня выбросов в дорожных условиях;
- c) использовала самую современную технологию испытаний, отбора проб и измерения;
- d) была применима на практике к существующим и возможным будущим технологиям снижения уровня выбросов выхлопных газов; и
- e) была способна обеспечить надежное ранжирование уровней выбросов выхлопных газов двигателями различных типов.

На данном этапе гтп представляются без указания предельных значений. Таким образом, процедуре испытаний может быть придан законный статус, и с учетом этого от Договаривающихся сторон требуется приступить к осуществлению процесса включения гтп в их национальное законодательство. Некоторые варианты, предусмотренные гтп, принимаются по усмотрению Договаривающихся сторон. Эти варианты связаны с процедурой выдерживания при повышенной температуре в рамках цикла ВСПЦ в процессе запуска двигателя из холодного и горячего состояния; с коэффициентом взвешивания ВСПЦ в холодном и горячем состоянии; с материалами и размерами фильтра твердых частиц, а также с эталонным топливом. Вместе с тем при установлении общих предельных значений эти аспекты должны быть полностью согласованы.

При осуществлении процедуры испытаний, предусмотренной в этих гтп, Договаривающимся сторонам в рамках их национальных правил или законодательства предлагается использовать предельные значения, которые по крайней мере соответствуют уровню жесткости, установленному в их действующих правилах, до разработки согласованных предельных значений Исполнительным комитетом (АС.3) в контексте соглашения 1998 года, относящегося к ведению Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29). Следовательно, уровни эффективности (результаты испытаний на выбросы), которые должны быть предусмотрены в гтп, будут обсуждаться с учетом самых последних согласованных законодательных положений, действующих в Договаривающихся сторонах, как это и требуется Соглашением 1998 года.

## 2. ОЖИДАЕМЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Производство коммерческих транспортных средств большой грузоподъемности и устанавливаемых на них двигателей все в большей степени ориентируется на мировой рынок. Изготовителям экономически не выгодно производить существенно различающиеся модели, поскольку приходится обеспечивать соответствие различным нормативным положениям, касающимся выбросов, и методам измерения выбросов, которые в принципе направлены на достижение одной и той же цели. Для более эффективной и оперативной разработки новых моделей требуются гтп. Экономия, обусловленная применением гтп, будет выгодна не только изготовителям, но и - что более важно - потребителям.

Вместе с тем разработка процедуры испытания только для решения экономических вопросов не полностью соответствует мандату, предоставленному в начальный момент работы над этими гтп. Процедура испытания должна также способствовать усовершенствованию методов испытания двигателей большой мощности и полнее отражать нынешние возможности эксплуатации таких двигателей. По сравнению с

методами измерения, определенными в действующем законодательстве Договаривающихся сторон Соглашения 1998 года, методы испытаний, установленные в этих гтп, являются значительно более репрезентативными для реальных условий вождения коммерческих транспортных средств во всем мире. Следует отметить, что предписания этих гтп надлежит дополнить требованиями о контроле за выбросами вне цикла испытаний (ВВЦ) и о БД системах (бортовых диагностических системах).

Таким образом, можно ожидать, что применение этих гтп в рамках законодательства Договаривающихся сторон Соглашения 1998 года, касающегося выбросов, позволит снизить уровень выбросов из эксплуатируемых в настоящее время двигателей вследствие улучшения соотношения методов испытаний с реальными условиями.

### 3. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ

Расчет точных оценок рентабельности для настоящих гтп не производился. Основная причина этого заключается в том, что Исполнительный комитет (АС.3) Соглашения 1998 года решил продолжать работу над этими гтп без учета предельных величин. Эта общая договоренность была достигнута исходя из того понимания, что конкретные показатели эффективности затрат пока еще неизвестны. Вместе с тем можно с полной уверенностью ожидать, что такая информация будет накапливаться, главным образом в результате введения настоящих правил в национальное законодательство положения, а также в свете решения об определении согласованных предельных величин в качестве следующего шага в разработке настоящих гтп. В частности, ожидается, что каждая Договаривающаяся сторона, включающая настоящие правила в свое национальное законодательство, определит соответствующий уровень жесткости требований, связанных с использованием этих новых процедур испытания, причем вышеупомянутые новые величины должны быть по крайней мере столь же жесткими, как и сопоставимые существующие предписания. Кроме того, мотоциклетная промышленность постепенно накопит опыт увязки любых расходов и экономии средств с использованием данной процедуры испытания. В таком случае информацию о расходах и уровнях выбросов можно будет проанализировать на следующем этапе разработки настоящих гтп, с тем чтобы определить показатели рентабельности принимаемых в настоящее время процедур испытания наряду с новыми величинами, которые будут согласованы в будущем. И хотя расчет издержек на тонну выбросов не производился, эксперты GRPE считают, что выгода, связанная с применением этих правил, очевидна.

## В. ТЕКСТ ПРАВИЛ

### 1. ЦЕЛЬ

Настоящие правила нацелены на обеспечение согласованного на всемирном уровне метода определения уровней выбросов загрязнителей из двигателей, используемых на транспортных средствах большой грузоподъемности, которые являются репрезентативными с точки зрения распространенных в мире реальных условий эксплуатации транспортных средств. Полученные результаты могут послужить основой для регулирования аспектов выбросов загрязнителей в рамках действующих на региональном уровне процедур официального утверждения типа и сертификации.

### 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие правила применяются в отношении измерения выбросов газообразных загрязняющих веществ и твердых частиц из двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей с принудительным зажиганием, работающих на природном газе (ПГ) или сжиженном нефтяном газе (СНГ), который используется для обеспечения движения механических транспортных средств категорий 1-2 и 2, расчетная скорость которых превышает 25 км/ч и максимальная масса которых больше 3,5 тонн.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

#### 3.1 Определения

Для целей настоящих Правил

3.1.1 "Непрерывная рекуперация" означает процесс рекуперации системы последующей обработки выхлопных газов, который происходит непрерывно или, как минимум, один раз на испытание в условиях запуска двигателя в разогретом состоянии (ВСПЦ). Для такого процесса рекуперации специальная процедура испытаний не нужна.

3.1.2 "Время задержки" означает время между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, когда показания системы после ее срабатывания достигают 10% от конечных показаний ( $t_{10}$ ). В случае газообразных компонентов это время представляет собой время

переноса измеряемого компонента от пробоотборника, который определяется в качестве исходной точки, до детектора.

- 3.1.3 "Система deNO<sub>x</sub>" означает систему последующей обработки выхлопных газов в целях снижения объема выбросов окислов азота (NO<sub>x</sub>) (например, пассивные и активные каталитические нейтрализаторы NO<sub>x</sub>, поглотители NO<sub>x</sub> и системы селективного каталитического снижения (СКС)).
- 3.1.4 "Дизельный двигатель" означает двигатель, работающий по принципу воспламенения от сжатия.
- 3.1.5 "Семейство двигателей" означает объединенную заводами-изготовителями в группу категорию двигателей, которые в силу своей конструкции, определенной в пункте 5.2 настоящего приложения, имеют одинаковые характеристики в отношении выделения выхлопных газов; все члены семейства должны соответствовать применяемым предельным величинам выбросов.
- 3.1.6 "Система двигателя" означает двигатель, систему ограничения выбросов и коммуникационный интерфейс (аппаратное оборудование и система сообщений) между блоком(ами) электронного контроля системы двигателя (БЭК) и любым иным элементом трансмиссии или устройством управления транспортным средством.
- 3.1.7 "Тип двигателя" означает категорию двигателя, не имеющих между собой существенных различий в отношении характеристик двигателя.
- 3.1.8 "Система последующей обработки выхлопных газов" означает каталитический нейтрализатор (окислительный или трехкомпонентный), фильтр твердых частиц, системы deNO<sub>x</sub>, комбинированный фильтр deNO<sub>x</sub> твердых частиц и любое другое устройство ограничения выбросов загрязняющих веществ, установленное на выходе двигателя. В это определение не входит система рециркуляции отработавших газов (РОГ), которая считается неотъемлемой частью двигателя.
- 3.1.9 "Метод полного разрежения потока" означает процесс смешивания разрежающего воздуха с полным потоком выхлопных газов до отделения соответствующей фракции потока растворенных выхлопных газов в целях анализа.

- 3.1.10 "Газовый двигатель" означает двигатель, который работает на природном газе (ПГ) или сжиженном нефтяном газе (СНГ).
- 3.1.11 "Загрязняющие газообразные вещества" означают окись углерода, углеводороды и/или углеводороды, не содержащие метана (при предполагаемом соотношении  $\text{CH}_{1,85}$  для дизельного двигателя,  $\text{CH}_{2,525}$  для СНГ и  $\text{CH}_{2,93}$  для ПГ и при предполагаемой молекуле  $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$  для дизельных двигателей, работающих на этаноле), метан (при предполагаемом соотношении  $\text{CH}_4$  для ПГ) и окислы азота (выражаемые в эквиваленте двуокиси азота ( $\text{NO}_2$ )).
- 3.1.12 "Высокое число оборотов ( $n_{hi}$ )" означает максимальное число оборотов двигателя, при котором достигается 70-процентная заявленная максимальная мощность.
- 3.1.13 "Низкое число оборотов ( $n_{lo}$ )" означает минимальное число оборотов двигателя, при котором достигается 55-процентная заявленная максимальная мощность.
- 3.1.14 "Максимальная мощность ( $P_{max}$ )" означает максимальную мощность в кВт, указанную заводом-изготовителем.
- 3.1.15 "Максимальный крутящий момент" означает число оборотов двигателя, при котором достигается максимальный крутящий момент двигателя, указанный заводом-изготовителем.
- 3.1.16 "Исходный двигатель" означает двигатель, отобранный из соответствующего семейства двигателей таким образом, что их параметры выбросов загрязняющих веществ являются репрезентативными для данного семейства двигателей.
- 3.1.17 "Устройство последующей обработки твердых частиц" означает систему последующей обработки выхлопных газов, предназначенную для ограничения выбросов твердых частиц (ТЧ) посредством механической, аэродинамической, диффузионной и инерционной сепарации.



- 3.1.18 "Метод частичного разрежения потока" означает процесс отделения части первичных выхлопных газов от полного потока выхлопных газов и его последующее смешивание с соответствующим объемом разрежающего воздуха перед фильтром отбора проб твердых частиц.
- 3.1.19 "Твердые частицы (ТЧ)" означает любой материал, собранный на конкретном фильтрующем элементе после разрешения выхлопных газов чистым отфильтрованным воздухом при температуре в пределах 350 К (42°C) - 325 К (52°C), измеренной непосредственно перед фильтром; к нему относится прежде всего углерод, конденсированные углеводороды и сульфаты в соединении с водой.
- 3.1.20 "Процент нагрузки" означает соответствующую долю максимального полезного крутящего момента при данном числе оборотов двигателя.
- 3.1.21 "Периодическая рекуперация" означает процесс рекуперации системы последующей обработки выхлопных газов, который происходит периодически, как правило, менее чем через 100 часов обычной работы двигателя. Во время циклов рекуперации нормы выбросов могут быть превышены.
- 3.1.22 "Ступенчатый цикл испытаний в устойчивом режиме" означает испытательный цикл, предусматривающий последовательность испытаний двигателя в устойчивых режимах при определенном числе оборотов, крутящем моменте и критерии устойчивости в каждом режиме и определенные ступени перехода между этими режимами (ВСУЦ).
- 3.1.23 "Номинальное число оборотов" означает максимальное число оборотов при полной нагрузке, допускаемое регулятором в соответствии со спецификациями завода-изготовителя, указанными в его рекламных и сервисных материалах, или, если такой регулятор отсутствует, число оборотов, при котором достигается максимальная мощность двигателя, указанная заводом-изготовителем в его рекламных или сервисных материалах.
- 3.1.24 "Время срабатывания" означает разницу во времени между моментом, в который происходит быстрое изменение компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который происходит соответствующее изменение в показаниях сработавшей системы измерения, отражающих изменение измеряемого компонента, которое составляет не менее 60% от пределов шкалы (FS) и происходит менее чем за 0,1 секунды. Время

срабатывания системы ( $t_{90}$ ) состоит из времени задержки системы и времени восстановления системы. Время срабатывания может варьироваться в зависимости от места выбора исходной точки, в которой определяется изменение компонента, подлежащего измерению: либо на самом пробоотборнике, либо непосредственно на входе в анализатор. В настоящем приложении исходной точкой является, по определению, пробоотборник (см. рис. 1).

- 3.1.25 "Время восстановления" означает время в пределах 10-90% конечных показаний времени срабатывания ( $t_{90} - t_{10}$ ).
- 3.1.26 "Удельные выбросы" означает массу выбросов, выраженную в г/кВтч.
- 3.1.27 "Испытательный цикл" означает последовательность испытательных режимов, которые осуществляются в каждом случае с определенным числом оборотов и крутящим моментом и после которых следует режим устойчивой работы двигателя (испытание ВСУЦ) или переходный режим работы (ВСПЦ).
- 3.1.28 "Время перехода" означает время между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 50% от конечных показаний ( $t_{50}$ ), с учетом того, что исходной точкой является, по определению, пробоотборник. Время перехода используется для согласования сигналов различных измерительных приборов.
- 3.1.29 "Переходный цикл испытаний" означает цикл испытаний, состоящий из последовательности нормализованных значений числа оборотов и крутящего момента, которые изменяются во времени относительно быстро (ВСПЦ).
- 3.1.30 "Срок службы" означает соответствующий пробег и/или период времени, в течение которого необходимо обеспечить соблюдение соответствующих норм выбросов газовых веществ и твердых частиц.

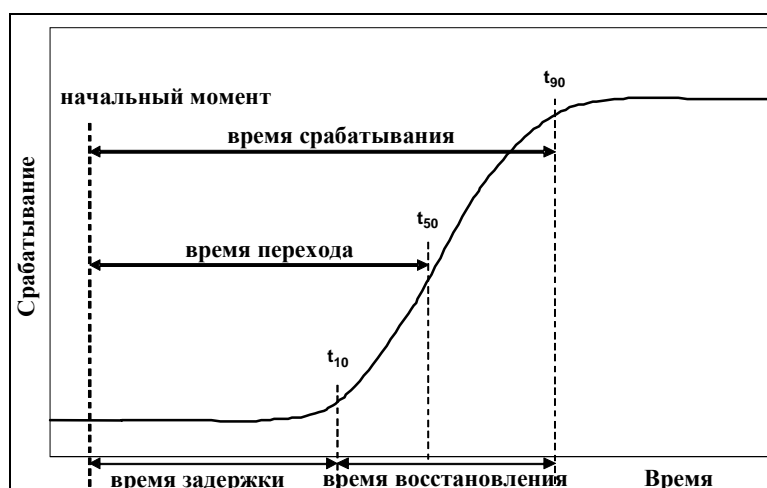


Рис. 1: Определения системы срабатывания

### 3.2 Общие обозначения

Обозначение	Единица измерения	Значение
$A/F_{st}$	-	Стехиометрическое отношение воздуха к топливу
$c$	млн. <sup>-1</sup> /объем.%	Концентрация
$c_d$	млн. <sup>-1</sup> /объем.%	Концентрация на сухой основе
$c_w$	млн. <sup>-1</sup> /объем.%	Концентрация на влажной основе
$c_b$	млн. <sup>-1</sup> /объем.%	Фоновая концентрация
$C_d$	-	Коэффициент расхода SSV
$d$	м	Диаметр
$d_V$	м	Диаметр сечения трубки Вентури
$D_0$	м <sup>3</sup> /с	Отсекаемый отрезок на координатной оси при калибровке PDP
$D$	-	Коэффициент разрежения
$\Delta t$	с	Промежуток времени
$e_{gas}$	г/кВтч	Удельные выбросы газообразных компонентов
$e_{PM}$	г/кВтч	Удельные выбросы твердых частиц
$e_p$	г/кВтч	Удельные выбросы в процессе рекуперации
$e_w$	г/кВтч	Взвешенные удельные выбросы
$E_{CO_2}$	%	Сбой анализатора NO <sub>x</sub> по CO <sub>2</sub>
$E_E$	%	Эффективность этана
$E_{H_2O}$	%	Сбой анализатора NO <sub>x</sub> по воде
$E_M$	%	Эффективность метана

Обозначение	Единица измерения	Значение
$E_{NO_x}$	%	Эффективность преобразователя $NO_x$
$f$	Гц	Частота регистрации данных при отборе проб
$f_a$	-	Лабораторный атмосферный коэффициент
$F_s$	-	Стехиометрический коэффициент
$H_a$	г/кг	Абсолютная влажность всасываемого воздуха
$H_d$	г/кг	Абсолютная влажность разрежающего воздуха
$i$	-	Нижний индекс, обозначающий замер мгновенного значения (например, 1 Гц)
$k_f$	-	Коэффициент, учитывающий удельный вес топлива
$k_{h,D}$	-	Поправочный коэффициент на влажность для $NO_x$ для дизельных двигателей
$k_{h,G}$	-	Поправочный коэффициент на влажность для $NO_x$ для двигателей с принудительным зажиганием
$k_r$	-	Коэффициент рекуперации
$k_{w,a}$	-	Поправочный коэффициент при переходе с сухого режима на влажный для всасываемого воздуха
$k_{w,d}$	-	Поправочный коэффициент при переходе с сухого режима на влажный для разрежающего воздуха
$k_{w,e}$	-	Поправочный коэффициент при переходе с сухого режима на влажный для разреженного выхлопного газа
$k_{w,r}$	-	Поправочный коэффициент при переходе с сухого режима на влажный для первичного выхлопного газа
$K_V$	-	Функция калибровки CFV
$\lambda$	-	Коэффициент избытка воздуха
$m_d$	кг	Масса пробы разрежающего воздуха, прошедшего через фильтры отбора проб твердых частиц
$m_{ed}$	кг	Общая масса разреженных выхлопных газов в течение цикла
$m_{edf}$	кг	Масса эквивалентного разреженного выхлопного газа в течение испытательного цикла
$m_{ew}$	кг	Общая масса выхлопных газов в течение цикла
$m_f$	мг	Масса отобранной пробы твердых частиц
$m_{f,d}$	мг	Масса отобранной пробы твердых частиц в разрежающем воздухе
$m_{gas}$	г	Масса газообразных выбросов в течение испытательного цикла
$m_{PM}$	г	Масса выбросов твердых частиц в течение испытательного цикла

Обозначение	Единица измерения	Значение
$m_{se}$	кг	Масса отобранной пробы выхлопных газов в течение испытательного цикла
$m_{sed}$	кг	Масса разреженных выхлопных газов, прошедших через смесительный канал
$m_{sep}$	кг	Масса разреженных выхлопных газов, прошедших через фильтры отбора твердых частиц
$m_{ssd}$	кг	Масса вторичного разрежающего воздуха
$M_a$	г/моль	Молярная масса всасываемого воздуха
$M_e$	г/моль	Молярная масса выхлопных газов
$M_{gas}$	г/моль	Молярная масса газовых компонентов
$n$	-	Число замеров
$n_r$	-	Число замеров в процессе рекуперации
$n$	мин <sup>-1</sup>	Число оборотов двигателя
$n_{hi}$	мин <sup>-1</sup>	Высокое число оборотов двигателя
$n_{lo}$	мин <sup>-1</sup>	Низкое число оборотов двигателя
$n_{pref}$	мин <sup>-1</sup>	Предпочитаемое число оборотов двигателя
$n_p$	об/с	Число оборотов насоса PDP
$p_a$	кПа	Давление насыщенных паров всасываемого воздуха в двигателе
$p_b$	кПа	Общее атмосферное давление
$p_d$	кПа	Давление насыщенных паров разрежающего воздуха
$p_p$	кПа	Абсолютное давление
$p_r$	кПа	Давление водяных паров после охлаждающей ванны
$p_s$	кПа	Сухое атмосферное давление
$q_{mad}$	кг/с	Расход всасываемого воздуха по массе на сухой основе
$q_{maw}$	кг/с	Расход всасываемого воздуха по массе на влажной основе
$q_{mCe}$	кг/с	Расход углерода по массе в исходных выхлопных газах
$q_{mCf}$	кг/с	Расход углерода по массе в двигателе
$q_{mCp}$	кг/с	Расход углерода по массе в системе частичного разряжения потока
$q_{mdew}$	кг/с	Расход разреженных выхлопных газов по массе на влажной основе
$q_{mdw}$	кг/с	Расход разрежающего воздуха по массе на влажной основе
$q_{medf}$	кг/с	Эквивалентный расход разреженных выхлопных газов на влажной основе
$q_{mew}$	кг/с	Расход выхлопных газов по массе на влажной основе

Обозначение	Единица измерения	Значение
$q_{mex}$	кг/с	Расход пробы по массе, прошедшей через смесительный канал
$q_{mf}$	кг/с	Расход топлива по массе
$q_{mp}$	кг/с	Расход пробы выхлопных газов, поступающих в систему частичного разрежения потока
$q_{vCVS}$	м <sup>3</sup> /с	Объемный показатель CVS
$q_{vs}$	дм <sup>3</sup> /мин	Системный показатель расхода системы анализа выхлопных газов
$q_{vt}$	см <sup>3</sup> /мин	Показатель расхода индикаторного газа
$r_d$	-	Коэффициент разрежения
$r_D$	-	Соотношение диаметров SSV
$r_h$	-	Коэффициент срабатывания FID на углеводороды
$r_m$	-	Коэффициент срабатывания FID на метанол
$r_p$	-	Соотношение давлений SSV
$r_s$	-	Средний показатель отбора проб
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность
$\rho_e$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность выхлопных газов
$\sigma$		Стандартное отклонение
$T$	К	Абсолютная температура
$T_a$	К	Абсолютная температура всасываемого воздуха
$t$	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
$u$	-	Соотношение между плотностью газообразного компонента и плотностью выхлопных газов
$V_0$	м <sup>3</sup> /р	Объем газа, нагнетаемого за один оборот PDP
$V_s$	дм <sup>3</sup>	Объем системы анализатора выхлопных газов
$W_{act}$	кВт.ч	Фактический цикл работы испытательного цикла
$W_{ref}$	кВт.ч	Исходный цикл работы испытательного цикла
$X_0$	м <sup>3</sup> /р	Функция калибровки PDP

### 3.3 Обозначения и сокращения состава топлива

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

по отношению к топливу  $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}N_{\delta}S_{\gamma}$

### 3.4 Обозначения и сокращения химических компонентов

C1	Углерод 1, эквивалентный углеводороду
CH <sub>4</sub>	Метан
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Этан
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Пропан
CO	Окись углерода
CO <sub>2</sub>	Двуокись углерода
DOP	Диоктилфтолат
HC	Гидроводороды
H <sub>2</sub> O	Вода
NMHC	Углеводороды, не содержащие метан
NO <sub>x</sub>	Окислы азота
NO	Окись азота
NO <sub>2</sub>	Двуокись азота
PM	ТЧ

### 3.5 Сокращения

CFV	Трубка Вентури с критическим расходом
CLD	Хемилюминесцентный детектор
CVS	Отбор проб постоянного объема
deNO <sub>x</sub>	Система последующей обработки NO <sub>x</sub>
EGR	Рециркуляция выхлопных газов

FID	Пламенно-ионизационный детектор
GC	Газовый хроматограф
HCLD	Нагреваемый хемилюминесцентный детектор
HFID	Нагреваемый пламенно-ионизационный детектор
LPG	Сжиженный нефтяной газ (СНГ)
NDIR	Недисперсионный инфракрасный анализатор
NG	Природный газ (ПГ)
NMC	Отделитель неметановых фракций
PDP	Поршневой насос
% FS	Процент предела шкалы
PFS	Система частичного потока
SSV	Трубка Вентури для дозвуковых потоков
VGT	Турбина с изменяемой геометрией

#### 4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Система двигателя должна быть спроектирована, изготовлена и смонтирована таким образом, чтобы в обычных условиях эксплуатации двигатель соответствовал положениям настоящего приложения в ходе всего срока службы, как это определено в настоящих Правилах.

#### 5. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

При осуществлении процедуры испытания, предусмотренной в этих гтп, в рамках своего национального законодательства Договаривающимся сторонам Соглашения 1998 года рекомендуется использовать предельные величины, которые соответствуют по крайней мере такому же уровню жесткости, как и в их действующих правилах, пока Исполнительный комитет (АС.3) Соглашения 1998 года не разработает на более позднем этапе согласованные предельные величины для включения в гтп.

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

Выбросы газообразных загрязняющих веществ и твердых частиц двигателем определяются на основе испытательных циклов ВСПЦ и ВСУЦ, описанных в пункте 7. Системы измерения должны удовлетворять требованиям линейности, изложенным в пункте 9.2, и спецификациям, изложенным в



пункте 9.3. В добавлении 3 описываются рекомендуемые системы анализа газообразных загрязняющих веществ и рекомендуемые системы отбора проб твердых веществ.

Компетентный орган, выдающий официальное утверждение по типу конструкции, может допустить использование иных систем или анализаторов, если он удостоверится в том, 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 образцов.

"Результаты" означают взвешенные значения выбросов в ходе конкретного цикла. Испытание на предмет корреляционного анализа должно производиться в одной и той же лаборатории, в одной и той же испытательной камере и на одном и том же двигателе и предпочтительно в одно и то же время.

Эквивалентность средних значений отдельных пар проб определяется с помощью статистических критериев F и t, как указано в добавлении 4, значения которых получены в испытательной камере лаборатории, и характеристик двигателя, описанных выше. Резко отклоняющиеся значения определяются в соответствии с ISO 5725 и из базы данных исключаются. Используемые системы корреляции результатов испытаний должны утверждаться компетентным органом, выдающим официальное утверждение по типу конструкции.

#### 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. Завод-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 компетентным органом, выдающим официальное утверждение по типу конструкции. Завод-

изготовитель должен представить органу, выдающему официальное утверждение по типу конструкции, 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 принимать во внимание с целью обеспечивать включение в одно и то же семейство двигателей только двигатели с аналогичными параметрами выбросов выхлопных газов. Эти случаи должны определяться заводом-изготовителем и доводиться до сведения компетентного органа, выдающего официальное утверждение по типу конструкции. 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 воздействие на уровень выбросов, это оборудование должно определяться заводом-изготовителем на основе надлежащей технической практики, и соответствующая информация должна доводиться до сведения компетентного органа, выдающего официальное утверждение по типу конструкции. 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, завод-изготовитель может использовать дополнительные критерии определения семейств, более ограниченных по размеру. Эти параметры необязательно должны быть теми же параметрами, которые оказывают воздействие на уровень выбросов.

## 5.2.3 Параметры, определяющие семейство двигателей

### 5.2.3.1 Цикл сжигания

- a) 2-тактный цикл,
- b) 4-тактный цикл,
- c) роторный двигатель,
- d) прочие.

### 5.2.3.2 Конфигурация цилиндров

5.2.3.2.1 Расположение цилиндров в блоке

- a) V-образное,
- b) в ряд,
- c) радиальное,
- d) прочее (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, что их межцентровые расстояния между цилиндрами остаются теми же.

5.2.3.3 Основная система охлаждения

- a) воздушная
- b) водяная
- c) масляная

5.2.3.4 Рабочий объем отдельного цилиндра

5.2.3.4.1 Двигатель с объемом одного 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 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 утверждения компетентным органом, выдающим официальное утверждение по типу конструкции. 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 выхлопных газов.

#### 5.2.3.5 Метод всасывания воздуха

- a) безнаддувный
- b) с наддувом
- c) с наддувом и с охладителем нагнетаемого воздуха.

#### 5.2.3.6 Тип топлива

- a) дизельное
- b) природный газ (ПГ)
- c) сжиженный нефтяной газ (СНГ)
- d) этанол.

#### 5.2.3.7 Тип камеры сгорания

- a) открытая
- b) разделенная
- c) иные типы.

#### 5.2.3.8 Тип зажигания

- a) принудительное зажигание
- b) воспламенение от сжатия.

#### 5.2.3.9 Клапаны и их расположение

- a) конфигурация
- b) число клапанов на один цилиндр.

#### 5.2.3.10 Тип подачи топлива

- a) тип подачи жидкого топлива
  - i) нанос и магистраль (высокого давления) и инжектор
  - ii) рядный или распределительный нанос
  - iii) отдельный нанос или отдельный инжектор
  - iv) общий нагнетательный трубопровод
  - v) карбюратор(ы)
  - vi) прочее.
  
- b) Тип подачи газового топлива
  - i) газообразное
  - ii) жидкое
  - iii) через смесительный блок
  - iv) прочее.
  
- c) Иные типы

#### 5.2.3.11 Различные устройства

- a) рециркуляция выхлопных газов (EGR)
- b) впрыск воды
- c) нагнетание воздуха
- d) прочее.

#### 5.2.3.12 Метод электронного контроля

Устройство электронного контроля (ECU) на двигателе рассматривается в качестве одного из основных параметров семейства.

В случае двигателей, оснащенных системой электронного регулирования, завод-изготовитель должен представить технические элементы с разъяснением принципов включения этих двигателей в одно и то же семейство, т.е. причины, по которым эти двигатели должны, как ожидается, удовлетворять тем же требованиям, которые предъявляются к системе выбросов выхлопных газов. Этими элементами могут быть расчеты, моделирование, оценки, описание параметров впрыска, результаты экспериментов и т.д.

Примеры систем контроля:

- a) момент впрыска
- b) давление впрыска
- c) многоточечный впрыск
- d) давление наддува
- e) турбина с изменяемой геометрией
- f) рециркуляция выхлопных газов.

#### 5.2.3.13 Системы последующей обработки выхлопных газов

Функция и сочетание следующих устройств рассматриваются в качестве критериев включения двигателей в соответствующее семейство:

- 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 твердых частиц с пассивной рекуперацией
- f) уловитель твердых частиц с активной рекуперацией
- g) прочие уловители твердых частиц
- h) прочие устройства.

Когда двигатель сертифицируется без системы последующей обработки - либо в качестве исходного двигателя, либо в качестве двигателя, относящегося к данному семейству, - то тогда данный двигатель, в случае его оснащения окислительным каталитическим нейтрализатором, может быть включен в то же семейство двигателей, если это не предполагает изменения топливных характеристик.

Если это предполагает необходимость использования топлива с конкретными характеристиками (например, использование уловителя твердых частиц, в случае которого для обеспечения процесса рекуперации необходимы специальные добавки в топливо), то решение включить его в одно и то же семейство должно приниматься на основе технических элементов, представляемых заводом-изготовителем. Эти элементы должны указывать, что ожидаемый уровень выбросов выхлопных газов двигателем, оснащенным

таким образом, соответствует тем же предельным величинам, как и неоснащенный двигатель.

Если двигатель сертифицирован с системой последующей обработки - либо в качестве исходного двигателя, либо в качестве двигателя, включенного в соответствующее семейство, в случае которого исходный двигатель оснащен той же системой последующей обработки, - то тогда этот двигатель, если он не оснащен системой последующей обработки, не должен включаться в одно и то же семейство.

#### 5.2.4 Выбор исходного двигателя

##### 5.2.4.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

После того как компетентный орган, выдающий официальное утверждение по типу конструкции, подтверждает данное семейство двигателей, выбирается исходный двигатель данного семейства с использованием первичного критерия, каковым является наибольший объем впрыска топлива за один такт при заявленном числе оборотов, при котором обеспечивается максимальный крутящий момент. В том случае, если этому первичному критерию соответствуют два или более двигателей, то в этом случае исходный двигатель выбирается с использованием вторичного критерия, каковым является наибольший объем впрыска топлива за один такт при номинальном числе оборотов.

##### 5.2.4.2 Двигатели с принудительным зажиганием

После того как компетентный орган, выдающий официальное утверждение по типу конструкции, подтверждает данное семейство двигателей, исходный двигатель данного семейства выбирается с использованием первичного критерия, каковым является максимальный рабочий объем цилиндров. В том случае, если этому первичному критерию отвечают два или более двигателей, то исходный двигатель выбирается с использованием вторичного критерия в следующем порядке приоритетности:

- a) наибольший объем впрыска топлива за такт при числе оборотов, при которых обеспечивается заявленная номинальная мощность;
- b) наибольший момент опережения зажигания;
- c) наименьший показатель EGR.

#### 5.2.4.3 Замечания относительно выбора исходного двигателя

Орган, представляющий официальное утверждение по типу конструкции или сертификацию, может прийти к выводу о том, что наименее благоприятный случай выбросов двигателями данного семейства может быть наилучшим образом определен на основе испытания дополнительных двигателей. В этом случае завод-изготовитель двигателя должен представить соответствующую информацию для выявления тех двигателей семейства, для которых может быть характерен самый высокий уровень выбросов.

Если у двигателей данного семейства есть другие характеристики, которые, как считается, могут воздействовать на выбросы выхлопных газов, то эти характеристики также следует определить и принять во внимание при выборе исходного двигателя.

Если двигатели, относящиеся к данному семейству, удовлетворяют одним и тем же значениям выбросов в течение различных сроков службы, то при выборе исходного двигателя этот момент необходимо принимать во внимание.

## 6. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

### 6.1 Условия проведения лабораторных испытаний

На входе двигателя измеряется абсолютная температура ( $T_a$ ) всасываемого воздуха в градусах Кельвина и сухое атмосферное давление ( $p_s$ ), выраженное в кПа, и определяется параметр  $f_a$  в соответствии со следующими положениями. В многоцилиндровых двигателях, оснащенных отдельными группами впускных коллекторов, например в случае V-образных двигателей, измеряется средняя температура в каждой группе. Параметр  $f_a$  указывается в протоколе испытаний. Для обеспечения лучшей повторяемости и воспроизводимости результатов испытаний рекомендуется, чтобы параметр  $f_a$  находился в следующих пределах:  $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ . Договаривающиеся стороны могут ввести требование об обязательном использовании параметра  $f_a$ .

а) Двигатели с воспламенением от сжатия:

Двигатели без наддува и с механическим нагнетателем:



$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \quad (1)$$

Двигатели с турбонаддувом, оснащенные или не оснащенные системой охлаждения всасываемого воздуха:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1.5} \quad (2)$$

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 воздушным охлаждением

Необходимо зарегистрировать температуру всасываемого воздуха, которая должна составлять при номинальном числе оборотов и полной нагрузке  $\pm 5$  К от максимальной температуры всасываемого воздуха, указанной заводом-изготовителем. Температура охлаждающего агента должна составлять не менее 293 К (20°C).

Если используется испытательная лабораторная система или внешний вентилятор, то температура всасываемого воздуха должна составлять  $\pm 5$  К от максимальной температуры нагнетаемого воздуха, указанной заводом-изготовителем для номинального числа оборотов и полной нагрузки. Температура охлаждающего агента и расход нагнетаемого воздуха в целях охлаждения в указанной выше точке не должны изменяться в течение всего цикла испытаний, если только это не приводит к нерепрезентативному переохлаждению нагнетаемого воздуха. Объем нагнетаемого воздуха в целях охлаждения определяется на основе надлежащей технической практики и должен быть репрезентативным для установки, используемой в условиях производства двигателя.

### 6.3 Мощность двигателя

Конкретные измерения выбросов проводятся с учетом нескорректированной мощности, определенной Договаривающимися сторонами.

Некоторые виды вспомогательного оборудования, которые необходимы только для эксплуатации двигателя и которые могут быть на нем установлены, перед испытанием должны быть демонтированы. Ниже в качестве примера приводится неполный перечень такого оборудования:

- a) воздушный компрессор тормозной системы
- b) компрессор усилителя руля
- c) компрессор кондиционера воздуха
- d) насосы гидроприводов.

В том случае, если вспомогательное оборудование не демонтируется, необходимо определить потребляемую им мощность в целях корректировки установочных значений и расчета работы, произведенной двигателем в течение испытательного цикла.

### 6.4 Система подачи воздуха в двигатель

Необходимо использовать систему подачи воздуха в двигатель или систему лабораторного испытания, обеспечивающую ограничение подачи воздуха в пределах  $\pm 300$  Па от максимального значения, указанного заводом-изготовителем устройства очистки воздуха, при номинальном числе оборотов и полной нагрузке.

### 6.5 Система выпуска выхлопных газов двигателя

Необходимо использовать систему выпуска или систему лабораторного испытания, обеспечивающую противодействие выхлопных газов в пределах  $\pm 650$  Па от максимального значения, указанного заводом-изготовителем, при номинальном числе оборотов и полной нагрузке. Система выпуска должна соответствовать требованиям к отбору проб выхлопных газов, изложенным в пунктах 8.3.2.2 и 8.3.3.2.

6.6 Двигатель, оснащенный системой последующей обработки выхлопных газов

Если двигатель оснащен системой последующей обработки выхлопных газов, то выхлопная труба должна иметь тот же диаметр, что и трубы, используемые в процессе эксплуатации, на протяжении длины, равной не менее четырем диаметрам, до входного отверстия в начале расширенной секции, содержащей устройство последующей обработки. Расстояние от фланца выхлопного коллектора или выходного отверстия турбонагнетателя до устройства последующей обработки выхлопных газов должно быть таким же, как и в конструкции транспортного средства или в пределах расстояния, указанного в технических характеристиках завода-изготовителя. Противодействие или ограничение потока выхлопных газов должно соответствовать изложенным выше критериям и может регулироваться с помощью клапана. В ходе испытаний и в процессе снятия данных, необходимых для построения графика изменения характеристик двигателя, резервуар для последующей очистки газов может быть снят и заменен эквивалентным резервуаром с неактивным носителем катализатора.

Выбросы, измеренные в ходе испытательного цикла, должны быть репрезентативными для выбросов выхлопных газов в процессе эксплуатации. Если двигатель оснащен системой последующей обработки выхлопных газов, для работы которой необходим соответствующий реагент, то завод-изготовитель должен указать этот реагент, который используется в ходе всех испытаний.

В случае двигателей, оснащенных системами последующей обработки выхлопных газов, которые подвергаются периодической рекуперации, как указано в пункте 6.6.2, результаты замеров выбросов следует скорректировать с учетом циклов рекуперации. В этом случае средний уровень выбросов зависит от частоты циклов рекуперации, которая выражается в виде соответствующей доли испытательных циклов, в процессе которых происходит рекуперация.

Система последующей обработки с непрерывной рекуперацией в соответствии с пунктом 6.6.1 в специальной процедуре испытаний не нуждается.

### 6.6.1 Непрерывная рекуперация

В случае системы последующей обработки выхлопных газов с использованием непрерывного процесса рекуперации замер выбросов производится, в целях обеспечения повторяемости параметров выбросов, на системе последующей обработки в стабилизированном состоянии.

Процесс рекуперации должен происходить не менее одного раза в процессе испытания ВСПЦ, и завод-изготовитель должен указать нормальные условия, в которых происходит процесс рекуперации (количество сажи, температура, противодействие выхлопных газов и т.д.).

Для подтверждения непрерывности процесса рекуперации необходимо провести не менее трех испытаний ВСПЦ в условиях запуска двигателя в разогретом состоянии. В ходе этих испытаний регистрируется температура и давление выхлопных газов (температура на входе и выходе системы последующей обработки, противодействие выхлопных газов и т.д.).

Считается, что система последующей обработки удовлетворяет требованиям, если условия, указанные заводом-изготовителем, соблюдаются в течение достаточного периода времени в процессе испытания и если разброс результатов измерения выбросов составляет не более  $\pm 15\%$ .

Если система последующей обработки выхлопных газов предусматривает использование режима безопасности, который переходит в режим периодической рекуперации, то она должна проверяться в соответствии с положениями пункта 6.6.2. В этом конкретном случае применимые предельные значения выбросов могут быть превышены и взвешиванию не подлежат.

### 6.6.2 Периодическая рекуперация

В случае последующей обработки выхлопных газов с использованием процесса периодической рекуперации выбросы измеряются в ходе не менее трех испытаний ВСПЦ - одного в процессе рекуперации и двух вне его - на стабилизированной системе последующей обработки, и полученные результаты подвергаются взвешиванию.

Процесс рекуперации должен происходить не менее одного раза в ходе испытания ВСПЦ. Двигатель может быть оборудован устройством, позволяющим отключить или включить процесс рекуперации, при условии, что эта операция не окажет воздействия на первоначальную регулировку двигателя.

Завод-изготовитель должен указать параметры в обычных условиях, в которых происходит процесс рекуперации (количество сажи, температура, противодавление выхлопных газов и т.д.) и его продолжительность исходя из количества циклов ( $n_r$ ). Завод-изготовитель также должен представить все данные, позволяющие определить число циклов между двумя процессами рекуперации ( $n$ ). Точный порядок определения этого параметра должен быть утвержден компетентным органом, выдающим официальное утверждение по типу конструкции, на основе надлежащего технического заключения.

Завод-изготовитель представляет систему последующей обработки в насыщенном состоянии в целях обеспечения процесса рекуперации в ходе испытания ВСПЦ. Процесс рекуперации не должен происходить на этом этапе подготовки двигателя.

Средний объем выбросов между этапами рекуперации определяется путем расчета среднего арифметического результатов нескольких испытаний ВСПЦ на двигателе в условиях запуска в разогретом состоянии, проводимых через приблизительно одинаковые промежутки времени. Как минимум, необходимо провести по крайней мере одно испытание ВСПЦ как можно ближе к моменту испытания на рекуперацию и одно ВСПЦ сразу же после испытания на рекуперацию. В качестве варианта завод-изготовитель может представить данные, подтверждающие, что между этапами рекуперации объем выбросов остается постоянным ( $\pm 15\%$ ). В этом случае можно использовать результаты выбросов, полученных в ходе только одного испытания ВСПЦ.

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

Во время процесса рекуперации применимые предельные величины выбросов могут превышать.

Измеренные параметры выбросов необходимо подвергать взвешиванию в соответствии с пунктом 8.5.2.2. Конечный взвешенный результат не должен превышать применимые предельные величины выбросов. Данная процедура испытаний схематически показана на рис. 2.

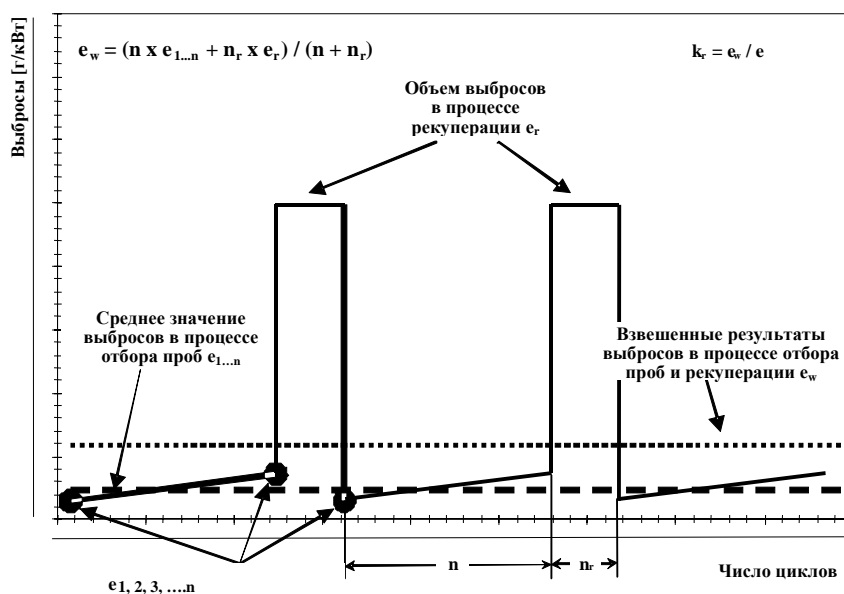


Рис. 2: Схема периодической рекуперации

### 6.7 Система охлаждения

Необходимо использовать систему охлаждения двигателя, имеющую достаточную мощность для поддержания нормальной рабочей температуры двигателя, предписанной заводом-изготовителем.

### 6.8 Смазочное масло

Смазочное масло должно указываться заводом-изготовителем и быть репрезентативным по отношению к смазочному маслу, имеющемуся в системе сбыта; технические требования к смазочному маслу, используемому для испытания, необходимо регистрировать и представлять вместе с результатами испытаний.

## 6.9 Технические требования к эталонному топливу

Использование одного унифицированного эталонного топлива всегда считалось идеальным условием для обеспечения воспроизводимости результатов предписанного правилами испытания на выбросы, и Договаривающимся сторонам настоятельно рекомендуется использовать такое топливо при проведении испытаний на соответствие установленным требованиям. Однако до введения в настоящие гтп предписаний в отношении эффективности (т.е. предельных величин) Договаривающимся сторонам Соглашения 1998 года разрешается применять собственное эталонное топливо в рамках их национального законодательства, с тем чтобы учитывать ситуацию на рынке топлива, предназначенного для эксплуатируемых транспортных средств.

В ходе испытаний рекомендуется использовать надлежащие виды эталонного дизельного топлива Европейского союза, Соединенных Штатов Америки и Японии, перечисленные в приложении 2. Поскольку характеристики топлива влияют на уровень выбросов выхлопных газов из двигателя, характеристики используемого в ходе испытания топлива определяются, регистрируются и объявляются вместе с результатами испытаний.

Поскольку качество топлива на местах существенно различается, эталонный СПГ и эталонный СНГ в списках не указываются.

Температура топлива должна соответствовать рекомендациям завода-изготовителя.

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ИСПЫТАНИЙ

### 7.1 Принципы измерения выбросов

В настоящих гтп содержится описание двух принципов измерения, которые являются эквивалентными с функциональной точки зрения. Оба принципа могут использоваться для проведения испытательных циклов ВСПЦ и ВСУЦ:

- a) замер газообразных компонентов производится в потоке неразрезанных выхлопных газов в реальном режиме времени, а количество твердых частиц определяется с использованием системы частичного разрежения потока;

- b) газообразные компоненты и твердые частицы определяются с использованием системы полного разрежения потока (системы CVS);
- c) допускается любая комбинация указанных двух принципов (например, измерение газообразных компонентов в условиях неразреженного потока и замер твердых частиц в условиях полного разрежения).

Двигатель подвергается испытательным циклам испытаний, указанным ниже.

## 7.2 Переходный цикл испытаний ВСПЦ

Переходный цикл испытаний ВСПЦ изложен в приложении 1 в виде указанной в разбивке по секундам последовательности значений нормализованного числа оборотов и крутящего момента, применимых ко всем двигателям, охватываемым настоящими гтп. В целях осуществления испытаний на двигателе в испытательной камере нормализованные значения преобразуются в фактические значения для данного двигателя, подвергаемого испытанию, на основе графического отображения параметров двигателя. Преобразование представляет собой денормализацию, а развернутый таким образом цикл испытаний - исходный цикл двигателя, подлежащего испытанию. Цикл проводится в испытательной камере на основе указанных исходных значений числа оборотов и крутящего момента с регистрацией фактических значений числа оборотов, крутящего момента и мощности. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения производится регрессионный анализ исходных и фактических значений числа оборотов, крутящего момента и мощности.

Для расчета конкретных значений выбросов на этапе торможения фактическая работа, выполненная в ходе данного цикла, рассчитывается путем интегрирования фактической мощности двигателя в течение всего цикла.

Для подтверждения правильности цикла фактическая работа, выполненная в ходе данного цикла, должна быть в пределах предписанных значений работы, соответствующих исходному циклу (работа в условиях исходного цикла).

Газообразные составляющие загрязняющих веществ могут регистрироваться непрерывно или отбираться в пробоотборник. Пробы твердых частиц нарезаются с использованием кондиционированного окружающего воздуха и собираются на одном подходящем фильтре. ВСПЦ схематически показана на рис. 3.



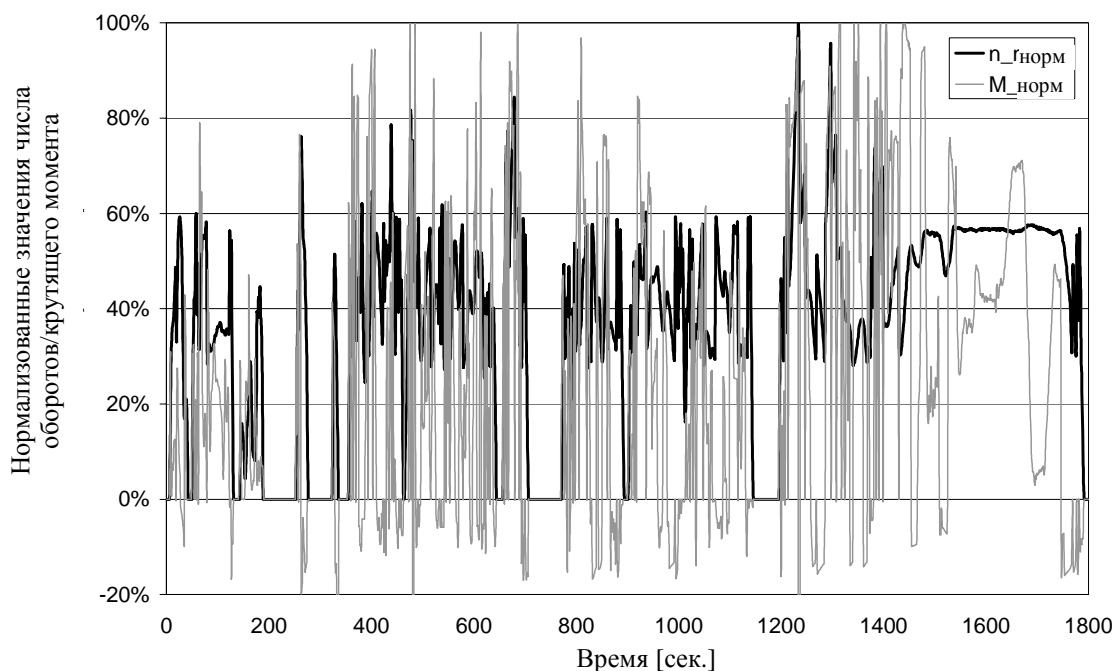


Рис. 3: Испытательный цикл ВСПЦ

### 7.3

#### Ступенчатый цикл испытаний в устойчивом режиме (ВСУЦ)

Ступенчатый цикл испытаний в устойчивом режиме ВСУЦ состоит из серии режимов с нормализованным числом оборотов и нагрузки, которые охватывают типичные предельные режимы эксплуатации двигателей большой мощности. Режим 0 не используется, однако учитывается в математических расчетах в виде коэффициента взвешивания (КВ), равного 0,24, и нулевого значения выбросов и мощности. Двигатель работает в течение предписанного времени в каждом режиме, в течение которого число оборотов двигателя и нагрузка увеличивается линейно в течение 20 сек. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения проводится регрессионный анализ исходных и фактических значений числа оборотов, крутящего момента и мощности.

В ходе каждого режима и переходов между режимами определяется концентрация каждого газового компонента загрязняющих веществ, поток выхлопных газов и выходная мощность, после чего измеренные значения усредняются по всему циклу испытания. Газообразные компоненты загрязняющих веществ могут регистрироваться непрерывно или отбираться в пробоотборник. Проба твердых частиц разрезается с использованием кондиционированного окружающего воздуха. В течение всей процедуры

испытания берется одна проба, которая собирается с помощью одного подходящего фильтра.

Для расчета конкретных значений выбросов на этапе торможения фактическая работа, выполненная в ходе данного цикла, рассчитывается путем интегрирования фактической мощности двигателя в течение всего цикла.

ВСУЦ показан в таблице 1. Коэффициенты взвешивания (КВ) даются только для справки. Режим холостого хода подразделен на два режима: режим 1 в начале и режим 13 в конце цикла испытаний.

Режим	Нормализованное число оборотов (%)	Нормализованная нагрузка (%)	КВ для сведения	Продолжительность режима, включая 20 с перехода
0	Прокрутка двигателя	-	0,24	-
1	0	0	0,17/2	210
2	55	100	0,02	50
3	55	25	0,10	250
4	55	70	0,03	75
5	35	100	0,02	50
6	25	25	0,08	200
7	45	70	0,03	75
8	45	25	0,06	150
9	55	50	0,05	125
10	75	100	0,02	50
11	35	50	0,08	200
12	35	25	0,10	250
13	0	0	0,17/2	210
Итого			1,00	1 895

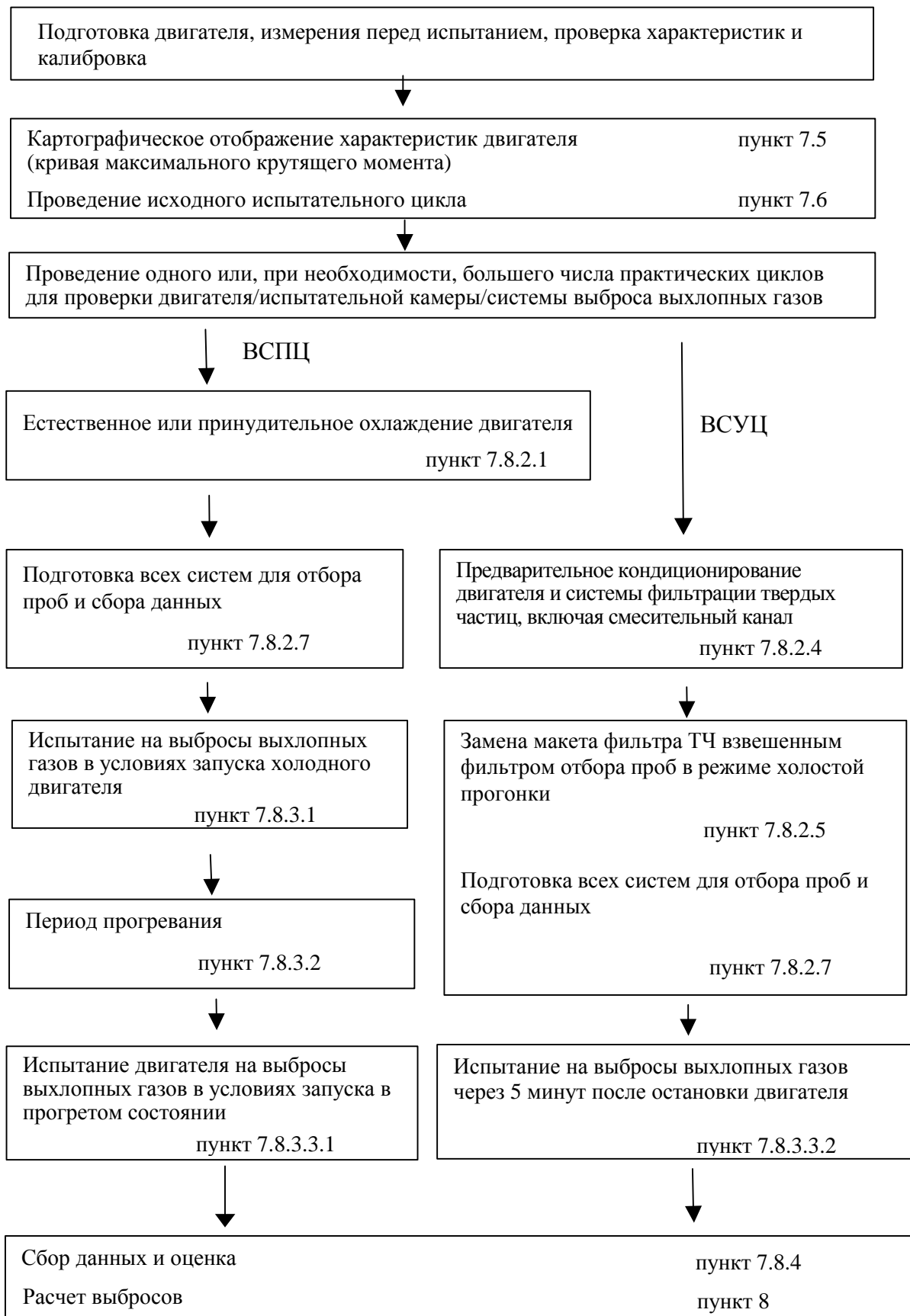
Таблица 1: Испытательный цикл ВСУЦ

#### 7.4 Последовательность проведения общего испытания

В нижеследующей диаграмме изложены общие указания, которых необходимо придерживаться в ходе испытания. Детальное изложение каждого этапа содержится в соответствующих пунктах. В случае необходимости допускаются некоторые отклонения от этих указаний, однако конкретные требования, указанные в соответствующих пунктах, являются обязательными. Для ВСПЦ процедура испытания заключается в испытании в условиях запуска холодного двигателя, периода естественного или принудительного охлаждения двигателя, периода выдерживания при повышенной температуре и испытания в условиях запуска в разогретом состоянии.

Выбор в отношении процедуры выдерживания при повышенной температуре и коэффициента взвешивания в период между испытаниями на запуск двигателя в холодном состоянии и на его запуск в разогретом состоянии делают Договаривающиеся стороны.

В случае ВСУЦ процедура испытания состоит из испытания двигателя в условиях запуска в разогретом состоянии с последующим кондиционированием в режиме 9 ВСУЦ.



## 7.5 Процедура картографического отображения характеристик двигателя

Для проведения ВСПЦ и ВСУЦ в испытательной камере до проведения испытательного цикла необходимо произвести картографирование характеристик двигателя для построения кривой числа оборотов по крутящему моменту.

### 7.5.1 Определение отображаемого диапазона оборотов

Минимальное и максимальное отображаемое число оборотов определяется следующим образом:

Минимальное отображаемое число оборотов	=	число оборотов на холостом ходу
Максимальное отображаемое число оборотов	=	$n_{hi} \times 1,02$ или число оборотов, при котором крутящий момент при полной нагрузке снижается до нуля, в зависимости от того, какая величина меньше.

### 7.5.2 Картографическое отображение мощности двигателя

Двигатель должен быть разогрет при максимальной мощности для стабилизации его параметров в соответствии с рекомендацией завода-изготовителя и надлежащей технической практикой. После стабилизации двигателя его параметры отображаются с соблюдением следующей процедуры.

- a) Двигатель работает без нагрузки на холостом ходу.
- b) Двигатель работает при полной нагрузке нагнетательного насоса и минимальном отображаемом числе оборотов.
- c) Число оборотов двигателя увеличивается со средней скоростью  $8 \pm 1$  мин.<sup>-1</sup>/с с минимального до максимального отображаемого числа оборотов. Точки с отображаемыми числами оборотов и крутящим моментом следует регистрировать со скоростью отбора проб, составляющей не менее одной точки в секунду.

### 7.5.3 Альтернативные методы отображения

Если завод-изготовитель считает, что вышеописанная методика отображения ненадежна или не является репрезентативной для любого данного двигателя, то могут использоваться альтернативные методы отображения. Эти

альтернативные методы должны отвечать цели конкретных процедур отображения для определения максимального крутящего момента при всех оборотах двигателя, достигаемых в ходе испытательных циклов. Отклонения от методов отображения, указанных в настоящем пункте вместе с обоснованием их использования по соображениям надежности или репрезентативности, должны быть одобрены компетентным органом, выдающим официальное утверждение по типу конструкции. Вместе с тем в случае двигателей с регулятором или турбонаддувом снижать число оборотов двигателя для построения кривой крутящего момента нельзя.

#### 7.5.4 Повторные испытания

Отображать параметры двигателя перед каждым циклом испытания не нужно. Повторно картографировать параметры до цикла испытания необходимо в том случае, если:

- a) с технической обоснованной точки зрения с момента последнего картографического отображения прошло слишком много времени; или
- b) двигатель был подвергнут физическим изменениям или повторным калибровкам, которые потенциально могли отразиться на характеристиках двигателя.

#### 7.6 Проведение исходного испытательного цикла

##### 7.6.1 Денормализация числа оборотов двигателя

Денормализация числа оборотов двигателя производится с использованием следующего уравнения:

Фактическое число

$$\text{оборотов} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{l_0} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{hi} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}}, \quad (4)$$

где:

- $n_{l_0}$  - наименьшее число оборотов, при которых мощность составляет 55% от максимальной мощности,
- $n_{\text{pref}}$  - число оборотов двигателя, при которых максимальный интеграл крутящего момента составляет 51% от полного интеграла,
- $n_{hi}$  - наибольшее число оборотов, при которых мощность составляет 70% от максимальной мощности,
- $n_{\text{idle}}$  - число оборотов холостого хода,

как показано на рис 4.

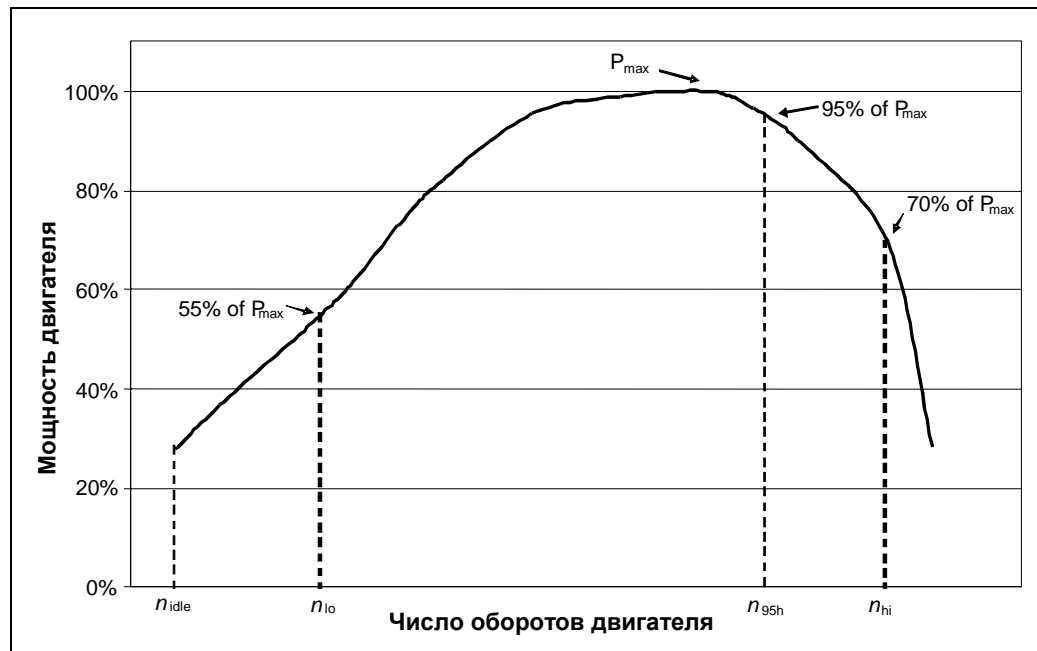


Рис. 4: Определение испытательных скоростей

#### 7.6.1.1 Определение предпочтительного числа оборотов

По кривой, отображающей характеристики двигателя, построенной в соответствии с пунктом 7.5.2, рассчитывается интеграл максимального крутящего момента от  $n_{idle}$  до  $n_{95h}$ .  $n_{95h}$  - наибольшее число оборотов, при котором мощность составляет 95% от максимальной мощности. После этого определяется  $n_{pref}$ , которое представляет собой число оборотов, соответствующее 51% полного интеграла, как показано на рис. 5.

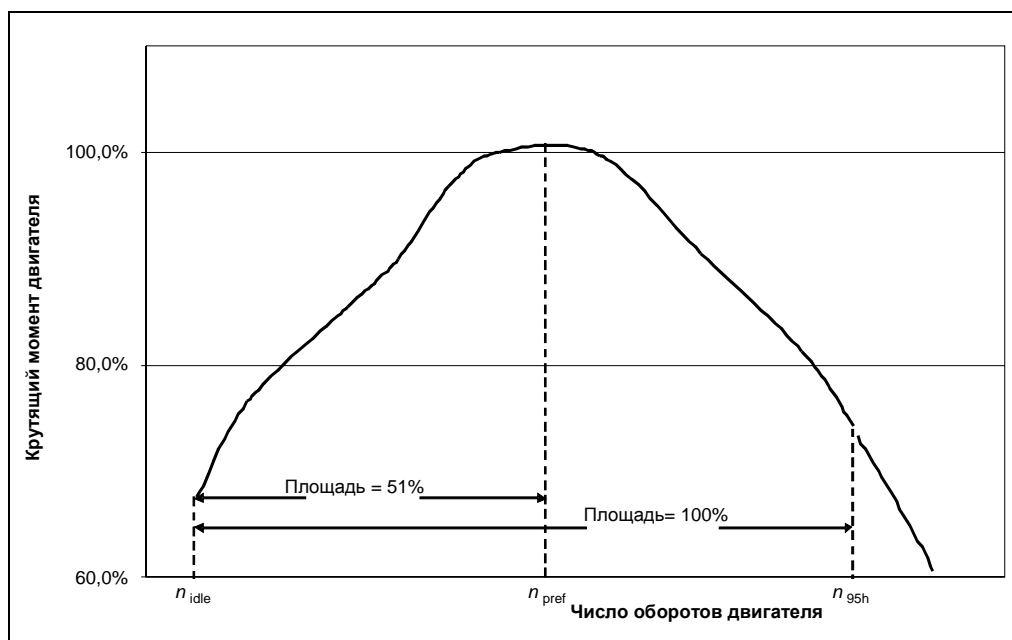


Рис. 5: Определение  $n_{pref}$

### 7.6.2 Денормализация крутящего момента двигателя

Денормализация крутящего момента, указанная в таблице динамометрических характеристик двигателя, содержащихся в добавлении 1, нормализуется до максимального крутящего момента при соответствующем числе оборотов. Значения крутящего момента в условиях исходного цикла денормализуются с использованием кривой, построенной в соответствии с пунктом 7.5.2, по следующей формуле:

$$\text{Фактический крутящий момент} = \frac{\% \text{ крутящего момента} \times \text{max. крутящий момент}}{100} \quad (5)$$

для соответствующего фактического числа оборотов, определенного в соответствии с пунктом 7.6.1.

### 7.6.3 Пример процедуры денормализации

В качестве примера ниже показан порядок денормализации для следующей испытательной точки:

процент числа оборотов	=	43%
процент крутящего момента	=	82%



Даны следующие значения:

$$\begin{aligned} n_{lo} &= 1\,015 \text{ мин.}^{-1}, \\ n_{hi} &= 2\,200 \text{ мин.}^{-1}, \\ n_{pref} &= 1\,300 \text{ мин.}^{-1}, \\ n_{idle} &= 600 \text{ мин.}^{-1}. \end{aligned}$$

Результат расчета:

$$\text{Фактическая скорость} = \frac{43 \times (0,45 \times 1\,015 + 0,45 \times 1\,300 + 0,1 \times 2\,200 - 600) \times 2,0327}{100} + 600 = 1\,178 \text{ мин.}^{-1}$$

Для максимального крутящего момента 700 Нм, отмеченного на построенной кривой при 1 178 мин.<sup>-1</sup>

$$\text{Фактический крутящий момент} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Нм}$$

## 7.7 Подтверждение правильности результатов испытаний

### 7.7.1 Расчет работы во время цикла

До расчета работы во время цикла необходимо исключить любые точки, зарегистрированные в процессе запуска двигателя. Работа во время цикла  $W_{act}$  (кВт/ч) рассчитывается на основе полученных значений числа оборотов и крутящего момента. Работа во время исходного цикла  $W_{ref}$  (кВт/ч) рассчитывается на основе значений исходного числа оборотов и крутящего момента двигателя. Фактическая работа во время цикла  $W_{act}$  используется для сопоставления с работой во время исходного цикла  $W_{ref}$  и для расчета удельных выбросов при торможении (см. пункт 8.5.2.1).

Аналогичная методология используется и для интегрирования исходной и фактической мощности двигателя. Если необходимо определить соответствующие значения в пределах между смежными исходными и смежными измеренными данными, необходимо использовать метод линейной интерполяции. При интегрировании фактической работы во время цикла любые отрицательные значения крутящего момента приравниваются к нулю и учитываются. Если интегрирование производится по отрезкам с частотой менее 5 Гц и если в течение данного временного интервала знак крутящего момента изменяется с положительного на отрицательный или с отрицательного

на положительный, то отрицательную долю следует рассчитать и приравнять к нулю. Положительную долю следует включить в интегрированное значение.

Величина  $W_{act}$  должна находиться в пределах 85-105%  $W_{ref}$ .

#### 7.7.2 Статистические данные для проверки правильности результатов цикла испытания

Значения числа оборотов, крутящего момента и мощности проверяются методом линейной регрессии фактических значений по исходным.

В целях сведения к минимуму погрешности, обусловленной сдвигом во времени между фактическими и исходными значениями цикла, вся фактическая последовательность сигналов, отражающих число оборотов и крутящий момент двигателя, может быть сдвинута во времени вперед или назад по отношению к последовательности исходных значений числа оборотов и мощности. Если сигналы фактических значений сдвинуты, то тогда необходимо сдвинуть в ту же сторону и на ту же величину значения числа оборотов и крутящего момента.

Необходимо использовать метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим вид:

$$y = mx + b \quad (6)$$

где:

- y = фактическое значение числа оборотов ( $\text{мин.}^{-1}$ ), крутящего момента (Нм) или мощности (кВт)
- m = наклон линии регрессии
- x = исходное значение числа оборотов ( $\text{мин.}^{-1}$ ), крутящего момента (Нм) или мощности (кВт)
- b = отрезок, отсекаемый линией регрессии на оси y

Стандартная погрешность оценки (СПО) y по отношению к x и коэффициент определения ( $r^2$ ) рассчитывается для каждой регрессионной линии.

Этот анализ рекомендуется осуществлять через 1 Гц. Для того чтобы результаты испытания были признаны действительными, должны соблюдаться критерии, указанные в таблице 2.

	Число оборотов	Крутящий момент	Мощность
Стандартная погрешность оценки (СПО) у по отношению к х	макс. 100 мин. <sup>-1</sup>	макс. 13% максимального крутящего момента двигателя	макс. 8% максимальной мощности двигателя
Наклон линии регрессии, m	0,95-1,03	0,83-1,03	0,89-1,03
Коэффициент определения, r <sup>2</sup>	мин. 0,970	мин. 0,850	мин. 0,910
Отрезок, отсекаемый линией регрессии на оси у, b	± 50 мин. <sup>-1</sup>	± 20 Нм или ± 2% от макс. крутящего момента в зависимости от того, какая величина больше	± 4 кВт или ± 2% от макс. мощности в зависимости от того, какая величина больше

Таблица 2: Допустимые отклонения от линии регрессии

Для проведения регрессионного анализа и только для этих целей допускается исключение полученных точек в случаях, указанных в таблице 3. Однако для целей расчета работы и выбросов во время цикла эти точки исключать нельзя. Точка холостого хода определяется как точка, в которой нормализованный исходный крутящий момент составляет 0% и нормализованное исходное число оборотов также 0%. Метод исключения точек может применяться ко всему циклу или к любой его части.

Условия	Точки, подлежащие исключению
Первые $6 \pm 1$ секунды	Число оборотов, крутящий момент, мощность
Полная нагрузка и фактический крутящий момент меньше < 95% от исходного крутящего момента	Крутящий момент и/или мощность
Полная нагрузка и фактическое число оборотов меньше < 95% от исходного числа оборотов	Число оборотов и/или мощность
Отсутствие нагрузки и фактический крутящий момент > исходного крутящего момента	Крутящий момент и/или мощность
Отсутствие нагрузки и фактический крутящий момент > ± 2% от максимального крутящего момента (точка холостого хода)	Число оборотов и/или мощность
Отсутствие нагрузки и исходный крутящий момент меньше < 0% (точка холостого прогона)	Крутящий момент и/или мощность

Таблица 3: Точки, которые могут исключаться из регрессионного анализа

## 7.8 Испытания на выбросы

### 7.8.1 Введение

Выбросы, подлежащие замеру на основе выделяемых двигателем выхлопных газов, включают газообразные компоненты (окись углерода, общее количество углеводородов или углеводородов, не содержащих метана, и окислы азота) и твердые частицы. Кроме того, для определения коэффициента разрежения систем частичного и полного разрежения потоков в качестве индикаторного газа зачастую используется двуокись углерода.

Вышеупомянутые загрязняющие вещества подлежат учету в ходе предписанных циклов испытания. Концентрация газообразных компонентов определяется в течение всего цикла либо в условиях неразрезанного потока выхлопных газов посредством интегрирования сигналов анализатора или в условиях разреженного потока выхлопных газов с помощью системы полного разрежения потока газов CVS посредством интегрирования или с использованием камеры для отбора проб. В случае твердых частиц из разреженных выхлопных газов отбирается пропорциональная проба с помощью конкретно указанного фильтра методом либо частичного разрежения потока, либо полного разрежения потока. В зависимости от использованного метода определяется расход потока разреженных или не разреженных выхлопных газов в течение всего цикла, который используется для расчета массовых значений выброса загрязняющих веществ. Для определения удельной величины выбросов в граммах каждого загрязняющего вещества на киловатт-час массовое значение выбросов необходимо поделить на показатель работы двигателя, рассчитанный в соответствии с пунктом 7.7.1.

### 7.8.2 Предварительная процедура испытаний

До процедуры картографического отображения характеристик двигателя в соответствии с общей последовательностью, показанной в пункте 7.4, на этапе до испытания производятся замеры на двигателе, проверки характеристик двигателя и калибровка систем.

#### 7.8.2.1 Охлаждение двигателя (только для испытаний в условиях запуска двигателя в холодном состоянии)

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 от охлаждающего агента, циркулирующего в системе охлаждения двигателя, и отбора тепла от системы последующей обработки выхлопных газов необходимо руководствоваться надлежащим техническим заключением. В случае принудительного охлаждения системы последующей обработки охлаждающий воздух направляется на систему последующей обработки только после того, как она остыла до температуры, ниже ее каталитической активации. Любая процедура охлаждения, которая приводит к нерепрезентативным выбросам, не допускается.

#### 7.8.2.2 Подготовка фильтров для отбора проб

Не менее чем за час до проведения испытания каждый фильтр помещается в чашку Петри, которая предохраняется от попадания пыли и дает возможность проветривания, и устанавливается в целях стабилизации в камеру для взвешивания. В конце периода стабилизации каждый фильтр взвешивается и регистрируется собственный вес фильтра. Затем фильтр хранится в закрытой чашке Петри или в опечатанном фильтродержателе, пока он не понадобится для испытания. Фильтр можно использовать по прошествии восьми часов после его извлечения из камеры для взвешивания.

#### 7.8.2.3 Установка измерительного оборудования

Приборы и прибороотборники должны быть установлены в соответствии с требованиями. В случае использования системы полного разрежения потока выхлопных газов к ней подсоединяется выпускная труба.

#### 7.8.2.4 Предварительное кондиционирование системы разрежения и двигателя (только для ВСУЦ)

Система разрежения и двигатель должны быть включены и прогреты. После прогревания двигатель и система отбора проб подвергается предварительному кондиционированию путем перевода двигателя в режим 9 в течение 10 минут при одновременном включении либо системы частичного разрежения потока, либо системы полного разрежения потока и системы вторичного разрежения. В этой связи может быть произведен формальный отбор проб выбросов твердых частиц. Стабилизировать или взвешивать эти фильтры для отбора

проблем не нужно, и их можно выбраковать. Расход потока устанавливается приблизительно в соответствии с расходом потока, выбранным для проведения испытания.

#### 7.8.2.5 Включение системы отбора проб твердых частиц

Система отбора твердых частиц должна быть приведена в действие и работать в режиме холостой прогонки. Фоновый уровень концентрации твердых частиц в разрежающем воздухе можно определить путем отбора проб разрежающего воздуха на входе выхлопных газов в смесительный канал. Этот замер можно произвести до или после испытания. Если замеры произведены до цикла и в конце цикла, то полученные значения можно усреднить. Если для измерения фоновой концентрации используется иная система отбора проб, то измерения производятся параллельно с испытанием.

#### 7.8.2.6 Регулировка системы разрежения

Для удаления конденсата воды в системе и доведения передней части фильтра до температуры в пределах 315 К (42°C) - 325 К (52°C) необходимо отрегулировать общий поток разреженных выхлопных газов, проходящих через систему полного разрежения потока, или разреженного потока выхлопных газов, проходящих через систему частичного разрежения потока.

#### 7.8.2.7 Проверка анализаторов

Анализаторы выбросов должны быть выставлены на ноль и включены. Если используются камеры для отбора проб, то они должны быть удалены.

#### 7.8.3 Процедура запуска двигателя

##### 7.8.3.1 Испытание двигателя в условиях холодного запуска (только для ВСПЦ)

Начинать испытание двигателя в условиях холодного запуска необходимо при температуре смазочного масла и охлаждающей жидкости двигателя и систем последующей обработки в пределах 293-303 К (20-30°C). Запуск двигателя производится с использованием одного из следующих методов:

- a) двигатель запускается, как рекомендовано в руководстве по эксплуатации с использованием заводского стартера и должным образом заряженной аккумуляторной батареи или соответствующего источника электроэнергии; или
- b) двигатель запускается с использованием динамометра. Число оборотов двигателя должно составлять  $\pm 25\%$  от характерной частоты проворачивания коленчатого вала в условиях эксплуатации. Проворачивание прекращается в течение одной секунды после запуска двигателя. Если в течение 15 секунд проворачивания коленчатого вала двигатель не заводится, проворачивание прекращается, и выясняются причины отказа, если только в руководстве по эксплуатации или в руководстве по обслуживанию и ремонту не указывается, что более длительное проворачивание коленчатого вала соответствует норме.

#### 7.8.3.2 Период прогрева (только ВСПЦ)

Сразу же после завершения испытания двигателя на запуск в холодном состоянии этот двигатель подготавливается к испытанию на запуск в разогретом состоянии при помощи одного из следующих методов:

- a) прогревание в течение  $5 \pm 1$  минуты;
- b) прогревание в течение  $20 \pm 1$  минуты.

Соответствующий вариант выбирается Договаривающимися сторонами.

#### 7.8.3.3 Испытание двигателя в прогретом состоянии

##### 7.8.3.3.1 ВСПЦ

Двигатель запускается в конце периода прогрева, как указано в пункте 7.8.3.2, с использованием процедур, изложенных в пункте 7.8.3.1.

##### 7.8.3.3.2 ВСУЦ

По истечении пяти минут после завершения периода предварительного кондиционирования в режиме 9, как указано в пункте 7.8.2.4, двигатель запускается в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя по порядку запуска, содержащимися в руководстве по эксплуатации, с использованием либо заводского стартера, либо динамометра в соответствии с пунктом 7.8.3.1.

#### 7.8.4 Проведение цикла

#### 7.8.4.1 Последовательность испытаний

Последовательность испытаний начинается с момента запуска двигателя.

ВСПЦ проводится в соответствии с исходным циклом, описанным в пункте 7.2. Значения числа оборотов и крутящего момента двигателя регистрируются в точках через интервалы, равные 5 Гц (рекомендуется 10 Гц) или больше. Установочные точки рассчитываются методом линейной интерполяции по установочным точкам исходного цикла через 1 Гц. Значения фактического числа оборотов и крутящего момента двигателя регистрируются не реже одного раза в секунду в течение испытательного цикла (1 Гц). Поступающие сигналы могут пропускаться через электронный фильтр.

ВСПЦ осуществляется в порядке следования испытательных режимов, перечисленных в таблице 1 пункта 7.3.

#### 7.8.4.2 Показания анализаторов

В начале последовательности испытаний одновременно приводится в действие испытательное оборудование в целях:

- a) сбора и анализа разрежающего воздуха, если используется система полного разрежения потока;
- b) сбора или анализа первичных или разреженных выхлопных газов в зависимости от используемого метода;
- c) измерения объема разреженных выхлопных газов и требуемых значений температуры и давления;
- d) регистрации расхода выхлопных газов по массе, если используется метод анализа неразреженных выхлопных газов;
- e) регистрации данных о числе оборотов и крутящем моменте, снимаемых с динамометра.

Если используется метод замера первичных выхлопных газов, то измерение концентрации выбросов (НС, СО и NO<sub>x</sub>) и расхода выхлопных газов по массе производится непрерывно, и полученные результаты регистрируются компьютером с частотой не менее 2 Гц. Все остальные данные могут регистрироваться со скоростью отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируются, а данные



калибровки можно применять в процессе оценки данных в режиме "онлайн" или "офлайн".

Если используется система полного разрежения потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производится непрерывно в канале разрежения с частотой не менее 2 Гц. Средняя величина концентрации определяется посредством интегрирования сигналов анализатора в течение всего испытательного цикла. Время срабатывания системы должно составлять не более 20 с и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями расхода CVS и смещениями цикла отбора проб/испытаний. Значения концентрации CO, CO<sub>2</sub> и NMHC определяются методом интегрирования непрерывных сигналов измерения или методом анализа концентраций в камере для отбора проб, собираемых в течение всего цикла. Концентрации газообразных загрязняющих веществ в разрежающем воздухе определяются методом интегрирования или отбора в камере для фоновых концентраций. Все другие величины, подлежащие измерению, должны регистрироваться не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.8.4.3 Отбор проб твердых частиц

В начале последовательного цикла испытаний систему отбору проб твердых частиц необходимо переключить с холостого режима в режим отбора проб.

Если используется система частичного разрежения потока, необходимо отрегулировать насос(ы) пробоотборника таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник твердых частиц или передаточную трубу оставался пропорциональным расходу выхлопных газов по массе, как это определено в соответствии с пунктом 8.3.3.3.

Если используется система полного разрежения потока, то насос(ы) пробоотборника следует отрегулировать таким образом, чтобы расход твердых частиц через пробоотборник или передаточную трубу оставался в пределах  $\pm 2,5\%$  от установленного расхода. Если используется система компенсации потока (например, пропорциональное регулирование потока проб), то необходимо показать, что соотношение расхода потока проб твердых частиц в основном канале изменяется не более чем на  $\pm 2,5\%$  от установленной величины (за исключением первых 10 минут отбора проб). Средние значения температуры и давления на газомере(ах) или на входе измерительной аппаратуры должны регистрироваться. Если из-за высокой нагрузки на фильтр поддерживать установленный расход на протяжении всего цикла в пределах

$\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания не учитываются. В таком случае испытание повторяется с использованием более низкого значения расхода проб.

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

Если двигатель останавливается в какой-либо момент в ходе испытания ВСПЦ в условиях холодного запуска или во время ВСУЦ, то результаты испытания не учитываются. В этом случае двигатель необходимо подвергнуть предварительному кондиционированию и снова запустить в соответствии с методами запуска, указанными в пункте 7.8.3.1, и повторить испытание.

Если двигатель останавливается в какой-либо момент в процессе испытания ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии, то результаты испытания не учитываются. Двигатель необходимо прогреть в соответствии с предписаниями пункта 7.8.3.2 и повторить испытание двигателя в условиях запуска в прогретом состоянии. В этом случае испытание двигателя в условиях запуска в холодном состоянии повторять необязательно.

Если в ходе цикла испытания происходит отказ какого-либо компонента оборудования, то результаты испытания не учитываются, и проводится повторное испытание в соответствии с вышеупомянутыми положениями в зависимости от испытательного цикла.

#### 7.8.4.5 Операции после испытания

По завершении испытания измерение расхода выхлопных газов по массе, объема разреженного выхлопного газа, расхода газа, поступающего в камеры для отбора проб и насос для отбора твердых частиц, необходимо прекратить. В случае интегрирующей системы анализатора отбор проб продолжается до момента истечения времени срабатывания системы.

Концентрация в камерах для сбора, если они используются, должны анализироваться как можно скорее, но в любом случае не позднее чем через 20 минут после завершения испытательного цикла.

После испытаний на определение количества выбросов для повторной проверки анализатора необходимо использовать нулевой газ и тот же самый поверочный газ. Испытание считается приемлемым, если расхождение между

результатами до и после испытания составляет менее 2% соответствующего параметра поверочного газа.

Фильтры твердых частиц необходимо вновь поместить в камеру для взвешивания не позднее чем через час после завершения испытания. Их необходимо поместить в чашку Петри, которая предохраняется от попадания пыли и дает возможность проветривания, не менее чем на 1 час и затем взвесить. Общий вес фильтров необходимо зарегистрировать.

## 8. ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ

Окончательные результаты испытаний округляются до такого числа знаков после запятой, которое предусмотрено применимым стандартом на выбросы, плюс один дополнительный знак, не равный нулю, в соответствии с ASTM E 29-04. Округление промежуточных значений, используемых для расчета конечного результата удельных выбросов в режиме торможения, не допускается.

### 8.1 Поправка на сухое/влажное состояние

Если замер выбросов производился не на влажной основе, то измеренная концентрация должна быть преобразована в концентрацию на влажной основе по следующей формуле:

$$c_w = k_w \times c_d, \quad (7)$$

где:

$c_w$  - влажная концентрация в млн.<sup>-1</sup> или в % объема,

$c_d$  - сухая концентрация в млн.<sup>-1</sup> или в % объема,

$k_w$  - поправочный коэффициент на сухое/влажное состояние.

#### 8.1.1 Первичные выхлопные газы

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (8)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1000} \right) / \left( 1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \quad (9)$$

или

$$k_{w,a} = \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad , \quad (10)$$

при этом

$$k_f = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (11)$$

и

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)} \quad , \quad (12)$$

где:

- $H_a$  - влажность всасываемого воздуха, г воды на кг сухого воздуха,
- $w_{ALF}$  - содержание водорода в топливе, % от массы,
- $q_{mf,i}$  - мгновенный расход потока топлива по массе, кг/с,
- $q_{mad,i}$  - мгновенный расход всасываемого воздуха по массе на сухой основе, кг/с
- $p_r$  - давление водяных паров после охлаждающей ванны, кПа,
- $p_b$  - общее атмосферное давление, кПа,
- $w_{DEL}$  - содержание азота в топливе, % от массы,
- $w_{EPS}$  - содержание кислорода в топливе, % от массы,
- $\alpha$  - молярная доля водорода, содержащегося в топливе,
- $c_{CO_2}$  - концентрация  $CO_2$  на сухой основе, %,
- $c_{CO}$  - концентрация  $CO$  на сухой основе, %.

Уравнения (8) и (9) в принципе идентичны, причем коэффициент 1,008 в уравнениях (8) и (10) представляет собой приближенное значение более точной величины знаменателя в уравнении (9).

### 8.1.2 Разреженные выхлопные газы

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{\text{CO}_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (13)$$

или

$$k_{w,e} = \left[ \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \times c_{\text{CO}_2d}}{200}} \right] \times 1,008 \quad (14)$$

при этом

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}}, \quad (15)$$

где:

- $\alpha$  молярная для водорода, содержащегося в топливе,
- $c_{\text{CO}_2w}$  концентрация  $\text{CO}_2$  на влажной основе, %,
- $c_{\text{CO}_2d}$  концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе, %,
- $H_d$  влажность разрежающего воздуха, в г воды на кг сухого воздуха,
- $H_a$  влажность всасываемого воздуха, в г воды на кг сухого воздуха,
- $D$  коэффициент разрежения (см. пункт 8.4.2.4.2).

### 8.1.3 Разрежающий воздух

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008, \quad (16)$$

при этом

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)}, \quad (17)$$

где:

- $H_d$  влажность разрежающего воздуха, г воды на кг сухого воздуха.

## 8.2 Поправка на влажность для NO<sub>x</sub>

Поскольку выбросы NO<sub>x</sub> зависят от состояния окружающего воздуха, концентрация NO<sub>x</sub> должна быть скорректирована на влажность с использованием коэффициентов, приведенных в пунктах 8.2.1 или 8.2.2. Влажность всасываемого воздуха  $H_a$  может быть определена в результате измерения относительной влажности, определения точки росы, измерения давления паров или измерения по шариком сухого/влажного термометра с использованием общепринятой формулы.

### 8.2.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1\ 000} + 0,832, \quad (18)$$

где:

$H_a$  влажность всасываемого воздуха, в г воды на кг сухого воздуха.

### 8.2.2 Двигатели с принудительным зажиганием

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2, \quad (19)$$

где:

$H_a$  влажность всасываемого воздуха, в г воды на кг сухого воздуха.

## 8.3 Частичное разрежение потока (PFS) и замер первичных газообразных компонентов

Для расчета массы выбросов используются значения сигналов мгновенной концентрации, которые умножаются на мгновенную величину расхода выхлопных газов по массе. Расход потока выхлопных газов по массе можно либо измерить непосредственно, либо рассчитать с использованием метода измерения параметров потоков всасываемого воздуха и топлива, метода использования индикаторного газа или измерения параметров всасываемого воздуха и соотношения воздух/топливо. При этом необходимо обращать особое внимание на время срабатывания различных приборов. Эти различия следует учитывать при согласовании сигналов по времени. В случае твердых

частиц для регулирования системы частичного разрежения потока для отбора пробы, пропорциональной расходу выхлопных газов по массе, используются сигналы, показывающие расход выхлопных газов по массе. Степень пропорциональности проверяется с помощью регрессионного анализа расхода проб и расхода выхлопных газов в соответствии с пунктом 8.3.3.3. Полное испытание схематично показано на рис. 6.

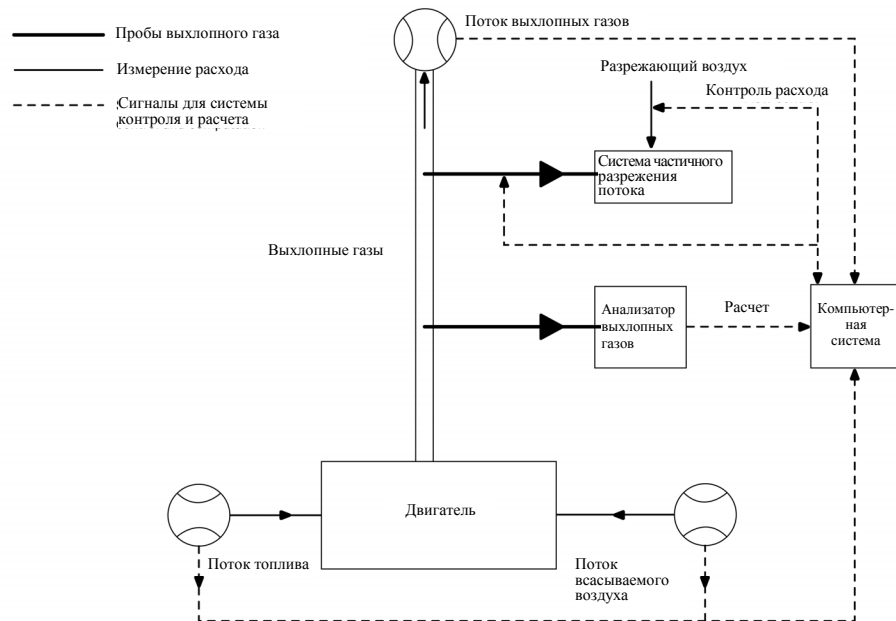


Рис. 6: Схема системы измерения первичного/частично разреженного потока

### 8.3.1 Определение расхода выхлопных газов по массе

#### 8.3.1.1 Введение

Для расчета выбросов первичных выхлопных газов и контроля системы частичного разрежения потока необходимо знать расход выхлопных газов по массе. Для определения расхода потока выхлопных газов по массе можно использовать любой из методов, изложенных в пунктах 8.3.1.3-8.3.1.6.

#### 8.3.1.2 Время срабатывания

В целях расчета выбросов время срабатывания по каждому методу, изложенному в пунктах 8.3.1.3-8.3.1.6, должно быть равным или меньше установленного времени срабатывания анализатора, составляющего  $\leq 10$  с, как

определено в пункте 9.3.5. Если для измерения NMC используется NMHC, то время срабатывания системы может превышать 10 секунд.

В целях контроля системы частичного разрежения потока требуется более быстрое время срабатывания. В случае систем частичного разрежения потока, работающих в режиме контроля "онлайн", время срабатывания должно составлять  $\leq 0,3$  с. В случае систем частичного разрежения потока с прогностическим алгоритмом управления на основе предварительно зарегистрированного испытания время срабатывания системы измерения параметров потока выхлопных газов должно составлять  $\leq 5$  с, а время восстановления -  $\leq 1$  с. Время срабатывания системы должно указываться заводом-изготовителем прибора. Требования в отношении общего времени срабатывания системы измерения расхода выхлопных газов и системы частичного разрежения потока указаны в пункте 8.3.3.3.

#### 8.3.1.3 Непосредственный метод измерения

Непосредственное измерение мгновенных параметров потока выхлопных газов производится с помощью таких систем, как:

- a) дифференциальное устройство давления, как, например, расходомер (более подробно см. ISO 5167),
- b) ультразвуковой расходомер,
- c) вихревой расходомер.

Во избежание погрешностей измерения, которые приведут к ошибочным значениям выбросов, необходимо принять соответствующие меры предосторожности. Такие меры предосторожности включают тщательную установку устройств измерения в системе выхлопных газов двигателя в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя прибора и надлежащей технической практикой. Необходимо обратить особое внимание на то, чтобы установка устройства не сказалась отрицательно на характеристиках и параметрах выбросов.

Расходомеры должны удовлетворять требованиям линейности, указанным в пункте 9.2.

#### 8.3.1.4 Метод измерения расхода воздуха и топлива



Этот метод предполагает измерение расхода воздуха и топлива с помощью подходящих расходомеров. Расчет мгновенных значений расхода выхлопных газов производится по следующей формуле:

$$Q_{mew,i} = Q_{maw,i} + Q_{mf,i} , \quad (20)$$

где:

- $Q_{mew,i}$  - мгновенное значение расхода потока выхлопных газов по массе, кг/с,
- $Q_{maw,i}$  - мгновенное значение расхода всасываемого воздуха по массе, кг/с,
- $Q_{mf,i}$  - мгновенное значение расхода потока топлива по массе, кг/с.

Расходомеры должны удовлетворять требованиям линейности, указанным в пункте 9.2, однако должны быть достаточно точными, с тем чтобы они удовлетворяли требованиям линейности в отношении потока выхлопных газов.

#### 8.3.1.5 Метод измерения с помощью индикаторного газа

Этот метод предполагает измерение концентрации индикаторного газа в выхлопных газах.

В выхлопные газы вводится в качестве индикаторного газа известное количество инертного газа (например, чистого гелия). Этот газ смешивается и разрежается с помощью выхлопных газов, однако в реакцию с выхлопной трубой он вступать не должен. После этого концентрация данного газа измеряется в пробе выхлопных газов.

Для того чтобы обеспечить полное смешивание индикаторного газа, проба выхлопных газов отбирается на расстоянии не менее 1 м или на расстоянии, соответствующем 30-кратному диаметру выхлопной трубы, в зависимости от того, какая величина больше, вниз по истечению потока от точки ввода индикаторного газа. Отбор пробы может производиться ближе к точке ввода в том случае, если при вводе индикаторного газа на входе двигателя полнота смешивания подтверждается путем сопоставления концентрации индикаторного газа с исходной концентрацией.

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

Расчет расхода выхлопных газов определяется по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)}, \quad (21)$$

где:

- $q_{mew,i}$  - мгновенное значение расхода выхлопных газов по массе, кг/с,
- $q_{vt}$  - расход индикаторного газа, см<sup>3</sup>/мин.,
- $c_{mix,i}$  - мгновенная концентрация индикаторного газа после смешивания, млн.<sup>-1</sup>,
- $\rho_e$  - плотность выхлопных газов, кг/м<sup>3</sup> (см. таблицу 4),
- $c_b$  - фоновая концентрация индикаторного газа во всасываемом воздухе, млн.<sup>-1</sup>

Фоновая концентрация индикаторного газа ( $c_b$ ) может определяться путем усреднения фоновой концентрации, измеряемой 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 выхлопных газов, фоновой концентрацией можно пренебречь.

Вся эта система измерений должна удовлетворять требованиям линейности параметров расхода выхлопных газов, указанным в пункте 9.2.

#### 8.3.1.6. Метод измерения расхода воздуха и отношения воздуха к топливу

Этот метод предполагает необходимость расчета массы выхлопных газов на основании расхода воздуха и отношения воздуха к топливу. Расчет мгновенных значений расхода выхлопных газов по массе производится по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_1} \right) \quad (22)$$

при этом:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left( \beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (23)$$

$$\lambda_i = \frac{\beta \times \left( 100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( \beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})}, \quad (24)$$

где:

- $q_{mew,i}$  - мгновенное значение расхода выхлопных газов по массе, кг/с,
- $q_{maw,i}$  - мгновенное значение расхода всасываемого воздуха по массе, кг/с,
- $A/F_{st}$  - стехиометрическое отношение воздуха к топливу, кг/кг,
- $\lambda_i$  - мгновенное значение коэффициента избытка воздуха,
- $c_{CO2d}$  - концентрация  $CO_2$  на сухой основе, %,
- $c_{COd}$  - концентрация  $CO$  на сухой основе, млн.<sup>-1</sup>,
- $c_{HCw}$  - концентрация  $HC$  на влажной основе, млн.<sup>-1</sup>,

Расходомер воздуха и анализаторы должны удовлетворять требованиям линейности, указанным в пункте 9.2, а вся система в целом должна удовлетворять требованиям линейности расхода выхлопных газов, указанным в пункте 9.2

Если для измерения коэффициента избытка воздуха используется оборудование для измерения отношения воздуха к топливу, например циркониевый датчик, то в этом случае он должен удовлетворять спецификациям, указанным в пункте 9.3.2.7.

### 8.3.2 Определение газообразных компонентов

#### 8.3.2.1 Введение

Газообразные компоненты первичных выхлопных газов, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряются с помощью систем измерения и отбора проб, описанных в пункте 9.3 и приложении 3. Порядок оценки данных излагается в пункте 8.3.2.3.

В пунктах 8.3.2.4 и 8.3.2.5 описываются два метода расчета, которые эквивалентны для эталонных топлив, указанных в приложении 2. Порядок расчета, указанный в пункте 8.3.2.4, более прост, поскольку он предусматривает использование значений  $u$  в табличной форме, отражающих отношение плотности газообразного компонента к плотности выхлопных газов. Порядок, изложенный в пункте 8.3.2.5, более точен для определения качества топлива, которое не соответствует требованиям приложения 2, однако он предполагает необходимость элементарного анализа состава топлива.

#### 8.3.2.2 Отбор проб газообразных выбросов

Пробоотборники для отбора проб выбросов газообразных веществ должны устанавливаться на расстоянии не менее 0,5 м или на расстоянии, равном трем диаметрам выхлопной трубы, в зависимости от того, какая величина больше, перед выпускным отверстием системы выпуска выхлопных газов, но достаточно близко к двигателю, для того чтобы температура выхлопных газов в пробоотборнике составляла не менее 343 К (70°C).

Для испытания многоцилиндрового двигателя, имеющего выпускной коллектор, вход пробоотборника должен быть расположен на достаточном удалении таким образом, чтобы проба отражала средний выброс выхлопных газов из всех цилиндров. В случае многоцилиндровых двигателей с несколькими выпускными коллекторами, например V-образного двигателя, рекомендуется объединять коллекторы на выходе в точке отбора пробы. Если это практически не осуществимо, разрешается брать пробу из группы с самым высоким содержанием CO<sub>2</sub> в выхлопных газах. Для расчета выбросов выхлопных газов используется величина общей массы потока выхлопных газов.

Если двигатель оснащен системой последующей очистки выхлопных газов, то отбор проб должен производиться в месте, расположенном после системы последующей очистки выхлопных газов.

#### 8.3.2.3 Оценка данных

Для оценки выбросов газообразных компонентов необходимо регистрировать концентрации (HC, CO и NO<sub>x</sub>) первичных выхлопных газов и расход потока выхлопных газов по массе и вносить данные в компьютерную систему через интервалы, равные 2 Гц. Все другие данные должны регистрироваться со

скоростью отбора проб, равной не менее 1 Гц. Для аналоговых анализаторов регистрируется время срабатывания, а калибровочные данные можно применять в процессе оценки данных в режиме "онлайн" или "офлайн".

Для расчета массы газообразных компонентов выбросов следовые значения зарегистрированных концентраций и следовые значения расхода выхлопных газов по массе синхронизируются с учетом времени перехода, определенного в пункте 3.1.28. В этой связи время срабатывания каждого анализатора газообразных выбросов и системы измерения потока выхлопных газов по массе должно определяться в соответствии с пунктами 8.3.1.2 и 9.3.5 соответственно и регистрироваться.

#### 8.3.2.4 Расчет массы выбросов на основе табличных значений

Масса загрязняющих веществ (г/испытание) определяется методом расчета мгновенных значений массы выбросов на основе концентраций загрязняющих веществ в первичных выбросах и расхода выхлопных газов по массе, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в пункте 8.3.2.3, интегрирования мгновенных значений по всему циклу и умножения интегрированных значений на значения  $u$ , взятые из таблицы 4. В случае измерения на сухой основе до проведения дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации следует скорректировать на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета  $\text{NO}_x$  масса выбросов умножается на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , как указано в пункте 8.2.

Пример расчета приводится в приложении 6.

Для расчета используется следующее уравнение:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{в г/испытание}), \quad (25)$$

где:

$u_{\text{gas}}$  - отношение плотности данного компонента выхлопных газов к плотности выхлопных газов,

$c_{\text{gas},i}$  - мгновенное значение концентрации компонента в выхлопных газах,  $\text{млн.}^{-1}$ ,

$q_{\text{mew},i}$  - мгновенное значение расхода выхлопных газов по массе, кг/с,

$f$  - частота регистрации данных при отборе проб, Гц,

$n$  - число измерений.

Топливо	$\rho_e$	Газ					
		NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
		$\rho_{\text{gas}}$ [кг/м <sup>3</sup> ]					
		2,053	1,250	<sup>a)</sup>	1,9636	1,4277	0,716
$u_{\text{gas}}$ <sup>b)</sup>							
Дизельное	1,2943	0,001586	0,000966	0,000479	0,001517	0,001103	0,000553
Этанол	1,2757	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,001119	0,000561
СПГ <sup>c)</sup>	1,2661	0,001621	0,000987	0,000558 <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>e)</sup>	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
а) в зависимости от топлива б) при $\lambda = 2$ , влажном воздухе, 273 К, 101,3 кПа в) $u$ с точностью 0,2 % по массовому составу: C = 66 - 76 %; H = 22 - 25 %; N = 0 - 12 % г) NMHC на основе CH <sub>2,93</sub> (для общего количества HC используется коэффициент $u_{\text{gas}}$ для CH <sub>4</sub> ) д) $u$ с точностью 0,2 % по массовому составу: C3 = 70 - 90 %; C4 = 10 - 30 %							

**Таблица 4:** Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов первичных выхлопных газов

### 8.3.2.5 Расчет массы выбросов на основе точных уравнений

Масса загрязняющих веществ (г/испытание) определяется методом расчета мгновенных значений массы выбросов на основе концентраций загрязняющих веществ в первичных выхлопных газах, значений  $u$  и расхода выхлопных газов по массе, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в пункте 8.3.2.3, и интегрирования мгновенных значений по всему циклу. В случае измерения на сухой основе до проведения дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации следует скорректировать на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета NO<sub>x</sub> масса выбросов умножается на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , как указано в пункте 8.2.

Для расчета используется следующее уравнение:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas},i} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{в г/испытание}), \quad (26)$$

где:

- $u_{\text{gas}}$  - отношение плотности данного компонента выхлопных газов к плотности выхлопных газов,  
 $c_{\text{gas},i}$  - мгновенное значение концентрации компонента в выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup>,  
 $q_{\text{mew},i}$  - мгновенное значение расхода выхлопных газов по массе, кг/с,  
 $f$  - частота регистрации данных при отборе проб, Гц,  
 $n$  - число измерений.

Мгновенные значения  $u$  рассчитываются по следующей формуле:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{\text{e},i} \times 1\,000) \quad (27)$$

или

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{\text{e},i} \times 1\,000), \quad (28)$$

при этом:

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414, \quad (29)$$

где:

- $M_{\text{gas}}$  - молярная масса данного компонента газа, г/моль  
(см. приложение б),  
 $M_{\text{e},i}$  - мгновенное значение молярной массы выхлопных газов, г/моль,  
 $\rho_{\text{gas}}$  - плотность компонента газа, кг/м<sup>3</sup>  
 $\rho_{\text{e},i}$  - мгновенное значение плотности выхлопных газов, кг/м<sup>3</sup>.

Молярная масса выхлопных газов  $M_{\text{e}}$  определяется на основе общего состава топлива  $\text{C}_\beta \text{H}_\alpha \text{O}_\varepsilon \text{N}_\delta \text{S}_\gamma$  в предположении его полного сжигания по следующей формуле:

$$M_{\text{e},i} = \frac{1 + \frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}}}{\frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_{\text{a}} \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_{\text{a}}}}{1 + H_{\text{a}} \times 10^{-3}}} \quad (30)$$

где:

- $q_{\text{maw},i}$  - мгновенное значение расхода всасываемого воздуха по массе на влажной основе, кг/с,

- $q_{mf,i}$  - мгновенное значение расхода топлива по массе, кг/с,  
 $H_a$  - влажность всасываемого воздуха, г воды на кг сухого воздуха,  
 $M_a$  - молярная масса сухого всасываемого воздуха = 28,965 г/моль.

Плотность выхлопных газов  $\rho_e$  определяется по следующей формуле:

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_f \times 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}, \quad (31)$$

где:

- $q_{mad,i}$  - мгновенное значение расхода всасываемого воздуха по массе на сухой основе, кг/с,  
 $q_{mf,i}$  - мгновенное значение расхода потока топлива по массе, кг/с,  
 $H_a$  - влажность всасываемого воздуха, г воды на кг сухого воздуха,  
 $k_f$  - удельный коэффициент топлива, рассчитываемый по формуле 11 в пункте 8.1.1.

### 8.3.3. Определение содержания твердых частиц

#### 8.3.3.1 Введение

Для определения содержания твердых частиц необходимо произвести разрежение пробы с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Система частичного разрежения потока должна быть установлена таким образом, чтобы полностью устранить конденсацию воды в системах разрежения и отбора проб и поддерживать температуру разреженных выхлопных газов в пределах 315 К (42°C) - 325 К (52°C) непосредственно перед фильтродержателями. Если влажность разрежающего воздуха высокая, то допускается и весьма полезна повторная сушка воздуха до его подачи в систему разрежения. Температура разрежающего воздуха должна составлять более 288 К (15°C) в непосредственной близости от входа в смесительный канал.

Система частичного разрежения потока должна быть сконструирована таким образом, чтобы можно было извлечь из потока выхлопных газов двигателя пропорциональную пробу первичных выхлопных газов в целях учета колебаний расхода потока выхлопных газов и ввести разрежающий воздух в данную пробу для обеспечения температуры на испытательном фильтре в



пределах 315 К (42°C) - 325 К (52°C). Для этого коэффициент разрежения или коэффициент отбора  $r_d$  или  $r_s$  должен быть определен с такой точностью, которая обеспечивала бы соблюдение требований, предусмотренных в пункте 9.4.4.

Для определения массы твердых частиц необходимо иметь систему отбора проб твердых частиц, фильтры для отбора проб твердых частиц, весы с точностью взвешивания до миллионной доли грамма, а также камеру для взвешивания с контролируемой температурой и влажностью. Подробное описание системы содержится в пункте 9.4.

#### 8.3.3.2 Отбор проб твердых частиц

Как правило, пробоотборник твердых частиц устанавливается в непосредственной близости от пробоотборника газообразных выбросов, однако на достаточном расстоянии во избежание взаимных помех в работе. В этой связи положения пункта 8.3.2.2, регламентирующие установку этих устройств, применяются также к отбору проб твердых частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.

Для испытания многоцилиндрового двигателя, имеющего впускной коллектор, вход пробоотборника должен помещаться на достаточном удалении таким образом, чтобы проба отражала средний выброс выхлопных газов из всех цилиндров. В многоцилиндровых двигателях с несколькими выпускными коллекторами, например в V-образном двигателе, рекомендуется объединять коллекторы на участке до пробоотборника. Если это практически не осуществимо, то разрешается отбирать пробу из той группы, для которой характерен самый высокий уровень выбросов твердых частиц. Для расчета выбросов необходимо использовать общую массу потока выхлопных газов.

#### 8.3.3.3 Время срабатывания системы

Для контроля системы частичного разрежения потока нужна соответствующая быстродействующая система. Время перехода для этой системы определяется методом, указанным в пункте 9.4.6.3. Если общее время перехода для системы измерения параметров потока выхлопных газов (см. пункт 8.3.1.2) и системы частичного разрежения потока менее 0,3 с, то можно использовать систему контроля в режиме "он-лайн". Если время перехода превышает 0,3 с, то в этом случае необходимо использовать прогностический алгоритм управления на

основе предварительно записанных параметров испытания. В этом случае время восстановления должно составлять  $\leq 1$  с, а время задержки всей комбинации -  $\leq 10$  с.

Система должна быть сконструирована таким образом, чтобы общее время срабатывания обеспечивало репрезентативный отбор проб частиц  $q_{mp,i}$ , пропорциональный потоку выхлопных газов по массе. Для определения пропорциональности проводится регрессионный анализ значений  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  через интервалы не менее 5 Гц, что соответствует скорости регистрации данных. При этом необходимо соблюсти следующие критерии:

- a) коэффициент определения  $r^2$  линейной регрессии между  $q_{mp,i}$  и  $q_{mew,i}$  должен составлять не менее 0,95.
- b) Стандартная погрешность оценки  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  не должна превышать 5% от максимального значения  $q_{mp}$ .
- c) отрезок  $q_{mp}$ , отсекаемый линией регрессии, не должен превышать  $\pm 2\%$  от максимального значения  $q_{mp}$ .

В качестве варианта можно провести предварительное испытание и использовать полученный сигнал расхода выхлопных газов по массе для контроля расхода проб, поступающих в систему отбора твердых частиц ("прогностический алгоритм управления").

Такая процедура требуется в том случае, если время перехода конкретной системы  $t_{50,P}$  и/или время перехода сигнала расхода выхлопных газов по массе  $t_{50,F}$  составляет  $> 0,3$  секунды. Правильность регулировки системы частичного разрежения 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  $q_{mew,i}$  необходимо использовать данные, снятые 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 во времени между  $q_{mew}$  и  $q_{mp}$  представляет собой разницу между временем перехода каждого из этих параметров, которое было определено в соответствии с пунктом 9.4.6.3.

#### 8.3.3.4 Оценка данных

Собственный вес фильтра, определенный в соответствии с пунктом 7.8.2.2, вычитается из полного веса фильтра, определенного в соответствии с пунктом 7.8.4.5, что в результате дает массу пробы твердых частиц  $m_f$ . Для оценки концентрации твердых частиц необходимо регистрировать общую массу пробы ( $m_{sep}$ ), прошедшей через фильтры в течение всего испытательного цикла.

По предварительному одобрению компетентного органа, выдающего официальное утверждение по типу конструкции, масса твердых частиц может быть скорректирована на конкретный уровень разрежающего воздуха, как указывается в пункте 7.8.2.5, в соответствии с надлежащей технической практикой и конкретными конструктивными особенностями используемой системы измерения твердых частиц.

#### 8.3.3.5 Расчет массы выбросов

В зависимости от конструкции системы масса твердых частиц (г/испытание) рассчитывается с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.3.3.5.1 или 8.3.3.5.2, после корректировки массы пробы твердых частиц на статическое давление в соответствии с пунктом 9.4.3.5. Пример расчета приводится в приложении 6.

##### 8.3.3.5.1 Расчет на основе коэффициента отбора

$$m_{PM} = m_f / (r_s \times 1,000), \quad (32)$$

где:

$m_f$  - масса пробы твердых частиц, отобранных во время цикла, мг,

$r_s$  - средний коэффициент отбора проб в течение испытательного цикла, при этом:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}}, \quad (33)$$

где:

$m_{se}$  - масса пробы, отобранной в ходе цикла, кг,

$m_{ew}$  - общая масса потока выхлопных газов в течение цикла, кг,

$m_{\text{sep}}$  - масса разреженных выхлопных газов, прошедших через фильтры сбора твердых частиц, кг,

$m_{\text{sed}}$  - масса разреженных выхлопных газов, прошедших через смесительный канал, кг.

В случае системы общего отбора  $m_{\text{sep}}$  и  $m_{\text{sed}}$  идентичны.

### 8.3.3.5.2 Расчет на основе коэффициента разрежения

$$m_{\text{PM}} = \frac{m_f}{m_{\text{sep}}} \times \frac{m_{\text{edf}}}{1\,000}, \quad (34)$$

ГДЕ:

$m_f$  - масса пробы твердых веществ, отобранных в течение цикла, мг,

$m_{\text{sep}}$  - масса разреженных выхлопных газов, прошедших через фильтры сбора твердых частиц, кг,

$m_{\text{edf}}$  - масса эквивалентных разреженных выхлопных газов в течение цикла, кг,

Общая масса эквивалентных разреженных выхлопных газов в течение цикла определяется по следующим формулам:

$$m_{\text{edf}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{\text{medf},i} \times \frac{1}{f} \quad (35)$$

$$q_{\text{medf},i} = q_{\text{mew},i} \times r_{d,i} \quad (36)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{\text{mdew},i}}{(q_{\text{mdew},i} - q_{\text{mdw},i})}, \quad (37)$$

ГДЕ:

$q_{\text{medf},i}$  - мгновенное значение расхода эквивалентных разреженных выхлопных газов по массе, кг/с,

$q_{\text{mew},i}$  - мгновенное значение расхода выхлопных газов по массе, кг/с,

$r_{d,i}$  - мгновенное значение коэффициента разрежения,

$q_{\text{mdew},i}$  - мгновенное значение расхода разреженных выхлопных газов по массе, кг/с,

$q_{\text{mdw},i}$  - мгновенное значение расхода разрежающего воздуха по массе, кг/с,

$f$  - частота регистрации снятия данных при отборе проб, Гц,

$n$  - число измерений.

#### 8.4 Измерение в условиях полного разрежения потока (CVS)

Для расчета массы выбросов значения сигналов концентрации газовых компонентов, полученные методом интегрирования по всему циклу или методом отбора проб в камеры, умножаются на величину расхода разреженных выхлопных газов по массе. Расход выхлопных газов по массе должен измеряться с помощью системы отбора проб постоянного объема (CVS), в которой может использоваться поршневой насос (PDP), трубка Вентури с критическим расходом (CFV) или трубка Вентури для дозвукового потока (SSV) с компенсацией потока или без нее.

В случае отбора проб с помощью камеры отбора и отбора твердых частиц необходимо произвести пропорциональный отбор проб разреженных выхлопных 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 значение расхода индивидуального потока должно оставаться постоянным в пределах  $\pm 2,5\%$  от соответствующего расхода целевого потока.

Полная схема испытания схематически показана на рис. 7.

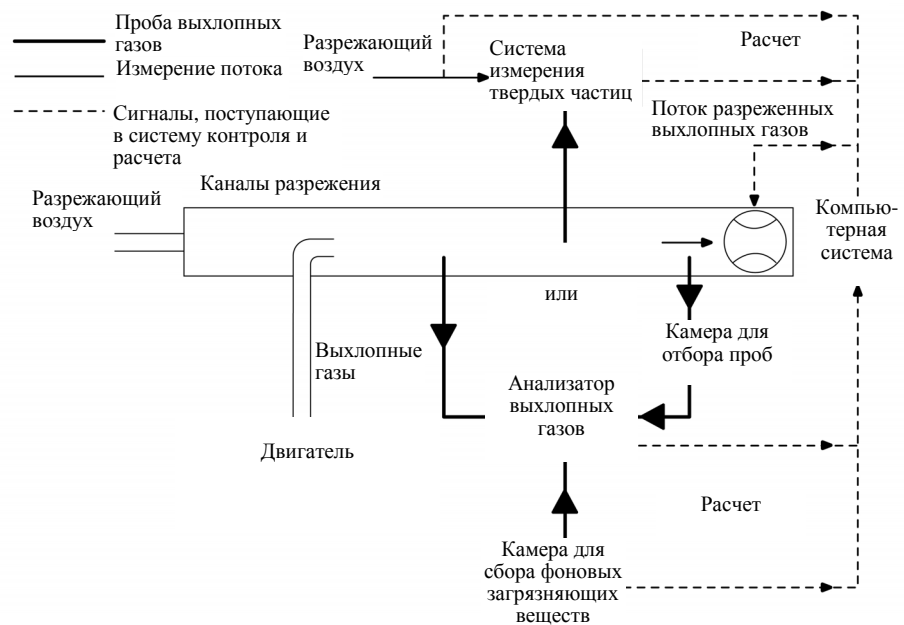


Рис. 7: Схема системы измерения с полным разрежением потока

## 8.4.1 Определение расхода разреженных выхлопных газов

## 8.4.1.1 Введение

Для расчета выбросов разреженных выхлопных газов необходимо знать расход разреженных выхлопных газов по массе. Общий поток разреженных выхлопных газов в течение цикла (кг/испытание) рассчитывается на основе значений замеров в течение цикла и с использованием соответствующих данных калибровки устройства измерения параметров потока ( $V_0$  для PDP,  $K_V$  для CFV,  $C_d$ , для SSV) с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.4.1.2. - 8.4.1.4. Если общая масса пробы твердых веществ ( $m_{sep}$ ) и газообразных загрязняющих веществ превышает 0,5% от массы общего потока CVS ( $m_{ed}$ ), то поток CVS корректируется на  $m_{sep}$  или же поток проб твердых частиц до прохождения через устройство измерения возвращается в систему CVS.

## 8.4.1.2 Система PDP-CVS

Расчет массы потока в течение цикла производится по следующей формуле, если температура разреженных выхлопных газов поддерживается в течение цикла с помощью теплообменника в пределах  $\pm 6$  К:

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T), \quad (38)$$

где:

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

$n_p$  - общее число оборотов насоса за испытание,

$p_p$  - абсолютное давление на входе насоса, кПа,

$T$  - средняя температура разреженных выхлопных газов на входе насоса, К.

Если используется система с компенсацией потока (т.е. без теплообменника), то необходимо рассчитать мгновенные значения массы выбросов и проинтегрировать их за весь цикл. В этом случае мгновенное значение массы разреженных выхлопных газов рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T), \quad (39)$$

где:

$n_{P,I}$  - общее число оборотов насоса за соответствующий промежуток времени.

#### 8.4.1.3 Система CFV-CVS

Расчет массы потока в течение цикла производится по следующей формуле, если температура разреженных выхлопных газов поддерживается в течение цикла с помощью теплообменника в пределах  $\pm 11$  К:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_V \times p_p / T^{0.5}, \quad (40)$$

где:

$t$  - продолжительность цикла, с,

$K_V$  - коэффициент калибровки трубки Вентури с критическим расходом для нормальных условий,

$p_p$  - абсолютное давление на входе трубки Вентури, кПа,

$T$  - абсолютная температура на входе трубки Вентури, К.

Если используется система с компенсацией потока (т.е. без теплообменника), то необходимо рассчитать мгновенные значения массы выбросов и проинтегрировать их за весь цикл. В этом случае мгновенное значение массы разреженных выхлопных газов рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_V \times p_p / T^{0.5}, \quad (41)$$

где:

$\Delta t_i$  - промежуток времени, с.

#### 8.4.1.4 Система SSV-CVS

Расчет массы потока в течение цикла рассчитывается по следующей формуле, если температура разреженных выхлопных газов поддерживается с использованием теплообменника в пределах  $\pm 11$  К в течение цикла:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV}, \quad (42)$$

при этом:

$$Q_{SSV} = A_0 \times d_v \times^2 C_d p_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}, \quad (43)$$

где:

$$A_0 - 0,006111 \text{ в единицах СИ } \left( \frac{m^3}{мин} \right) \left( \frac{K^{\frac{1}{2}}}{кПа} \right) \left( \frac{1}{mm^2} \right),$$

$d_v$  - диаметр отверстия SSV, м,

$C_d$  - коэффициент расхода SSV,

$p_p$  - абсолютное давление на входе трубки Вентури, кПа,

$T$  - температура на входе трубки Вентури, К,

$r_p$  - отношение размера отверстия SSV к абсолютному статическому давлению на входе,  $1 - \frac{\Delta p}{p_a}$ ,

$r_D$  - отношение диаметра отверстия SSV  $d$  к внутреннему диаметру  $D$  входной трубы.

Если используется система с компенсацией потока (т.е. без теплообменника), то необходимо рассчитать мгновенное значение массы выбросов и проинтегрировать их по всему циклу. В этом случае мгновенное значение массы разреженных выхлопных газов рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{ed} = 1.293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i, \quad (44)$$

где:

$\Delta t_i$  - промежуток времени, с.

Расчет в реальном режиме времени начинается либо со значения  $C_d$  в разумных пределах, например 0,98, или значения  $Q_{SSV}$  в разумных пределах. Если расчеты начинаются с  $Q_{SSV}$ , то для расчета числа Рейнольдса используется первоначальное значение  $Q_{SSV}$ .

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



## 8.4.2 Определение газообразных компонентов

### 8.4.2.1 Введение

Газообразные компоненты в разреженных выхлопных газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряются с помощью методов, изложенных в добавлении 3. Разрежение выхлопных газов должно производиться с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Мощность расхода системы с полным разрежением потока должна быть достаточной для полного устранения конденсации воды в системах разрежения и отбора проб. Процедуры оценки данных и расчетов изложены в пунктах 8.4.2.3 и 8.4.2.4.

### 8.4.2.2 Отбор проб газообразных выбросов

Выпускная труба между двигателем и системой полного разрежения потока должна соответствовать требованиям, изложенным в добавлении 3. Пробоотборник(и) газообразных выбросов необходимо устанавливать в смесительном канале в той точке, где разрежающий воздух и выхлопные газы хорошо смешиваются, и в непосредственной близости от пробоотборника твердых частиц.

Отбор проб обычно может производиться двумя методами:

- a) отбор проб загрязняющих веществ производится в камеру для отбора проб в течение всего цикла, и их количество замеряется после завершения испытания; в случае HC камера для отбора проб нагревается до  $464 \pm 11$  K ( $191 \pm 11$  °C), в случае NO<sub>x</sub> температура камеры для отбора проб должна быть выше температуры точки росы;
- b) отбор проб загрязняющих веществ производится непрерывно и полученное значение интегрируется по всему циклу.

Фоновые концентрации определяются на пробах, отобранных в камеру для отбора проб на входе в смесительный канал и вычитаются из концентрации выбросов в соответствии с пунктом 8.4.2.4.2.

#### 8.4.2.3 Оценка данных

Для оценки газообразных выбросов значения концентрации выбросов (НС, СО и NO<sub>x</sub>) и расход разреженных выхлопных газов по массе необходимо регистрировать через интервалы не менее 1 Гц и хранить в компьютерной системе. Все другие данные необходимо регистрировать с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов необходимо регистрировать время срабатывания, и в процессе оценки данных данные калибровки можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

#### 8.4.2.4 Расчет массы выбросов

##### 8.4.2.4.1 Системы с потоком постоянной массы

В случае систем с теплообменником масса загрязняющих веществ определяется по следующей формуле:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}} \quad (\text{в г/испытание}), \quad (45)$$

где:

- $u_{\text{gas}}$  - отношение плотности данного компонента выхлопных газов к плотности воздуха,
- $c_{\text{gas}}$  - средняя фоновая скорректированная концентрация компонента, млн.<sup>-1</sup>,
- $m_{\text{ed}}$  - общая масса разреженных выхлопных газов в течение цикла, кг,
- $q_{\text{mdew}}$  - расход разреженных выхлопных газов по массе, кг/с.

В случае измерения на сухой основе необходимо произвести корректировку на сухую/влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета NO<sub>x</sub> масса выбросов умножается на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Значения  $u$  приводятся в таблице 5. Для расчета значений  $u_{\text{gas}}$  плотность разреженных выхлопных газов принимается равной плотности воздуха. В этой связи значения  $u_{\text{gas}}$  идентичны для отдельных газовых компонентов, но различны для НС.

В качестве варианта может использоваться точный метод расчета по формулам 27 или 28, содержащимся в пункте 8.3.2.5.

Топливо	$\rho_{de}$	Газ					
		NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
		$\rho_{gas}$ [кг/м <sup>3</sup> ]					
		2,053	1,250	a)	1,9636	1,4277	0,716
$u_{gas}$ <sup>b)</sup>							
Дизельное	1,293	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,001104	0,000553
Этанол	1,293	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,001104	0,000553
СПГ <sup>c)</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000584 <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>e)</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553
а) в зависимости от топлива б) при $\lambda = 2$ , влажном воздухе, 273 К, 101,3 кПа в) с точностью 0,2 % по массовому составу: С = 66 - 76 %; Н = 22 - 25 %; N = 0 - 12 % д) NMHC на основе CH <sub>2,93</sub> (для общего количества HC используется коэффициент $u_{gas}$ для CH <sub>4</sub> ) е) с точностью 0,2 % по массовому составу: C3 = 70 - 90 %; C4 = 10 - 30 %							

Таблица 5: Значения  $u$  и плотность компонентов разреженного выхлопного газа

#### 8.4.2.4.2 Определение скорректированных фоновых концентраций

Для получения чистых концентраций загрязняющих веществ среднюю фоновую концентрацию газообразных загрязняющих веществ в разрежающем воздухе необходимо вычесть из измеренных концентраций. Средние величины фоновых концентраций можно определить либо с помощью камеры для отбора проб, либо методом непрерывного измерения с последующим интегрированием. Для расчета применяется следующая формула:

$$c = c_e - c_d \times (1 - (1/D)), \quad (46)$$

где:

$c_e$  - концентрация компонента, измеренная в разреженных выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup>,

$c_d$  - концентрация компонента, измеренная в разрежающем воздухе, млн.<sup>-1</sup>,

$D$  - коэффициент разрежения.

Коэффициент разрежения рассчитывается по следующей формуле:

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

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{HC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (47)$$

- b) для двигателей, работающих на ПГ

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}}, \quad (48)$$

где:

$c_{\text{CO}_2,e}$  - концентрация  $\text{CO}_2$  на влажной основе в разреженных выхлопных газах, % объема,

$c_{\text{HC},e}$  - концентрация HC на влажной основе в разреженных выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup> C1,

$c_{\text{NMHC},e}$  - концентрация NMHC на влажной основе в разреженных выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup> C1,

$c_{\text{CO},e}$  - концентрация CO на влажной основе в разреженных выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup>,

$F_S$  - стехиометрический коэффициент.

Стехиометрический коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3.76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)}, \quad (49)$$

где:

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

В качестве варианта, если состав топлива неизвестен, можно использовать следующие стехиометрические коэффициенты:

$$F_S \text{ (дизельное топливо)} = 13,4,$$

$$F_S \text{ (СНГ)} = 11,6,$$

$$F_S \text{ (ПГ)} = 9,5.$$

#### 8.4.2.4.3 Системы с компенсацией расхода

В случае систем без теплообменника масса загрязняющих веществ (г/испытание) определяется посредством расчета мгновенного значения массы выбросов и интегрирования мгновенных значений по всему циклу. Кроме того, мгновенные значения концентрации должны корректироваться на фоновую концентрацию. Расчет производится по следующей формуле:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n [(m_{\text{ed},i} \times c_e \times u_{\text{gas}})] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1-1/D) \times u_{\text{gas}})], \quad (50)$$

где:

- $c_e$  - концентрация компонента, измеренная в разреженных выхлопных газах, млн.<sup>-1</sup>,
- $c_d$  - концентрация компонента, измеренная в разрежающем воздухе, млн.<sup>-1</sup>,
- $m_{\text{ed},i}$  - мгновенное значение массы разреженных выхлопных газов, кг,
- $m_{\text{ed}}$  - общая масса разреженных выхлопных газов на протяжении всего цикла, кг,
- $u_{\text{газ}}$  - табличное значение, выбираемое из таблицы 5,
- $D$  - коэффициент разрежения.

#### 8.4.3 Определение твердых частиц

##### 8.4.3.1 Введение

Для определения содержания твердых частиц необходимо произвести разрежение пробы с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Мощность расхода системы полного двойного разрежения потока должна быть достаточной для полного устранения конденсации воды в системах разрежения и отбора проб и поддержания температуры разреженных выхлопных газов в пределах 315 К (42°C) - 325 К (52°C) непосредственно перед фильтродержателями. Если влажность разрежающего воздуха высокая, то допускается и весьма полезна повторная сушка воздуха до его подачи в систему разрежения. Температура разрежающего воздуха должна составлять более 288 К (15°C) в непосредственной близости от входа в смесительный канал.

Для определения массы твердых частиц необходимо иметь систему отбора проб твердых частиц, фильтры для отбора проб твердых частиц, весы с точностью взвешивания до миллионной доли грамма, а также камеру для взвешивания с контролируемой температурой и влажностью. Детальное описание системы содержится в пункте 9.4.

#### 8.4.3.2 Отбор проб твердых частиц

Пробоотборник твердых частиц устанавливается в смесительном канале в непосредственной близости от пробоотборника газообразных выбросов, однако на достаточном расстоянии во избежание взаимных помех в работе. В этой связи положения пункта 8.3.2.2, регламентирующие установку этих устройств, применяются также к отбору проб твердых частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.

#### 8.4.3.3 Расчет массы выбросов

Масса твердых частиц (г/испытание) рассчитывается после корректировки массы пробы твердых частиц на статическое давление в соответствии с пунктом 9.4.3.5 по следующей формуле:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1\ 000}, \quad (51)$$

где:

$m_f$  - масса твердых частиц, отобранная в течение цикла, мг,

$m_{sep}$  - масса разреженных выхлопных газов, проходящих через фильтры сбора твердых частиц, кг,

$m_{ed}$  - масса разреженных выхлопных газов в течение цикла, кг,

при этом

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}, \quad (52)$$

где:

$m_{set}$  - масса выхлопных газов, подвергнутых двойному разрежению, которые прошли через фильтры сбора твердых частиц, кг,

$m_{ssd}$  - масса вторичного разрежающего воздуха, кг.

Если фоновый уровень твердых частиц в разрежающем воздухе определен в соответствии с пунктом 7.8.2.5, то массу твердых частиц можно скорректировать по фоновому уровню. В этом случае масса твердых частиц (г/испытание) рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{PM} = \left[ \frac{m_i}{m_{sep}} - \left( \frac{m_b}{m_{sd}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000}, \quad (53)$$

где:

- $m_{sep}$  - масса разреженных выхлопных газов, проходящих через фильтры сбора твердых частиц, кг,
- $m_{ed}$  - масса разреженных выхлопных газов в течение цикла, кг,
- $m_{sd}$  - масса разрежающего воздуха, отобранного с помощью фонового пробоотборника твердых частиц, кг,
- $m_b$  - масса собранных фоновых твердых частиц в разрежающем воздухе, мг,
- $D$  - коэффициент разрежения, определенный в соответствии с пунктом 8.4.2.4.2.

## 8.5 Общие расчеты

### 8.5.1 Расчет NMHC и CH<sub>4</sub> с отделителем неметановых фракций

Концентрация NMHC и CH<sub>4</sub> рассчитывается по следующим формулам:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oCutter)} \times (1 - E_M) - c_{HC(w/Cutter)}}{E_E - E_M}, \quad (54)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/Cutter)} - c_{HC(w/oCutter)} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M}, \quad (55)$$

где:

- $c_{HC(w/Cutter)}$  - концентрация HC в пробе газа, проходящей через NMC, млн.<sup>-1</sup>,
- $c_{HC(w/oCutter)}$  - концентрация HC в пробе газа, идущей в обход NMC, млн.<sup>-1</sup>,
- $E_M$  - эффективность метана, определенная в соответствии с пунктом 9.3.8.1,
- $E_E$  - эффективность этана, определенная в соответствии с пунктом 9.3.8.2.

## 8.5.2 Расчет удельных выбросов

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

## 8.5.2.1 Испытание в условиях запуска в разогретом состоянии (ВСУЦ и ВСПЦ в разогретом состоянии)

$$e = \frac{m}{W_{\text{act}}}, \quad (56)$$

где:

$m$  масса выбросов данного компонента, г/испытание,

$W_{\text{act}}$  фактический цикл работы, установленный в соответствии с пунктом 7.7.1, кВт.

Окончательный результат испытаний ВСПЦ представляет собой взвешенное среднее значений, полученных в результате испытаний в условиях запуска в холодном состоянии и испытаний в условиях запуска в разогретом состоянии, по следующей формуле:

$$e = \frac{(0.14 \times m_{\text{cold}}) + (0.86 \times m_{\text{hot}})}{(0.14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0.86 \times W_{\text{act,hot}})} \quad (57a)$$

$$e = \frac{(0.1 \times m_{\text{cold}}) + (0.9 \times m_{\text{hot}})}{(0.1 \times W_{\text{act,cold}}) + (0.9 \times W_{\text{act,hot}})}. \quad (57b)$$

## 8.5.2.2 Системы последующей обработки выхлопных газов с периодической рекуперацией

Значения выбросов в условиях запуска в разогретом состоянии взвешиваются по следующей формуле:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r}, \quad (58)$$



где:

- $n$  - число испытаний ВСПЦ в условиях запуска в разогретом состоянии вне циклов рекуперации,
- $n_r$  - число испытаний ВСПЦ в условиях запуска в разогретом состоянии в ходе рекуперации (не менее одного испытания),
- $e$  - среднее значение удельных выбросов вне цикла рекуперации, г/кВт,
- $e_r$  - среднее значение удельных выбросов в ходе рекуперации, г/кВт.

Коэффициент рекуперации  $k_r$  определяется по следующей формуле:

$$k_r = \frac{e_w}{e} . \quad (59)$$

Коэффициент рекуперации  $k_r$ :

- a) применяется к взвешенным результатам испытания ВСПЦ, полученным в соответствии с пунктом 8.5.2.2,
- b) может применяться к испытаниям ВСУЦ и ВСПЦ в условиях запуска в холодном состоянии, если рекуперация происходит во время цикла,
- c) может быть распространен на другие двигатели, которые входят в одно и то же семейство,
- d) может быть распространен на другие семейства двигателей, использующих ту же систему последующей обработки, при условии предварительного одобрения компетентным органом, выдающим официальные утверждения по типу конструкции, на основании технических данных, подлежащих представлению заводом-изготовителем и подтверждающих, что выбросы аналогичны.

## 9. ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В настоящее приложение не включено детальное описание систем или измерительного оборудования расхода, давления и температуры. Вместо этого в пункте 9.2 указываются только требования к линейности такого оборудования или систем, которые необходимы для проведения испытаний на выбросы.

### 9.1 Спецификация динамометра

Для проведения соответствующего цикла испытаний, описанного в пунктах 7.2 и 7.3, используется динамометр для испытания двигателей, обладающий соответствующими характеристиками.

Приборы для измерения крутящего момента и число оборотов должны позволять производить измерения мощности на валу с точностью, необходимой для соблюдения критериев подтверждения правильности результатов цикла. В этой связи может потребоваться проведение дополнительных расчетов. Точность измерительного оборудования должна обеспечивать соблюдение требований к линейности, указанных в таблице 6 пункта 9.2.

### 9.2 Требования к линейности

Калибровка всех измерительных приборов и систем должна производиться в соответствии с национальными (международными) стандартами.

Измерительные приборы и системы должны соответствовать требованиям, предъявляемым к линейности, указанным в таблице 6. В случае газовых анализаторов проверка линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 производится не реже одного раза в три месяца или во всех случаях, когда производятся работы по ремонту или модификации системы, которые могут сказаться на калибровке. В случае других приборов и систем проверка линейности производится в соответствии с требованиями, установленными внутренними правилами проверки заводом-изготовителем прибора, или в соответствии с требованиями ИСО 9000.

Система измерения	Отрезок b	Наклон m	Стандартная погрешность СП	Коэффициент определения $r^2$
Число оборотов 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 выхлопных газов	$\leq 1\%$ макс.	0.98 - 1.02	$\leq 2\%$ макс.	$\geq 0,990$
Расход разрежающего воздуха	$\leq 1\%$ макс.	0.98 - 1.02	$\leq 2\%$ макс.	$\geq 0,990$
Расход разреженных выхлопных 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.	$\geq 0,998$
Давление	$\leq 1\%$ макс.	0.99 - 1.01	$\leq 1\%$ макс.	$\geq 0,998$
Баланс ТЧ	$\leq 1\%$ макс.	0.99 - 1.01	$\leq 1\%$ макс.	$\geq 0,998$

Таблица 6: Требования к линейности, предъявляемые к приборам и измерительным системам

## 9.2.1 Проверка линейности

### 9.2.1.1 Введение

Проверка линейности производится для каждой системы измерения, перечисленной в таблице 6. Каждая система измерений выставляется минимум по десяти исходным величинам, после чего измеренные величины сопоставляются с исходным с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов. Максимальные предельные значения в таблице 6 означают максимальные значения, которые, как ожидается, должны быть получены в ходе испытаний.

### 9.2.1.2 Общие требования

Системы измерения должны быть разогреты в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя приборов. Системы измерения приводятся в действие при указанных значениях температуры, давления и расхода.

### 9.2.1.3 Процедуры

Проверка линейности проводится по каждому диапазону измерений, используемому в обычных условиях, в следующем порядке:

- a) прибор устанавливается на нуль путем подачи нулевого сигнала. В случае газовых анализаторов очищенный синтетический воздух (или азот) подается непосредственно на вход анализатора;
- b) прибор выверяется посредством подачи соответствующего поверочного сигнала. В случаях газоанализаторов соответствующий поверочный газ подается непосредственно на вход анализатора;
- c) процедура установки на нуль, указанная в подпункте a), повторяется еще раз;
- d) проверка производится минимум по 10 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 подается непосредственно на вход анализатора;
- e) исходные величины измеряются, и измеренные значения регистрируются в течение 30 сек. с частотой регистрации не менее 1 Гц;
- f) расчет параметров с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов в соответствии с формулой 6 в пункте 7.7.2 производится на основе среднеарифметических значений, полученных в течение указанного выше периода продолжительностью 30 сек.;
- g) параметры, рассчитанные методом линейной регрессии, должны удовлетворять требованиям таблицы 6 пункта 9.2;
- h) установка на нуль проверяется еще раз и в случае необходимости производится повторная проверка.

## 9.3 Замеры газообразных выбросов и система отбора проб

### 9.3.1 Спецификации анализаторов

#### 9.3.1.1 Общие положения

Диапазон измерения анализаторов и время срабатывания должны соответствовать точности, предъявляемой к измерению концентрации компонентов выхлопных газов в условиях переходного и устойчивого состояния.

Уровень электромагнитной совместимости (EMC) оборудования должен быть таким, чтобы свести к минимуму дополнительные ошибки.

#### 9.3.1.2 Погрешность

Погрешность определяется как отклонение показаний анализатора от данного исходного значения. Погрешность не должна превышать  $\pm 2\%$  от показаний или  $\pm 0,3\%$  от полной шкалы измерений в зависимости от того, какая из величин больше.

#### 9.3.1.3 Точность

Точность, определяемая как стандартное отклонение 10 последовательных показаний на соответствующий калибровочный или поверочный газ, умноженное на 2,5, не должна превышать 1% полной шкалы измерения концентрации для каждого диапазона измерений более 155 млн.<sup>-1</sup> (или млн.<sup>-1</sup> С) или 2% от каждого диапазона менее 155 млн.<sup>-1</sup> (или млн.<sup>-1</sup> С).

#### 9.3.1.4 Помехи

Диапазон чувствительности анализатора на нулевой сигнал и калибровочный или поверочный газ в течение любого периода продолжительностью 10 сек. не должен превышать 2% полной шкалы измерений на всех используемых диапазонах.

#### 9.3.1.5 Смещение нуля

Нулевая чувствительность определяется как средняя чувствительность, включая помехи, на нулевой поверочный газ в течение 30-секундного интервала. Смещение нуля в течение периода в один час должно составлять менее 2% полной шкалы измерений на самом низком используемом диапазоне.

#### 9.3.1.6 Смещение калибровки

Калибровочная чувствительность определяется как средняя чувствительность, включая помехи, на поверочный газ в течение 30-секундного интервала. Смещение калибровки в течение периода в один час должно составлять менее 2% полной шкалы измерений на самом низком используемом диапазоне.

#### 9.3.1.7 Время восстановления

Время восстановления анализатора, установленного в системе измерения, не должно превышать 2,5 с.

#### 9.3.1.8 Сушка газа

Замер выхлопных газов может производиться на влажной или сухой основе. Устройство для сушки газа, если оно используется, должно оказывать минимальное воздействие на состав газов, подлежащих замеру. Использование химических сушиителей для удаления воды из пробы не допускается.

### 9.3.2 Газовые анализаторы

#### 9.3.2.1 Введение

Принципы измерения, которые необходимо применять, излагаются в пунктах 9.3.2.2-9.2.3.7. Детальное описание системы измерений содержится в приложении 3. Газы, подлежащие замеру, анализируются с помощью следующих приборов. В случае нелинейных анализаторов допускается использование контуров линеаризации.

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

Для анализа содержания окиси углерода используется недисперсионный инфракрасный анализатор (NDIR) абсорбционного типа.

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

Для анализа содержания двуокиси углерода используется недисперсионный инфракрасный анализатор (NDIR) абсорбционного типа.

#### 9.3.2.4 Анализ содержания углеводородов (HC)

Анализ содержания углеводородов проводится с помощью нагреваемого пламенно-ионизационного детектора (HFID), оснащенного датчиком, клапанами, системой трубопроводов и т.п. и нагреваемого таким образом, чтобы он мог поддерживать температуру газа в пределах  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В случае двигателей, работающих на ПГ, и двигателей с принудительным зажиганием в качестве анализатора углеводородов может использоваться, в зависимости от применяемого метода, ненагреваемый пламенно-ионизационный детектор (FID) (см. пункт А.3.1.3 приложения 3).

#### 9.3.2.5 Анализ содержания углеводородов, не содержащих метан (NMHC)

Содержание углеводородов, не содержащих фракцию метана, производится с помощью нагреваемого отделителя неметановых фракций (NMC), включенного последовательно с детектором FID, как указано в пункте А.3.1.4, путем выделения фракции метана из углеводородов.

#### 9.3.2.6 Анализ содержания окислов азота ( $\text{NO}_x$ )

В случае измерения на сухой основе для анализа содержания окислов азота в качестве анализатора используется хемилюминесцентный детектор (CLD) или нагреваемый хемилюминесцентный детектор (HCLD) с преобразователем  $\text{NO}_2/\text{NO}$ . В случае измерения на влажной основе используется HCLD с преобразователем, поддерживающим температуру выше  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ) при условии соблюдения критериев проверки на сбой по воде (см. пункт 9.3.9.2.2.). В случае CLD и HCLD температура стенки канала отбора проб должна поддерживаться в пределах  $328 \text{ K}$ - $473 \text{ K}$  ( $55^\circ\text{C}$ - $200^\circ\text{C}$ ) вплоть до преобразователя в случае замеров на сухой основе, и до анализатора - в случае замеров на влажной основе.

#### 9.3.2.7 Замер отношения воздуха к топливу

Оборудование для измерения отношения воздуха к топливу, которое используется для определения расхода выхлопных газов, в соответствии с указаниями, содержащимися в пункте 8.3.1.6, должно представлять собой широкополосный датчик состава смеси или кислородный датчик циркониевого типа. Датчик должен устанавливаться непосредственно на выхлопной трубе в

том месте, где температура выхлопных газов достаточно высока и позволяет устранить конденсацию водяных паров.

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

± 3 процента показаний	при	$\lambda < 2$
± 5 процентов показаний	при	$2 \leq \lambda < 5$
± 10 процентов показания	при	$5 \leq \lambda$

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

### 9.3.3 Калибровочные газы

Необходимо использовать калибровочные газы с неистекшим сроком годности. Срок истечения годности калибровочных газов, указанный заводом-изготовителем, регистрируется.

#### 9.3.3.1 Химически чистые газы

Требуемая чистота газов определяется величинами предельного содержания загрязняющих примесей, которые приводятся ниже. Для проведения испытаний необходимо иметь в наличии следующие газы:

Чистый азот

(Загрязняющие примеси  $\leq 1 \text{ млн.}^{-1} \text{ C1}$ ,  $\leq 1 \text{ млн.}^{-1} \text{ CO}$ ,  $\leq 400 \text{ млн.}^{-1} \text{ CO}_2$ ,  $\leq 0,1 \text{ млн.}^{-1} \text{ NO}$ )

Чистый кислород

(Чистота  $> 99,5$  объемных процента  $\text{O}_2$ )

Смесь водород-гелий

( $40 \pm 2\%$  водород, остальное гелий)

(Загрязняющие примеси  $\leq 1 \text{ млн.}^{-1} \text{ C1}$ ,  $\leq 400 \text{ млн.}^{-1} \text{ CO}_2$ )



Чистый синтетический воздух

(Загрязняющие 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 в пределах 18-21 объемный процент)

### 9.3.3.2 Калибровочные и поверочные газы

Необходимо обеспечить наличие смесей газов со следующим химическим составом. Допускаются также другие сочетания газов при условии, что они не вступают в реакцию между собой.

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

CO и чистый азот;

NO<sub>x</sub> и чистый азот (общее содержание NO<sub>2</sub> в этом калибровочном газе не должно превышать 5% от содержания NO);

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

Истинная концентрация того или иного калибровочного и поверочного газа должна находиться в пределах  $\pm 1\%$  от номинальной величины и должна соответствовать национальным и международным стандартам. Все концентрации калибровочного газа должны указываться в единицах объема (объемный процент или объемная доля млн.<sup>-1</sup>).

### 9.3.3.3 Газовые сепараторы

Газы, используемые для калибровки и проверки, можно также получить с помощью газовых сепараторов (прецезионных смесителей) путем разрежения с помощью очищенного N<sub>2</sub> или очищенного синтетического воздуха.

Погрешность измерения газового сепаратора должна быть такой, чтобы погрешность измерения концентрации смешанных калибровочных газов находилась в пределах  $\pm 2\%$ . Данная погрешность означает, что точность количества газов, используемых в смеси, составляет не менее  $\pm 1\%$  в

соответствии с национальными или международными стандартами на газ. Проверка производится в диапазоне 15-50% полной шкалы измерений для каждой операции калибровки с использованием газового сепаратора. Если первая проверка дала отрицательные результаты, то можно провести дополнительную проверку с использованием другого калибровочного газа.

При желании смеситель можно проверить с помощью прибора, который по своему характеру является линейным, например с помощью CLD с использованием NO. Пределы измерений прибора можно отрегулировать с помощью поверочного газа, непосредственно направляемого в прибор. Газовый сепаратор проверяется при данных параметрах настройки, и номинальное значение сопоставляется с концентрацией, измеренной с помощью данного прибора. Разница в показаниях в каждой точке должна находиться в пределах  $\pm 1\%$  от номинального значения.

В случае проверки линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 погрешность 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 на уровне  $350 \text{ млн.}^{-1} \text{ C} \pm 75 \text{ млн.}^{-1} \text{ C}$  углеводорода. Значение концентрации определяется по допускам на калибровочный газ путем хроматографического анализа общего состава углеводородов плюс загрязняющих примесей или методом динамического смешивания. Концентрации кислорода, требуемые в случае проверки двигателей с принудительным зажиганием и с воспламенением от сжатия, перечислены в таблице 7 с учетом того, что азот должен быть очищенным.

Тип двигателя	Концентрация O <sub>2</sub> (в процентах)
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)

Таблица 7: Газы для проверки кислородной интерференции

#### 9.3.4 Испытание на герметичность

Система подвергается испытанию на герметичность. Пробоотборник отсоединяется от выхлопной системы, а входное отверстие закрывается. Далее включается насос анализатора. После первоначального периода стабилизации все расходомеры должны показывать ноль. Если этого не происходит, то проводится проверка пробоотборных магистралей, и неполадка устраняется.

Максимально допустимая интенсивность утечки со стороны разрежения должна составлять 0,5% от эксплуатационного показателя расхода в той части системы, которая подвергается проверке. Для оценки используемых показателей расхода можно использовать расход в анализаторе и в обходных контурах.

В качестве варианта газы из системы могут быть откачаны до вакуумного давления не более 20 кПа (абсолютное давление - 80 кПа). После первоначального периода стабилизации скорость нарастания давления  $\Delta p$  (кПа/мин.) в системе не должна превышать:

$$\Delta p = p / V_s \times 0.005 \times q_{vs}, \quad (60)$$

где:

$V_s$     объем системы, л,

$q_{vs}$     расход потоков в системе, л/мин.

Другой метод заключается в ступенчатом изменении уровня концентрации в начале пробоотборной магистрали путем переключения с нулевого газа на поверочный. Если в случае правильно калиброванного анализатора по прошествии достаточного периода времени прибор показывает  $\leq 99\%$  по сравнению с введенной концентрацией, это свидетельствует о наличии утечки, которую необходимо устранить.

#### 9.3.5 Проверка времени срабатывания аналитической системы

Настройка системы на проверку времени срабатывания должна быть точно такой же, как и в случае замеров в ходе испытания (т.е. настройка давления, расхода, фильтров, анализаторов и всех других параметров, влияющих на

время срабатывания). Время срабатывания определяется с помощью газа, который непосредственно подводится к входу 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% от полной шкалы измерений (FS).

Следовая концентрация каждого отдельного газового компонента регистрируется. Время срабатывания представляет собой 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 представляет собой время, исчисляемое с момента изменения ( $t_0$ ) до того момента, когда показания составляют 10% от конечных показаний ( $t_{10}$ ). Время восстановления представляет собой промежуток времени между моментами, когда показания составляют 10% и 90% конечных показаний ( $t_{90} - t_{10}$ ).

В случае синхронизации сигналов анализатора и сигналов регистрации расхода выхлопных газов время перехода представляет собой промежуток времени с момента изменения ( $t_0$ ) до момента, когда показания составляют 50% от конечных показаний ( $t_{50}$ ).

В соответствии с пунктом 9.3.1.7 для всех ограниченных компонентов (CO, NO<sub>x</sub>, HC или NMHC) и всех диапазонов измерений время срабатывания системы должно составлять  $\leq 10$  с, а время восстановления -  $\leq 2,5$  с.

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

Проверка эффективности преобразователя, используемого для преобразования NO<sub>2</sub> в NO, проводится в соответствии с положениями пунктов 9.3.6.1-9.3.6.8 (см. рис. 8).

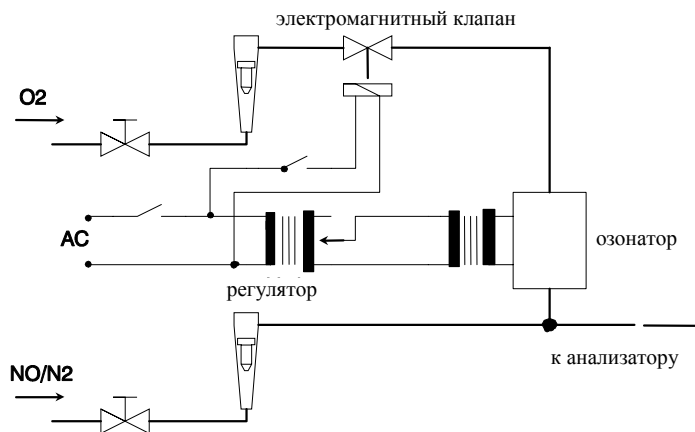


Рис. 8: Схема устройства проверки эффективности преобразователя NO<sub>2</sub>

#### 9.3.6.1 Испытательная установка

Эффективность преобразователя можно проверить с помощью озонатора на испытательной установке, схематически показанной на рис. 8, в соответствии с указанной ниже процедурой.

#### 9.3.6.2 Калибровка

CLD и HCLD калибруются по основному рабочему диапазону в соответствии со спецификациями завода-изготовителя с помощью нулевого и поверочного газа (в последнем содержание NO должно составлять примерно 80% рабочего диапазона, а концентрация NO<sub>2</sub> в газовой смеси - менее 5% концентрации NO). Анализатор NO<sub>x</sub> должен быть отрегулирован в режиме NO таким образом, чтобы поверочный газ не проникал в преобразователь. Показания концентрации регистрируются.

#### 9.3.6.3 Расчеты

Эффективность преобразователя в процентах рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100, \quad (61)$$

где:

- a* - концентрация NO<sub>x</sub> в соответствии с пунктом 9.3.6.6
- b* - концентрация NO<sub>x</sub> в соответствии с пунктом 9.3.6.7

- c* - концентрация NO в соответствии с пунктом 9.3.6.4
- d* - концентрация NO в соответствии с пунктом 9.3.6.5.

#### 9.3.6.4 Дополнительная подача кислорода

С помощью Т-образного соединения в поток газа постоянно добавляется кислород до тех пор, пока указанная концентрация не будет на 20% меньше концентрации калибровки, указанной в пункте 9.3.6.2 (анализатор отрегулирован на режим NO).

Показания концентрации (*c*) регистрируются. Озонатор в течение этой процедуры остается отключенным.

#### 9.3.6.5 Включение озонатора

Озонатор включается для получения озона в количестве, достаточном для снижения концентрации NO приблизительно на 20% (минимум 10%) концентрации калибровки, указанной в пункте 9.3.6.2. Показания концентрации (*d*) регистрируются (анализатор отрегулирован на режим NO).

#### 9.3.6.6 Режим NO<sub>x</sub>

Анализатор NO переключают в режим NO<sub>x</sub> таким образом, чтобы газовая смесь (состоящая из NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>) с этого момента проходила через преобразователь. Показания концентрации (*a*) регистрируются (анализатор отрегулирован на режим NO<sub>x</sub>).

#### 9.3.6.7 Отключение озонатора

Затем озонатор отключается. Газовая смесь, указанная в пункте 9.3.6.6, проходит через преобразователь и попадает в детектор. Показания концентрации (*b*) регистрируются (анализатор отрегулирован на режим NO<sub>x</sub>).

#### 9.3.6.8 Режим NO

При отключенном озонаторе производится переключение на режим NO, при этом также отключается подача кислорода или синтетического воздуха. Значение NO<sub>x</sub>, 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 NO).

#### 9.3.6.9 Интервал проведения испытаний

Эффективность преобразователя должна проверяться не реже одного раза в месяц.

#### 9.3.6.10 Требуемая эффективность

Эффективность преобразователя  $E_{NOx}$  должна составлять не менее 95%.

Если на наиболее часто используемом диапазоне анализатора озонатор не в состоянии снизить концентрацию с 80% до 20% в соответствии с пунктом 9.3.6.5, то в этом случае используется наибольший диапазон, который обеспечит такое снижение.

### 9.3.7 Регулировка FID

#### 9.3.7.1 Оптимизация срабатывания детектора

FID должен быть отрегулирован в соответствии с указаниями завода - изготовителя прибора. Для оптимизации срабатывания в наиболее часто используемом рабочем диапазоне необходимо использовать поверочный газ, содержащий пропан и воздух.

После установки показателей расхода топлива и воздуха в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя в анализатор подается поверочный газ C в концентрации  $350 \pm 75$  млн.<sup>-1</sup>. Время срабатывания при данном расходе топлива определяется по разности между временем срабатывания на поверочный газ и временем срабатывания на нулевой газ. Расход топлива постепенно устанавливается несколько выше и несколько ниже спецификаций завода-изготовителя. Время срабатывания на поверочный и нулевой газ регистрируется при этих величинах расхода топлива. Разница между временем срабатывания на поверочный газ и временем срабатывания на нулевой газ наносится на график, и расход топлива корректируется по стороне кривой с большими значениями расхода. Это - первоначальная регулировка расхода, который, возможно, необходимо будет подрегулировать дополнительно в зависимости от результатов проверки коэффициентов срабатывания на

углеводород и показателей кислородной интерференции в соответствии с пунктами 9.3.7.2 и 9.3.7.3. Если показатели кислородной интерференции и коэффициенты срабатывания на углеводород не удовлетворяют нижеследующим спецификациям, то расход воздуха необходимо постепенно корректировать несколько выше и несколько ниже спецификаций завода-изготовителя, повторив процедуру, указанную в пунктах 9.3.7.2 и 9.3.7.3, для каждого значения расхода.

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

#### 9.3.7.2 Коэффициенты срабатывания на углеводороды

Проверка линейности анализатора проводится с использованием смеси пропан-воздух и чистого синтетического воздуха в соответствии с пунктом 9.2.1.3.

Коэффициенты срабатывания определяются при включенном анализаторе и после основных рабочих интервалов. Коэффициент срабатывания ( $r_h$ ) для конкретного вида углеводорода представляет собой соотношение между показанием FID C1 и концентрацией газа в цилиндре и выражается в млн.<sup>-1</sup> C1.

Концентрация газа для проведения испытания должна обеспечивать срабатывание на уровне приблизительно 80% полной шкалы измерения. Концентрация должна быть известна с точностью до  $\pm 2\%$  по отношению к гравиметрическому эталону, выраженному в объемных единицах. Кроме того, газовый баллон должен предварительно выдерживаться в течение 24 часов при температуре  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ).

Используемые испытательные газы и относительные диапазоны коэффициентов срабатывания указаны ниже:

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

Эти значения соответствуют коэффициенту  $r_h$ , равному 1 для пропана и чистого синтетического воздуха.



### 9.3.7.3 Проверка кислородной интерференции

Только в случае анализаторов первичных выхлопных газов проверка кислородной интерференции проводится при введении анализатора в эксплуатацию и после основных рабочих интервалов.

Диапазон выбирается таким образом, чтобы концентрация газов, используемых для проверки кислородной интерференции, находилось в пределах 50% верхней части шкалы. Испытание проводится при температуре камеры, установленной в соответствии с требованиями. Спецификации газа, используемого для проверки кислородной интерференции, указаны в пункте 9.3.3.4.

- a) Анализатор устанавливается на нуль.
- b) В случае двигателей с принудительным зажиганием анализатор проверяется с помощью 0-процентной смеси кислорода. Приборы для проверки двигателей с воспламенением от сжатия проверяются с помощью смеси, содержащей 21% кислорода.
- c) Срабатывание на 0-процентную смесь проверяется еще раз. Если оно изменилось более чем на 0,5% от полной шкалы, то операции (a) и (b), указанные в настоящем пункте, повторяются.
- d) Для проверки кислородной интерференции вводится 5-процентная и 10-процентная смесь газов.
- e) Срабатывание на нулевую концентрацию проверяется еще раз. Если оно изменилось более чем на  $\pm 1$  полной шкалы, то испытание проводится еще раз.
- f) Величина кислородной интерференции  $E_{O_2}$  рассчитывается для каждой смеси, указанной в пункте d), по следующей формуле:

$$E_{O_2} = (c_{\text{ref,d}} - c) \times 100 / c_{\text{ref,d}} , \quad (62)$$

при этом показатель срабатывания анализатора рассчитывается по следующей формуле:

$$c = \frac{c_{\text{ref,b}} \times c_{\text{FS,b}}}{c_{\text{m,b}}} \times \frac{c_{\text{m,d}}}{c_{\text{FS,d}}}, \quad (63)$$

где:

$c_{\text{ref,b}}$  - исходная концентрация НС в соответствии с пунктом b), млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{\text{ref,d}}$  - исходная концентрация НС в соответствии с пунктом d), млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{\text{FS,b}}$  - концентрация НС по полной шкале в соответствии с пунктом b), млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{\text{FS,d}}$  - концентрация НС по полной шкале в соответствии с пунктом d), млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{\text{m,b}}$  - измеренная концентрация НС в соответствии с пунктом b), млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{\text{m,d}}$  - измеренная концентрация НС в соответствии с пунктом d), млн.<sup>-1</sup> С.

- g) До проведения испытания показатель кислородной интерференции  $E_{\text{O}_2}$  должен находиться в пределах  $\pm 1,5\%$  для всех газов, которые необходимо использовать для проверки кислородной интерференции.
- h) Если показатель кислородной интерференции  $E_{\text{O}_2}$  больше  $\pm 1,5\%$ , то можно произвести корректировку посредством постепенного регулирования расхода воздуха несколько выше и несколько ниже спецификаций завода-изготовителя прибора, а также расхода топлива и расхода проб.
- i) Проверка кислородной интерференции проводится для каждой новой регулировки.

### 9.3.8 Эффективность отделителя неметановых фракций (НМС)

НМС используются для удаления из исследуемого газа углеводородов, не содержащих метан, путем окисления всех углеводородов, за исключением метана. В идеальном случае преобразование метана должно составлять 0%, а в случае других углеводородов, представленных этаном, - 100%. Для точного измерения НМНС определяются два показателя эффективности, которые используются для расчета расхода выбросов НМНС по массе (см. пункт 8.5.1).

#### 9.3.8.1 Эффективность метана

Метан, используемый в качестве калибровочного газа, пропускается через FID через и в обход NMC. Оба показателя концентрации регистрируются. Эффективность определяется по следующей формуле:

$$E_M = 1 - \frac{c_{HC(w/cutter)}}{c_{HC(w/o cutter)}}, \quad (64)$$

где:

$c_{HC(w/cutter)}$  - концентрация HC в случае пропускания  $CH_4$  через NMC, млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{HC(w/o cutter)}$  - концентрация HC в случае пропускания  $CH_4$  в обход NMC, млн.<sup>-1</sup> С.

#### 9.3.8.2 Эффективность этана

Этан, используемый в качестве калибровочного газа, пропускается через FID через и в обход NMC. Оба показателя концентрации регистрируются. Эффективность определяется по следующей формуле:

$$E_E = 1 - \frac{c_{HC(w/cutter)}}{c_{HC(w/o cutter)}}, \quad (65)$$

где:

$c_{HC(w/cutter)}$  - концентрация HC в случае пропускания  $C_2H_6$  через NMC, млн.<sup>-1</sup> С,

$c_{HC(w/o cutter)}$  - концентрация HC в случае пропускания  $C_2H_6$  в обход NMC, млн.<sup>-1</sup> С.

#### 9.3.9 Эффекты интерференции

Помимо анализируемого газа, на показания приборов могут оказывать влияние тем или иным образом и другие газы. Позитивная интерференция наблюдается в измерительных приборах NDIR, если посторонний газ оказывает такое же воздействие, как и исследуемый, но в меньшей степени. Негативная интерференция в измерительных приборах NDIR наблюдается в результате

того, что посторонний газ расширяет полосу поглощения исследуемого газа, а в измерительных приборах CLD - в результате того, что посторонний газ замедляет реакцию. Проверка интерференции, описанная в пунктах 9.3.9.1 и 9.3.9.2, проводится до первоначального использования анализатора и после основных рабочих интервалов.

#### 9.3.9.1 Проверка интерференции анализатора CO

Вода и CO<sub>2</sub> могут нарушить работу анализатора CO. Поэтому поверочный газ CO<sub>2</sub> с концентрацией 80%-100% полной шкалы измерений максимального рабочего диапазона, используемого в ходе испытаний, пропускается через воду при комнатной температуре, и регистрируется чувствительность анализатора. Чувствительность анализатора не должна быть больше 1% полной шкалы для диапазонов, равных или выше 300 млн.<sup>-1</sup>, или больше 3 млн.<sup>-1</sup> для диапазонов ниже 300 млн.<sup>-1</sup>.

#### 9.3.9.2 Проверка на сбой анализатора NO<sub>x</sub>

К двум газам, которые могут влиять на работу анализатора CLD (и HCLD), относятся CO<sub>2</sub> и водяной пар. Чувствительность приборов к действию этих газов пропорциональна их концентрации и поэтому требует проведения испытания для определения возможности сбоя анализатора при самых высоких предполагаемых концентрациях, которые могут обнаружиться в ходе испытания.

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

Поверочный газ CO<sub>2</sub> с концентрацией 80%-100% полной шкалы максимального рабочего диапазона пропускается через анализатор NDIR, и величина CO<sub>2</sub> регистрируется в качестве *A*. Затем этот газ разрежается приблизительно на 50% с помощью поверочного газа NO и пропускается через NDIR и CLD, причем величины CO<sub>2</sub> и NO регистрируются в качестве *B* и *C*, соответственно. Подача CO<sub>2</sub> прекращается и через (H)CLD пропускается только поверочный газ NO, величина которого регистрируется в качестве *D*.

Возможность сбоя в процентах рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[ 1 - \left( \frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100, \quad (66)$$

где:

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

С одобрения компетентного органа, выдающего официальное утверждение по типу конструкции, могут использоваться альтернативные методы разрежения и количественного определения значений концентрации поверочных газов CO<sub>2</sub> и NO, такие, как динамическое смешивание/дозирование.

#### 9.3.9.2.2 Проверка на сбой по воде

Эта проверка применяется только к измерению концентрации влажного газа. При расчете возможности сбоя, вызываемого водой, необходимо учитывать разрежение поверочного газа NO водяным паром и величину концентрации водяного пара в смеси, которая, как ожидается, будет достигнута во время испытания.

Поверочный газ NO с концентрацией 80%-100% полной шкалы в обычном рабочем диапазоне пропускается через (H)CLD, при этом величина NO регистрируется в качестве *D*. Затем поверочный газ NO пропускается через воду при комнатной температуре и направляется через (H)CLD, при этом величина NO регистрируется в качестве *C*. Температура воды также измеряется и регистрируется в качестве *F*. Кроме того, определяется и регистрируется в качестве *G* давление насыщенных паров смеси, которая соответствует температуре (*F*) воды в барботёре.

Концентрация водяных паров (в %) смеси рассчитывается по следующей формуле:

$$H = 100 \times (G / p_b) \quad (67)$$

и регистрируется в качестве *H*. Ожидаемая концентрация поверочного газа NO (в водяных парах) рассчитывается по следующей формуле:

$$D_e = D \times (1 - H / 100) \quad (68)$$

и регистрируется в качестве  $D_e$ . В случае выхлопных газов дизельного двигателя максимальная концентрация водяного пара в выхлопных газах (в %), которая, как ожидается, может быть достигнута в ходе испытания, определяется - при предположении, что соотношение Н/С в топливе составляет 1,8/1, - на основе максимальной концентрации  $CO_2 A$  в выхлопных газах по следующей формуле:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (69)$$

и регистрируется в качестве  $H_m$

Возможность сбоя в работе по воде рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{H_2O} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H), \quad (70)$$

где:

$D_e$  - ожидаемая концентрация разреженного NO, млн.<sup>-1</sup>,  
 $C$  - измеренная концентрация разреженного NO, млн.<sup>-1</sup>,  
 $H_m$  - максимальное давление водяных паров, %,  
 $H$  - фактическое давление водяных паров, %.

#### 9.3.9.2.3 Максимально допустимый сбой

- a) в случае замера на первичных выхлопных газах:
  - i) сбой по  $CO_2$  в соответствии с пунктом 9.3.9.2.1: 2% от полной шкалы,
  - ii) сбой по воде в соответствии с пунктом 9.3.9.2.2: 3% от полной шкалы.
  
- b) В случае измерения разреженных выхлопных газов:
  - i) 2% совокупного сбоя по  $CO_2$  и воде.

#### 9.3.9.2.4 Эффективность охлаждающей ванны

В случае сухих анализаторов CLD следует показать, что при наибольшей ожидаемой концентрации водяных паров  $H_m$  (см. пункт 9.3.9.2.2) применяемый метод удаления воды позволяет поддерживать влажность CLD на уровне  $\leq 5$  г воды/кг сухого воздуха (или приблизительно 0,008%  $H_2O$ ), что представляет собой при 3,9 °C и 101,3 кПа относительную влажность на уровне 100%. Этот показатель влажности также эквивалентен 25-процентной относительной влажности при 25°C и 101,3 кПа. Это может быть подтверждено путем замера температуры на выходе термического влагопоглотителя или путем измерения влажности в точке непосредственно перед CLD. Влажность выхлопных газов, проходящих через CLD, можно также измерить в том случае, если в CLD поступает только поток из влагопоглотителя.

### 9.4 Измерение твердых частиц и система отбора проб

#### 9.4.1 Общие требования

Для определения массы твердых частиц необходимо иметь систему отбора проб твердых частиц, фильтры для отбора проб твердых частиц, весы с точностью взвешивания до миллионной доли грамма, а также камеру для взвешивания с контролируемой температурой и влажностью. Система отбора проб твердых частиц должна быть сконструирована таким образом, чтобы она обеспечивала репрезентативность пробы твердых частиц, пропорциональной расходу выхлопных газов.

#### 9.4.2 Фильтры для отбора проб твердых частиц

Отбор проб разреженных выхлопных газов производится с помощью фильтра, который удовлетворяет нижеследующим требованиям, содержащимся в пунктах 9.4.2.1-9.4.2.3, в ходе всей последовательности испытаний. Выбор между вариантами, указанными в пунктах 9.4.2.1 и 9.4.2.2, делается Договаривающимися сторонами.

##### 9.4.2.1 Технические требования к фильтрам

Степень улавливания фильтров всех типов должна составлять 0,3 мкм DOP (диоктилфталат), а эффективность - не менее 99%. Фильтр должен быть изготовлен из:

- a) стекловолокна с фторуглеродным покрытием (PTFE); или
- b) фторуглеродистой (PTFE) мембраны.

#### 9.4.2.2 Размер фильтра

Диаметр фильтра должен составлять:

- a) 47 мм или
- b) 70 мм.

#### 9.4.2.3 Скорость прохождения выхлопных газов через фильтрующую поверхность

Скорость прохождения газов через фильтрующую поверхность не должна превышать 1 м/с. Давление в конце испытания не должно уменьшаться более чем на 25 кПа по сравнению с давлением в начале испытания.

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

##### 9.4.3.1 Условия в камере для взвешивания

Температура камеры (или помещения), в котором проводится кондиционирование и взвешивание фильтров для твердых частиц, должна поддерживаться на уровне  $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$  ( $22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ) в течение всего времени кондиционирования и взвешивания фильтра. Влажность должна поддерживаться на уровне точки росы  $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$  ( $9,5^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ), а относительная влажность - на уровне  $45\% \pm 8\%$ . В случае использования чувствительных весов рекомендуемая температура окружающего воздуха в камере для взвешивания и температура точки росы должна находиться в пределах  $\pm 1 \text{ K}$ .

##### 9.4.3.2 Взвешивание эталонного фильтра

Внутри камеры (или помещения) не должно быть никаких загрязняющих веществ (таких, как пыль), которые могли бы оседать на фильтры для твердых частиц в течение их стабилизации. Отклонение от технических требований к помещению для взвешивания, определенных в пункте 9.4.3.1, допускаются в том случае, если продолжительность этих отклонений составляет не более 30 минут. Помещение для взвешивания должно соответствовать указанным



требованиям до входа персонала в это помещение. В течение 12 часов необходимо взвесить два неиспользованных эталонных фильтра, но предпочтительно в то же время - и фильтры для отбора проб. Они должны иметь один и тот же размер и быть изготовлены из того же материала, что и фильтры для отбора проб.

Если средний вес эталонных фильтров отличается от веса фильтра для отбора проб более, чем на 10 мкг, то все фильтры для отбора проб выбраковываются и испытание на выброс выхлопных газов проводится еще раз.

#### 9.4.3.3 Аналитические весы

Аналитические весы, используемые для определения веса фильтра, должны удовлетворять критерию проверки линейности, указанному в таблице 6 пункта 9.2. Это означает, что их точность (стандартное отклонение) должна составлять 2 мкг, а разрешение - не менее 1 мкг (1 деление = 1 мкг).

#### 9.4.3.4 Устранение эффекта статического электричества

До взвешивания фильтры нейтрализуются, например с помощью нейтрализатора на основе полония или с использованием устройства, обеспечивающего аналогичный эффект.

#### 9.4.3.5 Поправка на статическое давление

Плотность фильтров для отбора проб корректируется на взвешивание их в воздухе. Поправка на статическое давление зависит от плотности фильтра для отбора проб, плотности воздуха и плотности калибровочного груза весов и не учитывается при взвешивании в воздухе самих ТЧ.

Если плотность материала, из которого изготовлен фильтр, не известна, то используются следующие значения плотности:

- a) стекловолоконистые фильтры, покрытые тефлоном:  $2\,300\text{ кг/м}^3$
- b) тефлоновый мембранный фильтр:  $2\,144\text{ кг/м}^3$
- c) тефлоновый мембранный фильтр с опорным кольцом из полиметилпентена:  $920\text{ кг/м}^3$ .

В случае калибровочных грузов из нержавеющей стали необходимо использовать показатель плотности, равный  $8\,000\text{ кг/м}^3$ . Если калибровочный груз изготовлен из другого материала, его плотность должна быть известна.

В этом случае используется следующая формула:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left( \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (71)$$

при этом

$$\rho_a = \frac{\rho_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (72)$$

где:

- $m_{\text{uncor}}$  - нескорректированная масса пробы твердых частиц, мг,
- $\rho_a$  - плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ,
- $\rho_w$  - плотность калибровочного груза весов,  $\text{кг/м}^3$ ,
- $\rho_f$  - плотность фильтра для отбора твердых частиц,  $\text{кг/м}^3$ ,
- $\rho_b$  - общее атмосферное давление, кПа,
- $T_a$  - температура воздуха вокруг весов, К,
- 28,836 - молярная масса воздуха при исходной влажности (9,5 К), г/моль,
- 8,3144 - молярная газовая постоянная.

#### 9.4.4. Технические требования к измерению расхода

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

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (73)$$

В этом случае максимальная погрешность разницы должна быть такой, чтобы точность  $q_{mp}$  находилась в пределах  $\pm 5\%$  в том случае, если коэффициент разрежения составляет менее 15. Ее можно рассчитать методом наименьших квадратов на основе погрешности каждого прибора.

Приемлемый уровень точности  $q_{mp}$  можно обеспечить одним из следующих методов:

- a) Абсолютная точность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  составляет  $\pm 0,2\%$ , что обеспечивает точность  $q_{mp}$  на уровне  $\leq 5\%$  при коэффициенте разрежения 15. Однако при более высоких коэффициентах разрежения погрешность будет увеличиваться.
- b) Калибровка  $q_{mdw}$  по  $q_{mdew}$  осуществляется таким образом, чтобы обеспечить ту же точность  $q_{mp}$ , что и в пункте а). Более подробно см. в пункте 9.4.6.2.
- c) Точность  $q_{mp}$  определяется косвенно на основании точности коэффициента разрежения, определенного с помощью индикаторного газа, например  $CO_2$ . В этом случае необходимо обеспечить точность  $q_{mp}$ , эквивалентную методу а).
- d) Абсолютная точность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  находится в пределах  $\pm 2\%$  полной шкалы, максимальная погрешность разницы между  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  составляет  $0,2\%$ , а линейная погрешность - в пределах  $\pm 0,2\%$  от наибольшего значения  $q_{mdew}$ , зарегистрированного в ходе испытания.

#### 9.4.5 Дополнительные технические требования

Все части системы разрежения и системы отбора проб от выхлопной трубы и до фильтродержателя, которые соприкасаются с первичным и разряженным выхлопным газом, должны быть сконструированы таким образом, чтобы свести к минимуму оседание или изменение характеристик твердых частиц. Все части должны быть изготовлены из электропроводных материалов, которые не вступают в реакцию с компонентами выхлопных газов и должны быть заземлены в целях предотвращения электростатических явлений.

#### 9.4.6 Калибровка системы частичного разрежения потока

##### 9.4.6.1 Введение

Калибровка приборов для измерения твердых частиц ограничивается расходомерами, используемыми для определения расхода проб и

коэффициента разрежения. Каждый расходомер калибруется каждый раз, когда необходимо обеспечить точность, предписанную настоящим приложением. Используемый метод калибровки изложен в пункте 9.4.6.2.

#### 9.4.6.2 Измерение расхода

##### 9.4.6.2.1 Периодическая калибровка

Расходомер или прибор для измерения расхода калибруется с помощью точного расходомера, соответствующего международным и/или национальным стандартам.

Если расход пробы газа определяется методом дифференциального измерения, то расходомер или прибор для измерения расхода калибруется с соблюдением одной из следующих процедур таким образом, чтобы точность расхода пробы  $q_{mp}$  в канале соответствовала требованиям пункта 9.4.4:

- a) Расходомер для измерения  $q_{mdw}$  подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ ; разница между показаниями двух расходомеров калибруется не менее чем по пяти контрольным точкам со значениями расхода, равномерно распределенными между наименьшим значением  $q_{mdw}$ , использованным в ходе испытания, и значением  $q_{mdew}$ , использованным в ходе испытания. Измерение может проводиться в обход смесительного канала.
- b) Устройство калибровки расхода подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ , и его точность проверяется по значению, использованному во время испытания. Калиброванное устройство подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdw}$ , и его точность проверяется не менее чем в пяти рабочих точках, соответствующих коэффициенту разрежения в пределах от 3 до 50, по отношению к  $q_{mdew}$ , использованному во время испытания.
- c) Передаточная труба ТТ отсоединяется от выхлопной трубы, и калиброванное устройство измерения расхода с соответствующим диапазоном измерения  $q_{mp}$  подсоединяется к переходной трубе. Значение  $q_{mdew}$  устанавливается по значению, использованному во время испытания, а значение  $q_{mdw}$  последовательно устанавливается, как минимум, по пяти значениям, соответствующим коэффициентам

разрежения в пределах от 3 до 50. В качестве варианта можно предусмотреть специальную магистраль калибровки расхода в обход смесительного канала, но с прохождением общего и разреженного потока воздуха через соответствующие расходомеры, как и в ходе фактического испытания.

- d) Индикаторный газ направляется в передаточную трубу ТТ, через которую проходят выхлопные газы. Этим индикаторным газом может быть один из компонентов выхлопных газов, например  $\text{CO}_2$  или  $\text{NO}_x$ . После разрежения в смесительном канале компонент индикаторного газа измеряется. Это измерение проводится для пяти коэффициентов разрежения, находящихся в пределах от 3 до 50. Точность расхода пробы определяется на основании коэффициента разрежения  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d. \quad (74)$$

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

#### 9.4.6.2.2 Проверка расхода углерода

Для обнаружения проблем с измерением и контролем и проверки надлежащей работы системы частичного разрежения потока настоятельно рекомендуется произвести проверку расхода углерода на фактических выхлопных газах. Проверка расхода углерода должна производиться при установке нового двигателя, а также в случае существенных изменений в конфигурации испытательной камеры.

Двигатель должен работать в режиме максимального крутящего момента и числа оборотов или в любом другом устойчивом режиме, при котором содержание  $\text{CO}_2$  увеличивается на 5% или более. Система частичного разрежения потока должна работать в режиме разрежения 15 к 1.

Если проводится проверка расхода углерода, то в этом случае применяется процедура, указанная в добавлении 5. Значения расхода углерода рассчитывается по формулам 80- 82, содержащимся в добавлении 5. Все значения расхода углерода не должны отличаться более чем на 3%.

#### 9.4.6.2.3 Предварительная проверка

Предварительная проверка проводится не ранее чем за 2 часа до проведения испытания следующим образом.

Точность расходомеров проверяется с помощью того же метода, который используется для калибровки (см. пункт 9.4.6.2.1), не менее чем в двух точках, включая значение расхода  $q_{mdw}$ , которое соответствует коэффициентам разрежения в пределах 5-15 для значения  $q_{mdew}$ , использованного в ходе испытания.

Если данные, зарегистрированные в процессе калибровки, предусмотренной пунктом 9.4.6.2.1, показывают, что калибровка расходомера остается стабильной в течение продолжительного периода времени, то предварительную проверку можно не производить.

#### 9.4.6.3 Определение времени перехода

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

Отдельный эталонный расходомер с диапазоном измерений, соответствующим расходу пробы, устанавливается последовательно с пробоотборником и подсоединяется непосредственно к нему. Время перехода этого расходомера должно составлять менее 100 мс для той ступени регулировки расхода, которая используется при измерении времени срабатывания, при этом ограничение расхода должно быть достаточно малым, с тем чтобы исключить возможность воздействия на динамические характеристики системы частичного разрежения потока, и соответствовать надлежащей технической практике.

Расход выхлопных газов (или расход воздуха, если расход выхлопных газов определяется методом расчета), поступающих в систему частичного разрежения потока, подвергается ступенчатому изменению от самого низкого расхода до расхода, составляющего 90% полной шкалы. 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

выхлопных газов и время срабатывания расходомера регистрируются с частотой отбора проб, составляющей не менее 10 Гц.

На основании этих данных для системы частичного разрежения потока определяется время перехода, которое представляет собой время с момента ступенчатого наращивания до момента, когда показания расходомера достигают 50% номинального значения. Аналогичным образом определяется время перехода системы частичного разрежения потока под воздействием сигнала  $q_{mp}$  и время перехода расходомера выхлопных газов под воздействием сигнала  $q_{mew,i}$ . Значение этих сигналов используются для проверки полученных результатов с методом регрессионного анализа после каждого испытания (см. пункт 8.3.3.3).

Расчеты повторяются не менее чем по пяти точкам увеличения и снижения расхода, и полученные результаты усредняются. Из полученного значения вычитается внутреннее время перехода (<100 мс) эталонного расходомера. Полученная разница представляет собой "прогностическое" значение для системы частичного разрежения потока, которое применяется в соответствии с пунктом 8.3.3.3.

## 9.5 Калибровка системы CVS

### 9.5.1 Общие положения

Система CVS калибруется с помощью точного расходомера и ограничительного устройства. Расход потока через систему измеряется при различных регулировках ограничения. Измеряются также контрольные параметры системы и определяется их соотношение с расходом. Для этих целей могут использоваться различные типы расходомеров, например калиброванная трубка Вентури, калиброванный ламинарный расходомер, калиброванный турбинный расходомер.

### 9.5.2 Калибровка нагнетательного поршневого насоса (PDP)

Все параметры, относящиеся к насосу, измеряются одновременно с параметрами, относящимися к калиброванной трубке Вентури, которая подключена последовательно к насосу. Затем строится кривая рассчитанного расхода (выраженного в м<sup>3</sup>/с на входном отверстии насоса при абсолютном давлении и температуре) по отношению к функции корреляции, которая

является показателем конкретного сочетания параметров насоса. После этого составляется линейное уравнение, показывающее зависимость между расходом, насоса и корреляционной функцией. В том случае, если CVS имеет многоскоростной привод, необходимо провести калибровку для каждого используемого диапазона.

В ходе калибровки температура должна оставаться постоянной.

Утечка во всех соединениях и трубопроводах между калиброванной трубкой Вентури и насосом CVS не должны превышать 0,3% от самой низкой величины расхода (самая высокая точка ограничения и самая низкая точка числа оборотов PDP).

#### 9.5.2.1 Анализ данных

Расчет расхода воздуха ( $q_{v, CVS}$ ) при каждой регулировке ограничения (минимум 6 регулировок) рассчитывается в стандартных единицах  $\text{м}^3/\text{с}$  на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного заводом-изготовителем. Затем расход воздуха преобразуется в расход насоса ( $V_0$ ) в  $\text{м}^3/\text{об}$  при абсолютной температуре и давлении на входе насоса по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p}, \quad (75)$$

где:

- $q_{v, CVS}$  - расход воздуха в нормальных условиях (101,3 кПа, 273 К),  $\text{м}^3/\text{с}$ ,
- $T$  - температура на входе насоса, К,
- $p_p$  - абсолютное давление на входе насоса, кПа,
- $n$  - число оборотов насоса, об/с.

Для учета взаимодействия колебаний давления в насосе и коэффициента проскальзывания насоса функция корреляции ( $X_0$ ) между числом оборотов насоса, разностью давления на входе и выходе насоса и абсолютным давлением на выходе насоса рассчитывается по следующей формуле:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}}, \quad (76)$$



где:

$\Delta p_p$  - перепад давления между входом и выходом насоса, кПа,  
 $p_p$  - абсолютное давление на выходе насоса, кПа.

Для того чтобы получить нижеследующее уравнение калибровки, необходимо произвести подбор прямой методом наименьших квадратов:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (77)$$

$D_0$  и  $m$  - соответственно, отрезок, отсекаемый на координатной оси, и наклон - параметры, описывающие линии регрессии.

Для системы CVS с несколькими режимами скоростей калибровочные кривые, полученные для различных диапазонов расходов на насосе, должны быть приблизительно параллельны, а значения отрезков ( $D_0$ ) должны возрастать по мере снижения диапазона 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 твердых частиц приведет через некоторое время к снижению степени проскальзывания насоса, о чем свидетельствуют меньшие значения  $m$ . Поэтому калибровка должна производиться при запуске насоса после капитального технического обслуживания и в том случае, если общая проверка системы указывает на изменение степени проскальзывания.

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

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

Для того чтобы определить диапазон критического расхода, значения  $K_v$  наносятся на график, представляющий собой функцию давления на входе трубки Вентури. В случае критического расхода (дросселирования)  $K_v$  будет иметь относительно постоянную величину. По мере снижения давления (увеличение вакуума) режим дросселирования в трубке Вентури прекращается и

значение  $K_v$  снижается, что указывает на то, что CFV работает за пределами допустимого диапазона.

#### 9.5.3.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $q_{vCVS}$ ) при каждой регулировке ограничения (минимум 8 регулировок) рассчитывается в стандартных единицах  $\text{м}^3/\text{с}$  на основе данных расходомера с использованием метода, предписанного заводом-изготовителем. Коэффициент калибровки рассчитывается на основе калибровочных данных для каждой регулировки по следующей формуле:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{P_p}, \quad (78)$$

где:

- $q_{vCVS}$  - расход воздуха в стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К),  $\text{м}^3/\text{с}$ ,
- $T$  - температура на входе трубки Вентури, К,
- $P_p$  - абсолютное давление на входе трубки Вентури, кПа.

Затем рассчитывается средняя величина  $K_v$  и стандартное отклонение. Стандартное отклонение не должно превышать  $\pm 0,3\%$  от 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 43 (см, пункт 8.4.1.4), 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 каждой регулировке (минимум 16 регулировок) рассчитывается в стандартных единицах  $\text{м}^3/\text{с}$  на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного заводом-изготовителем. Коэффициент расхода рассчитывается по калибровочным данным для каждой регулировки по следующей формуле:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times p_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times (r_p^{1.4286} - r_p^{1.7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1.4286}} \right) \right]}}, \quad (79)$$

где:

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

$T$  - температура на входе трубки Вентури, К,

$d_v$  - диаметр сужения SSV, м,

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

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

Для того чтобы определить диапазон расхода дозвукового потока, значения  $C_d$  наносятся на график, представляющий собой функцию числа Ренольдса  $Re$  на сужении SSV.  $Re$  на сужении SSV рассчитывается по следующей формуле:

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu}, \quad (80)$$

при этом

$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T}, \quad (81)$$

где:

$A_1$  - 25,55152 в единицах СИ  $\left( \frac{1}{\text{м}^3} \right) \left( \frac{\text{мин}}{\text{с}} \right) \left( \frac{\text{мм}}{\text{м}} \right)$ ,

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

$d_v$  - диаметр сужения SSV, м,

$\mu$  - абсолютная или динамическая вязкость газа, кг/мс,

$b$  - 1,458 x 10<sup>6</sup> (эмпирическая константа), кг/мс К<sup>0,5</sup>,

$S$  - 110,4 (эмпирическая константа), К.

Поскольку в функции  $Re Q_{SSV}$  представляет собой аргумент, расчеты необходимо начинать с произвольно выбранной величины  $Q_{SSV}$  или  $C_d$  калиброванной трубки Вентури и повторять расчет  $Q_{SSV}$  до тех пор, пока результаты не совпадут. Этот метод последовательных приближений должен обеспечить точность 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

Общая точность системы отбора проб CVS и аналитической системы в целом определяется путем введения известной массы загрязняющего газа в систему во время ее работы в нормальном режиме. Загрязняющее вещество анализируется, и масса рассчитывается в соответствии с пунктом 8.4.2.4, за исключением случая пропана, когда вместо 0,000480 для HC используется коэффициент  $u$ , который принимается равным 0,000472. При этом должен использоваться один из следующих методов.

##### 9.5.5.1 Измерение с помощью сужающего устройства критического расхода

Известное количество чистого газа (окись углерода или пропан) подается в систему CVS через калиброванное сужающее устройство критического расхода. Если давление на входе достаточно высокое, то расход, регулируемый с помощью сужающего устройства критического расхода, не зависит от давления на выходе (критический расход). Система CVS должна работать в нормальном режиме испытания для определения содержания выбросов выхлопных газов в течение приблизительно 5-10 минут. Проба газа анализируется с помощью обычного оборудования (камера для отбора проб или метод интегрирования), и производится расчет массы газа. Определенная таким образом масса должна находиться в пределах  $\pm 3\%$  известной массы введенного газа.

##### 9.5.5.2 Измерение с помощью гравиметра

Масса небольшого цилиндра, наполненного окисью углерода или пропаном, определяется с точностью  $\pm 0,01$  г. В течение приблизительно

5-10 минут система CVS должна работать в нормальном режиме испытания на выброс выхлопных газов. В это время в систему вводится окись углерода или пропана. Количество выделенного чистого газа определяется методом дифференциального взвешивания. Проба газа анализируется с помощью обычного оборудования (камера для отбора проб или метод интегрирования), и производится расчет массы газа. Определенная таким образом масса должна находиться в пределах  $\pm 3\%$  известной массы введенного газа.

Приложение 1ГРАФИК РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА ДИНАМОМЕТРЕ  
В ХОДЕ ИСПЫТАНИЯ ВСПЦ

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1	0,0	0,0	47	0,0	0,0	93	32,8	32,7
2	0,0	0,0	48	0,0	0,0	94	33,7	32,5
3	0,0	0,0	49	0,0	0,0	95	34,4	29,5
4	0,0	0,0	50	0,0	13,1	96	34,3	26,5
5	0,0	0,0	51	13,1	30,1	97	34,4	24,7
6	0,0	0,0	52	26,3	25,5	98	35,0	24,9
7	1,5	8,9	53	35,0	32,2	99	35,6	25,2
8	15,8	30,9	54	41,7	14,3	100	36,1	24,8
9	27,4	1,3	55	42,2	0,0	101	36,3	24,0
10	32,6	0,7	56	42,8	11,6	102	36,2	23,6
11	34,8	1,2	57	51,0	20,9	103	36,2	23,5
12	36,2	7,4	58	60,0	9,6	104	36,8	22,7
13	37,1	6,2	59	49,4	0,0	105	37,2	20,9
14	37,9	10,2	60	38,9	16,6	106	37,0	19,2
15	39,6	12,3	61	43,4	30,8	107	36,3	18,4
16	42,3	12,5	62	49,4	14,2	108	35,4	17,6
17	45,3	12,6	63	40,5	0,0	109	35,2	14,9
18	48,6	6,0	64	31,5	43,5	110	35,4	9,9
19	40,8	0,0	65	36,6	78,2	111	35,5	4,3
20	33,0	16,3	66	40,8	67,6	112	35,2	6,6
21	42,5	27,4	67	44,7	59,1	113	34,9	10,0
22	49,3	26,7	68	48,3	52,0	114	34,7	25,1
23	54,0	18,0	69	51,9	63,8	115	34,4	29,3
24	57,1	12,9	70	54,7	27,9	116	34,5	20,7
25	58,9	8,6	71	55,3	18,3	117	35,2	16,6
26	59,3	6,0	72	55,1	16,3	118	35,8	16,2
27	59,0	4,9	73	54,8	11,1	119	35,6	20,3
28	57,9	m	74	54,7	11,5	120	35,3	22,5
29	55,7	m	75	54,8	17,5	121	35,3	23,4
30	52,1	m	76	55,6	18,0	122	34,7	11,9
31	46,4	m	77	57,0	14,1	123	45,5	0,0
32	38,6	m	78	58,1	7,0	124	56,3	m
33	29,0	m	79	43,3	0,0	125	46,2	m
34	20,8	m	80	28,5	25,0	126	50,1	0,0
35	16,9	m	81	30,4	47,8	127	54,0	m
36	16,9	42,5	82	32,1	39,2	128	40,5	m
37	18,8	38,4	83	32,7	39,3	129	27,0	m
38	20,7	32,9	84	32,4	17,3	130	13,5	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
39	21,0	0,0	85	31,6	11,4	131	0,0	0,0
40	19,1	0,0	86	31,1	10,2	132	0,0	0,0
41	13,7	0,0	87	31,1	19,5	133	0,0	0,0
42	2,2	0,0	88	31,4	22,5	134	0,0	0,0
43	0,0	0,0	89	31,6	22,9	135	0,0	0,0
44	0,0	0,0	90	31,6	24,3	136	0,0	0,0
45	0,0	0,0	91	31,9	26,9	137	0,0	0,0
46	0,0	0,0	92	32,4	30,6	138	0,0	0,0
139	0,0	0,0	189	0,0	5,9	239	0,0	0,0
140	0,0	0,0	190	0,0	0,0	240	0,0	0,0
141	0,0	0,0	191	0,0	0,0	241	0,0	0,0
142	0,0	4,9	192	0,0	0,0	242	0,0	0,0
143	0,0	7,3	193	0,0	0,0	243	0,0	0,0
144	4,4	28,7	194	0,0	0,0	244	0,0	0,0
145	11,1	26,4	195	0,0	0,0	245	0,0	0,0
146	15,0	9,4	196	0,0	0,0	246	0,0	0,0
147	15,9	0,0	197	0,0	0,0	247	0,0	0,0
148	15,3	0,0	198	0,0	0,0	248	0,0	0,0
149	14,2	0,0	199	0,0	0,0	249	0,0	0,0
150	13,2	0,0	200	0,0	0,0	250	0,0	0,0
151	11,6	0,0	201	0,0	0,0	251	0,0	0,0
152	8,4	0,0	202	0,0	0,0	252	0,0	0,0
153	5,4	0,0	203	0,0	0,0	253	0,0	31,6
154	4,3	5,6	204	0,0	0,0	254	9,4	13,6
155	5,8	24,4	205	0,0	0,0	255	22,2	16,9
156	9,7	20,7	206	0,0	0,0	256	33,0	53,5
157	13,6	21,1	207	0,0	0,0	257	43,7	22,1
158	15,6	21,5	208	0,0	0,0	258	39,8	0,0
159	16,5	21,9	209	0,0	0,0	259	36,0	45,7
160	18,0	22,3	210	0,0	0,0	260	47,6	75,9
161	21,1	46,9	211	0,0	0,0	261	61,2	70,4
162	25,2	33,6	212	0,0	0,0	262	72,3	70,4
163	28,1	16,6	213	0,0	0,0	263	76,0	m
164	28,8	7,0	214	0,0	0,0	264	74,3	m
165	27,5	5,0	215	0,0	0,0	265	68,5	m
166	23,1	3,0	216	0,0	0,0	266	61,0	m
167	16,9	1,9	217	0,0	0,0	267	56,0	m
168	12,2	2,6	218	0,0	0,0	268	54,0	m
169	9,9	3,2	219	0,0	0,0	269	53,0	m
170	9,1	4,0	220	0,0	0,0	270	50,8	m
171	8,8	3,8	221	0,0	0,0	271	46,8	m
172	8,5	12,2	222	0,0	0,0	272	41,7	m
173	8,2	29,4	223	0,0	0,0	273	35,9	m
174	9,6	20,1	224	0,0	0,0	274	29,2	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
175	14,7	16,3	225	0,0	0,0	275	20,7	m
176	24,5	8,7	226	0,0	0,0	276	10,1	m
177	39,4	3,3	227	0,0	0,0	277	0,0	m
178	39,0	2,9	228	0,0	0,0	278	0,0	0,0
179	38,5	5,9	229	0,0	0,0	279	0,0	0,0
180	42,4	8,0	230	0,0	0,0	280	0,0	0,0
181	38,2	6,0	231	0,0	0,0	281	0,0	0,0
182	41,4	3,8	232	0,0	0,0	282	0,0	0,0
183	44,6	5,4	233	0,0	0,0	283	0,0	0,0
184	38,8	8,2	234	0,0	0,0	284	0,0	0,0
185	37,5	8,9	235	0,0	0,0	285	0,0	0,0
186	35,4	7,3	236	0,0	0,0	286	0,0	0,0
187	28,4	7,0	237	0,0	0,0	287	0,0	0,0
188	14,8	7,0	238	0,0	0,0	288	0,0	0,0
289	0,0	0,0	339	0,0	0,0	389	25,2	14,7
290	0,0	0,0	340	0,0	0,0	390	28,6	28,4
291	0,0	0,0	341	0,0	0,0	391	35,5	65,0
292	0,0	0,0	342	0,0	0,0	392	43,8	75,3
293	0,0	0,0	343	0,0	0,0	393	51,2	34,2
294	0,0	0,0	344	0,0	0,0	394	40,7	0,0
295	0,0	0,0	345	0,0	0,0	395	30,3	45,4
296	0,0	0,0	346	0,0	0,0	396	34,2	83,1
297	0,0	0,0	347	0,0	0,0	397	37,6	85,3
298	0,0	0,0	348	0,0	0,0	398	40,8	87,5
299	0,0	0,0	349	0,0	0,0	399	44,8	89,7
300	0,0	0,0	350	0,0	0,0	400	50,6	91,9
301	0,0	0,0	351	0,0	0,0	401	57,6	94,1
302	0,0	0,0	352	0,0	0,0	402	64,6	44,6
303	0,0	0,0	353	0,0	0,0	403	51,6	0,0
304	0,0	0,0	354	0,0	0,5	404	38,7	37,4
305	0,0	0,0	355	0,0	4,9	405	42,4	70,3
306	0,0	0,0	356	9,2	61,3	406	46,5	89,1
307	0,0	0,0	357	22,4	40,4	407	50,6	93,9
308	0,0	0,0	358	36,5	50,1	408	53,8	33,0
309	0,0	0,0	359	47,7	21,0	409	55,5	20,3
310	0,0	0,0	360	38,8	0,0	410	55,8	5,2
311	0,0	0,0	361	30,0	37,0	411	55,4	m
312	0,0	0,0	362	37,0	63,6	412	54,4	m
313	0,0	0,0	363	45,5	90,8	413	53,1	m
314	0,0	0,0	364	54,5	40,9	414	51,8	m
315	0,0	0,0	365	45,9	0,0	415	50,3	m
316	0,0	0,0	366	37,2	47,5	416	48,4	m
317	0,0	0,0	367	44,5	84,4	417	45,9	m
318	0,0	0,0	368	51,7	32,4	418	43,1	m



Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
319	0,0	0,0	369	58,1	15,2	419	40,1	m
320	0,0	0,0	370	45,9	0,0	420	37,4	m
321	0,0	0,0	371	33,6	35,8	421	35,1	m
322	0,0	0,0	372	36,9	67,0	422	32,8	m
323	0,0	0,0	373	40,2	84,7	423	45,3	0,0
324	4,5	41,0	374	43,4	84,3	424	57,8	m
325	17,2	38,9	375	45,7	84,3	425	50,6	m
326	30,1	36,8	376	46,5	m	426	41,6	m
327	41,0	34,7	377	46,1	m	427	47,9	0,0
328	50,0	32,6	378	43,9	m	428	54,2	m
329	51,4	0,1	379	39,3	m	429	48,1	m
330	47,8	m	380	47,0	m	430	47,0	31,3
331	40,2	m	381	54,6	m	431	49,0	38,3
332	32,0	m	382	62,0	m	432	52,0	40,1
333	24,4	m	383	52,0	m	433	53,3	14,5
334	16,8	m	384	43,0	m	434	52,6	0,8
335	8,1	m	385	33,9	m	435	49,8	m
336	0,0	m	386	28,4	m	436	51,0	18,6
337	0,0	0,0	387	25,5	m	437	56,9	38,9
338	0,0	0,0	388	24,6	11,0	438	67,2	45,0
439	78,6	21,5	489	45,5	m	539	56,7	m
440	65,5	0,0	490	40,4	m	540	46,9	m
441	52,4	31,3	491	49,7	0,0	541	37,5	m
442	56,4	60,1	492	59,0	m	542	30,3	m
443	59,7	29,2	493	48,9	m	543	27,3	32,3
444	45,1	0,0	494	40,0	m	544	30,8	60,3
445	30,6	4,2	495	33,5	m	545	41,2	62,3
446	30,9	8,4	496	30,0	m	546	36,0	0,0
447	30,5	4,3	497	29,1	12,0	547	30,8	32,3
448	44,6	0,0	498	29,3	40,4	548	33,9	60,3
449	58,8	m	499	30,4	29,3	549	34,6	38,4
450	55,1	m	500	32,2	15,4	550	37,0	16,6
451	50,6	m	501	33,9	15,8	551	42,7	62,3
452	45,3	m	502	35,3	14,9	552	50,4	28,1
453	39,3	m	503	36,4	15,1	553	40,1	0,0
454	49,1	0,0	504	38,0	15,3	554	29,9	8,0
455	58,8	m	505	40,3	50,9	555	32,5	15,0
456	50,7	m	506	43,0	39,7	556	34,6	63,1
457	42,4	m	507	45,5	20,6	557	36,7	58,0
458	44,1	0,0	508	47,3	20,6	558	39,4	52,9
459	45,7	m	509	48,8	22,1	559	42,8	47,8
460	32,5	m	510	50,1	22,1	560	46,8	42,7
461	20,7	m	511	51,4	42,4	561	50,7	27,5
462	10,0	m	512	52,5	31,9	562	53,4	20,7

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
463	0,0	0,0	513	53,7	21,6	563	54,2	13,1
464	0,0	1,5	514	55,1	11,6	564	54,2	0,4
465	0,9	41,1	515	56,8	5,7	565	53,4	0,0
466	7,0	46,3	516	42,4	0,0	566	51,4	m
467	12,8	48,5	517	27,9	8,2	567	48,7	m
468	17,0	50,7	518	29,0	15,9	568	45,6	m
469	20,9	52,9	519	30,4	25,1	569	42,4	m
470	26,7	55,0	520	32,6	60,5	570	40,4	m
471	35,5	57,2	521	35,4	72,7	571	39,8	5,8
472	46,9	23,8	522	38,4	88,2	572	40,7	39,7
473	44,5	0,0	523	41,0	65,1	573	43,8	37,1
474	42,1	45,7	524	42,9	25,6	574	48,1	39,1
475	55,6	77,4	525	44,2	15,8	575	52,0	22,0
476	68,8	100,0	526	44,9	2,9	576	54,7	13,2
477	81,7	47,9	527	45,1	m	577	56,4	13,2
478	71,2	0,0	528	44,8	m	578	57,5	6,6
479	60,7	38,3	529	43,9	m	579	42,6	0,0
480	68,8	72,7	530	42,4	m	580	27,7	10,9
481	75,0	m	531	40,2	m	581	28,5	21,3
482	61,3	m	532	37,1	m	582	29,2	23,9
483	53,5	m	533	47,0	0,0	583	29,5	15,2
484	45,9	58,0	534	57,0	m	584	29,7	8,8
485	48,1	80,0	535	45,1	m	585	30,4	20,8
486	49,4	97,9	536	32,6	m	586	31,9	22,9
487	49,7	m	537	46,8	0,0	587	34,3	61,4
488	48,7	m	538	61,5	m	588	37,2	76,6
589	40,1	27,5	639	39,8	m	689	46,6	0,0
590	42,3	25,4	640	36,0	m	690	32,3	34,6
591	43,5	32,0	641	29,7	m	691	32,7	68,6
592	43,8	6,0	642	21,5	m	692	32,6	67,0
593	43,5	m	643	14,1	m	693	31,3	m
594	42,8	m	644	0,0	0,0	694	28,1	m
595	41,7	m	645	0,0	0,0	695	43,0	0,0
596	40,4	m	646	0,0	0,0	696	58,0	m
597	39,3	m	647	0,0	0,0	697	58,9	m
598	38,9	12,9	648	0,0	0,0	698	49,4	m
599	39,0	18,4	649	0,0	0,0	699	41,5	m
600	39,7	39,2	650	0,0	0,0	700	48,4	0,0
601	41,4	60,0	651	0,0	0,0	701	55,3	m
602	43,7	54,5	652	0,0	0,0	702	41,8	m
603	46,2	64,2	653	0,0	0,0	703	31,6	m
604	48,8	73,3	654	0,0	0,0	704	24,6	m
605	51,0	82,3	655	0,0	0,0	705	15,2	m
606	52,1	0,0	656	0,0	3,4	706	7,0	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
607	52,0	m	657	1,4	22,0	707	0,0	0,0
608	50,9	m	658	10,1	45,3	708	0,0	0,0
609	49,4	m	659	21,5	10,0	709	0,0	0,0
610	47,8	m	660	32,2	0,0	710	0,0	0,0
611	46,6	m	661	42,3	46,0	711	0,0	0,0
612	47,3	35,3	662	57,1	74,1	712	0,0	0,0
613	49,2	74,1	663	72,1	34,2	713	0,0	0,0
614	51,1	95,2	664	66,9	0,0	714	0,0	0,0
615	51,7	m	665	60,4	41,8	715	0,0	0,0
616	50,8	m	666	69,1	79,0	716	0,0	0,0
617	47,3	m	667	77,1	38,3	717	0,0	0,0
618	41,8	m	668	63,1	0,0	718	0,0	0,0
619	36,4	m	669	49,1	47,9	719	0,0	0,0
620	30,9	m	670	53,4	91,3	720	0,0	0,0
621	25,5	37,1	671	57,5	85,7	721	0,0	0,0
622	33,8	38,4	672	61,5	89,2	722	0,0	0,0
623	42,1	m	673	65,5	85,9	723	0,0	0,0
624	34,1	m	674	69,5	89,5	724	0,0	0,0
625	33,0	37,1	675	73,1	75,5	725	0,0	0,0
626	36,4	38,4	676	76,2	73,6	726	0,0	0,0
627	43,3	17,1	677	79,1	75,6	727	0,0	0,0
628	35,7	0,0	678	81,8	78,2	728	0,0	0,0
629	28,1	11,6	679	84,1	39,0	729	0,0	0,0
630	36,5	19,2	680	69,6	0,0	730	0,0	0,0
631	45,2	8,3	681	55,0	25,2	731	0,0	0,0
632	36,5	0,0	682	55,8	49,9	732	0,0	0,0
633	27,9	32,6	683	56,7	46,4	733	0,0	0,0
634	31,5	59,6	684	57,6	76,3	734	0,0	0,0
635	34,4	65,2	685	58,4	92,7	735	0,0	0,0
636	37,0	59,6	686	59,3	99,9	736	0,0	0,0
637	39,0	49,0	687	60,1	95,0	737	0,0	0,0
638	40,2	m	688	61,0	46,7	738	0,0	0,0
739	0,0	0,0	789	17,2	m	839	38,1	m
740	0,0	0,0	790	14,0	37,6	840	37,2	42,7
741	0,0	0,0	791	18,4	25,0	841	37,5	70,8
742	0,0	0,0	792	27,6	17,7	842	39,1	48,6
743	0,0	0,0	793	39,8	6,8	843	41,3	0,1
744	0,0	0,0	794	34,3	0,0	844	42,3	m
745	0,0	0,0	795	28,7	26,5	845	42,0	m
746	0,0	0,0	796	41,5	40,9	846	40,8	m
747	0,0	0,0	797	53,7	17,5	847	38,6	m
748	0,0	0,0	798	42,4	0,0	848	35,5	m
749	0,0	0,0	799	31,2	27,3	849	32,1	m
750	0,0	0,0	800	32,3	53,2	850	29,6	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
751	0,0	0,0	801	34,5	60,6	851	28,8	39,9
752	0,0	0,0	802	37,6	68,0	852	29,2	52,9
753	0,0	0,0	803	41,2	75,4	853	30,9	76,1
754	0,0	0,0	804	45,8	82,8	854	34,3	76,5
755	0,0	0,0	805	52,3	38,2	855	38,3	75,5
756	0,0	0,0	806	42,5	0,0	856	42,5	74,8
757	0,0	0,0	807	32,6	30,5	857	46,6	74,2
758	0,0	0,0	808	35,0	57,9	858	50,7	76,2
759	0,0	0,0	809	36,0	77,3	859	54,8	75,1
760	0,0	0,0	810	37,1	96,8	860	58,7	36,3
761	0,0	0,0	811	39,6	80,8	861	45,2	0,0
762	0,0	0,0	812	43,4	78,3	862	31,8	37,2
763	0,0	0,0	813	47,2	73,4	863	33,8	71,2
764	0,0	0,0	814	49,6	66,9	864	35,5	46,4
765	0,0	0,0	815	50,2	62,0	865	36,6	33,6
766	0,0	0,0	816	50,2	57,7	866	37,2	20,0
767	0,0	0,0	817	50,6	62,1	867	37,2	m
768	0,0	0,0	818	52,3	62,9	868	37,0	m
769	0,0	0,0	819	54,8	37,5	869	36,6	m
770	0,0	0,0	820	57,0	18,3	870	36,0	m
771	0,0	22,0	821	42,3	0,0	871	35,4	m
772	4,5	25,8	822	27,6	29,1	872	34,7	m
773	15,5	42,8	823	28,4	57,0	873	34,1	m
774	30,5	46,8	824	29,1	51,8	874	33,6	m
775	45,5	29,3	825	29,6	35,3	875	33,3	m
776	49,2	13,6	826	29,7	33,3	876	33,1	m
777	39,5	0,0	827	29,8	17,7	877	32,7	m
778	29,7	15,1	828	29,5	m	878	31,4	m
779	34,8	26,9	829	28,9	m	879	45,0	0,0
780	40,0	13,6	830	43,0	0,0	880	58,5	m
781	42,2	m	831	57,1	m	881	53,7	m
782	42,1	m	832	57,7	m	882	47,5	m
783	40,8	m	833	56,0	m	883	40,6	m
784	37,7	37,6	834	53,8	m	884	34,1	m
785	47,0	35,0	835	51,2	m	885	45,3	0,0
786	48,8	33,4	836	48,1	m	886	56,4	m
787	41,7	m	837	44,5	m	887	51,0	m
788	27,7	m	838	40,9	m	888	44,5	m
889	36,4	m	939	32,7	56,5	989	32,6	m
890	26,6	m	940	33,4	62,8	990	30,9	m
891	20,0	m	941	34,6	68,2	991	29,9	m
892	13,3	m	942	35,8	68,6	992	29,2	m
893	6,7	m	943	38,6	65,0	993	44,1	0,0
894	0,0	0,0	944	42,3	61,9	994	59,1	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
895	0,0	0,0	945	44,1	65,3	995	56,8	m
896	0,0	0,0	946	45,3	63,2	996	53,5	m
897	0,0	0,0	947	46,5	30,6	997	47,8	m
898	0,0	0,0	948	46,7	11,1	998	41,9	m
899	0,0	0,0	949	45,9	16,1	999	35,9	m
900	0,0	0,0	950	45,6	21,8	1000	44,3	0,0
901	0,0	5,8	951	45,9	24,2	1001	52,6	m
902	2,5	27,9	952	46,5	24,7	1002	43,4	m
903	12,4	29,0	953	46,7	24,7	1003	50,6	0,0
904	19,4	30,1	954	46,8	28,2	1004	57,8	m
905	29,3	31,2	955	47,2	31,2	1005	51,6	m
906	37,1	10,4	956	47,6	29,6	1006	44,8	m
907	40,6	4,9	957	48,2	31,2	1007	48,6	0,0
908	35,8	0,0	958	48,6	33,5	1008	52,4	m
909	30,9	7,6	959	48,8	m	1009	45,4	m
910	35,4	13,8	960	47,6	m	1010	37,2	m
911	36,5	11,1	961	46,3	m	1011	26,3	m
912	40,8	48,5	962	45,2	m	1012	17,9	m
913	49,8	3,7	963	43,5	m	1013	16,2	1,9
914	41,2	0,0	964	41,4	m	1014	17,8	7,5
915	32,7	29,7	965	40,3	m	1015	25,2	18,0
916	39,4	52,1	966	39,4	m	1016	39,7	6,5
917	48,8	22,7	967	38,0	m	1017	38,6	0,0
918	41,6	0,0	968	36,3	m	1018	37,4	5,4
919	34,5	46,6	969	35,3	5,8	1019	43,4	9,7
920	39,7	84,4	970	35,4	30,2	1020	46,9	15,7
921	44,7	83,2	971	36,6	55,6	1021	52,5	13,1
922	49,5	78,9	972	38,6	48,5	1022	56,2	6,3
923	52,3	83,8	973	39,9	41,8	1023	44,0	0,0
924	53,4	77,7	974	40,3	38,2	1024	31,8	20,9
925	52,1	69,6	975	40,8	35,0	1025	38,7	36,3
926	47,9	63,6	976	41,9	32,4	1026	47,7	47,5
927	46,4	55,2	977	43,2	26,4	1027	54,5	22,0
928	46,5	53,6	978	43,5	m	1028	41,3	0,0
929	46,4	62,3	979	42,9	m	1029	28,1	26,8
930	46,1	58,2	980	41,5	m	1030	31,6	49,2
931	46,2	61,8	981	40,9	m	1031	34,5	39,5
932	47,3	62,3	982	40,5	m	1032	36,4	24,0
933	49,3	57,1	983	39,5	m	1033	36,7	m
934	52,6	58,1	984	38,3	m	1034	35,5	m
935	56,3	56,0	985	36,9	m	1035	33,8	m
936	59,9	27,2	986	35,4	m	1036	33,7	19,8
937	45,8	0,0	987	34,5	m	1037	35,3	35,1
938	31,8	28,8	988	33,9	m	1038	38,0	33,9

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1039	40,1	34,5	1,089	46,3	24,0	1139	51,7	0,0
1040	42,2	40,4	1,090	47,8	20,6	1140	59,2	m
1041	45,2	44,0	1,091	47,2	3,8	1141	47,2	m
1042	48,3	35,9	1,092	45,6	4,4	1142	35,1	0,0
1043	50,1	29,6	1,093	44,6	4,1	1143	23,1	m
1044	52,3	38,5	1,094	44,1	m	1144	13,1	m
1045	55,3	57,7	1,095	42,9	m	1145	5,0	m
1046	57,0	50,7	1,096	40,9	m	1146	0,0	0,0
1047	57,7	25,2	1,097	39,2	m	1147	0,0	0,0
1048	42,9	0,0	1,098	37,0	m	1148	0,0	0,0
1049	28,2	15,7	1,099	35,1	2,0	1149	0,0	0,0
1050	29,2	30,5	1,100	35,6	43,3	1150	0,0	0,0
1051	31,1	52,6	1,101	38,7	47,6	1151	0,0	0,0
1052	33,4	60,7	1,102	41,3	40,4	1152	0,0	0,0
1053	35,0	61,4	1,103	42,6	45,7	1153	0,0	0,0
1054	35,3	18,2	1,104	43,9	43,3	1154	0,0	0,0
1055	35,2	14,9	1,105	46,9	41,2	1155	0,0	0,0
1056	34,9	11,7	1,106	52,4	40,1	1156	0,0	0,0
1057	34,5	12,9	1,107	56,3	39,3	1157	0,0	0,0
1058	34,1	15,5	1108	57,4	25,5	1158	0,0	0,0
1059	33,5	m	1109	57,2	25,4	1159	0,0	0,0
1060	31,8	m	1110	57,0	25,4	1160	0,0	0,0
1061	30,1	m	1111	56,8	25,3	1161	0,0	0,0
1062	29,6	10,3	1112	56,3	25,3	1162	0,0	0,0
1063	30,0	26,5	1113	55,6	25,2	1163	0,0	0,0
1064	31,0	18,8	1114	56,2	25,2	1164	0,0	0,0
1065	31,5	26,5	1115	58,0	12,4	1165	0,0	0,0
1066	31,7	m	1116	43,4	0,0	1166	0,0	0,0
1067	31,5	m	1117	28,8	26,2	1167	0,0	0,0
1068	30,6	m	1118	30,9	49,9	1168	0,0	0,0
1069	30,0	m	1119	32,3	40,5	1169	0,0	0,0
1070	30,0	m	1120	32,5	12,4	1170	0,0	0,0
1071	29,4	m	1121	32,4	12,2	1171	0,0	0,0
1072	44,3	0,0	1122	32,1	6,4	1172	0,0	0,0
1073	59,2	m	1123	31,0	12,4	1173	0,0	0,0
1074	58,3	m	1124	30,1	18,5	1174	0,0	0,0
1075	57,1	m	1125	30,4	35,6	1175	0,0	0,0
1076	55,4	m	1126	31,2	30,1	1176	0,0	0,0
1077	53,5	m	1127	31,5	30,8	1177	0,0	0,0
1078	51,5	m	1128	31,5	26,9	1178	0,0	0,0
1079	49,7	m	1129	31,7	33,9	1179	0,0	0,0
1080	47,9	m	1130	32,0	29,9	1180	0,0	0,0
1081	46,4	m	1131	32,1	m	1181	0,0	0,0
1082	45,5	m	1132	31,4	m	1182	0,0	0,0

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1083	45,2	m	1133	30,3	m	1183	0,0	0,0
1084	44,3	m	1134	29,8	m	1184	0,0	0,0
1085	43,6	m	1135	44,3	0,0	1185	0,0	0,0
1086	43,1	m	1136	58,9	m	1186	0,0	0,0
1087	42,5	25,6	1137	52,1	m	1187	0,0	0,0
1088	43,3	25,7	1138	44,1	m	1188	0,0	0,0
1189	0,0	0,0	1239	58,5	85,4	1289	61,9	76,1
1190	0,0	0,0	1240	59,5	85,6	1290	65,6	73,7
1191	0,0	0,0	1241	61,0	86,6	1291	69,9	79,3
1192	0,0	0,0	1242	62,6	86,8	1292	74,1	81,3
1193	0,0	0,0	1243	64,1	87,6	1293	78,3	83,2
1194	0,0	0,0	1244	65,4	87,5	1294	82,6	86,0
1195	0,0	0,0	1245	66,7	87,8	1295	87,0	89,5
1196	0,0	20,4	1246	68,1	43,5	1296	91,2	90,8
1197	12,6	41,2	1247	55,2	0,0	1297	95,3	45,9
1198	27,3	20,4	1248	42,3	37,2	1298	81,0	0,0
1199	40,4	7,6	1249	43,0	73,6	1299	66,6	38,2
1200	46,1	m	1250	43,5	65,1	1300	67,9	75,5
1201	44,6	m	1251	43,8	53,1	1301	68,4	80,5
1202	42,7	14,7	1252	43,9	54,6	1302	69,0	85,5
1203	42,9	7,3	1253	43,9	41,2	1303	70,0	85,2
1204	36,1	0,0	1254	43,8	34,8	1304	71,6	85,9
1205	29,3	15,0	1255	43,6	30,3	1305	73,3	86,2
1206	43,8	22,6	1256	43,3	21,9	1306	74,8	86,5
1207	54,9	9,9	1257	42,8	19,9	1307	76,3	42,9
1208	44,9	0,0	1258	42,3	m	1308	63,3	0,0
1209	34,9	47,4	1259	41,4	m	1309	50,4	21,2
1210	42,7	82,7	1260	40,2	m	1310	50,6	42,3
1211	52,0	81,2	1261	38,7	m	1311	50,6	53,7
1212	61,8	82,7	1262	37,1	m	1312	50,4	90,1
1213	71,3	39,1	1263	35,6	m	1313	50,5	97,1
1214	58,1	0,0	1264	34,2	m	1314	51,0	100,0
1215	44,9	42,5	1265	32,9	m	1315	51,9	100,0
1216	46,3	83,3	1266	31,8	m	1316	52,6	100,0
1217	46,8	74,1	1267	30,7	m	1317	52,8	32,4
1218	48,1	75,7	1268	29,6	m	1318	47,7	0,0
1219	50,5	75,8	1269	40,4	0,0	1319	42,6	27,4
1220	53,6	76,7	1270	51,2	m	1320	42,1	53,5
1221	56,9	77,1	1271	49,6	m	1321	41,8	44,5
1222	60,2	78,7	1272	48,0	m	1322	41,4	41,1
1223	63,7	78,0	1273	46,4	m	1323	41,0	21,0
1224	67,2	79,6	1274	45,0	m	1324	40,3	0,0
1225	70,7	80,9	1275	43,6	m	1325	39,3	1,0
1226	74,1	81,1	1276	42,3	m	1326	38,3	15,2

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1227	77,5	83,6	1277	41,0	m	1327	37,6	57,8
1228	80,8	85,6	1278	39,6	m	1328	37,3	73,2
1229	84,1	81,6	1279	38,3	m	1329	37,3	59,8
1230	87,4	88,3	1280	37,1	m	1330	37,4	52,2
1231	90,5	91,9	1281	35,9	m	1331	37,4	16,9
1232	93,5	94,1	1282	34,6	m	1332	37,1	34,3
1233	96,8	96,6	1283	33,0	m	1333	36,7	51,9
1234	100,0	m	1284	31,1	m	1334	36,2	25,3
1235	96,0	m	1285	29,2	m	1335	35,6	m
1236	81,9	m	1286	43,3	0,0	1336	34,6	m
1237	68,1	m	1287	57,4	32,8	1337	33,2	m
1238	58,1	84,7	1288	59,9	65,4	1338	31,6	m
1339	30,1	m	1389	50,4	50,2	1439	36,3	98,8
1340	28,8	m	1390	53,0	26,1	1440	37,7	100,0
1341	28,0	29,5	1391	59,5	0,0	1441	39,2	100,0
1342	28,6	100,0	1392	66,2	38,4	1442	40,9	100,0
1343	28,8	97,3	1393	66,4	76,7	1443	42,4	99,5
1344	28,8	73,4	1394	67,6	100,0	1444	43,8	98,7
1345	29,6	56,9	1395	68,4	76,6	1445	45,4	97,3
1346	30,3	91,7	1396	68,2	47,2	1446	47,0	96,6
1347	31,0	90,5	1397	69,0	81,4	1447	47,8	96,2
1348	31,8	81,7	1398	69,7	40,6	1448	48,8	96,3
1349	32,6	79,5	1399	54,7	0,0	1449	50,5	95,1
1350	33,5	86,9	1400	39,8	19,9	1450	51,0	95,9
1351	34,6	100,0	1401	36,3	40,0	1451	52,0	94,3
1352	35,6	78,7	1402	36,7	59,4	1452	52,6	94,6
1353	36,4	50,5	1403	36,6	77,5	1453	53,0	65,5
1354	37,0	57,0	1404	36,8	94,3	1454	53,2	0,0
1355	37,3	69,1	1405	36,8	100,0	1455	53,2	m
1356	37,6	49,5	1406	36,4	100,0	1456	52,6	m
1357	37,8	44,4	1407	36,3	79,7	1457	52,1	m
1358	37,8	43,4	1408	36,7	49,5	1458	51,8	m
1359	37,8	34,8	1409	36,6	39,3	1459	51,3	m
1360	37,6	24,0	1410	37,3	62,8	1460	50,7	m
1361	37,2	m	1411	38,1	73,4	1461	50,7	m
1362	36,3	m	1412	39,0	72,9	1462	49,8	m
1363	35,1	m	1413	40,2	72,0	1463	49,4	m
1364	33,7	m	1414	41,5	71,2	1464	49,3	m
1365	32,4	m	1415	42,9	77,3	1465	49,1	m
1366	31,1	m	1416	44,4	76,6	1466	49,1	m
1367	29,9	m	1417	45,4	43,1	1467	49,1	8,3
1368	28,7	m	1418	45,3	53,9	1468	48,9	16,8
1369	29,0	58,6	1419	45,1	64,8	1469	48,8	21,3
1370	29,7	88,5	1420	46,5	74,2	1470	49,1	22,1



Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1371	31,0	86,3	1421	47,7	75,2	1471	49,4	26,3
1372	31,8	43,4	1422	48,1	75,5	1472	49,8	39,2
1373	31,7	m	1423	48,6	75,8	1473	50,4	83,4
1374	29,9	m	1424	48,9	76,3	1474	51,4	90,6
1375	40,2	0,0	1425	49,9	75,5	1475	52,3	93,8
1376	50,4	m	1426	50,4	75,2	1476	53,3	94,0
1377	47,9	m	1427	51,1	74,6	1477	54,2	94,1
1378	45,0	m	1428	51,9	75,0	1478	54,9	94,3
1379	43,0	m	1429	52,7	37,2	1479	55,7	94,6
1380	40,6	m	1430	41,6	0,0	1480	56,1	94,9
1381	55,5	0,0	1431	30,4	36,6	1481	56,3	86,2
1382	70,4	41,7	1432	30,5	73,2	1482	56,2	64,1
1383	73,4	83,2	1433	30,3	81,6	1483	56,0	46,1
1384	74,0	83,7	1434	30,4	89,3	1484	56,2	33,4
1385	74,9	41,7	1435	31,5	90,4	1485	56,5	23,6
1386	60,0	0,0	1436	32,7	88,5	1486	56,3	18,6
1387	45,1	41,6	1437	33,7	97,2	1487	55,7	16,2
1388	47,7	84,2	1438	35,2	99,7	1488	56,0	15,9
1489	55,9	21,8	1539	57,0	59,5	1589	56,8	42,9
1490	55,8	20,9	1540	56,7	57,0	1590	56,5	42,8
1491	55,4	18,4	1541	56,7	69,8	1591	56,7	43,2
1492	55,7	25,1	1542	56,8	58,5	1592	56,5	42,8
1493	56,0	27,7	1543	56,8	47,2	1593	56,9	42,2
1494	55,8	22,4	1544	57,0	38,5	1594	56,5	43,1
1495	56,1	20,0	1545	57,0	32,8	1595	56,5	42,9
1496	55,7	17,4	1546	56,8	30,2	1596	56,7	42,7
1497	55,9	20,9	1547	57,0	27,0	1597	56,6	41,5
1498	56,0	22,9	1548	56,9	26,2	1598	56,9	41,8
1499	56,0	21,1	1549	56,7	26,2	1599	56,6	41,9
1500	55,1	19,2	1550	57,0	26,6	1600	56,7	42,6
1501	55,6	24,2	1551	56,7	27,8	1601	56,7	42,6
1502	55,4	25,6	1552	56,7	29,7	1602	56,7	41,5
1503	55,7	24,7	1553	56,8	32,1	1603	56,7	42,2
1504	55,9	24,0	1554	56,5	34,9	1604	56,5	42,2
1505	55,4	23,5	1555	56,6	34,9	1605	56,8	41,9
1506	55,7	30,9	1556	56,3	35,8	1606	56,5	42,0
1507	55,4	42,5	1557	56,6	36,6	1607	56,7	42,1
1508	55,3	25,8	1558	56,2	37,6	1608	56,4	41,9
1509	55,4	1,3	1559	56,6	38,2	1609	56,7	42,9
1510	55,0	m	1560	56,2	37,9	1610	56,7	41,8
1511	54,4	m	1561	56,6	37,5	1611	56,7	41,9
1512	54,2	m	1562	56,4	36,7	1612	56,8	42,0
1513	53,5	m	1563	56,5	34,8	1613	56,7	41,5
1514	52,4	m	1564	56,5	35,8	1614	56,6	41,9

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1515	51,8	m	1565	56,5	36,2	1615	56,8	41,6
1516	50,7	m	1566	56,5	36,7	1616	56,6	41,6
1517	49,9	m	1567	56,7	37,8	1617	56,9	42,0
1518	49,1	m	1568	56,7	37,8	1618	56,7	40,7
1519	47,7	m	1569	56,6	36,6	1619	56,7	39,3
1520	47,3	m	1570	56,8	36,1	1620	56,5	41,4
1521	46,9	m	1571	56,5	36,8	1621	56,4	44,9
1522	46,9	m	1572	56,9	35,9	1622	56,8	45,2
1523	47,2	m	1573	56,7	35,0	1623	56,6	43,6
1524	47,8	m	1574	56,5	36,0	1624	56,8	42,2
1525	48,2	0,0	1575	56,4	36,5	1625	56,5	42,3
1526	48,8	23,0	1576	56,5	38,0	1626	56,5	44,4
1527	49,1	67,9	1577	56,5	39,9	1627	56,9	45,1
1528	49,4	73,7	1578	56,4	42,1	1628	56,4	45,0
1529	49,8	75,0	1579	56,5	47,0	1629	56,7	46,3
1530	50,4	75,8	1580	56,4	48,0	1630	56,7	45,5
1531	51,4	73,9	1581	56,1	49,1	1631	56,8	45,0
1532	52,3	72,2	1582	56,4	48,9	1632	56,7	44,9
1533	53,3	71,2	1583	56,4	48,2	1633	56,6	45,2
1534	54,6	71,2	1584	56,5	48,3	1634	56,8	46,0
1535	55,4	68,7	1585	56,5	47,9	1635	56,5	46,6
1536	56,7	67,0	1586	56,6	46,8	1636	56,6	48,3
1537	57,2	64,6	1587	56,6	46,2	1637	56,4	48,6
1538	57,3	61,9	1588	56,5	44,4	1638	56,6	50,3
1639	56,3	51,9	1689	57,6	8,9	1739	56,1	46,8
1640	56,5	54,1	1690	57,5	8,0	1740	56,1	45,8
1641	56,3	54,9	1691	57,5	5,8	1741	56,2	46,0
1642	56,4	55,0	1692	57,3	5,8	1742	56,3	45,9
1643	56,4	56,2	1693	57,6	5,5	1743	56,3	45,9
1644	56,2	58,6	1694	57,3	4,5	1744	56,2	44,6
1645	56,2	59,1	1695	57,2	3,2	1745	56,2	46,0
1646	56,2	62,5	1696	57,2	3,1	1746	56,4	46,2
1647	56,4	62,8	1697	57,3	4,9	1747	55,8	m
1648	56,0	64,7	1698	57,3	4,2	1748	55,5	m
1649	56,4	65,6	1699	56,9	5,5	1749	55,0	m
1650	56,2	67,7	1700	57,1	5,1	1750	54,1	m
1651	55,9	68,9	1701	57,0	5,2	1751	54,0	m
1652	56,1	68,9	1702	56,9	5,5	1752	53,3	m
1653	55,8	69,5	1703	56,6	5,4	1753	52,6	m
1654	56,0	69,8	1704	57,1	6,1	1754	51,8	m
1655	56,2	69,3	1705	56,7	5,7	1755	50,7	m
1656	56,2	69,8	1706	56,8	5,8	1756	49,9	m
1657	56,4	69,2	1707	57,0	6,1	1757	49,1	m
1658	56,3	68,7	1708	56,7	5,9	1758	47,7	m

Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент	Время	Норм. число оборотов	Норм. крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1659	56,2	69,4	1709	57,0	6,6	1759	46,8	m
1660	56,2	69,5	1710	56,9	6,4	1760	45,7	m
1661	56,2	70,0	1711	56,7	6,7	1761	44,8	m
1662	56,4	69,7	1712	56,9	6,9	1762	43,9	m
1663	56,2	70,2	1713	56,8	5,6	1763	42,9	m
1664	56,4	70,5	1714	56,6	5,1	1764	41,5	m
1665	56,1	70,5	1715	56,6	6,5	1765	39,5	m
1666	56,5	69,7	1716	56,5	10,0	1766	36,7	m
1667	56,2	69,3	1717	56,6	12,4	1767	33,8	m
1668	56,5	70,9	1718	56,5	14,5	1768	31,0	m
1669	56,4	70,8	1719	56,6	16,3	1769	40,0	0,0
1670	56,3	71,1	1720	56,3	18,1	1770	49,1	m
1671	56,4	71,0	1721	56,6	20,7	1771	46,2	m
1672	56,7	68,6	1722	56,1	22,6	1772	43,1	m
1673	56,8	68,6	1723	56,3	25,8	1773	39,9	m
1674	56,6	68,0	1724	56,4	27,7	1774	36,6	m
1675	56,8	65,1	1725	56,0	29,7	1775	33,6	m
1676	56,9	60,9	1726	56,1	32,6	1776	30,5	m
1677	57,1	57,4	1727	55,9	34,9	1777	42,8	0,0
1678	57,1	54,3	1728	55,9	36,4	1778	55,2	m
1679	57,0	48,6	1729	56,0	39,2	1779	49,9	m
1680	57,4	44,1	1730	55,9	41,4	1780	44,0	m
1681	57,4	40,2	1731	55,5	44,2	1781	37,6	m
1682	57,6	36,9	1732	55,9	46,4	1782	47,2	0,0
1683	57,5	34,2	1733	55,8	48,3	1783	56,8	m
1684	57,4	31,1	1734	55,6	49,1	1784	47,5	m
1685	57,5	25,9	1735	55,8	49,3	1785	42,9	m
1686	57,5	20,7	1736	55,9	47,7	1786	31,6	m
1687	57,6	16,4	1737	55,9	47,4	1787	25,8	m
1688	57,6	12,4	1738	55,8	46,9	1788	19,9	m
1789	14,0	m						
1790	8,1	m						
1791	2,2	m						
1792	0,0	0,0						
1793	0,0	0,0						
1794	0,0	0,0						
1795	0,0	0,0						
1796	0,0	0,0						
1797	0,0	0,0						
1798	0,0	0,0						
1799	0,0	0,0						
1800	0,0	0,0						

m = прокрутка двигателя на динамометре

## Приложение 2

## A.2.1 ЭТАЛОННОЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Параметр	Единица	Пределы 1/		Метод испытания	
		Минимум	Максимум		
Цетановое число		52	54	ISO 5165	
Плотность при 15°C	кг/м <sup>3</sup>	833	837	ISO 3675	
Перегонка:					
- 50% объема,	°C	245		ISO 3405	
- 95% объема,	°C	345	350		
- конечная точка кипения	°C		370		
Температура вспышки	°C	55		ISO 2719	
Температура закупорки холодного фильтра	°C		-5	EN 116	
Кинематическая вязкость при 40°C	мм <sup>2</sup> /с	2,3	3,3	ISO 3104	
Полициклические ароматические углеводороды	% м/м	2,0	6,0	EN 12916	
Углеродный остаток по Конрадсону (10% DR)	% м/м		0,2	ISO 10370	
Содержание золы	%/м		0,01	EN-ISO 6245	
Содержание воды	% м/м		0,02	EN-ISO 12937	
Содержание серы	мг/кг		10	EN-ISO 14596	
Окисление меди при 50°C			1	EN-ISO 2160	
Смазочное свойство (HFRR при 60°C)	μ мкм		400	CEC F-06-A-96	
Показатель нейтрализации	мг КОН/г		0,02		
Стойкость к окислению	мг/мл		0,025	EN-ISO 12205	

1/ Значения, указанные в технических требованиях, являются "истинными значениями". При определении предельных значений были использованы условия стандарта ISO 4259 "Нефтепродукты: определение и применение точных данных о методах испытания", а при установлении минимальной величины принимались во внимание минимальная разница 2R выше нулевого значения; при установлении максимального и минимального значений минимальная разница между этими величинами составляет 4R (R = воспроизводимость).

Независимо от этой системы измерения, которая необходима по техническим причинам, производителю топлива следует, тем не менее, стремиться к нулевому значению в том случае, если предусмотренное максимальное значение равняется 2R, и к среднему значению в том случае, если существуют максимальный и минимальный пределы. Если необходимо уточнить вопрос о том, соответствует ли данное топливо техническим требованиям, следует применять условия стандарта ISO 4259.

### A.2.2 ЭТАЛОННОЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО 2-D

Параметр	Единица	Метод испытания	Пределы	
			Минимум	Максимум
Цетановое число	Л	ASTM D 613	40	50
Цетановый индекс	Л	ASTM D 976	40	50
Плотность при 15°C	кг/м <sup>3</sup>	ASTM D 1298	840	865
Перегонка		ASTM D 86		
- начальная точка кипения,	°C		171	204
- 10% объема	°C		204	238
- 50% объема	°C		243	282
- 90% объема	°C		293	332
- конечная точка кипения	°C		321	366
Температура вспышки	°C	ASTM D 93	54	-
Кинематическая вязкость при 37,9°C	мм <sup>2</sup> /с	ASTM D 445	2	3,2
Весовая доля серы	млн. <sup>-1</sup>	ASTM D 2785	7	15
Объемная доля ароматических веществ	проценты объема	ASTM D 1319	27	-

### A.2.3 ЭТАЛОННОЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ЯПОНИИ

Параметр	Единица	Метод испытания	Сорт 1		Сорт 2		Сертифицированный дизель	
			мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Цетановое число		ISO 4264	50	-	45	-	45	-
Перегонка		ISO 3405						
90% объема	°C		-	360	-	350	-	350
Температура вспышки	°C	ISO 3405	50	-	50	-	50	-
Температура закупорки холодного фильтра	°C	ICS 75.160.20	-	-1	-	-5	-	-
Точка текучести	°C	ISO 3015	-	-2,5	-	-7,5	-	-
Кинематическая вязкость при 30°C	мм <sup>2</sup> /с	ISO 2909	2,7	-	3,5	-	2,5	-
Массовая доля серы	%	ISO 4260	-	0,005	-	0,005	-	0,005
Массовая доля углеродного остатка (10-процентный осадок)	мг	ISO 4260	-	0,1	-	0,1	-	-

### Приложение 3

## ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

### А.3.1 Система анализа

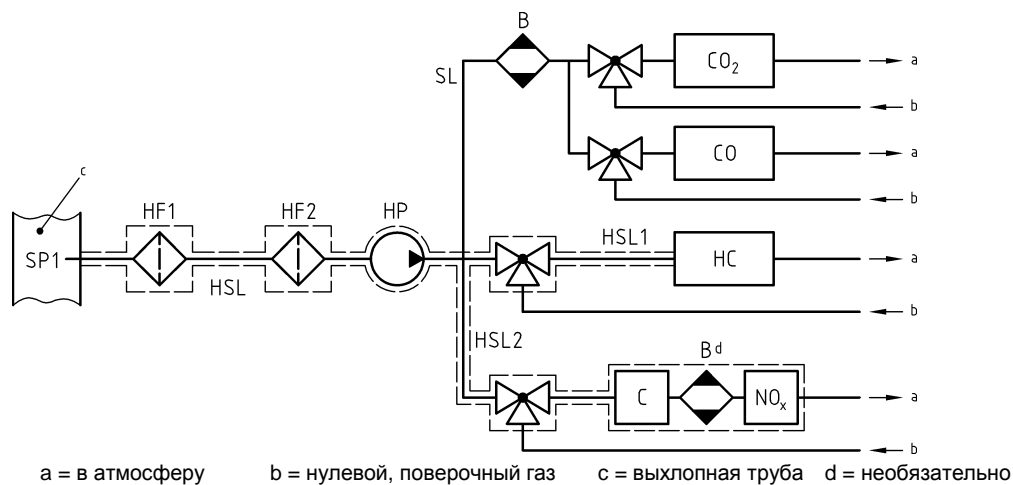
#### А.3.1.1 Введение

В настоящем добавлении содержится общее описание рекомендуемых систем отбора проб и анализа. Поскольку эквивалентные результаты можно получить с помощью различных конфигураций, точное соблюдение схем, показанных на рис. 9 и 10, не обязательно. Для получения дополнительной информации и согласования функций систем, состоящих из различных компонентов, можно использовать такие компоненты, как приборы, клапаны, соленоиды, насосы, питатели и выключатели. Другие компоненты, которые не нужны для обеспечения необходимой точности некоторых систем, могут не использоваться, если отказ от их использования основан на надлежащей технической практике.

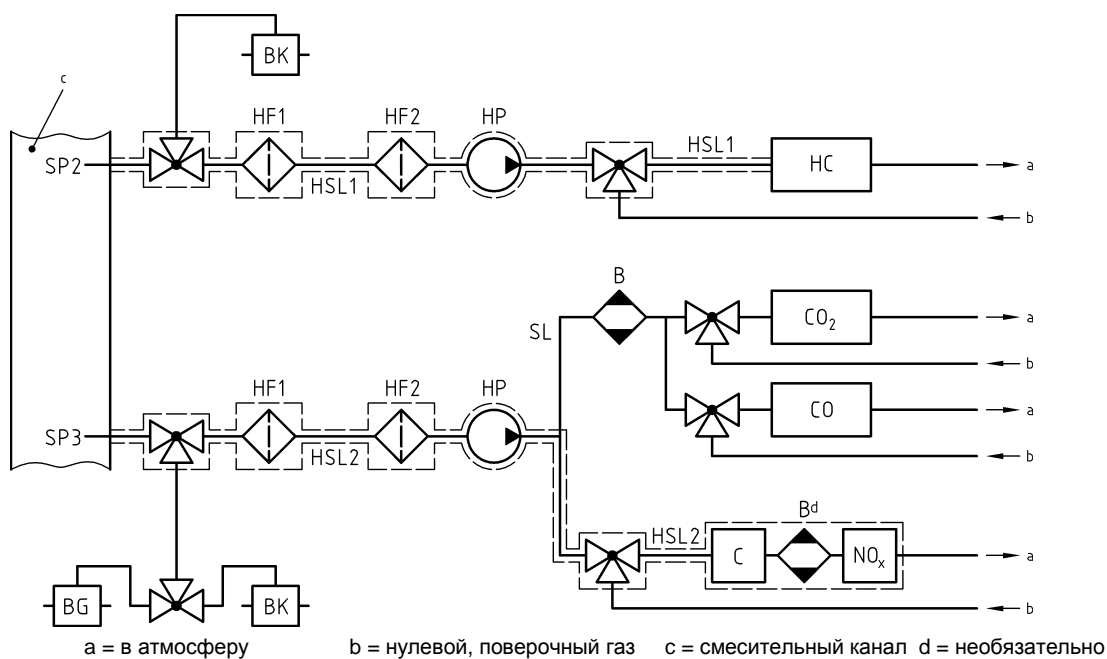
#### А.3.1.2 Описанная ниже система анализа для определения выбросов газообразных веществ в первичных (рис. 9) или в разреженных (рис. 10) выхлопных газах основана на использовании:

- a) анализатора HFID или FID для замера углеводородов;
- b) анализаторов NDIR для замера окиси углерода и двуокиси углерода;
- c) анализатора HCLD или CLD для замера окислов азота.

Проба для всех компонентов может отбираться с помощью одного пробоотборника и затем разделяться внутри системы и направляться в различные анализаторы. При желании можно использовать два пробоотборника, расположенных в непосредственной близости друг от друга. Следует следить за тем, чтобы ни в одной точке системы анализа не происходила конденсация компонентов выхлопных газов (включая воду и серную кислоту).



**Рис. 9:** Принципиальная схема системы анализа первичных выхлопных газов для замера CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC



**Рис. 10:** Принципиальная схема системы анализа разряженных выхлопных газов для замера CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC

A.3.1.3 Компоненты - рис. 9 и 10

EP Выхлопная труба

SP Пробоотборник первичных выхлопных газов (только рис. 9)

Рекомендуется использовать прямой пробоотборник из нержавеющей стали с несколькими отверстиями и закрытым концом. Внутренний диаметр не должен превышать внутреннего диаметра пробоотборной магистрали. Толщина стенок пробоотборника не должна превышать 1 мм. В трех различных радиальных плоскостях должно быть не менее трех отверстий для отбора проб приблизительно в одинаковом режиме потока. Сечение пробоотборника должно составлять не менее 80% от диаметра выхлопной трубы. Могут использоваться один или два пробоотборника.

SP2 Пробоотборник для отбора проб HC в разреженных выхлопных газах (только рис. 10)

Пробоотборник должен:

- a) рассматриваться в качестве первого участка размером 254 мм - 762 мм пробоотборной магистрали для углеводородов HSL1;
- b) иметь внутренний диаметр не менее 5 мм;
- c) быть установлен в смесительном канале DT (рис. 15) в точке, где происходит смешение разрежающего воздуха и выхлопных газов (т.е. приблизительно на расстоянии, равном 10 диаметрам смесительного канала от точки, в которой выхлопные газы попадают в смесительный канал);
- d) находиться на достаточном удалении (в радиальном направлении) от остальных пробоотборников, а стенки канала должны быть такими, чтобы исключить влияние любой турбулентности или завихрений;
- e) нагреваться таким образом, чтобы повысить температуру газового потока до  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ) на выходе пробоотборника или до  $385 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $112^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ) для двигателей с принудительным зажиганием;
- f) не нагреваться в случае измерения с помощью FID (в холодном состоянии).



SP3 Пробоотборник для отбора проб CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> в разреженных выхлопных газах (только рис. 10)

Пробоотборник должен:

- a) находиться в той же плоскости, что и SP2;
- b) находиться на достаточном удалении (в радиальном направлении) от остальных пробоотборников, а стенки канала должны быть такими, чтобы исключить влияние любой турбулентности или завихрений;
- c) быть изолированным и нагреваться по всей своей длине до температуры не менее 328 К (55°C) для предотвращения конденсации воды.

NF1 Нагреваемый предварительный фильтр (не обязателен)

Температура должна быть такой же, как и температура HSL1.

NF2 Нагреваемый фильтр

Фильтр должен быть в состоянии задерживать любые твердые частицы, находящиеся в пробе газа, до попадания в анализатор. Температура должна быть той же, что и температура HSL1. Фильтр меняется по мере необходимости.

HSL1 Подогреваемая пробоотборная магистраль

Пробоотборная магистраль обеспечивает отбор проб газа на участке от единичного пробоотборника до точки (точек) разделения потока и анализатора HC.

Пробоотборная магистраль должна:

- a) иметь внутренний диаметр не менее 4 мм и не более 13,5 мм;
- b) быть изготовлена из нержавеющей стали или политетрафторэтилена;
- c) быть в состоянии поддерживать температуру стенок на уровне  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ), измеряемую на каждом отдельно

контролируемом участке нагревания, если температура выхлопного газа в пробоотборнике составляет не более 463 К (190°C);

- d) быть в состоянии поддерживать температуру стенок на уровне более 453 К (180°C), если температура выхлопного газа в пробоотборнике превышает 463 К (190°C);
- e) быть в состоянии поддерживать температуру газа на уровне  $463 \text{ К} \pm 10 \text{ К}$  ( $190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ) непосредственно перед нагреваемым фильтром HF2 и HFID.

HSL2 Подогреваемая пробоотборная магистраль для  $\text{NO}_x$

Пробоотборная магистраль должна:

- a) быть в состоянии поддерживать температуру стенок в пределах 328 К - 473 К ( $55^\circ\text{C}$  -  $200^\circ\text{C}$ ) на участке до преобразователя в случае измерения на сухой основе и до анализатора в случае измерения на влажной основе;
- b) быть изготовлена из нержавеющей стали или политетрафторэтилена.

HP Подогреваемый насос для отбора проб

Насос нагревается до температуры HSL.

SL Пробоотборная магистраль для CO и  $\text{CO}_2$

Магистраль должна быть изготовлена из политетрафторэтилена или нержавеющей стали. Она может подогреваться или не подогреваться.

HC Анализатор HFID

Нагреваемый пламенно-ионизационный детектор (HFID) или пламенно-ионизационный детектор (FID) для определения содержания углеводородов. Температура HFID должна поддерживаться в пределах 453 К - 473 К ( $180^\circ\text{C}$  -  $200^\circ\text{C}$ ).

CO, CO<sub>2</sub>   Анализатор NDIR

Анализаторы NDIR для определения содержания окиси углерода и двуокиси углерода (для определения коэффициента разрежения для измерения РТ не обязателен).

NO<sub>x</sub>        Анализатор CLD

Анализатор CLD или HCLD для определения содержания окислов азота. Если используется HCLD, то температура должна поддерживаться в пределах 328 К - 473 К (55°C - 200°C).

В            Резервуар для охлаждения (для измерения NO не обязателен)

Для охлаждения и конденсации воды из проб выхлопных газов. Не обязателен, если в анализаторе не происходит интерференция водяного пара в соответствии с пунктом 9.3.9.2.2. Если вода удаляется методом конденсации, то температура пробы газа или точка росы должны контролироваться либо на уровне водоотделителя, либо за ним. Температура пробы газа или точка росы не должны превышать 280 К (7°C). Использование химических сушек для удаления воды из пробы не допускается.

ВК          Камера для фоновой концентрации (не обязательна; только рис. 10)

Для измерения фоновых концентраций.

BG          Камера для отбора проб (не обязательна; только рис. 10)

Для измерения концентраций проб.

#### A.3.1.4   Метод отделения неметановых фракций (NMC)

Отделитель фракции окисляет все углеводороды, за исключением CH<sub>4</sub> - CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, таким образом, что при прохождении пробы через NMC HFID регистрирует только CH<sub>4</sub>. В дополнение к обычной схеме отбора проб HC (см. рис. 9 и 10) необходимо установить дополнительную схему отбора проб HC, оснащенную отделителем, как показано на рис. 11. Это позволяет одновременно измерять общее содержание HC и NMHC.

До начала испытания необходимо снять характеристики отделителя фракции по отношению к его каталитическому воздействию на  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_2\text{H}_6$  при соответствующих значениях  $\text{H}_2\text{O}$ , отражающих состояние потока выхлопных газов, при температуре 600 К (327°C) или выше. Точка росы и уровень  $\text{O}_2$ , взятого из пробы потока выхлопных газов, должны быть известны. Относительное срабатывание FID на  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_2\text{H}_6$  определяется в соответствии с пунктом 9.3.8.

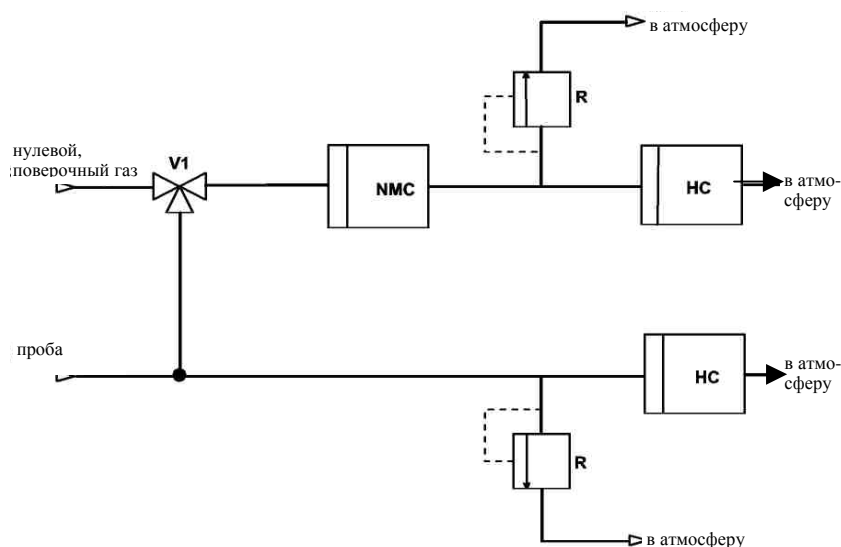


Рис. 11: Принципиальная схема анализа метана с помощью отделителя метановых фракций NMC

#### A.3.1.5 Компоненты - рис. 11

NMC Отделитель неметановых фракций

Для окисления всех углеводородов, кроме метана.

HC

Нагреваемый пламенно-ионизационный детектор (HFID) или пламенно-ионизационный детектор (FID) для измерения концентрации HC и  $\text{CH}_4$ . Температура HFID должна поддерживаться в пределах 453 К - 473 К (180°C - 200°C).

V1 Селекторный клапан

Для отделения нулевого и поверочного газа.

R Регулятор давления

Для контроля давления в пробоотборной магистрали и расхода газов в HFID.

A.3.2 Система разрежения и отбора проб твердых частиц

A.3.2.1 Введение

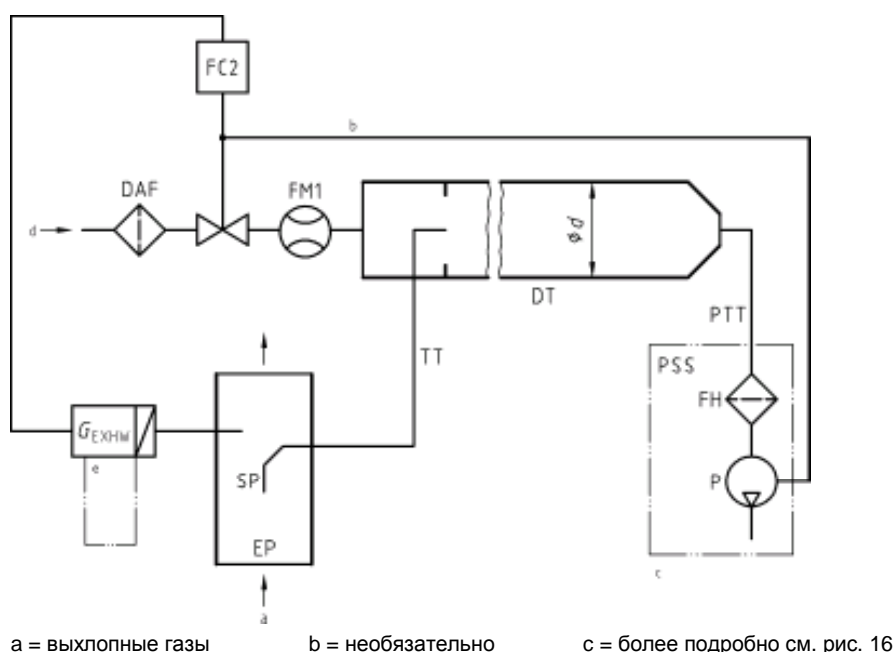
В настоящем добавлении содержится общее описание рекомендуемых систем разрежения и отбора твердых частиц. Поскольку эквивалентные результаты могут быть получены с помощью различных конфигураций, точное соблюдение схем, показанных на рис. 12-17, не обязательно. Для получения дополнительной информации и согласования функций систем, состоящих из этих компонентов, могут использоваться дополнительные компоненты, такие, как клапаны, соленоиды, насосы и переключатели. Другие компоненты, которые не нужны для обеспечения необходимой точности некоторых систем, могут не использоваться, если отказ от их использования основан на надлежащей технической практике.

A.3.2.2 Описание системы частичного разрежения потока

Описанная ниже система разрежения основана на частичном разрежении потока выхлопных газов. Разделение потока выхлопных газов и последующий процесс разрежения могут осуществляться с помощью систем разрежения различных типов. Для последующего сбора твердых частиц в систему отбора проб твердых частиц направляется весь поток разреженных выхлопных газов или только часть разреженных выхлопных газов. Первый метод называется методом отбора проб в полном потоке, а второй - методом отбора проб в части потока. Расчет коэффициента разрежения зависит от типа используемой системы.

В случае систем отбора проб в полном потоке, как показано на рис. 12, первичные выхлопные газы подаются из выхлопной трубы (EP) в смесительный канал (DT) через пробоотборник (SP) и передаточную трубу (TT). Общий поток через канал регулируется с помощью регулятора FC2 и

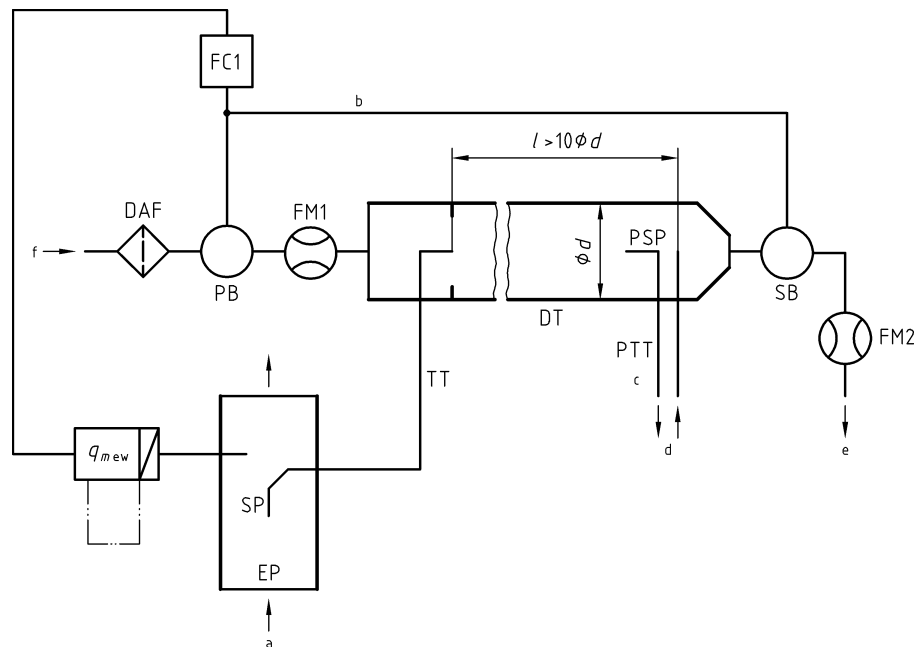
насоса (P) системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16). Поток разрежающего воздуха контролируется регулятором потока FC1, который может использовать  $q_{mew}$  или  $q_{maw}$  и  $q_{mf}$  в качестве сигналов подачи команд для необходимого разделения потоков выхлопных газов. Поток для отбора проб, поступающий в DT, представляет собой разницу между общим потоком и потоком разрежающего воздуха. Показатель расхода разрежающего воздуха измеряется с помощью устройства измерения FM1, а общий расход - с помощью устройства измерения потока FM3 системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16). Коэффициент разрежения рассчитывается по этим двум показателям расхода.



**Рис. 12:** Схема системы частичного разрежения потока (с полным отбором проб)

При использовании системы с частичным отбором проб, показанной на рис. 13, первичные выхлопные газы подаются из выхлопной трубы EP в смешительный канал DT через пробоотборник (SP) и передаточную трубу (TT). Общий поток через канал регулируется с помощью регулятора потока FC1, подсоединенного либо к насосу, нагнетающему разрежающий воздух в канал, по которому проходит полный поток, либо к всасывающему насосу. Регулятор потока FC1 может использовать  $q_{mew}$  или  $q_{maw}$  и  $q_{mf}$  в качестве сигналов подачи команд для необходимого разделения потока выхлопных газов. Поток для отбора проб DT представляет собой разницу между полным потоком и потоком разрежающего воздуха. Показатель расхода разрежающего воздуха измеряется с помощью устройства измерения расхода FM1, а расход полного потока - с помощью

устройства измерения расхода FM2. Коэффициент разрежения рассчитывается по этим двум показателям расхода. Пробы твердых частиц отбираются из DT с помощью системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16).



a = выхлопные газы    b = в PB или SB    c = более подробно см. рис. 16  
d = в систему отбора проб твердых частиц    e = в атмосферу

**Рис. 13:** Схема системы частичного разрежения потока (с частичным отбором проб)

#### A.3.2.3 Компоненты - рис. 12 и 13

##### EP Выхлопная труба

Выхлопная труба может изолироваться. Для снижения тепловой инерции выхлопной трубы рекомендуемое отношение толщины стенки к диаметру должно составлять 0,015 или менее. Использование гибких секций должно ограничиваться соотношением длины к диаметру, которое должно составлять 12 или менее. Для сокращения инерционных отложений количество изгибов должно сводиться к минимуму. Если в систему входит глушитель испытательного стенда, то его тоже можно изолировать. Рекомендуется использовать прямую трубу длиной, равной шести диаметрам трубы, до наконечника пробоотборника и трем диаметрам трубы после него.

SP Пробоотборник

Пробоотборник должен быть одного из следующих типов:

- a) открытая трубка, обращенная навстречу потоку и устанавливаемая в центре выхлопной трубы;
- b) открытая трубка, обращенная передней частью по направлению потока и устанавливаемая в центре выхлопной трубы;
- c) пробоотборник с несколькими отверстиями, соответствующий описанию SP в пункте А.3.1.3;
- d) пробоотборник с конусообразным наконечником, обращенный навстречу потоку и устанавливаемый в центре выхлопной трубы, как показано на рис. 14.

Минимальный внутренний диаметр наконечника пробоотборника должен составлять 4 мм. Минимальное соотношение между диаметром выхлопной трубы и диаметром пробоотборника должно быть равно 4.

В случае использования пробоотборника типа а) непосредственно перед фильтродержателем устанавливается инерционный предварительный сепаратор (циклонного или ударного типа), обеспечивающий 50-процентный уровень эффективности отделения частиц размером 2,5-10 мкм.

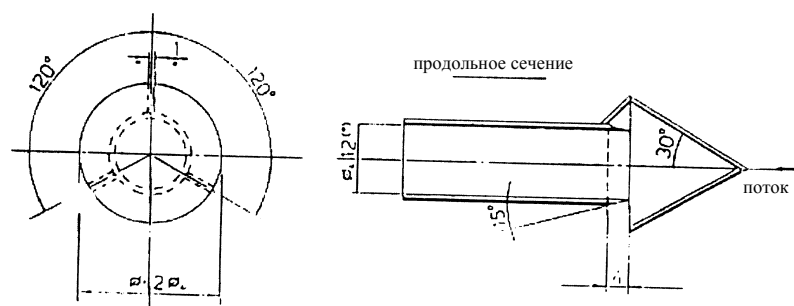


Рис. 14: Схема пробоотборника с коническим наконечником



TT Передаточная труба выхлопных газов

Передаточная труба:

- a) должна быть как можно более короткой, но не длиннее 1 м;
- b) ее диаметр должен быть равен или больше диаметра пробоотборника, но не более 25 мм;
- c) должна устанавливаться в центре смесительного канала и быть направлена в сторону движения потока.

Труба должна быть изолирована с помощью материала максимальной теплопроводностью 0,05 Вт/мК с радиальной толщиной изоляции, соответствующей диаметру пробоотборника, или нагреваться.

FC1 Регулятор потока

Регулятор потока может использоваться для регулирования потока разрежающего воздуха, проходящего через нагнетательный насос РВ и/или всасывающий насос СВ. Он может быть подключен к датчику подачи сигналов расхода выхлопных газов, указанных в пункте 8.3.1. Регулятор потока можно устанавливать до или после соответствующего всасывающего насоса. В случае подачи предварительно сжатого воздуха FC1 непосредственно регулирует расход воздуха.

FM1 Устройство измерения расхода

Газомер или иной прибор для измерения расхода разрежающего воздуха. FM1 устанавливать не обязательно, если РВ откалиброван для измерения расхода.

DAF Фильтр разрежающего воздуха

Разрежающий воздух (окружающий воздух, синтетический воздух или азот) необходимо фильтровать с помощью высокоэффективного воздушного фильтра (HEPA), первоначальная эффективность улавливания которого составляет не менее 99,97%. Температура разрежающего воздуха должна составлять более 288 К (15°C); разрежающий воздух может подвергаться влагоотделению.

FM2        Устройство измерения расхода (для частичного отбора проб, только рис. 13)

Газометр или другой прибор для измерения расхода разреженных выхлопных газов. FM2 можно не устанавливать, если всасывающий насос SB откалиброван для измерения расхода.

PВ        Нагнетательный насос (для частичного отбора проб, только рис. 13)

Для контроля за расходом разрежающего воздуха PВ может быть подсоединен к регуляторам потока FC1 или FC2. При использовании дроссельного клапана PВ не требуется. PВ, если он соответствующим образом откалиброван, может использоваться для измерения расхода разрежающего воздуха.

SB        Всасывающий насос (для частичного отбора проб, только рис. 13)

SB, в случае его соответствующей калибровки, может использоваться для измерения расхода разреженных выхлопных газов.

DT        Смесительный канал

Смесительный канал:

- a) должен иметь достаточную длину для обеспечения полного смешивания выхлопных газов и разрежающего воздуха в условиях турбулентного потока при использовании системы частичного отбора проб; т.е. в случае системы полного отбора проб полное смешивание не требуется;
- b) должен быть изготовлен из нержавеющей стали;
- c) для систем частичного отбора проб его диаметр должен составлять не менее 75 мм;
- d) в случае полного отбора проб рекомендуемый диаметр должен составлять не менее 25 мм;
- e) может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52°C);
- f) может быть изолирован.

PSP Пробоотборник твердых частиц (для частичного отбора проб, только рис. 13)

Пробоотборник твердых частиц представляет собой основной участок передаточной трубы отбора твердых частиц РТТ (см. пункт А.3.2.5) и

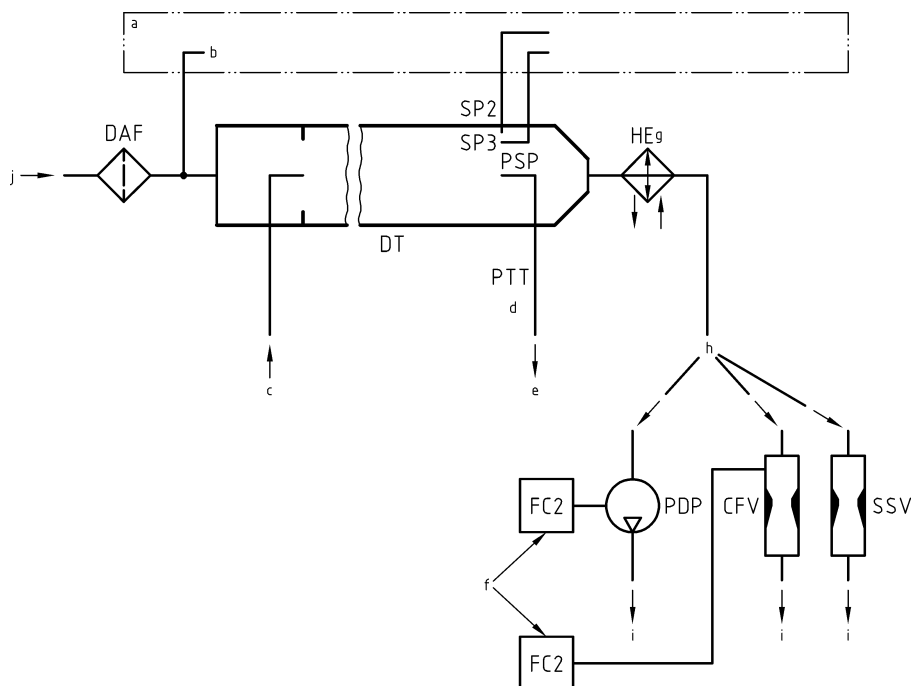
- a) устанавливается навстречу потоку в точке, где происходит полное смешивание разрежающего воздуха и выхлопных газов, т.е. по центру смесительного канала ДТ на расстоянии, приблизительно равном 10 диаметрам канала, ниже точки, где выхлопные газы входят в смесительный канал;
- b) должен иметь внутренний диаметр не менее 12 мм;
- c) может нагреваться путем прямого нагрева или с помощью предварительно нагретого разрежающего воздуха при условии, что температура стенок не превышает 325 К (52°C) и что температура разрежающего воздуха до подачи выхлопных газов в разрежающий канал также не превышает 325 К (52°C);
- d) может быть изолирован.

#### А.3.2.4 Описание системы полного разрежения потока

Система разрежения основана на принципе разрежения общего потока первичных выхлопных газов в смесительном канале ДТ с использованием принципа CVS (отбор проб постоянного объема); эта система изображена на рис. 15.

Расход разреженных выхлопных газов измеряется либо с помощью нагнетательного насоса (PDP), трубки Вентури с критическим расходом потока (CFV) или трубки Вентури для дозвуковых потоков (SSV). Для пропорционального отбора проб и определения расхода может использоваться теплообменник (HE) или электронная система компенсации расхода (EFC). Поскольку масса твердых частиц определяется на основе общего потока разреженных выхлопных газов, необходимо рассчитать коэффициент разрежения.

Для последующего сбора твердых частиц проба разреженных выхлопных газов подается в систему отбора проб твердых частиц с двойным разрежением (см. рис. 17). Хотя система двойного разрежения является в какой-то мере обычной системой разрежения, она все же представляет собой некоторую модификацию системы отбора проб твердых частиц, поскольку она состоит в основном из частей, которые входят в состав обычной системы отбора проб твердых частиц.



a = система анализа b = фоновый воздух c = выхлопные газы  
d = более подробно см. рис. 17 e = система двойного разрежения  
f = если используется EFC i = в атмосферу g = необязательно  
h = или

Рис. 15: Схема системы полного разрежения потока (CVS)

#### А.3.2.5 Компоненты - рис. 15

##### ЕР Выхлопная труба

Длина выхлопной трубы от выхода выпускного коллектора двигателя, выходного канала турбонагнетателя или устройства последующей очистки до смешительного канала должна быть не более 10 м. Если длина системы превышает 4 м, то в этом случае все трубы за пределами 4-метровой длины должны быть изолированы, за исключением встроенного дымомера, если таковой используется. Радиальная толщина изоляции должна составлять не

менее 25 мм. Теплопроводность изолирующего материала не должна превышать 0,01 Вт/мК, измеренная при температуре 673 К. Для снижения тепловой инерции выхлопной трубы рекомендуемое отношение толщины к диаметру должно составлять 0,015 или менее. Использование гибких участков ограничивается отношением длины к диаметру, которое должно составлять 12 или менее.

PDP измеряет общий поток разреженных выхлопных газов по числу оборотов насоса и его производительности. Искусственное снижение противодавления выхлопной системы с помощью PDP или системы подачи разрежающего воздуха не допускается. Статическое противодавление выхлопных газов, измеренное с подключенной системой PDP, должно оставаться в пределах  $\pm 1,5$  кПа статического давления, измеренного без подключения PDP при одинаковом числе оборотов двигателя и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед PDP должна находиться в пределах  $\pm 6$  К средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расхода (EFC) не используется. Компенсация потока может использоваться только в том случае, если температура на входе PDP не превышает 323 К (50 °C).

CFV       Трубка Вентури с критическим расходом

CFV измеряет общий расход разреженных выхлопных газов путем поддержания расхода в условиях дросселирования (критический расход). Статическое противодавление выхлопных газов, измеренное с подключенной системы CFV, должно оставаться в пределах  $\pm 1,5$  кПа статического давления, измеренного без подключения CFV, при одинаковом числе оборотов двигателя и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед CFV должна находиться в пределах  $\pm 11$  К средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расхода (EFC) не используется.

SSV       Трубка Вентури для дозвуковых потоков

SSV измеряет общий расход разреженных выхлопных газов с использованием функции расхода газов трубки Вентури в режиме дозвуковых потоков в зависимости от давления и температуры на входе и падения давления между входом трубки и сужением. Статическое противодавление выхлопных газов, измеренное с подключенной системой SSV, должно оставаться в

пределах  $\pm 1,5$  кПа статического давления, измеренного без подключения SSV, при одинаковом числе оборотов и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед SSV должна находиться в пределах  $\pm 11$  К средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расходов (EFC) не используется.

HE Теплообменник (не обязателен)

Теплообменник должен обладать достаточной емкостью для обеспечения поддержания температуры в указанных выше пределах. Если используется EFC, то теплообменник не обязателен.

EFC Электронная компенсация расхода (не обязательна)

Если температура на входе в PDP, CFV или SSV не поддерживается в указанных выше пределах, то для непрерывного измерения расхода и контроля за пропорциональным отбором проб в системе двойного разрежения необходима соответствующая система компенсации расхода. В этих целях для корректировки расхода потока пробы через фильтры твердых частиц, установленные в системе двойного разрежения (см. рис. 17), используются сигналы непрерывного измерения расхода.

DT Смесительный канал

Смесительный канал

- a) должен быть достаточно небольшим в диаметре для создания турбулентного потока (число Рейнольдса более 4 000) и достаточной длины для обеспечения полного смешивания выхлопных газов и разрежающего воздуха;
- b) должен иметь диаметр не менее 75 мм;
- c) может быть изолирован.

Выхлопные газы двигателя подаются вниз по движению потока в точку, где они вводятся в смесительный канал и тщательно перемешиваются. Для этого может использоваться соответствующее смесительное сопло.

При использовании системы двойного разрежения проба из смесительного канала подается во вторичный смесительный канал, где она дополнительно разрежается, и затем пропускается через фильтры для отбора проб (рис. 17). Пропускная способность PDP или CFV должна быть достаточной для поддержания температуры потока разреженных выхлопных газов в DT в зоне отбора проб на уровне не более 464 К (191°C). Система вторичного разрежения обеспечивает достаточный поток разрежающего воздуха для вторичного разрежения в целях поддержания температуры дважды разреженного потока выхлопных газов непосредственно перед фильтром твердых частиц в пределах 315 К (42°C) - 325 К (52°C).

DAF          Фильтр разрежающего воздуха

Разрежающий воздух (окружающий воздух, синтетический воздух или азот) необходимо фильтровать с помощью высокоэффективного фильтра (HEPA), первоначальная эффективность улавливания которого должна составлять не менее 99,97%. Температура разрежающего воздуха должна составлять более 288 К (15°C); разрежающий воздух может подвергаться влагоотделению.

PSP          Пробоотборник твердых частиц

Пробоотборник представляет собой основной участок РТТ и

- a) устанавливается навстречу потоку в точке, где происходит полное смешивание разрежающего воздуха и выхлопных газов, т.е. по центру смесительного канала DT системы разрежения на расстоянии, приблизительно равном 10 диаметрам канала, ниже точки, где выхлопные газы поступают в смесительный канал;
- b) должен иметь внутренний диаметр не менее 12 мм;
- c) может нагреваться путем прямого нагревания или с помощью предварительно нагретого разрежающего воздуха, при условии что температура стенок не превышает 325 К (52°C) до подачи выхлопных газов в смесительный канал;
- d) может быть изолирован.

#### A.3.2.6 Описание системы отбора проб твердых частиц

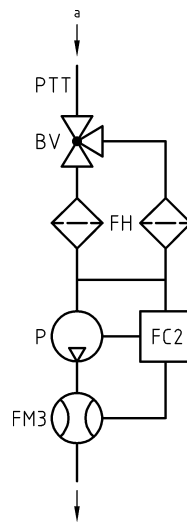
Система отбора проб твердых частиц требуется для сбора твердых частиц на фильтре твердых частиц. Она показана на рис. 16 и 17. В случае полного

отбора проб в условиях частичного разрежения потока, который заключается в пропуске всей пробы разреженных выхлопных газов через фильтры, система разрежения и система отбора обычно образуют единый блок (см. рис. 12). В случае частичного отбора проб в условиях частичного разрежения или полного разрежения потока, который заключается в пропуске через фильтры только определенной части разреженных выхлопных газов, система разрежения и система отбора проб обычно представляют собой разные блоки.

В случае системы частичного разрежения потока проба разреженных выхлопных газов берется в смесительном канале DT с помощью пробоотборника твердых частиц PSP и передаточной трубы для твердых частиц РТТ с помощью насоса для отбора проб Р, как показано на рис. 16. Проба проходит через фильтродержатель(и) фильтра FH, в которых закреплены фильтры отбора проб твердых частиц. Расход пробы регулируется с помощью регулятора расхода FC3.

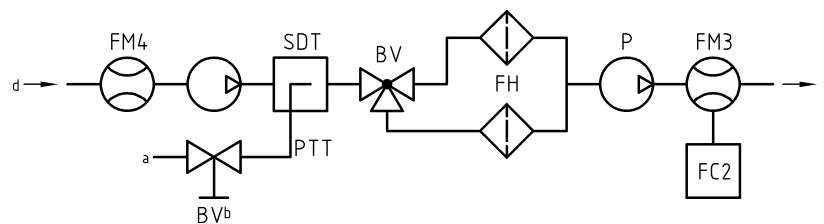
В случае системы с полным разрежением потока используется система отбора проб твердых частиц в условиях двойного разрежения, как показано на рис. 17. Проба разреженных выхлопных газов передается из смесительного канала DT через пробоотборник твердых частиц PSP и передаточную трубу для твердых частиц РТТ во вторичный смесительный канал SDT, где он разрежается еще раз. После этого проба проходит через держатель(и) фильтра FH, в которых закреплены фильтры отбора проб твердых частиц. Расход разрежающего воздуха обычно остается постоянным, а расход проб регулируется с помощью регулятора расхода FC3. Если используется электронная система компенсации EFC (см. рис. 15), то общий расход разреженных выхлопных газов используется в качестве сигнала, подающего команду на FC3.





a = из смесительного канала

**Рис. 16:** Схема системы отбора проб твердых частиц



a = разреженный поток выхлопных газов из ДТ b = не обязательно c = в атмосферу  
d = вторичный разреженный воздух

**Рис. 17:** Принципиальная схема системы отбора твердых частиц в условиях двойного разрежения

А.3.2.7 Компоненты - рис. 16 (только система частичного разрежения потока) и 17 (только система полного разрежения потока)

РТТ Передаточная труба для твердых частиц

Длина передаточной трубы для твердых частиц не должна превышать 1 020 мм, и во всех случаях, когда это возможно, ее длина должна быть как можно меньше.

Эти размеры действительны для:

- а) системы частичного разрежения потока с частичным отбором проб на участке от наконечника пробоотборника до фильтродержателя;

- b) системы частичного разрежения потока с полным отбором проб на участке от конца смесительного канала до фильтродержателя;
- c) системы двойного полного разрежения потока на участке от наконечника пробоотборника до вторичного смесительного канала.

Передаточная труба:

- a) может нагреваться при условии, что температура стенок не превышает 325 К (52°C);
- b) может быть изолирован.

SDT Вторичный смесительный канал (только рис. 17)

Вторичный смесительный канал должен иметь диаметр не менее 75 мм и достаточную длину, чтобы время нахождения в нем дважды разреженной пробы составляло не менее 0,25 с. Фильтродержатель FH должен быть размещен в пределах 300 мм от выхода SDT.

Вторичный смесительный канал

- a) может нагреваться при условии, что температура стенок не превышает 325 К (52°C), путем прямого нагревания или предварительно нагретым разрежающим воздухом, и что температура воздуха до подачи в смесительный канал не превышает 325 К (52°C);
- b) может быть изолирован.

FH Фильтродержатель

Фильтродержатель:

- a) может нагреваться, при условии что температура стенок не превышает 325 К (52°C);
- b) может быть изолирован.

В случае использования пробоотборника с открытой трубой, установленного навстречу потоку, то непосредственно перед фильтродержателем должен устанавливаться инерционный предварительный сепаратор, обеспечивающий 50-процентный уровень эффективности отделения частиц размером 2,5 мкм - 10 мкм.

P            Насос для отбора проб

FC2          Регулятор расхода

Регулятор расхода используется для регулирования расхода потока проб твердых частиц.

FM3          Устройство измерения расхода

Газомер или прибор измерения расхода для определения расхода проб твердых частиц, проходящих через фильтр твердых частиц. Он может устанавливаться до или после насоса для отбора проб P.

FM4          Устройство измерения расхода

Газомер или прибор измерения расхода для определения расхода вторичного разрежающего воздуха, проходящего через фильтр твердых частиц.

BV           Шаровой клапан (не обязателен)

Внутренний диаметр шарового клапана должен быть не меньше внутреннего диаметра передаточной трубы для твердых частиц РТТ, а время переключения должно составлять не менее 0,5 с.

#### Приложение 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Определение системы эквивалентности в соответствии с пунктом 5.1.1 производится на основе корреляционного анализа семи (или больше) пар проб, отобранных рассматриваемой системой и одной из эталонных систем, принятых в настоящем приложении, с использованием соответствующего цикла(ов) испытания. Критерием эквивалентности, подлежащим применению, в данном случае является критерий  $F$  или двусторонний критерий  $t$  по методу Стьюдента.

Этот статистический метод позволяет проверить правильность допущения, в соответствии с которым стандартное отклонение параметров пробы и среднее значение параметров пробы соответствующих выбросов выхлопных газов, измеренных с помощью рассматриваемой системы, не отличается от стандартного отклонения параметров пробы и среднего значения параметров пробы этих же выбросов выхлопных газов, измеренных с помощью эталонной системы. Это допущение проверяется на основе 10-процентного уровня значимости критериев  $F$  и  $t$ . Критические значения  $F$  и  $t$  для 7-10 пар проб приведены в таблице 8. Если значения  $F$  и  $t$ , рассчитанные с помощью нижеприведенной формулы, больше, чем критические значения  $F$  и  $t$ , то рассматриваемая система не эквивалентна.

В этом случае используется следующая процедура. Нижние индексы R и C указывают на исходную и рассматриваемую систему, соответственно:

- a) Провести не менее семи испытаний с использованием рассматриваемой и эталонной систем, работающих параллельно. Число испытаний обозначается как  $n_R$  и  $n_C$ .
- b) Рассчитать среднее значение  $\bar{x}_R$  и  $\bar{x}_C$  и стандартные отклонения  $s_R$  и  $s_C$ .
- c) Рассчитать значение  $F$  по следующей формуле:

$$F = \frac{s_{\text{major}}^2}{s_{\text{minor}}^2} \quad (82)$$

(за знаменатель необходимо принять большее из двух стандартных отклонений  $s_R$  или  $s_C$ ).

d) Рассчитать значение  $t$  по следующей формуле:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \quad (83)$$

e) Сопоставить рассчитанные значения  $F$  и  $t$  с критическими значениями  $F$  и  $t$ , соответствующими номерам испытаний, указанным в таблице 8. Если выбираются более крупные размеры выборки, необходимо определить 10-процентный уровень значимости (90-процентный доверительный уровень) по статистическим таблицам.

f) Определить степени свободы ( $df$ ) следующим образом:

для критерия  $F$ : 
$$df = n_R - 1 / n_C - 1 \quad (84)$$

для критерия  $t$ : 
$$df = n_C + n_R - 2 \quad (85)$$

g) Определить эквивалентность следующим образом:

i) если  $F < F_{crit}$  и  $t < t_{crit}$ , то рассматриваемая система эквивалентна эталонной системе, указанной в настоящем приложении;

ii) если  $F \geq F_{crit}$  или  $t \geq t_{crit}$ , то тогда рассматриваемая система отличается от эталонной системы, указанной в настоящем приложении;

Размер выборки	Критерий F		Критерий t	
	$Df$	$F_{crit}$	$df$	$t_{crit}$
7	6/6	3,055	12	1,782
8	7/7	2,785	14	1,761
9	8/8	2,589	16	1,746
10	9/9	2,440	18	1,734

Таблица 8: Значения  $t$  и  $F$  для выбранных размеров выборки

## Приложение 5

### ПРОВЕРКА РАСХОДА УГЛЕРОДА

#### А.5.1 Введение

Весь углерод, содержащийся в выхлопных газах, за исключением очень незначительной части, образуется из топлива, и вся эта часть, за исключением минимальной доли, поступает в выхлопные газы в виде  $\text{CO}_2$ . Этот факт и положен в основу системы проверки методом замеров  $\text{CO}_2$ .

Расход углерода в системах измерения параметров выхлопных газов определяется на основе расхода топлива. Расход углерода в различных точках отбора проб в системах отбора проб выхлопных газов и твердых частиц определяется на основе концентрации  $\text{CO}_2$  и показателей расхода газов в этих точках.

В этом смысле двигатель представляет собой известный источник потока углерода, и наблюдение за этим же потоком углерода в выхлопной трубе и на выходе системы частичного отбора твердых частиц позволяет проверить целостность системы на утечку и точность измерения расхода. Эта проверка имеет то преимущество, что с точки зрения температуры и расходов все компоненты работают в фактических условиях испытания двигателя.

На рис. 18 показаны точки отбора проб, в которых проверяется расход углерода. Ниже приводятся конкретные формулы определения расхода углерода в каждой точке отбора проб.

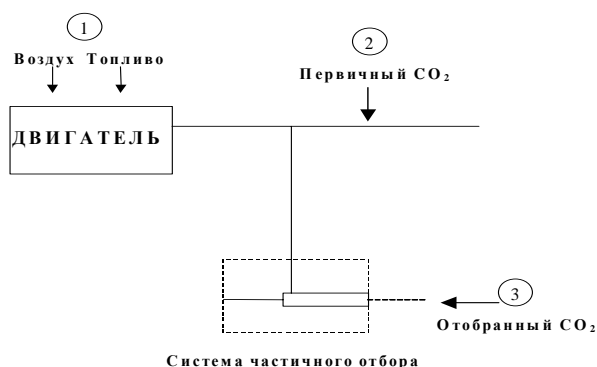


Рис. 18: Точки замера для проверки расхода углерода

#### A.5.2 Расход углерода в двигателе (точка 1)

Расход углерода по массе в двигателе в случае топлива  $C_\beta H_\alpha O_\varepsilon$  определяется по формуле:

$$q_{mcf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\varepsilon} \times q_{mf}, \quad (86)$$

где:

$q_{mf}$  - расход топлива по массе, кг/с.

#### A.5.3 Расход углерода в первичных выхлопных газах (точка 2)

Расход углерода по массе в выхлопной трубе двигателя определяется на основе концентрации первичного  $CO_2$  и расхода выхлопных газов по массе:

$$q_{mce} = \left( \frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_{re}}, \quad (87)$$

где:

$c_{CO_2,r}$  - концентрация  $CO_2$  в первичных выхлопных газах на влажной основе, %,

$c_{CO_2,a}$  - концентрация  $CO_2$  в окружающем воздухе на влажной основе, %,

$q_{mew}$  - расход выхлопных газов по массе на влажной основе, кг/с,

$M_e$  - молярная масса выхлопных газов, г/моль.

Если замер  $CO_2$  производится на сухой основе, то полученную величину необходимо пересчитать на влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

#### A.5.4 Расход углерода в системе разрежения (точка 3)

В случае системы частичного разрежения потока необходимо также учитывать коэффициент разделения. Расход углерода определяется на основе концентрации разреженного  $CO_2$ , расхода выхлопных газов по массе и расхода проб:

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{CO_2,d} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}}, \quad (88)$$

где:

- $c_{CO_2,d}$  - концентрация  $CO_2$  на влажной основе в разреженных выхлопных газах на выходе смесительного канала, %,
- $c_{CO_2,a}$  - концентрация  $CO_2$  в окружающем воздухе на влажной основе, %,
- $q_{mew}$  - расход выхлопных газов по массе на влажной основе, кг/с,
- $q_{mp}$  - расход проб выхлопных газов, проходящих через систему частичного разрежения потока, кг/с,
- $M_e$  - молярная масса выхлопных газов, г/моль.

Если замер  $CO_2$  производится на сухой основе, то полученную величину необходимо пересчитать на влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

#### A.5.5 Расчет молярной массы выхлопных газов

Молярная масса выхлопных газов рассчитывается по формуле 30 (см. пункт 8.3.2.5).

В качестве варианта можно использовать следующие значения молярной массы выхлопных газов:

$$M_e \text{ (дизельное топливо)} = 28,9 \text{ г/моль,}$$

$$M_e \text{ (СНГ)} = 28,6 \text{ г/моль,}$$

$$M_e \text{ (ПГ)} = 28,3 \text{ г/моль.}$$



Приложение 6

ПРИМЕРЫ ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТА

А.6.1 Базовые данные для стехиометрических расчетов

Атомная масса водорода	1,00794 г/атом
Атомная масса углерода	12,011 г/атом
Атомная масса серы	32,065 г/атом
Атомная масса азота	14,0067 г/атом
Атомная масса кислорода	15,9994 г/атом
Атомная масса аргона	39,9 г/атом
Молярная масса воды	18,01534 г/моль
Молярная масса двуокиси углерода	44,01 г/моль
Молярная масса окиси углерода	28,011 г/моль
Молярная масса кислорода	31,9988 г/моль
Молярная масса азота	28,011 г/моль
Молярная масса окислов азота	30,008 г/моль
Молярная масса двуокиси азота	46,01 г/моль
Молярная масса двуокиси серы	64,066 г/моль
Молярная масса сухого воздуха	28,965 г/моль

Если допустить отсутствие эффекта сжимаемости, то все газы, вовлеченные в работу двигателя в процессе впуска/сжигания/выброса, можно считать идеальными, и поэтому любые расчеты объема можно производить на основе молярного объема, составляющего, по допущению Авогадро, 22,414 л/моль.

А.6.2 Газообразные выбросы (дизельное топливо)

Данные измерения в конкретной точке цикла испытания (при частоте регистрации данных 1 Гц) для расчета мгновенной величины выбросов по массе указаны ниже. В этом примере концентрации CO и NO<sub>x</sub> замерены на сухой основе, а HC - на влажной основе. Концентрация HC дается в пропановом эквиваленте (C3), поэтому для расчета эквивалента C1 ее необходимо умножить на три. Для всех других точек цикла процедура расчета идентична.

Для более наглядной иллюстрации в показанном ниже примере расчета все промежуточные результаты, полученные на различных этапах, округлены. Следует отметить, что в случае реальных расчетов округление промежуточных результатов не допускается (см. пункт 8).

$T_{a,i}$	$H_{a,i}$	$W_{act}$	$q_{mew,i}$	$q_{maw,i}$	$q_{mf,i}$	$c_{HC,i}$	$c_{CO,i}$	$c_{NOx,i}$
(К)	(г/кг)	кВт	(кг/с)	(кг/с)	(кг/с)	(млн. <sup>-1</sup> )	(млн. <sup>-1</sup> )	(млн. <sup>-1</sup> )
295	8,0	40	0,155	0,150	0,005	10	40	500

Ниже рассматривается следующий состав топлива:

Компонент	Молярное соотношение	Массовый процент
H	$\alpha = 1,8529$	$w_{ALF} = 13,45$
C	$\beta = 1,0000$	$w_{BET} = 86,50$
S	$\gamma = 0,0002$	$w_{GAM} = 0,050$
N	$\delta = 0,0000$	$w_{DEL} = 0,000$
O	$\varepsilon = 0,0000$	$w_{EPS} = 0,000$

Этап 1: Корректировка на сухую/влажную основу (пункт 8.1):

Уравнение (11):  $k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$

$$\text{Уравнение (8): } k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

$$\begin{aligned} \text{Уравнение (7): } c_{CO,i} \text{ (на влажной основе)} &= 40 \times 0,9331 = 37,3 \text{ (млн.<sup>-1</sup>)} \\ c_{NOx,i} \text{ (на влажной основе)} &= 500 \times 0,9331 = 466,6 \text{ (млн.<sup>-1</sup>)} \end{aligned}$$

Этап 2: Корректировка NO<sub>x</sub> на температуру и влажность (пункт 8.2.1):

$$\text{Уравнение (18): } k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1000} + 0,832 = 0,9576$$

Этап 3: Расчет мгновенных значений выбросов в каждой конкретной точке цикла (пункт 8.3.2.4):

$$\begin{aligned} \text{Уравнение (25): } m_{\text{HC},i} &= 10 \times 3 \times 0,155 &= 4,650 \\ m_{\text{CO},i} &= 37,3 \times 0,155 &= 5,782 \\ m_{\text{NOx},i} &= 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 &= 69,26 \end{aligned}$$

Этап 4: Расчет массы выбросов за цикл методом интегрирования мгновенных значений выбросов и значений  $u$ , взятых из таблицы 4 (пункт 8.3.2.4):

Следующий расчет приведен для цикла ВСУЦ (1 800 с) и на основе допущения, что в каждой точке цикла концентрация выбросов одинакова.

$$\begin{aligned} \text{Уравнение (25): } m_{\text{HC}} &= 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 &= 4,01 \text{ г/испытание} \\ m_{\text{CO}} &= 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 &= 10,05 \text{ г/испытание} \\ m_{\text{NOx}} &= 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 &= 197,72 \text{ г/испытание} \end{aligned}$$

Этап 5: Расчет удельных выбросов (пункт 8.5.2.1):

$$\begin{aligned} \text{Equation (56): } e_{\text{HC}} &= 4,01 / 40 &= 0,10 \text{ г/кВтч} \\ e_{\text{CO}} &= 10,05 / 40 &= 0,25 \text{ г/кВтч} \\ e_{\text{NOx}} &= 197,72 / 40 &= 4,94 \text{ г/кВтч} \end{aligned}$$

#### A.6.2 Выбросы твердых частиц (дизельное топливо)

$p_b$	$W_{\text{act}}$	$q_{\text{mew},i}$	$q_{\text{mf},i}$	$q_{\text{mdw},i}$	$q_{\text{mdew},i}$	$m_{\text{uncor}}$	$m_{\text{sep}}$
кПа	г/кВтч	(кг/с)	(кг/с)	(кг/с)	(кг/с)	(мг)	(кг)
99	40	0,155	0,005	0,0015	0,0020	1,7000	1,515

Этап 1: Расчет  $m_{\text{edf}}$  (пункт 8.3.3.5.2):

$$\text{Уравнение (37): } r_{d,i} = \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} = 4$$

$$\text{Уравнение (36): } q_{\text{medf},i} = 0,155 \times 4 = 0,620 \text{ кг/с}$$

$$\text{Уравнение (35): } m_{\text{edf}} = \frac{1800}{\sum_{i=1} 0,620} = 1,116 \text{ кг/испытание}$$

Этап 2: Корректировка массы твердых частиц на статическое давление  
(пункт 9.4.3.5)

$$\text{Уравнение (72): } \rho_a = \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} = 1,164 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Уравнение (71): } m_f = 1,7000 \times \frac{(1 - 1,164/8\,000)}{(1 - 1,164/2\,300)} = 1,7006 \text{ мг}$$

Этап 3: Расчет массы выбросов твердых частиц (пункт 8.3.3.5.2):

$$\text{Уравнение (34): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7006}{1,515} \times \frac{1116}{1\,000} = 1,253 \text{ г/тест}$$

Этап 4: Расчет удельных выбросов (пункт 8.5.2.1):

$$\text{Уравнение (56): } e_{\text{PM}} = 1,253 / 40 = 0,031 \text{ г/кВтч}$$

-----