

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

Женева, 5–6 июня 2014 года

Пункты 4 а) и 4 d) предварительной повестки дня

**Всемирная согласованная процедура сертификации  
двигателей большой мощности (ВСБМ)****Предложение по проекту поправки 3 к глобальным  
техническим правилам (ГТП) № 4: Процедура  
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****Представлено рабочей группой GRPE по БГТС\***

Воспроизведенный ниже текст был подготовлен рабочей группой GRPE по БГТС с целью добавить процедуру испытания для большегрузных гибридных транспортных средств. Он основан на неофициальном документе GRPE-68-12. Текст был подготовлен в качестве сводного варианта ГТП. Изменения выделены **жирным** шрифтом. Кроме того, изменения будут внесены в целях приведения ГТП № 4 в большее соответствие с ГТП № 11, в случае одобрения WP.29. Соответствующие заголовки разделов выделены **жирным курсивом**.

\* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2012–2016 годы (ECE/TRANS/224, пункт 94, и ECE/TRANS/2012/12, подпрограмма 02.4) Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



## **A. Изложение технических соображений и обоснования**

### **1. Техническая и экономическая осуществимость**

1. Цель настоящего предложения состоит в распространении глобальных технических правил (ГТП) № 4 на официальное утверждение типа в отношении выбросов отработавших газов двигателями большой мощности гибридных транспортных средств и в дальнейшем согласовании этих ГТП с ГТП № 11.

2. Правила, регулирующие выбросы отработавших газов двигателями большой мощности, существуют уже в течение многих лет, однако внедрение гибридной трансмиссии требует адаптации процедур испытания, с целью лучше отразить условия нагрузки на гибридный двигатель. С тем чтобы правильно определить воздействие большегрузного гибридного транспортного средства на окружающую среду с точки зрения выброса им загрязняющих веществ, процедура испытания и, следовательно, ГТП должны адекватно отражать особенности эксплуатации (гибридного) транспортного средства в реальных условиях.

3. Предлагаемые правила основаны на используемом в Японии для сертификации большегрузных гибридных транспортных средств методе АПМ и на процедуре испытания трансмиссии, применяемой в США. Процедура АПМ изложена в документе Кокуджикан № 281. После тщательного исследования и обсуждения он был выбран в качестве основы для разработки приложения 9 к настоящим ГТП. В приложении 9 этот метод был доработан, с тем чтобы можно было использовать процедуру АПМ для сертификации выбросов гибридными двигателями и ее включения в нормативные документы ЕЭК. Используемая в США процедура отражена в пункте 1037,550 документа 40 -КФП. Она была выбрана в качестве основы для разработки приложения 10 к настоящим ГТП.

4. Процедуры испытаний в максимально возможной степени отражают эксплуатацию двигателей большегрузных гибридных транспортных средств и обеспечивают методы для измерения уровня выбросов гибридных двигателей. В рамках процедуры АПМ в правила, касающиеся выбросов, впервые вводится понятие моделирования. В целом, данные процедуры были разработаны таким образом, чтобы они:

- a) были репрезентативны с точки зрения работы двигателя большегрузного гибридного транспортного средства;
- b) использовали самую современную технологию испытаний, отбора проб и измерения;
- c) были применимы на практике для существующих и предполагаемых будущих гибридных технологий;
- d) были способны обеспечить надежное ранжирование уровней выбросов отработавших газов из (гибридных) двигателей различных типов.

5. На данном этапе настоящие ГТП представляются без указания предельных значений. Таким образом, процедуре проведения испытаний может быть придан законный статус, в связи с чем Договаривающимся сторонам предлагается приступить к осуществлению процесса включения гтп в свое националь-

ное законодательство. Предельные значения должны быть разработаны Договаривающимися сторонами в соответствии с их собственными правилами процедуры.

6. При осуществлении процедуры испытания, предусмотренной в настоящих 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) 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 гтп, будут обсуждаться с учетом самых последних согласованных положений, действующих в Договаривающихся сторонах, как этого требует Соглашение 1998 года.

## **2. Ожидаемые преимущества**

7. Зарезервировано.

## **3. Потенциальная рентабельность**

8. Конкретные оценки эффективности затрат в отношении настоящих ГТП не производились. Основная причина, по которой этот анализ не проводился, состоит в том, что Исполнительный комитет (АС.3) Соглашения 1998 года решил продолжать работу над настоящими 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, а также в контексте определения согласованных предельных величин в качестве следующего шага в разработке настоящих ГТП. В частности, ожидается, что каждая Договаривающаяся сторона, включающая настоящие ГТП 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 такими же жесткими, как и сопоставимые существующие требования. Кроме того, предприятия по производству двигателей большой мощности накопят опыт увязки любых расходов и экономии средств с использованием данной процедуры проведения испытаний. В таком случае информацию о расходах и уровнях выбросов можно будет проанализировать на следующем этапе разработки настоящих ГТП, с тем чтобы определить показатели эффективности затрат 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 выгоды, связанные с применением настоящих правил, очевидны.

## В. Текст Правил

### 1. Цель

Настоящие правила нацелены на обеспечение согласованного на всемирном уровне метода определения уровней выбросов загрязнителей двигателями, используемыми на большегрузных транспортных средствах и **большегрузных гибридных транспортных средствах**, которые являются репрезентативными с точки зрения реальных условий эксплуатации транспортных средств. Полученные результаты могут послужить основой для регулирования 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 двигателями с воспламенением от сжатия и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на природном газе (ПГ) или сжиженном нефтяном газе (СНГ), который используется для обеспечения движения механических транспортных средств, включая гибридные транспортные средства, 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 "элемент"** означает заключенное в оболочку электрохимическое устройство (с одним положительным и одним отрицательным электродом), между двумя клеммами которого создается разность потенциалов;

**3.1.2 "непрерывная регенерация"** означает процесс регенерации системы последующей обработки отработавших газов, который происходит непрерывно или как минимум один раз на испытание в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ). Для такого процесса регенерации специальная процедура испытаний не требуется;

**3.1.3 "аппаратно-программное моделирование с регулятором в контуре управления"** означает метод АПМ, при котором качестве аппаратного средства выступает регулятор;

**3.1.4 "скорость K"** или **"n K"** означает постоянный ток испытуемого устройства, который нужен для зарядки или разрядки испытуемого устройства за время, равное 1/n часов, в пределах от 0% степени зарядки до 100% степени зарядки;

- 3.1.5 "время задержки" означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 10% от конечных показаний ( $t_{10}$ ), причем пробоотборник определяется в качестве исходной точки. В случае газообразных компонентов это время представляет собой время переноса измеряемого компонента от пробоотборника до детектора;
- 3.1.6 "система  $deNO_x$ " означает систему последующей обработки отработавших газов в целях снижения выбросов оксидов азота ( $NO_x$ ) (например, пассивные и активные каталитические нейтрализаторы  $NO_x$ , поглотители  $NO_x$  и системы селективного каталитического восстановления (СКВ));
- 3.1.7 "глубина разряда" означает состояние разряда испытуемого устройства в отличие от СЗ. Она выражается в процентах от его номинальной емкости;**
- 3.1.8 "дизельный двигатель" означает двигатель, работающий по принципу воспламенения от сжатия;
- 3.1.9 "дрейф" означает разность между значениями чувствительности контрольно-измерительного прибора к нулю и калибровке после и до проведения испытания на определение уровня выбросов.
- 3.1.10 "привод" означает элементы трансмиссии, подсоединенные после конечного преобразователя энергии;**
- 3.1.11 "электрическая машина" означает преобразователь энергии, преобразующий электрическую энергию в механическую энергию или наоборот с целью приведения транспортного средства в движение;**
- 3.1.12 "электрическая ПЭАС" означает ПЭАС, накапливающую электрическую энергию;**
- 3.1.13 "кожух" означает элемент, закрывающий внутренние части и обеспечивающий защиту от прямого контакта с любой стороны;**
- 3.1.14 "преобразователь энергии" означает часть трансмиссии, преобразующую один вид энергии в другой;**
- 3.1.15 "семейство двигателей" означает объединенную изготовителями в группу категорию двигателей, которые в силу своей конструкции, определенной в пункте 5.2 настоящих ГТП, имеют одинаковые характеристики в отношении выбросов отработавших газов. Все члены семейства должны соответствовать применяемым предельным значениям выбросов загрязняющих веществ;
- 3.1.16 "энергоаккумулирующая система" означает часть трансмиссии, которая может хранить химическую, электрическую или механическую энергию и которая может быть повторно заправлена или перезаряжена с помощью внешнего и/или внутреннего устройства;**

- 3.1.17 "система двигателя" означает двигатель, систему ограничения выбросов и связной интерфейс (аппаратное обеспечение и систему сообщений) между электронным(и) блоком(ами) управления (ЭБУ) системы двигателя и любым иным элементом трансмиссии или устройством управления транспортным средством;
- 3.1.18 "тип двигателя" означает категорию двигателей, не имеющих между собой различий в отношении основных характеристик двигателя;
- 3.1.19 "система последующей обработки отработавших газов" означает каталитический нейтрализатор (окислительный или трехкомпонентный), фильтр взвешенных частиц, систему deNO<sub>x</sub>, комбинированный фильтр deNO<sub>x</sub>/взвешенных частиц или любое другое устройство ограничения выбросов загрязняющих веществ, установленное на выходе двигателя. В это определение не входит система рециркуляции отработавших газов (РОГ), которая считается составной частью двигателя.
- 3.1.20 "метод полного разбавления потока" означает процесс смешивания полного потока отработавших газов с разбавителем перед отделением соответствующей фракции потока разбавленных отработавших газов в целях анализа;
- 3.1.21 "загрязняющие газообразные вещества" означают оксид углерода, углеводороды и/или углеводороды, не содержащие метан (при предполагаемом соотношении C<sub>H</sub><sub>1,85</sub> для дизельного топлива, C<sub>H</sub><sub>2,525</sub> для СНГ и C<sub>H</sub><sub>2,93</sub> для ПГ и с условной молекулой C<sub>H</sub><sub>3</sub>O<sub>0,5</sub> для этанола, предназначенного для дизельных двигателей), метан (с условной молекулой C<sub>H</sub><sub>4</sub> для ПГ) и оксиды азота (выражаемые в эквиваленте диоксида азота (NO<sub>2</sub>));
- 3.1.22 "генератор" означает преобразователь энергии, преобразующий механическую энергию в электрическую энергию;
- 3.1.23 "аппаратно-программное моделирование (АПМ)" означает моделирование в реальном времени эксплуатации гибридного транспортного средства с использованием компьютера, при котором аппаратный компонент взаимодействует с компьютером, на котором осуществляется моделирование, через соответствующий интерфейс;
- 3.1.24 "высокая частота вращения ( $n_{hi}$ )" означает максимальную частоту вращения двигателя, при которой достигается 70% заявленной максимальной мощности;
- 3.1.25 "высоковольтный/высоковольтная" означает характеристику электрического компонента или цепи, если эффективное значение его/ее рабочего напряжения >60 В и ≤1 500 В для постоянного тока или >30 В и ≤1 000 В для переменного тока;
- 3.1.26 "высоковольтная шина" означает электрическую цепь, включающую соединительную систему для зарядки ПЭАС, которая функционирует под высоким напряжением;

- 3.1.27 **"гибридное транспортное средство"** означает транспортное средство с трансмиссией, включающей по меньшей мере два различных типа преобразователей энергии и два различных типа энергоаккумулирующих систем.
- 3.1.28 **"гибридный электромобиль"** означает гибридный автомобиль с трансмиссией, включающей электрическую(ие) машину(ы) в качестве преобразователя(ей) энергии.
- 3.1.29 **"гидравлическая ПЭАС"** означает ПЭАС, накапливающую гидравлическую энергию;
- 3.1.30 **"двигатель внутреннего сгорания (ДВС)"** означает преобразователь энергии с прерывистым или непрерывным окисления горючего топлива;
- 3.1.31 **"низкая частота вращения ( $n_{lo}$ )"** означает максимальную частоту вращения двигателя, при которой достигается 55% заявленной максимальной мощности;
- 3.1.32 **"максимальная мощность ( $P_{max}$ )"** означает максимальную мощность в кВт, указанную изготовителем;
- 3.1.33 **"максимальный крутящий момент"** означает частоту вращения двигателя, при которой достигается максимальный крутящий момент двигателя, указанный изготовителем;
- 3.1.34 **"механическая ПЭАС"** означает ПЭАС, накапливающую механическую энергию;
- 3.1.35 **"приведенный крутящий момент"** означает значение крутящего момента в процентах, приведенное по имеющемуся значению максимального крутящего момента на данной частоте вращения двигателя;
- 3.1.36 **"команда оператора"** означает какой-либо входной сигнал со стороны оператора двигателя в целях регулирования мощности двигателя. Оператором может быть какое-либо лицо (сигнал, посылаемый вручную) или какой-либо регулятор (сигнал, посылаемый автоматически), которые передают двигателю механическую или электронную команду на обеспечение определенной мощности. Эта команда может подаваться путем воздействия на педаль акселератора, рычаг дроссельной заслонки, рычаг подачи топлива, рычаг регулятора оборотов или рабочую точку регулятора оборотов или в виде сигнала, подаваемого этими устройствами;
- 3.1.37 **"базовый двигатель"** означает двигатель, отобранный из семейства двигателей таким образом, чтобы его характеристики в отношении выбросов являлись репрезентативными для данного семейства двигателей;
- 3.1.38 **"устройство последующей обработки твердых частиц"** означает систему последующей обработки отработавших газов, предназначенную для ограничения выбросов твердых частиц (ТЧ) посредством механической, аэродинамической, диффузионной или инерционной сепарации;

- 3.1.39 "метод частичного разбавления потока" означает процесс отделения части от полного потока отработавших газов и ее последующее смешивание с соответствующим объемом разбавителя перед фильтром отбора проб взвешенных частиц;
- 3.1.40 "взвешенные частицы (ВЧ)" означают любую субстанцию, улавливаемую каким-либо конкретно указанным фильтрующим материалом после разбавления отработавших газов чистым отфильтрованным разбавляющим воздухом при температуре в пределах 315 К (42 °С) – 325 К (52 °С). К ним относится прежде всего углерод, конденсированные углеводороды и сульфаты в соединении с водой;
- 3.1.41 "периодическая регенерация" означает процесс регенерации системы последующей обработки отработавших газов, который происходит периодически, как правило, менее чем через 100 часов обычной работы двигателя. Во время циклов регенерации нормы выбросов могут превышать;
- 3.1.42 "пневматическая ПЭАС" означает ПЭАС, накапливающую пневматическую энергию;
- 3.1.43 "трансмиссия" означает комбинацию энергоаккумулирующей(их) системы (систем), преобразователя(ей) энергии и привода(ов) [для приведения транспортного средства в движение], а также связанного интерфейса (аппаратного обеспечения и системы сообщений) между трансмиссией или устройствами управления транспортным средством;
- 3.1.44 "аппаратно-программное моделирование с трансмиссией в контуре управления" означает метод АПМ, при котором в качестве аппаратного средства выступает трансмиссия;
- 3.1.45 "ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах" означает испытательный цикл, предусматривающий последовательность испытаний двигателя в установившихся режимах при определенных критериях частоты вращения и крутящего момента в каждом режиме и определенные ступени перехода между этими режимами (ВСУЦ);
- 3.1.46 "номинальная емкость" означает электрическую мощность заряда аккумулятора, обозначаемую  $C_p$  (А•ч), которая указывается изготовителем;
- 3.1.47 "номинальная частота вращения" означает максимальную частоту вращения при полной нагрузке, допускаемую регулятором в соответствии со спецификациями изготовителя, указанными в его рекламных и сервисных материалах, или, если такой регулятор отсутствует, частоту вращения, при которой достигается максимальная мощность двигателя, указанная изготовителем в его рекламных или сервисных материалах;
- 3.1.48 "перезаряжаемая энергоаккумулирующая система (ПЭАС)" означает систему, которая обеспечивает подачу энергии (помимо энергии топлива) для создания тяги в первичном виде. ПЭАС может включать в себя подсистему(ы) вместе с необходимыми вспомогательными системами для физической поддержки, регулирования температурного режима, электронного управления и кожухов;



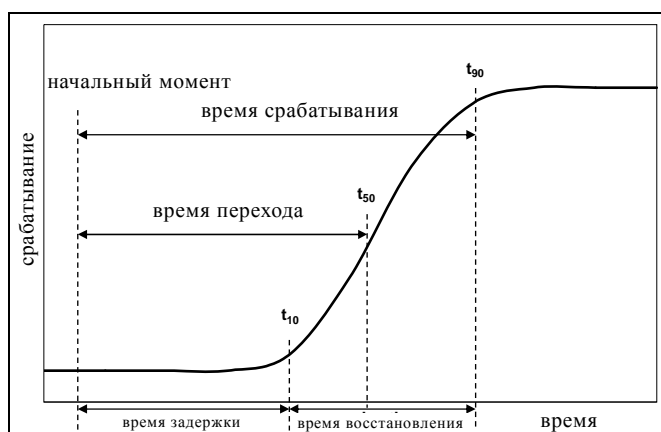
- 3.1.49 "время срабатывания" означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 90% от конечных показаний ( $t_{90}$ ) (причем пробоотборник определяется в качестве исходной точки), когда изменение измеряемого компонента составляет по крайней мере 60% полной шкалы (FS) и происходит менее чем за 0,1 секунды. Время срабатывания системы состоит из времени задержки системы и времени восстановления системы;
- 3.1.50 "время восстановления" означает разницу во времени в пределах 10–90% конечных показаний времени срабатывания ( $t_{90} - t_{10}$ );
- 3.1.51 "чувствительность к калибровке" означает среднюю чувствительность к поверочному газу в течение 30-секундного отрезка времени;
- 3.1.52 "удельные выбросы" означают массу выбросов, выраженную в г/кВт;
- 3.1.53 "степень зарядки (СЗ)" означает имеющийся электрический заряд в испытуемом устройстве, выраженный в процентах от его номинальной емкости;
- 3.1.54 "система стоп-старт" означает систему автоматической остановки и запуска двигателя внутреннего сгорания для снижения продолжительности работы в режиме холостого хода;
- 3.1.55 "подсистема" означает любую функциональную сборку компонентов ПЭАС;
- 3.1.56 "испытательный цикл" означает последовательную серию испытательных операций, выполняемых с определенной частотой вращения и определенным крутящим моментом двигателя в установившемся режиме (ВСУЦ) или в переходных режимах работы (ВСПЦ);
- 3.1.57 "испытуемое устройство" означает либо ПЭАС в комплекте, либо подсистему ПЭАС, которая подвергается испытанию;
- 3.1.58 "время перехода" означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составляют 50% от конечных показаний ( $t_{50}$ ), причем пробоотборник определяется в качестве исходной точки. Время перехода используется для синхронизации сигналов различных измерительных приборов;
- 3.1.59 "цикл испытаний в переходных режимах" означает испытательный цикл в виде последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента, которые изменяются во времени относительно быстро (ВСПЦ);
- 3.1.60 "срок эксплуатации" означает соответствующий пробег и/или период времени, в течение которого необходимо обеспечить соблюдение соответствующих норм выбросов газообразных веществ и взвешенных частиц;
- 3.1.61 "рабочее напряжение" означает наиболее высокое эффективное значение напряжения электрической цепи, которое указано изготовителем и которое может быть зафиксировано между лю-

быми токопроводящими частями при разомкнутой цепи либо в обычных условиях эксплуатации. Если электрическая цепь разделена гальванической изоляцией, то рабочее напряжение соответственно определяется для каждой изолированной цепи;

- 3.1.62 "чувствительность к нулю" означает среднюю чувствительность к нулевому газу в течение 30-секундного отрезка времени.

Рис. 1

### Определения моментов срабатывания системы



### 3.2 Общие обозначения

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$a_1$	-	Наклон линии регрессии
$a_0$	-	Отсекаемое на оси y значение регрессии
$A/F_{st}$	-	Стехиометрическое соотношение воздуха и топлива
$c_{gas}$	млн. <sup>-1</sup> /объемная доля, %	Концентрация газообразных компонентов
$c_d$	млн. <sup>-1</sup> /объемная доля, %	Концентрация на сухой основе
$c_w$	млн. <sup>-1</sup> /объемная доля, %	Концентрация на влажной основе
$c_b$	млн. <sup>-1</sup> /объемная доля, %	Фоновая концентрация
$C_d$	-	Коэффициент расхода SSV
$d$	м	Диаметр
$d_v$	м	Диаметр горловины трубки Вентури
$D_0$	м <sup>3</sup> /с	Отсекаемое значение калибровки PDP
$D$	-	Коэффициент разбавления
$\Delta t$	с	Промежуток времени
$e_{gas}$	г/кВт ч	Удельные выбросы газообразных компонентов

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$e_{PM}$	г/кВт ч	Удельные выбросы твердых частиц
$e_r$	г/кВт ч	Удельные выбросы в процессе регенерации
$e_w$	г/кВт ч	Взвешенные удельные выбросы
$E_{CO_2}$	%	Сбой анализатора $NO_x$ по $CO_2$
$E_E$	%	Эффективность по этану
$E_{H_2O}$	%	Сбой анализатора $NO_x$ по воде
$E_M$	%	Эффективность по метану
$E_{NO_x}$	%	Эффективность конвертера $NO_x$
$f$	Гц	Частота регистрации данных при отборе проб
$f_a$	-	Лабораторный атмосферный коэффициент
$F_s$	-	Стехиометрический коэффициент
$H_a$	г/кг	Абсолютная влажность воздуха на впуске
$H_d$	г/кг	Абсолютная влажность разбавляющего воздуха
$i$	-	Нижний индекс, обозначающий замер мгновенного значения (например, 1 Гц)
$k_c$	-	Удельный коэффициент углерода
$k_{f,d}$	м <sup>3</sup> /кг топлива	Дополнительный объем сухих выбросов в результате сгорания
$k_{f,w}$	м <sup>3</sup> /кг топлива	Дополнительный объем влажных выбросов в результате сгорания
$k_{h,D}$	-	Поправочный коэффициент на влажность для $NO_x$ в случае двигателей с воспламенением от сжатия
$k_{h,G}$	-	Поправочный коэффициент на влажность для $NO_x$ в случае двигателей с принудительным зажиганием
$k_{r,u}$	-	Повышающий корректировочный коэффициент регенерации
$k_{r,d}$	-	Понижающий корректировочный коэффициент регенерации
$k_{w,a}$	-	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для воздуха на впуске
$k_{w,d}$	-	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для разбавляющего воздуха
$k_{w,e}$	-	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для разбавленных отработавших газов
$k_{w,r}$	-	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для первичных отработавших газов
$K_V$	-	Калибровочная функция CFV

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$\lambda$	-	Коэффициент избытка воздуха
$m_b$	мг	Уловленная масса проб твердых частиц в разбавляющем воздухе
$m_d$	кг	Масса пробы разбавляющего воздуха, прошедшего через фильтры для отбора проб твердых частиц
$m_{ed}$	кг	Общая масса разбавленных отработавших газов за цикл
$m_{edf}$	кг	Масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за испытательный цикл
$m_{ew}$	кг	Общая масса отработавших газов за цикл
$m_f$	мг	Масса фильтра для отбора проб твердых частиц
$m_{gas}$	г	Масса газообразных выбросов за испытательный цикл
$m_p$	мг	Уловленная масса проб твердых частиц
$m_{PM}$	г	Масса выбросов твердых частиц за испытательный цикл
$m_{se}$	кг	Масса пробы отработавших газов за испытательный цикл
$m_{sed}$	кг	Масса разбавленных отработавших газов, прошедших через смесительный канал
$m_{sep}$	кг	Масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для отбора твердых частиц
$m_{ssd}$	кг	Масса вторичного разбавителя
$M_a$	г/моль	Молярная масса воздуха на впуске
$M_d$	г/моль	Молярная масса разбавляющего воздуха
$M_e$	г/моль	Молярная масса отработавших газов
$M_{gas}$	г/моль	Молярная масса газообразных компонентов
$M$	Нм	Крутящий момент
$M_f$	Нм	Крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование/устройства, которые подлежат установить
$M_r$	Нм	Крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование/устройства, которые подлежат демонтировать
$n$	-	Число замеров
$n_r$	-	Число замеров с регенерацией
$n$	мин <sup>-1</sup>	Частота вращения двигателя
$n_{hi}$	мин <sup>-1</sup>	Высокая частота вращения двигателя
$n_{lo}$	мин <sup>-1</sup>	Низкая частота вращения двигателя
$n_{pref}$	мин <sup>-1</sup>	Предпочтительная частота вращения двигателя
$n_p$	об/с	Частота вращения насоса PDP

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$p_a$	кПа	Давление насыщенных паров на впуске воздуха в двигатель
$p_b$	кПа	Общее атмосферное давление
$p_d$	кПа	Давление насыщенных паров разбавляющего воздуха
$p_p$	кПа	Абсолютное давление
$p_r$	кПа	Давление водяных паров после охлаждающей ванны
$p_s$	кПа	Сухое атмосферное давление
$P$	кВт	Мощность
$P_f$	кВт	Мощность, потребленная вспомогательным оборудованием/устройствами, которые подлежат установить
$P_r$	кВт	Мощность, потребленная вспомогательным оборудованием/устройствами, которые подлежат демонтировать
$q_{mad}$	кг/с	Расход потока всасываемого воздуха по массе на сухой основе
$q_{maw}$	кг/с	Расход потока всасываемого воздуха по массе во влажном состоянии
$q_{mCe}$	кг/с	Расход потока углерода в первичных отработавших газах по массе
$q_{mCf}$	кг/с	Расход потока углерода в двигателе по массе
$q_{mCp}$	кг/с	Расход потока углерода в системе с частичным разбавлением потока
$q_{mdew}$	кг/с	Расход потока разбавленных отработавших газов по массе на влажной основе
$q_{mdw}$	кг/с	Массовый расход разбавителя на влажной основе
$q_{medf}$	кг/с	Эквивалентный расход потока разбавленных отработавших газов по массе на влажной основе
$q_{mew}$	кг/с	Расход потока отработавших газов по массе на влажной основе
$q_{mex}$	кг/с	Расход потока пробы, прошедшей через смесительный канал, по массе
$q_{mf}$	кг/с	Расход потока топлива по массе
$q_{mp}$	кг/с	Расход пробы отработавших газов, поступающих в систему с частичным разбавлением потока
$q_{vCVS}$	м <sup>3</sup> /с	Объемный показатель CVS
$q_{vs}$	дм <sup>3</sup> /мин	Расход системы анализатора отработавших газов
$q_{vt}$	см <sup>3</sup> /мин	Расход индикаторного газа
$r_d$	-	Коэффициент разбавления
$r_D$	-	Соотношение диаметров SSV

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$r_h$	-	Коэффициент чувствительности FID на углеводороды
$r_m$	-	Коэффициент чувствительности FID на метанол
$r_p$	-	Соотношение значений давления SSV
$r_s$	-	Средний показатель отбора проб
$r^2$	-	Коэффициент смешанной корреляции
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность
$\rho_e$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность отработавших газов
$s$	-	Стандартное отклонение
$T$	К	Абсолютная температура
$T_a$	К	Абсолютная температура воздуха на впуске
$t$	с	Время
$t_{10}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 10% от конечных показаний
$t_{50}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 50% от конечных показаний
$t_{90}$	с	Время между начальным моментом и моментом, в который показания достигают 90% от конечных показаний
$u$	-	Отношение плотности газообразного компонента к плотности отработавшего газа
$V_0$	м <sup>3</sup> /об	Объем газа, нагнетаемого за один оборот вала PDP
$V_s$	дм <sup>3</sup>	Объем системы анализатора отработавших газов
$W_{act}$	кВт·ч	Фактическая работа за испытательный цикл
$W_{ref}$	кВт·ч	Исходная работа за испытательный цикл
$X_0$	м <sup>3</sup> /об	Функция калибровки PDP

### 3.3 Обозначения и сокращения для состава топлива

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

по отношению к топливу  $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ .

3.4	Обозначения и сокращения химических компонентов
C1	Углеводород, эквивалентный углероду 1
CH <sub>4</sub>	Метан
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Этан
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Пропан
CO	Оксид углерода
CO <sub>2</sub>	Диоксид углерода
DOP	Диоктилфталат
HC	Углеводороды
H <sub>2</sub> O	Вода
NMHC	Углеводороды, не содержащие метан
NO <sub>x</sub>	Оксиды азота
NO	Оксид азота
NO <sub>2</sub>	Диоксид азота
PM	Твердые частицы
3.5	Сокращения
CFV	Трубка Вентури с критическим расходом
CLD	Хемилюминесцентный детектор
CVS	Отбор проб при постоянном объеме
deNO <sub>x</sub>	Система последующей обработки NO <sub>x</sub>
EGR	Рециркуляция отработавших газов (РОГ)
FID	Плазменно-ионизационный детектор
GC	Газовый хроматограф
HCLD	Нагреваемый хемилюминесцентный детектор
<b>ЦГД</b>	<b>Цикл для гибридного двигателя</b>
HFID	Нагреваемый плазменно-ионизационный детектор
<b>АПМ</b>	<b>Аппаратно-программное моделирование</b>
<b>ЦГТ</b>	<b>Цикл для гибридной трансмиссии</b>
CHG	Сжиженный нефтяной газ (СНГ)
NDIR	Недисперсионный инфракрасный (анализатор)
ПГ	Природный газ (ПГ)
NMC	Отделитель неметановых фракций
PDP	Насос с объемным регулированием
% FS	В % от полной шкалы
PFS	Система с частичным разбавлением потока

<b>ПЭАС</b>	<b>Перезаряжаемая энергоаккумулирующая система</b>
<b>ЭПЭАС</b>	<b>Электрическая ПЭАС</b>
<b>ГПЭАС</b>	<b>Гидравлическая ПЭАС</b>
<b>МПЭАС</b>	<b>Механическая ПЭАС</b>
<b>ППЭАС</b>	<b>Пневматическая ПЭАС</b>
<b>SSV</b>	Трубка Вентури для дозвуковых потоков
<b>VGT</b>	Турбина с изменяемой геометрией
<b>ВСУЦ</b>	Всемирный согласованный цикл испытаний в установившихся режимах
<b>ВСПЦ</b>	Всемирный согласованный цикл испытаний в переходных режимах
<b>ВСЦТС</b>	<b>Всемирный согласованный цикл испытаний транспортных средств</b>

#### **4. Общие требования**

Система двигателя должна быть сконструирована, изготовлена и смонтирована таким образом, чтобы в условиях нормальной эксплуатации двигатель соответствовал положениям настоящих ГТП в ходе ее срока службы, как это определено Договаривающейся стороной, в том числе при установке на транспортном средстве.

#### **5. Требования к эксплуатационным характеристикам**

При осуществлении процедуры испытания, предусмотренной в настоящих ГТП, Договаривающимися сторонам Соглашения 1998 года в рамках своего национального законодательства 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 согласованные предельные величины для включения в ГТП на более позднем этапе.

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

Выбросы загрязняющих газообразных веществ и твердых частиц двигателем определяют на основе испытательных циклов ВСПЦ и ВСУЦ, описанных в пункте 7.

**В случае гибридных транспортных средств выбросы газообразных и твердых загрязнителей определяют на основе циклов, разработанных в соответствии с приложением 9 для ЦГД и приложением 10 для ЦГТ.**



Системы измерения должны удовлетворять требованиям линейности, изложенным в пункте 9.2, и спецификациям пункта 9.3 (замеры газообразных выбросов), пункта 9.4 (измерение твердых частиц) и приложении 3.

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

#### 5.1.1. Эквивалентность

Эквивалентность системы определяют на основе корреляционного анализа параметров рассматриваемой системы и одной из систем, указанных в настоящих ГТП, с использованием семи (или более) пар образцов.

"Результаты" означают взвешенные значения выбросов в ходе конкретного цикла. Испытание на предмет корреляционного анализа должно проводиться в одной и той же лаборатории, на одном и том же испытательном стенде и на одном и том же двигателе, причем предпочтительно в одно и то же время. Эквивалентность средних значений отдельных пар проб определяют с помощью статистических критериев F и t по процедуре, описанной в пункте А.4.3 приложения 4, значения которых получены при соблюдении описанных выше требований к испытательному стенду и двигателю. Резко отклоняющиеся значения определяются в соответствии с ISO 5725 и из базы данных исключаются. Используемые системы корреляции результатов испытаний должны утверждаться органом по официальному утверждению типа или по сертификации.

### 5.2 Семейство двигателей

#### 5.2.1 Общие положения

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

#### 5.2.2 Особые случаи

В некоторых случаях между параметрами может существовать определенная взаимосвязь. Этот момент следует учитывать, с тем чтобы обеспечивать включение в одно и то же семейство только двигателей с аналогичными характеристиками, в том что касается выбросов отработавших газов. Такие случаи определяются изготовителем и доводятся до сведения органа по официальному утверждению типа или по сертификации. После этого они принимаются во внимание в качестве одного из критериев формирования нового семейства двигателей.

В случае устройств или особенностей, которые не перечислены в пункте 5.2.3 и которые оказывают существенное влияние на уровень выбросов, это оборудование определяется изготовителем на основе проверенной технической практики и соответствующая информация доводится до сведения органа по официальному утверждению типа или по сертификации. После этого они принимаются во внимание в качестве одного из критериев формирования нового семейства двигателей.

В дополнение к параметрам, перечисленным в пункте 5.2.3, изготовитель может вводить дополнительные критерии определения семейств, более ограниченных по размеру. Эти параметры необязательно являются параметрами, которые оказывают воздействие на уровень выбросов.

5.2.3 Параметры, определяющие семейство двигателей

5.2.3.1 Рабочий цикл:

- 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) прочие (по типу свободнопоршневого, W-образное и т.д.).

5.2.3.2.2 Относительное расположение цилиндров

Двигатели с одним и тем же блоком могут принадлежать к одному и тому же семейству при условии одинакового межцентрового расстояния между цилиндрами.

5.2.3.3 Основная охлаждающая субстанция:

- a) воздух,
- b) вода,
- c) масло.

5.2.3.4 Рабочий объем отдельного цилиндра

5.2.3.4.1 Двигатель с рабочим объемом единичного цилиндра  $>0,75 \text{ дм}^3$

Для того чтобы двигатели с объемом единичного цилиндра  $>0,75 \text{ дм}^3$  можно было рассматривать на предмет включения в одно и то же семейство двигателей, разброс значений рабочего объема отдельных цилиндров не должен превышать 15% от наибольшего значения объема отдельного цилиндра в пределах данного семейства.

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

- ii) рядный или распределительный насос,
    - iii) отдельный насос или насос-форсунка,
    - 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 отработавших газов (РОГ),
  - b) впрыск воды,
  - c) нагнетание воздуха,
  - d) прочее.
- 5.2.3.12 Метод электронного управления

Наличие или отсутствие электронного блока управления (ЭБУ) на двигателе рассматривается в качестве одного из основных параметров семейства.

В случае двигателей, оснащенных системой электронного регулирования, изготовитель представляет технические элементы с разъяснением принципов объединения этих двигателей в одно и то же семейство, т.е. причин, по которым эти двигатели должны, как ожидается, удовлетворять одинаковым требованиям в отношении выбросов отработавших газов.

К таким элементам могут относиться расчеты, моделирование, оценки, описание параметров впрыска, результаты экспериментов и т.д.

Примеры регулируемых функций:

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

### 5.2.3.13 Системы последующей обработки отработавших газов

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

- a) окислительный каталитический нейтрализатор,
- b) трехкомпонентный каталитический нейтрализатор,
- c) система DeNO<sub>x</sub> с селективным снижением уровня NO<sub>x</sub> (добавка реагента-восстановителя),
- d) прочие системы DeNO<sub>x</sub>,
- e) сажеуловитель с пассивной регенерацией,
- f) сажеуловитель с активной регенерацией,
- g) прочие сажеуловители,
- h) прочие устройства.

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

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

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

## 5.2.4 Выбор базового двигателя

### 5.2.4.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

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

#### 5.2.4.2 Двигатели с принудительным зажиганием

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

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

#### 5.2.4.3 Замечания относительно выбора базового двигателя

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

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

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

### 5.3 Семейство гибридных трансмиссий

**5.3.1** **Общее семейство гибридных трансмиссий характеризуется конструктивными параметрами и взаимосвязью между такими параметрами. Конструктивные параметры должны быть общими для всех гибридных трансмиссий, входящих в данное семейство. Изготовитель может определять, какие гибридные трансмиссии относятся к соответствующему семейству, на основе соблюдения критериев принадлежности, перечисленных в пункте 5.3.3. Семейство гибридных трансмиссий подлежит утверждению органом по официальному утверждению типа или по сертификации. Изготовитель передает органу по официальному утверждению типа или по сертификации соответствующую информацию, касающуюся уровней выбросов из гибридных трансмиссий, относящихся к данному семейству.**

#### 5.3.2 Особые требования

**В случае гибридной трансмиссии изготовитель определяет наличие взаимосвязи между конструктивными параметрами, с тем чтобы обеспечить включение в одно и то же семейство**

только гибридных трансмиссий с аналогичными характеристиками, в том что касается выбросов отработавших газов. Такие случаи доводятся до сведения органа по официальному утверждению типа или по сертификации и принимаются во внимание в качестве дополнительного критерия помимо параметров, перечисленных в пункте 5.3.3 и используемых при формировании соответствующего семейства гибридных трансмиссий.

Подбор индивидуальных циклов испытаний – ЦГД и ЦГТ – зависит от конфигурации гибридной трансмиссии. С целью определить, принадлежит ли та или иная гибридная трансмиссия к тому же семейству или же к существующему семейству, необходимо добавить новую конфигурацию гибридной трансмиссии, изготовитель моделирует испытание по методу АПМ или проводит испытание трансмиссии в этой конфигурации и фиксирует данные полученного рабочего цикла. Данный рабочий цикл должен быть совместим с рабочим циклом для базовой гибридной трансмиссии и соответствовать критериям в пункте 5.3.2.1.

5.3.2.1 Зарезервирован

5.3.2.2 В дополнение к параметрам, перечисленным в пункте 5.3.3, изготовитель может вводить дополнительные критерии определения семейств, более ограниченных по размеру. Эти параметры необязательно должны быть теми же параметрами, которые оказывают воздействие на уровень выбросов.

5.3.3 Параметры, определяющие семейство гибридных трансмиссий

5.3.3.1 Двигатель внутреннего сгорания

При выборе двигателя для семейства гибридных трансмиссий должны соблюдаться критерии семейства двигателей критерии пункта 5.2.

Двигатели из разных семейств двигателей согласно пунктам 5.2.3.2, 5.2.3.4 и 5.2.3.9 могут быть объединены в семейство гибридных трансмиссий на основе их общих показателей в отношении выбросов.

5.3.3.2 Мощность двигателя внутреннего сгорания

Зарезервирован

5.3.3.3 Преобразователь энергии:

- a) электрический,
- b) гидравлический,
- c) другие.

5.3.3.4 ПЭАС:

- a) электрическая,
- b) гидравлическая,
- c) механическая (с использованием маховика),
- d) другие.

**5.3.3.5 Коробка передач**

- a) механическая,
- b) автоматическая,
- c) с двойным сцеплением,
- d) другие.

**5.3.3.6 Метод управления гибридным устройством**

Метод управления гибридным устройством рассматривается в качестве одного из основных параметров семейства гибридных трансмиссий. Изготовитель представляет технические элементы метода управления гибридным устройством с разъяснением принципов объединения гибридных трансмиссий в одно семейство, т.е. причин, по которым эти трансмиссии, как ожидается, должны удовлетворять одинаковым требованиям в отношении выбросов.

К таким элементам могут относиться расчеты, моделирование, оценки, описание ЭБУ гибридного устройства, результаты экспериментов и т.д.

**Примеры регулируемых функций:**

- a) ограничение выбросов из двигателей,
- b) управление тягой,
- c) управление энергопитанием.

**5.3.3.7 Прочие**

Зарезервирован.

**5.3.4 Выбор базовой гибридной трансмиссии**

Зарезервирован.

**6. Условия проведения испытания****6.1 Условия проведения испытаний на испытательной станции**

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

- a) Двигатели с воспламенением от сжатия:  
Двигатели без наддува и с механическим наддувом:



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

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

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

b) Двигатели с принудительным зажиганием:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.6} \quad (3)$$

## 6.2 Двигатели с охлаждением воздушного заряда

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

Если используется система испытательной станции или внешний вентилятор, то расход охлаждающей субстанции должен быть таким, чтобы обеспечивалась температура нагнетаемого заряда  $\pm 5$  К от максимальной температуры нагнетаемого воздуха, указанной изготовителем для номинальной частоты вращения и полной нагрузки. Температура охлаждающей субстанции и ее расход в воздухоохладителе в указанной выше точке не должны изменяться в течение всего цикла испытаний, если только это не приводит к нерепрезентативному переохлаждению воздушного заряда. Объем нагнетаемого воздуха в целях охлаждения определяют на основе проверенной инженерно-технической практики. Он должен быть репрезентативным для установки, используемой в производственном процессе изготовления двигателя. Система испытательной станции должна быть сконструирована таким образом, чтобы сводилось к минимуму скопление конденсата. До проведения испытаний на выбросы любой скопившийся конденсат следует удалить, и все дренажные каналы следует герметично закрыть.

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

- 6.3 Мощность двигателя
- Конкретные измерения выбросов проводят с учетом мощности двигателя и работы за цикл, которые определяются в соответствии с пунктами 6.3.1–6.3.5.
- В случае гибридной трансмиссии конкретные измерения выбросов проводят с учетом мощности системы и работы за цикл, которые определяются согласно соответственно пункту А.9.2.5.1 или пункту А.10.7.**
- 6.3.1 Общая установка двигателя
- Двигатель испытывают вместе со вспомогательным оборудованием/устройствами, перечисленными в приложении 7.
- Если вспомогательное оборудование/устройства не установлены в соответствии с существующими требованиями, то их мощность учитывается согласно пунктам 6.3.2–6.3.5.
- 6.3.2 Вспомогательное оборудование/устройства, подлежащие установке для проведения испытания на выбросы
- Если установка вспомогательного оборудования/устройств, требуемых согласно приложению 7, на испытательном стенде представляется нецелесообразной, то потребляемую ими мощность определяют и вычитают из мощности двигателя (исходной и фактической), измеряемой во всем диапазоне частоты вращения двигателя в режиме ВСПЦ и испытательной частоты вращения в режиме ВСУЦ.
- 6.3.3 Вспомогательное оборудование/устройства, демонтируемые на время проведения испытания
- В тех случаях, когда нельзя демонтировать вспомогательное оборудование/устройства, которые не требуются в соответствии с приложением 7, потребляемую ими мощность можно определять и прибавлять к мощности двигателя (исходной и фактической), измеряемой во всем диапазоне частоты вращения двигателя в режиме ВСПЦ и испытательной частоты вращения в режиме ВСУЦ. Если это значение превышает 3% максимальной мощности при испытательной частоте вращения, то этот момент подтверждают органу по официальному утверждению типа или по сертификации.
- 6.3.4 Определение мощности, потребляемой вспомогательным оборудованием
- Мощность, потребляемую вспомогательным оборудованием/устройствами, нужно определять только в том случае, если:
- вспомогательное оборудование/устройства, требуемые в соответствии с приложением 7, не установлены на двигателе; и/или
  - вспомогательное оборудование/устройства, не требуемые в соответствии с приложением 7, установлены на двигателе.
- Значения мощности вспомогательного оборудования и метод измерения/расчета, используемый для определения мощности вспомогательного оборудования, представляются изготовителем двигателя

по всему рабочему диапазону испытательных циклов и утверждаются органом по официальному утверждению типа.

#### 6.3.5 Цикл работы двигателя

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

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

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

где:

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

$P_{f,i}$  – мощность, потребляемая вспомогательным оборудованием/устройствами, которые надлежит установить, в кВт;

$P_{r,i}$  – мощность, потребляемая вспомогательным оборудованием/устройствами, которые надлежит демонтировать, в кВт.

#### 6.4 Система впуска воздуха в двигатель

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

#### 6.5 Система выпуска двигателя

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

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

Если двигатель оснащен системой последующей обработки отработавших газов, то выпускная труба должна иметь тот же диаметр, что и трубы, используемые в процессе эксплуатации, либо же, как указано изготовителем, диаметр, равный по меньшей мере четырем

диаметрам трубы, направленной против потока отработавших газов и примыкающей к расширительному патрубку, содержащему устройство последующей обработки. Расстояние от фланца выпускного коллектора или выхода из турбонагнетателя до системы последующей обработки отработавших газов должно быть таким же, как и в конструкции транспортного средства, либо в пределах расстояния, указанного в спецификациях изготовителя. Противодействие или ограничение выпуска должно соответствовать изложенным выше критериям и может регулироваться с помощью клапана. В случае устройств последующей обработки с изменяемыми ограничениями максимальное ограничение выпуска определяется в условиях последующей обработки (уровень притирки/старения и регенерации/загрязнения), указанных изготовителем. Если максимальное ограничение не превышает 5 кПа, то установочная точка должна быть не менее 1,0 кПа от максимума. В ходе холостых испытаний и в процессе снятия данных для построения карты характеристик двигателя контейнер с устройством последующей обработки может быть демонтирован и заменен эквивалентным контейнером с неактивным носителем катализатора.

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

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

Системы последующей обработки отработавших газов с непрерывной регенерацией в соответствии с пунктом 6.6.1 в специальной процедуре испытаний не нуждаются.

#### 6.6.1 Непрерывная регенерация

В случае системы последующей обработки отработавших газов, предусматривающей использование процесса непрерывной регенерации, замер выбросов производится – в целях обеспечения повторяемости параметров выбросов – на системе последующей обработки в стабилизированном состоянии.

В ходе **соответствующего цикла с запуском в прогретом состоянии (ВСПЦ для обычных двигателей, ЦГД или ЦГТ для гибридных трансмиссий)** процесс регенерации должен происходить не менее одного раза, причем изготовитель указывает обычные условия, в которых происходит регенерация (количество сажи, температура, противодействие отработавших газов и т.д.).

Для подтверждения непрерывности процесса регенерации проводят не менее трех испытаний в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии. Для целей данного подтверждения двигатель разогре-

вают в соответствии с пунктом 7.4.1, подвергают процедуре прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3 и проводят первое испытание в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии. Последующие испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии проводят после процедуры прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3. В ходе этих испытаний регистрируют температуру и давление отработавших газов (температура на входе и выходе системы последующей обработки, противодавление отработавших газов и т.д.).

Считается, что система последующей обработки относится к типу непрерывной регенерации, если условия, указанные изготовителем, соблюдаются в течение достаточного периода времени в процессе испытания и если разброс результатов измерения выбросов составляет не более  $\pm 25\%$  или  $0,005 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  в зависимости от того, какая из этих величин больше.

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

#### 6.6.2 Периодическая регенерация

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

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

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

Изготовитель предоставляет систему последующей обработки в снаряженном состоянии в целях обеспечения процесса регенерации в ходе испытания **в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии**. В процессе прогрева двигателя регенерация происходить не должна.

Для целей этого испытания двигатель разогревают в соответствии с пунктом 7.4.1, подвергают процедуре прогрева в соответствии с пунктом 7.6.3 и начинают проведение испытания с запуском двигателя в прогретом состоянии.

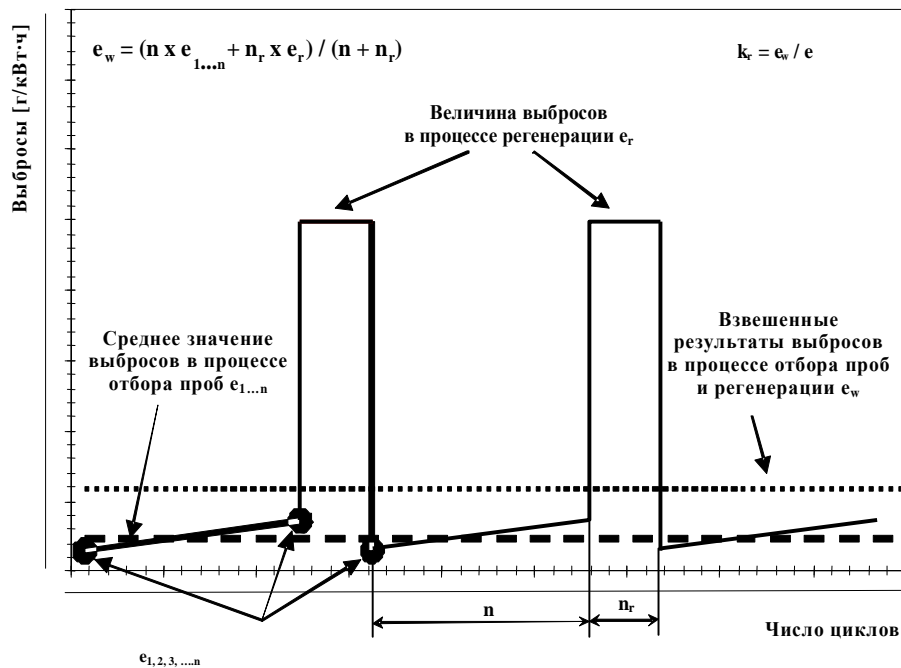
Среднюю величину связанных с торможением выбросов между этапами регенерации определяют путем расчета среднего арифметического результата (г/кВт•ч) нескольких испытаний на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии, проводимых через приблизительно одинаковые промежутки времени. В этих целях проводят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

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

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

Данная процедура испытаний схематически показана на рис. 2.

Рис. 2  
Схема периодической регенерации



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

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

где:

- $n$  — количество испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии без регенерации,
- $n_r$  — число испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии с регенерацией (минимум одно испытание),
- $\bar{e}$  — среднее значение удельных выбросов без регенерации в г/кВт·ч,
- $\bar{e}_r$  — среднее значение удельных выбросов с регенерацией в г/кВт·ч.

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

- а) Если для регенерации требуется более одного испытания на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии, то проводят последовательные полные испытания на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии и продолжают непрерывное измерение выбросов без прогрева двигателя и без его отключения до завершения регенерации и рассчитывают

средние результаты испытаний на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии.

- b) Если полная регенерация происходит в ходе любого испытания на двигателе в условиях запуска в прогретом состоянии, то испытание продолжают в течение всего цикла.

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

- c) Мультипликативные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

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

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \text{ (вниз)} \quad (7)$$

- d) Аддитивные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (вверх)} \quad (8)$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (вниз)} \quad (9)$$

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

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

По просьбе изготовителя корректировочные коэффициенты регенерации:

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

## 6.7 Система охлаждения

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



- 6.8 Смазочное масло
- Смазочное масло должно указываться изготовителем и должно быть репрезентативным по отношению к смазочному маслу, имеющемуся на рынке; технические требования к смазочному маслу, используемому для испытания, регистрируются и представляются вместе с результатами испытания.
- 6.9 Технические требования к эталонному топливу
- Использование одного унифицированного эталонного топлива всегда считалось одним из идеальных условий 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 ГТТ требований 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 реальную ситуацию на рынке топлива, предназначенного для эксплуатируемых транспортных средств.
- Для испытания рекомендуется использовать соответствующие типы дизельного эталонного топлива из Европейского союза, Соединенных Штатов Америки и Японии, перечисленные в приложении 2. Поскольку характеристики топлива влияют на уровень выбросов двигателем отработавших газов, характеристики используемого в ходе испытания топлива определяются, регистрируются и объявляются вместе с результатами испытания.
- Температура топлива должна соответствовать рекомендациям изготовителя.
- 6.10 Выбросы картерных газов
- Выбросы картерных газов непосредственно в окружающую среду не допускаются, за исключением двигателей, оснащенных системами турбонаддува, нагнетательными насосами, компрессорами или нагнетателями для всасывания воздуха, которые могут выбрасывать картерные газы в окружающую среду, если объем этих выбросов прибавляется к объему выбросов отработавших газов (как физически, так и математически) в ходе всех испытаний на выбросы. Изготовители, пользующиеся этим исключением, должны устанавливать двигатели таким образом, чтобы все выбросы картерных газов могли направляться в систему пробоотборников выбросов.
- Для целей настоящего пункта выбросы картерных газов, направляемые в выпускную трубу, примыкающую к верхней части устройства последующей обработки отработавших газов в процессе всей операции, не считаются выбрасываемыми непосредственно в окружающую среду.
- Система направления картерных газов в выхлопную систему для измерения выбросов должна отвечать следующим требованиям:
- а) материалы, используемые для изготовления трубопроводов, должны иметь гладкое покрытие, должны быть электропро-

водящими и не должны вступать в реакцию с выбрасываемыми картерными газами. Длина патрубков должна быть минимальной;

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

## 7. Процедуры испытаний

### 7.1 Принципы измерения выбросов

Для измерения связанных с торможением выбросов:

- a) **двигатель должен пройти испытательные циклы, определенные в пунктах 7.2.1 и 7.2.2 для обычных двигателей,**
- b) **двигатель должен пройти испытательный цикл, определенный в пункте 7.2.3.1 для гибридных трансмиссий, или**
- c) **трансмиссия должна пройти испытательный цикл, определенный в пункте 7.2.3.2 для гибридных трансмиссий.**

Для измерения связанных с торможением выбросов требуется определить массу компонентов отработавших газов и соответствующую работу двигателя или системы (для гибридных трансмиссий) за цикл. Эти компоненты определяют методами отбора проб, описанными в пунктах 7.1.1 и 7.1.2.

**Изменения в индивидуальных испытательных циклах для двигателя или трансмиссии в случае гибридных транспортных средств изложены соответственно в приложении 9 или приложении 10.**

### 7.1.1 Непрерывный отбор проб

При непрерывном отборе проб концентрацию компонентов измеряют непрерывно на основе первичных или разбавленных отработавших газов. Эту концентрацию умножают на показатель постоянного расхода (первичных или разбавленных) отработавших газов в месте отбора проб выбросов для определения расхода массы данного компонента. Выбросы данного компонента непрерывно суммируют в ходе всего испытательного цикла. Полученная сумма представляет собой общую массу выделяемого компонента.

### 7.1.2 Отбор проб из партии

При отборе проб из партии производят непрерывный отбор проб первичных или разбавленных отработавших газов, которые сохраняют для последующего измерения. Пробы следует отбирать пропорционально расходу первичных или разбавленных отработавших газов. Примерами метода отбора проб из партии служит сбор разбавленных газообразных компонентов в мешок и сбор твердых частиц (ТЧ) на фильтре. Концентрации отобранных из партии проб умножают на общий показатель массы отработавших газов или массы расхода (в первичном или разбавленном состоянии), из которой они были взяты в ходе данного цикла испытания. Полученный результат представляет собой общую массу или массу расхода выбрасываемого компонента. Для расчета концентрации ТЧ массу отложившихся на фильтре ТЧ, которая приходится на пропорционально взятые отработавшие газы, делят на количество отфильтрованных отработавших газов.

### 7.1.3 Процедуры измерения

В настоящем приложении предусмотрены две процедуры измерения, которые являются эквивалентными с функциональной точки зрения. Обе процедуры могут использоваться для проведения испытательных циклов в режиме ВСПЦ, ВСУЦ, ЦГД и ЦГТ:

- a) отбор проб газообразных компонентов производят в потоке первичных отработавших газов, а выбросы взвешенных частиц определяют с использованием системы частичного разбавления потока;
- b) газообразные компоненты и взвешенные частицы определяют с использованием системы полного разбавления потока (системы CVS).

Допускается любая комбинация указанных двух принципов (например, измерение газообразных компонентов в первичном потоке твердых частиц в условиях полного разбавления).

## 7.2 Циклы испытаний

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

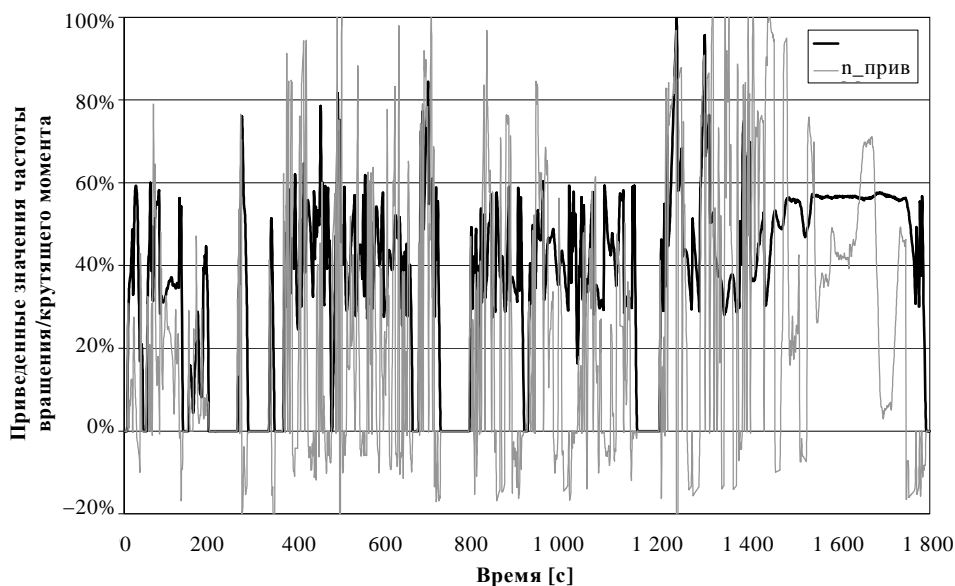
Цикл испытаний в переходных режимах (ВСПЦ) описан в приложении 1а в виде указанной в разбивке по секундам последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента. В целях проведения испытаний на двигателе в испытательном боксе приведенные значения преобразуют в реальные значения для данного двигателя, подвергаемого испытанию, на основе кар-

тографического отображения характеристик двигателя. Это преобразование представляет собой замену приведенных значений на реальные, а развернутый таким образом цикл испытаний – исходный цикл двигателя, подлежащего испытанию. Цикл проводят на испытательном стенде на основе указанных исходных значений частоты вращения и крутящего момента с регистрацией фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения производят регрессионный анализ исходных и фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности.

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

В случае газообразных загрязнителей может применяться непрерывный отбор проб (первичных или разбавленных отработавших газов) либо отбор проб из партии (разбавленных отработавших газов). Пробу взвешенных частиц разбавляют кондиционированным разбавителем (таким как окружающий воздух) и собирают на одном подходящем фильтре. Цикл ВСПЦ схематически показан на рис. 3.

Рис. 3  
Испытательный цикл ВСПЦ



7.2.2 Ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах (ВСУЦ)  
Ступенчатый цикл испытаний в установившихся режимах (ВСУЦ) состоит из ряда режимов с приведенными значениями частоты вращения и нагрузки, которые преобразуются в исходные значения для данного двигателя в процессе испытания на основе карты мощности двигателя. Двигатель работает предписанное время в

каждом режиме, причем частота вращения двигателя и нагрузка изменяются линейно в течение  $20 \pm 1$  секунда. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения проводят регрессионный анализ исходных и фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности.

Определяют концентрацию каждого газообразного загрязнителя, интенсивность потока отработавших газов и выходную мощность по всему циклу испытания. Газообразные загрязнители можно регистрировать непрерывно или отбирать в мешок для отбора проб. Проба взвешенных частиц разбавляется кондиционированным разбавителем (таким как окружающий воздух). В течение всей процедуры испытания отбирается одна проба, которая собирается на одном подходящем фильтре.

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

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

Таблица 1  
Испытательный цикл ВСУЦ

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

### 7.2.3 Цикл испытаний в переходных режимах (ВСЦТС) (только гибридные трансмиссии)

Цикл испытаний в переходных режимах (ВСЦТС) описан в добавлении 1b в виде указанной в разбивке по секундам последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента. Для проведения стендового испытания двига-

теля или трансмиссии необходимо преобразовать значения циклов в исходные значения частоты вращения и крутящего момента для данного испытуемого двигателя или трансмиссии в соответствии с одним из методов, изложенным в разделе 7.2.3.1 или разделе 7.2.3.2.

Следует отметить, что испытательные циклы, называемые в настоящих ГТП ЦГД и ЦГТ, не являются стандартизированными циклами по типу ВСПЦ и ВСУЦ, а представляют собой испытательные циклы, индивидуально разработанные на основе ВСЦТС для испытуемой гибридной трансмиссии.

#### 7.2.3.1 Метод АПМ

Данное преобразование осуществляется согласно приложению 9, и развернутый таким образом цикл испытаний представляет собой исходный цикл двигателя, подлежащего испытанию (ЦГД). Цикл проводят на испытательном стенде на основе указанных исходных значений частоты вращения и крутящего момента с регистрацией фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности. В целях подтверждения правильности результатов испытания после его завершения производят регрессионный анализ исходных и фактических значений частоты вращения, крутящего момента и мощности.

#### 7.2.3.2 Метод с использованием трансмиссии

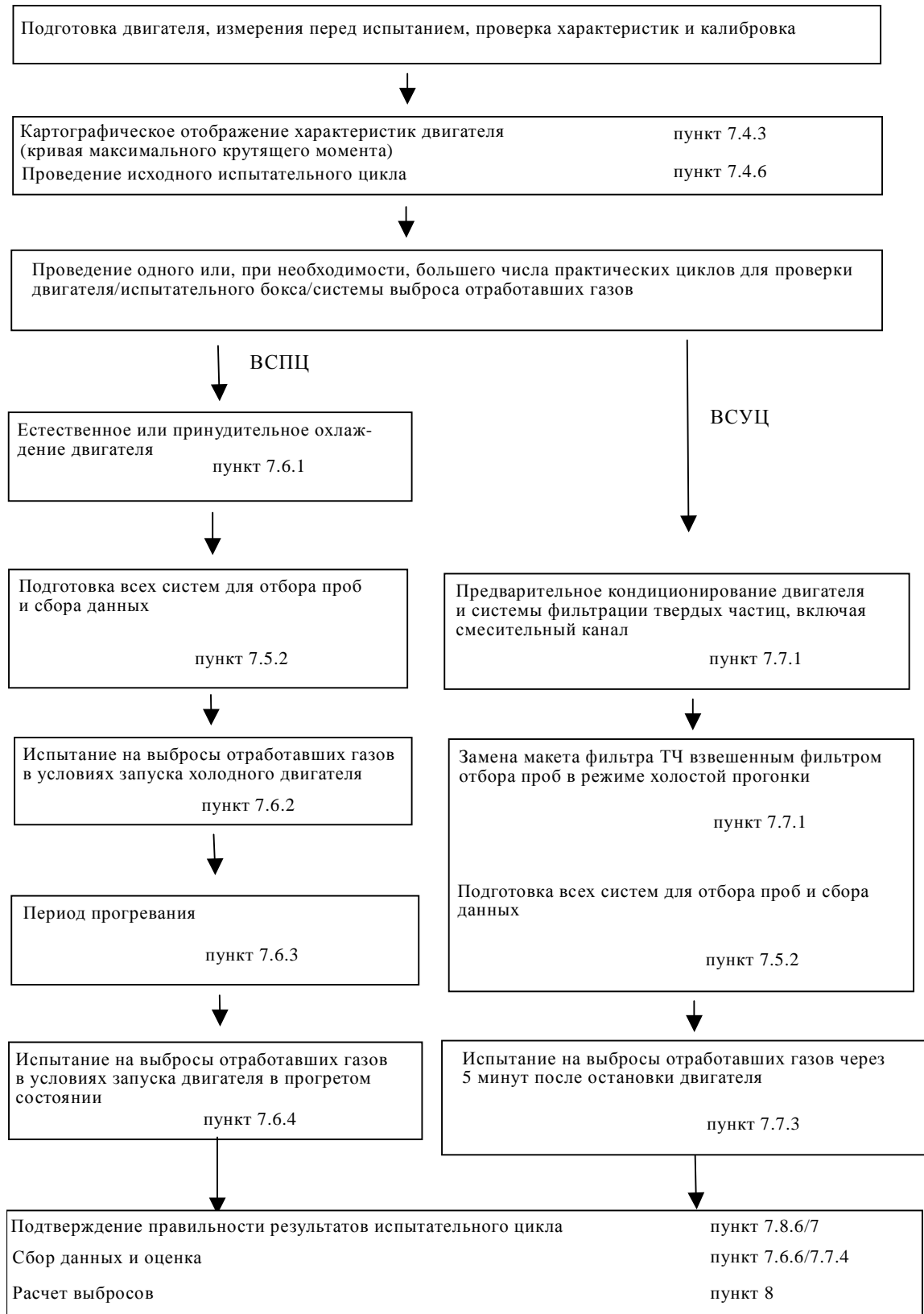
Данное преобразование осуществляется согласно приложению 10, и развернутый таким образом цикл испытаний представляет собой исходный цикл трансмиссии, подлежащей испытанию (ЦГТ). ЦГТ осуществляется с использованием установочных точек показателей оборотов, рассчитанных на основе ВСЦТС при регулировании нагрузки в интерактивном режиме.

#### 7.3 Общая последовательность испытания

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

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

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



- 7.4 Картографическое отображение характеристик двигателя и исходный цикл
- До процедуры построения карты характеристик двигателя в соответствии с общей последовательностью испытания, указанной в пункте 7.3, на этапе до испытания производятся замеры на двигателе, проверка характеристик двигателя и калибровка систем.
- В качестве основы для реализации исходных циклов ВСПЦ и ВСУЦ производится картографирование характеристик двигателя при функционировании в условиях полной нагрузки для построения кривых зависимости частоты вращения от максимального крутящего момента и частоты вращения от максимальной мощности. Карта характеристик используется для получения реальной частоты вращения двигателя (пункт 7.4.6) и крутящего момента двигателя (пункт 7.4.7).
- В отношении трансмиссий гибридных транспортных средств применяются процедуры картографирования, изложенные соответственно в пунктах А.9.4.1 или А.10.4.1. Положения пунктов 7.4.1–7.4.8 не действуют.**
- 7.4.1 Прогрев двигателя
- Двигатель прогревается в режиме 75–100% от его максимальной мощности в соответствии с рекомендациями изготовителя и признанной технической практикой. В конце периода прогрева он должен функционировать таким образом, чтобы температуры охлаждающей жидкости и смазочного масла находились в пределах  $\pm 2\%$  от средних значений в течение не менее двух минут либо до того момента, когда термостат двигателя отрегулирует температуру двигателя.
- 7.4.2 Определение диапазона частот вращения для построения карты характеристик
- Минимальная и максимальная частоты вращения для построения карты определяются следующим образом:
- |  |   |
|--|---|
| Минимальная частота вращения для построения карты  | – частота вращения холостого хода;  |
| Максимальная частота вращения для построения карты | – $n_{hi} \times 1,02$ , или частота вращения, при которой значение крутящего момента и полной нагрузки падает до нуля, в зависимости от того, какое из этих значений меньше. |
- 7.4.3 Построение карты мощности двигателя
- После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом 7.4.1 строится карта его характеристик с соблюдением следующей процедуры:
- а) с двигателя снимают нагрузку и обеспечивают его работу на холостом ходу;



- b) двигатель работает в режиме максимальной команды оператора при минимальной частоте вращения для построения карты;
- c) частота вращения двигателя увеличивается со средней интенсивностью  $8 \pm 1 \text{ мин}^{-1}/\text{с}$  в диапазоне от минимальной до максимальной отображаемой на карте частоты вращения либо с постоянной интенсивностью, с тем чтобы от минимальной до максимальной частоты вращения, отображенной на карте, потребовалось от 4 до 6 мин. Точки карты, соответствующие конкретным сочетаниям частоты вращения двигателя и крутящего момента, регистрируются с частотой измерений не менее одной точки в секунду.

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

#### 7.4.4 Альтернативное построение карты

Если изготовитель считает, что вышеописанная методика построения карты ненадежна или не является репрезентативной для любого данного двигателя, то могут использоваться альтернативные методы построения карты. Эти альтернативные методы должны отвечать цели конкретных процедур картографического отображения, состоящей в определении максимального развиваемого двигателем крутящего момента при всех частотах вращения в ходе испытательных циклов. Отклонения от методов картографирования, указанных в настоящем пункте, продиктованные соображениями надежности или репрезентативности, вместе с обоснованием их применения подлежат одобрению органом по официальному утверждению типа или по сертификации. Однако в случае двигателей с регулятором или тубронадувом снижение частоты вращения двигателя для построения кривой крутящего момента ни в коем случае не допускается.

#### 7.4.5 Повторные испытания

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

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

## 7.4.6 Получение реальной частоты вращения двигателя

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

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

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

Частоты вращения двигателя на рисунках 4 и 5 определяются следующим образом:

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

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

- $n_{\text{hi}}$  – в уравнении 10 заменяется на  $n_{\text{Pmax}} \times 1,02$ ;
- $n_{95h}$  – заменяется на  $n_{\text{Pmax}} \times 1,02$ .

Рис. 4  
Определение частот вращения для целей испытаний

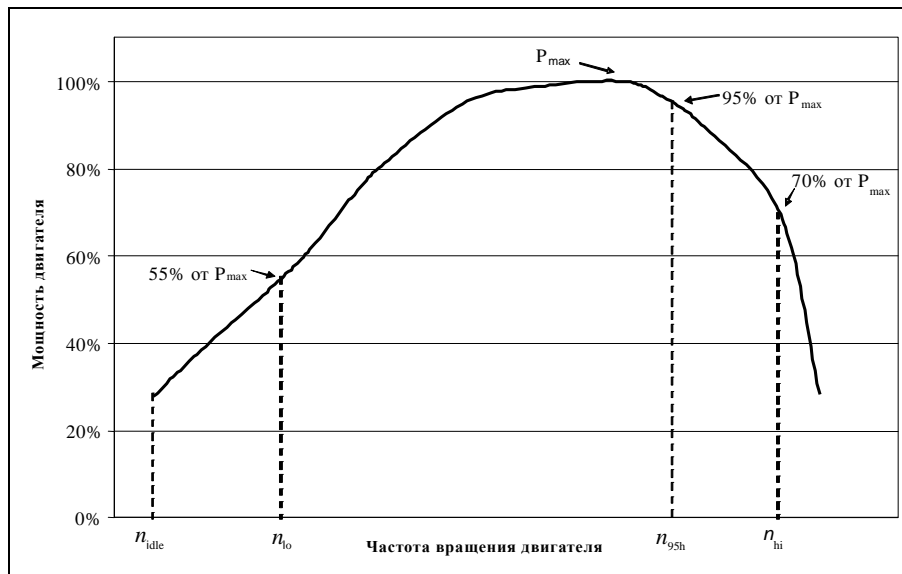
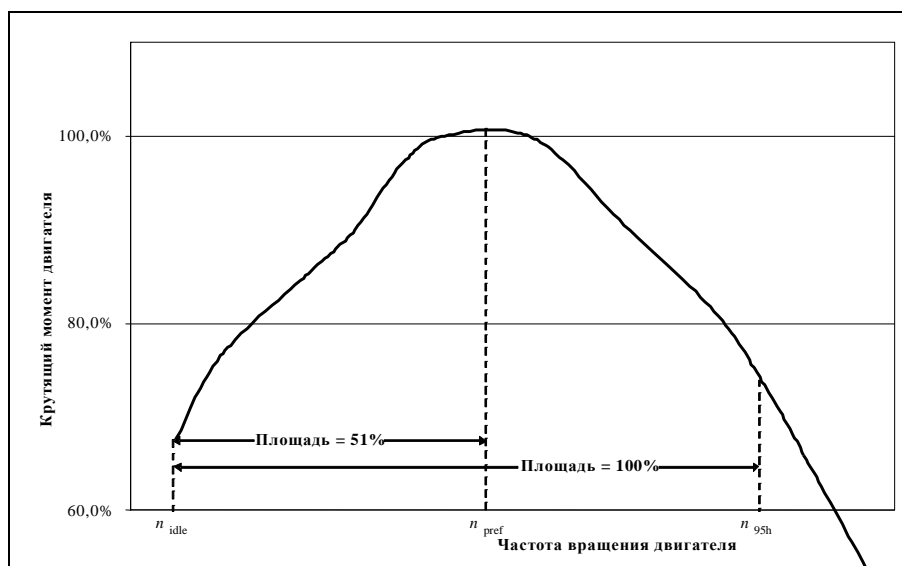


Рис. 5  
Определение  $n_{pref}$



#### 7.4.7 Получение реального крутящего момента двигателя

Приведенный крутящий момент, значения которого указаны в программе задания режима работы двигателя на динамометре, охарактеризованной в приложении 1а (ВСПЦ) и в таблице 1 (ВСУЦ), определяется по максимальному крутящему моменту при соответствующей частоте вращения. Для реализации исходных циклов значения приведенного крутящего момента по каждому индивидуальному исходному показателю вращения, как это указано в пункте 7.4.6, преобразуются в реальные значения с использованием кривой характеристик, построенной в соответствии с пунктом 7.4.3, следующим образом:

$$M_{\text{ref},i} = \frac{M_{\text{norm},i}}{100} \times M_{\text{max},i} + M_{f,i} - M_{r,i} \quad (11)$$

где:

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

Если вспомогательное оборудование/устройства установлены в соответствии с пунктом 6.3.1 и приложением 7, то  $M_f$  и  $M_r$  равняются нулю.

Для целей реализации исходного цикла отрицательные значения крутящего момента в точках, где происходит прокрутка двигателя ("m" в приложении 1), представляют собой исходные значения, определяемые в соответствии с одним из следующих методов:

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

#### 7.4.8 Расчет работы в условиях исходного цикла

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

Такая же методология должна использоваться и для получения интегральных значений как исходной, так и фактической мощности двигателя. Если необходимо определить значения параметров между смежными исходными или смежными измеренными величинами, то используется метод линейной интерполяции. При интегри-

ровании фактической работы за цикл любые отрицательные значения крутящего момента приравниваются к нулю и учитываются. Если интегрирование производится с частотой менее 5 Гц и если в течение данного отрезка времени значение крутящего момента изменяется с положительного на отрицательное или с отрицательного на положительное, то отрицательная часть при вычислениях приравнивается к нулю. Положительная часть учитывается в интегрированном значении.

7.5 Процедуры, предшествующие испытаниям

7.5.1 Установка измерительного оборудования

Приборы и пробоотборники устанавливаются в соответствии с предъявляемыми требованиями. В случае использования системы полного разбавления потока к ней подсоединяется выпускная труба.

7.5.2 Подготовка измерительного оборудования к отбору проб

Перед началом отбора проб выбросов предпринимаются следующие шаги:

- a) в пределах 8 часов до отбора проб выбросов в соответствии с пунктом 9.3.4 проводится проверка на герметизацию;
- b) при отборе проб из партии подсоединяются чистые приспособления для хранения выбросов, например пустые мешки для газа;
- c) все измерительные приборы должны быть приведены в действие в соответствии с инструкциями изготовителя и с надлежащим техническим заключением;
- d) должны быть приведены в действие системы разбавления, насосы, охлаждающие вентиляторы, а также система сбора данных;
- e) если это необходимо, то расход проб регулируется с учетом требуемых уровней при помощи обходного контура;
- f) должно быть произведено предварительное нагревание или предварительное охлаждение теплообменников в пределах диапазона их рабочих температур для проведения испытания;
- g) допускается стабилизация таких нагреваемых или охлаждаемых компонентов, как пробоотборные магистрали, фильтры, охладители и насосы, в пределах их рабочих температур;
- h) поток из системы разбавления выхлопных газов должен поступать по меньшей мере за 10 минут до начала цикла испытаний;
- i) перед началом любого отрезка времени между испытаниями все устройства электронного интегрирования должны устанавливаться на нулевое значение или перезагружаться по нулевому значению.

- 7.5.3 Проверка газоанализаторов
- Производится выбор диапазонов функционирования газоанализаторов. Допускается использование анализаторов выбросов с автоматическим или ручным переключением диапазона. В ходе цикла испытаний диапазон анализаторов выбросов не должен изменяться. В то же время в ходе цикла испытаний не должны изменяться и характеристики аналогового эксплуатационного(ых) усилителя(ей) анализатора.
- Для всех анализаторов определяется чувствительность к нулю и чувствительность к калибровке с использованием газов, соответствующих международным стандартам и удовлетворяющих предписаниям пункта 9.3.3. Анализаторы FID должны быть эталонированы на основе углерода 1 (C1).
- 7.5.4 Подготовка фильтра для отбора проб твердых частиц
- Не менее чем за час до начала 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. По окончании периода стабилизации каждый фильтр взвешивается и регистрируется масса сухого фильтра. Затем фильтр хранится в закрытой чашке Петри или запечатанном фильтродержателе до того момента, пока он не понадобится для испытания. Этот фильтр следует использовать в течение восьми часов после его извлечения из камеры для взвешивания.
- 7.5.5 Регулировка системы разбавления
- Суммарный расход выхлопных газов, проходящих через систему полного разбавления потока, или расход разбавленных выхлопных газов, проходящих через систему частичного разбавления потока, должен быть отрегулирован таким образом, чтобы исключить возможность конденсации воды в системе и обеспечить температуру на поверхности фильтра в пределах 315 K (42° C) – 325 K (52° C).
- 7.5.6 Пуск системы отбора проб твердых частиц
- Система отбор проб твердых частиц приводится в действие и работает по обходной схеме. Фоновый уровень твердых частиц в разбавителе может определяться путем отбора проб разбавителя на входе отработавших газов в смесительный канал. Этот замер можно произвести до или после испытания. Если замеры произведены в начале и в конце цикла, то полученные значения можно усреднить. Если для измерения фоновой концентрации используется иная система отбора проб, то измерения производятся по ходу испытания.
- 7.6 Реализация цикла ВСПЦ
- Этот пункт также относится к ЦГД и ЦГТ рабочих циклов гибридных транспортных средств. Разрешены различные циклы в условиях запуска холодного двигателя и двигателя в прогретом состоянии, если это является результатом процедуры преобразования, предусмотренной в приложении 9 или приложении 10.**

- 7.6.1 Охлаждение двигателя
- Может применяться естественный или принудительный способ охлаждения. В случае принудительного охлаждения для регулировки систем обдува двигателя охлаждающим воздухом, подачи охлажденного масла в систему смазки двигателя, отбора тепла и охладителя, циркулирующего в системе охлаждения двигателя, и отбора тепла от системы последующей обработки отработавших газов следует руководствоваться надлежащим техническим заключением. В случае принудительного охлаждения системы последующей обработки охлаждающий воздух направляется в систему последующей обработки только после того, как она остыла до температуры ниже ее каталитической активации. Никакая процедура охлаждения, приводящая к нерепрезентативным выбросам, не допускается.
- 7.6.2 Испытание в условиях запуска холодного двигателя
- Испытание в условиях запуска холодного двигателя начинается при температуре смазочного масла и охлаждающей жидкости двигателя и систем последующей обработки в пределах 293–303 К (20–30° С). Запуск двигателя производится одним из следующих методов:
- двигатель запускается, как это рекомендовано в руководстве по эксплуатации, с использованием серийного стартера и должным образом заряженной аккумуляторной батареи или соответствующего источника электроэнергии; или
  - двигатель запускается с использованием динамометра. Прокрутка двигателя осуществляется с частотой вращения  $\pm 25\%$  от характерной частоты проворачивания коленчатого вала в условиях эксплуатации. Проворачивание прекращается в течение 1 секунды после того, как двигатель был запущен. Если после 15-секундного проворачивания коленчатого вала двигатель не заводится, то проворачивание прекращается и выясняются причины неспособности запустить двигатель, если только в руководстве по эксплуатации или в руководстве по обслуживанию и ремонту не указывается, что более длительное проворачивание коленчатого вала соответствует норме.
- 7.6.3 Период прогрева
- Сразу же после завершения испытания в условиях запуска в холодном состоянии двигатель подготавливается к испытанию на запуск в разогретом состоянии путем прогрева в течение  $10 \pm 1$  минуты.
- 7.6.4 Испытание в условиях запуска двигателя в разогретом состоянии
- Двигатель запускается в конце периода прогрева, указанного в пункте 7.6.3, с использованием методов запуска, указанных в пункте 7.6.2.
- 7.6.5 Последовательность проведения испытания
- Последовательность проведения испытания в условиях запуска как в холодном, так и в разогретом состоянии начинается с запуска двигателя. После запуска двигателя инициируется контроль за циклом

таким образом, чтобы характер функционирования двигателя соответствовал первой установочной точке цикла.

ВСПЦ реализуется в соответствии с исходным циклом, описанным в пунктах 7.4.6 и 7.4.7. Частота выдачи команд на установку частоты вращения и крутящего момента двигателя составляет не менее 5 Гц (рекомендуется 10 Гц). Установочные точки рассчитываются методом линейной интерполяции по установочным точкам исходного цикла с шагом 1 Гц. Значения реальной частоты вращения и реального крутящего момента двигателя регистрируется не реже одного раза в секунду на протяжении испытательного цикла (1 Гц), а поступающие сигналы могут пропускаться через электронный фильтр.

**ЦГД и ЦГТ осуществляются как указано соответственно в пунктах А.9.2.4 или А.10.5.**

#### 7.6.5.1 Система стоп/старт

**Если используется система стоп/старт или если цикл гибридного двигателя требует остановки двигателя, то двигатель может быть выключен в точках холостого хода и/или прокрутки двигателя по команде ЭБУ двигателя. Измерение выбросов и сбор данных продолжают до конца испытательного цикла.**

#### 7.6.6 Сбор данных, имеющих отношение к выбросам

В начале последовательности проведения испытаний приводится в действие измерительное оборудование в условиях синхронного начала следующих операций:

- a) отбора проб или анализа разбавляющего воздуха, если используется система полного разбавления потока;
- b) отбора проб или анализа первичных либо разбавленных отработавших газов в зависимости от используемого метода;
- c) измерения количества разбавленных отработавших газов и задаваемых значений температуры и давления;
- d) регистрации расхода отработавших газов по массе, если используется метод анализа первичных отработавших газов;
- e) регистрации данных обратной связи о частоте вращения и крутящем моменте, снимаемых с динамометра.

Если используется метод замера первичных отработавших газов, то измерение концентрации выбросов ((NM)HC, CO и NO<sub>x</sub>) и массового расхода отработавших газов производится непрерывно и полученные результаты регистрируются компьютером через интервалы не менее 2 Гц. Все остальные данные могут регистрироваться с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируются; в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

Если используется система полного разбавления потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производится непрерывно в смесительном канале с частотой не менее 2 Гц. Средние значения концентраций определяются путем интегрирования сигналов анализатора на протяжении ис-



пытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 секунд и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потока CVS и отклонениями времени отбора проб/циклов испытания. Концентрации CO, CO<sub>2</sub> и NMHC могут определяться интегрированием непрерывных сигналов измерения или методом анализа концентраций этих веществ, накопившихся в мешке для отбора проб в течение цикла. Концентрации газообразных загрязнителей в разбавителе должны определяться до того момента, когда выбросы поступают в смесительный канал, посредством интегрирования или накопления в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируются не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.6.7 Отбор проб твердых частиц

В начале последовательности испытания система отбора проб твердых частиц переключается с обходной схемы на режим накопления твердых частиц.

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

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

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

Если в какой-либо момент в ходе испытания в условиях холодного запуска двигатель глохнет, **за исключением случая выключения двигателя по команде ЭБУ согласно пункту 7.6.5.1**, то испытание признается недействительным. В этом случае двигатель подвергается предварительному кондиционированию и снова запускается в соответствии с требованиями пункта 7.6.2, а испытание повторяется.

Если в какой-либо момент в ходе испытания в условиях запуска в прогретом состоянии двигатель глохнет, **за исключением случая выключения двигателя по команде ЭБУ согласно пунк-**

ту 7.6.5.1, то испытание в условиях запуска в прогретом состоянии признается недействительным. Двигатель прогревается в соответствии с предписаниями пункта 7.6.3, и испытание двигателя в условиях запуска в прогретом состоянии повторяется. В этом случае повторное испытание в условиях запуска холодного двигателя можно не проводить.

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

#### 7.7 Реализация цикла ВСУЦ

**Данный пункт к гибридным двигателям не относится.**

##### 7.7.1 Предварительное кондиционирование системы разбавления и двигателя

Система разбавления и двигатель запускаются и прогреваются в соответствии с пунктом 7.4.1. После прогрева двигателя и система отбора проб подвергаются предварительному кондиционированию путем перевода двигателя в режим 9 (см. пункт 7.2.2, таблица 1) минимум на 10 минут с одновременным функционированием системы разбавления. Может быть произведен условный отбор проб выбросов твердых частиц. Стабилизировать или взвешивать эти фильтры для отбора проб не нужно, их можно отбраковать. Расход устанавливается приблизительно в соответствии с расходом, выбранным для проведения испытания. После предварительного кондиционирования двигатель может быть отключен.

##### 7.7.2 Запуск двигателя

Через  $5 \pm 1$  минут после завершения периода предварительного кондиционирования в режиме 9, как это указано в пункте 7.7.1, двигатель запускается в соответствии с рекомендациями изготовителя относительно порядка запуска, содержащимися в руководстве по эксплуатации, с использованием либо серийного стартера, либо динамометра в соответствии с пунктом 7.6.2.

##### 7.7.3 Последовательность проведения испытания

Испытание начинают после запуска двигателя и в течение одной минуты после выявления того, что он функционирует в соответствии с первым режимом цикла (холостой ход).

ВСУЦ осуществляют в соответствии с порядком использования режимов испытания, указанных в таблице 1, содержащейся в пункте 7.2.2.

##### 7.7.4 Сбор данных, касающихся выбросов

В начале последовательности проведения испытаний приводится в действие измерительное оборудование в условиях синхронного начала следующих операций:

- а) отбора проб или анализа разбавляющего воздуха, если используется система полного разбавления потока;

- b) отбора проб или анализа первичных либо разбавленных отработавших газов в зависимости от используемого метода;
- c) измерения количества разбавленных отработавших газов и задаваемых значений температуры и давления;
- d) регистрации расхода отработавших газов по массе, если используется метод анализа первичных отработавших газов;
- e) регистрации данных обратной связи о частоте вращения и крутящем моменте, снимаемых с динамометра.

Если используется метод замера первичных отработавших газов, то измерение концентрации выбросов ((NM)HC, CO и NO<sub>x</sub>) и массового расхода отработавших газов производится непрерывно и полученные результаты регистрируются компьютером через интервалы не менее 2 Гц. Все остальные данные могут регистрироваться с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируются; в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

Если используется система полного разбавления потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производится непрерывно в смесительном канале с частотой не менее 2 Гц. Среднее значение концентраций определяется путем интегрирования сигналов анализатора на протяжении испытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 секунд и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потоков CVS и отклонениями времени отбора проб/циклов испытания. Концентрации CO, CO<sub>2</sub> и NMHC могут определяться интегрированием непрерывных сигналов измерения или методом анализа концентраций этих веществ, накопившихся в мешке для отбора проб в течение цикла. Концентрации газообразных загрязнителей в разбавителе определяются до того момента, когда выхлопные газы поступают в смесительный канал, методом интегрирования или посредством накопления в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируются не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.7.5 Отбор проб твердых частиц

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

Если используется система полного разбавления потока, то насос(ы) пробоотборника должен (должны) быть отрегулирован(ы) таким образом, чтобы расход потока, проходящего через пробоотборник твердых частиц или передаточную трубу, поддерживался в пределах  $\pm 2,5\%$  от установленного расхода. При наличии компенсации потока (т.е. пропорциональном управлении потоком проб) необходимо продемонстрировать, что отношение потока, идущего

по основному каналу, к потоку проб твердых частиц отклоняется не более чем на  $\pm 2,5\%$  от установленной величины (за исключением первых 10 секунд процесса отбора проб). Регистрируются средние значения температуры и давления на входе потока в газовый счетчик (газовые счетчики) или измерительную аппаратуру. Если из-за интенсивных отложений частиц на фильтре поддерживать заданный расход на всем протяжении цикла в пределах  $\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания признаются недействительными. В таком случае испытание повторяется с использованием более низкого значения расхода.

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

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

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

#### 7.8 Процедуры, применяемые после испытания

##### 7.8.1 Операции, применяемые после испытания

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

##### 7.8.2 Проверка процедуры пропорционального отбора проб

В случае любого пропорционального отбора проб из партии, например проб в мешке или проб ТЧ, производится проверка с целью определения соответствия процедуры отбора проб положениям пунктов 7.6.7 и 7.7.5. Любая проба, не соответствующая установленным требованиям, считается неприемлемой.

##### 7.8.3 Кондиционирование и взвешивание ТЧ

Фильтры для твердых частиц должны быть помещены в закрываемые крышкой или в герметически закрывающиеся контейнеры либо держатели контейнеров должны быть закрыты, с тем чтобы фильтры для твердых частиц были защищены от любого загрязнения окружающей среды. После обеспечения такой защиты фильтры возвращаются в камеру для взвешивания. Фильтры выдерживаются в течение не менее одного часа и взвешиваются в соответствии с пунктом 9.4.5. Регистрируется общая масса фильтров.

##### 7.8.4 Проверка дрейфа

Как только это будет возможно, но не позднее чем через 30 минут после окончания испытательного цикла либо в период прогрева определяются чувствительность к нулю и чувствительность к калиб-

ровке используемого диапазона характеристик газового анализатора. Для целей настоящего пункта цикл испытания определяется следующим образом:

- a) для ВСПЦ, ЦГД, ЦГТ: полная последовательность "запуск холодного двигателя – этап прогрева для стабилизации – запуск в прогретом состоянии";
- b) для испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ, ЦГД, ЦГТ) (пункт 6.6): последовательность "этап прогрева для стабилизации – запуск в прогретом состоянии";
- c) для испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ, ЦГД, ЦГТ) с многократной регенерацией (пункт 6.6): общее число испытаний на запуск двигателя в прогретом состоянии;
- d) для ВСУЦ: цикл испытаний.

В отношении дрейфа анализатора применяются следующие положения:

- e) показатели чувствительности к нулю и к калибровке как до испытаний, так и после испытаний могут включаться непосредственно в уравнение 6б, содержащееся в пункте 8.6.1, без определения самого дрейфа;
- f) если разница между значениями до испытания и после испытания составляет менее 1% полной шкалы, то измеренные концентрации могут использоваться без корректировки или с корректировкой на дрейф в соответствии с пунктом 8.6.1;
- g) если разница между значениями до испытания и после испытания составляет не менее 1% полной шкалы, то испытание считается недействительным либо же измеренные концентрации корректируются на дрейф в соответствии с пунктом 8.6.1.

#### 7.8.5 Анализ проб газа из мешка

Как только это будет возможно, осуществляются следующие процедуры:

- a) пробы газа из мешка анализируются не позднее чем через 30 минут после завершения испытания в условиях запуска в прогретом состоянии либо в период прогрева для испытания на запуск в холодном состоянии,
- b) фоновые пробы анализируются не позднее чем через 60 минут после завершения испытания на запуск двигателя в прогретом состоянии.

#### 7.8.6 Расчет результатов работы за цикл

До расчета фактической работы за цикл любые точки, зарегистрированные в процессе запуска двигателя, исключаются. Фактическая работа за цикл определяется по всему циклу испытания посредством одновременного использования значений фактической частоты вращения и фактического крутящего момента для расчета мгновен-

ных значений мощности двигателя. Мгновенные значения мощности двигателя интегрируются в ходе всего цикла испытания для расчета фактической работы за цикл  $W_{\text{act}}$  (кВт·ч). Если вспомогательное оборудование/устройства не установлены в соответствии с пунктом 6.3.1, то мгновенные значения мощности корректируются с использованием уравнения (4), содержащегося в пункте 6.3.5.

Для интегрирования фактической мощности двигателя используется методика, описанная в пункте 7.4.8.

#### 7.8.7 Подтверждение результатов работы за цикл

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

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

**Настоящий раздел не относится к двигателям, используемым в гибридных транспортных средствах, или к гибридным трансмиссиям.**

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

В случае **ВСПЦ, ВСУЦ и ЦГД** производится линейная регрессия реальных значений ( $n_{\text{act}}$ ,  $M_{\text{act}}$ ,  $P_{\text{act}}$ ) по исходным значениям ( $n_{\text{ref}}$ ,  $M_{\text{ref}}$ ,  $P_{\text{ref}}$ ).

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

При этом используется метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим следующий вид:

$$y = a_1x + a_0 \quad (12),$$

где:

$y$  – реальное значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящего момента ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ ) или мощности (кВт);

$a_1$  – наклон линии регрессии;

$x$  – исходное значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящего момента ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ ) или мощности (кВт);

$a_0$  – отсекаемое на оси  $y$  значение линии регрессии.

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

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

Таблица 2

**Допустимые отклонения линии регрессии для ВСПЦ и ЦГД**

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

Таблица 3

**Допустимые отклонения линии регрессии для ВСУЦ**

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

Сугубо для целей регрессивного анализа до проведения соответствующих расчетов допускается исключение полученных точек в тех случаях, которые указаны в таблице 4. Однако при расчете работы и выбросов за цикл эти точки исключать нельзя. Метод исключения точек может применяться ко всему циклу или к любой его части.

Таблица 4

## Точки, которые могут исключаться из регрессивного анализа

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

## 8. Расчет выбросов

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

Примеры процедур расчета приведены в приложении 6.

Расчет выбросов на молярной основе в соответствии с приложением 7 к ГТП № 11 (ВДПТ) допускается при условии получения предварительного согласия на это со стороны органа по официальному утверждению типа или по сертификации.

### 8.1 Поправка на сухое/влажное состояние

Если замер выбросов производился на сухой основе, то измеренная концентрация преобразуется в концентрацию на влажной основе при помощи следующего уравнения:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (13),$$

где:

$c_d$  – концентрация в сухом состоянии в  $\text{млн}^{-1}$  или в % объема;

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



## 8.1.1 Первичные отработавшие газы

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \times 1,008 \quad (14)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \left( 1 - \frac{P_r}{P_b} \right) \quad (15)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad (16)$$

при этом

$$k_{fw} = 0,055594 \times W_{ALF} + 0,0080021 \times W_{DEL} + 0,0070046 \times W_{EPS} \quad (17)$$

и

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)} \quad (18),$$

где:

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

Уравнения (14) и (15) в принципе идентичны, причем коэффициент 1,008 в уравнениях (14) и (16) представляет собой приближенное значение более точной величины знаменателя в уравнении (15).

### 8.1.2 Разбавленные отработавшие газы

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{a \times c_{\text{CO}_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (19)$$

или

$$k_{w,e} = \left[ \left( \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{a \times c_{\text{CO}_2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (20)$$

при этом

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (21),$$

где:

- $\alpha$  – молярная доля водорода, содержащегося в топливе;
- $c_{\text{CO}_2w}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  на влажной основе в %;
- $c_{\text{CO}_2d}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе в %;
- $H_d$  – влажность разбавляющего воздуха в г воды на кг сухого воздуха;
- $H_a$  – влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха;
- $D$  – коэффициент разбавления (см. пункт 8.5.2.3.2).

### 8.1.3 Разбавляющий воздух

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (22),$$

при этом

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)} \quad (23),$$

где:

- $H_d$  – влажность разбавляющего воздуха в г воды на кг сухого воздуха.

## 8.2 Поправка на влажность $\text{NO}_x$

Поскольку выбросы  $\text{NO}_x$  зависят от состояния окружающего воздуха, концентрация  $\text{NO}_x$  должна быть скорректирована на влажность

с использованием коэффициентов, приведенных в пунктах 8.2.1 или 8.2.2. Влажность воздуха на впуске ( $H_a$ ) может быть рассчитана на основе измерения относительной влажности, определения точки росы, измерения давления паров или измерения по шароу сухого/влажного термометра с использованием общепринятых уравнений.

8.2.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1\,000} + 0,832 \quad (24),$$

где:

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

8.2.2 Двигатели с принудительным зажиганием

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (25),$$

где:

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

8.3 Поправка на статическое давление фильтра для твердых частиц

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

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

- a) стекловолоконный фильтр с тефлоновым покрытием: 2 300 кг/м<sup>3</sup>,
- b) тефлоновый фильтр мембранного типа: 2 144 кг/м<sup>3</sup>,
- c) тефлоновый фильтр мембранного типа с опорным кольцом из полиметилпентена: 920 кг/м<sup>3</sup>.

В случае калибровочных грузов из нержавеющей стали используется показатель плотности, равный 8 000 кг/м<sup>3</sup>. Если калибровочный груз изготовлен из другого материала, то его плотность должна быть известна.

Используется следующее уравнение:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left( \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (26),$$

при этом

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (27),$$

где:

$m_{\text{uncor}}$  – нескорректированная масса пробы твердых частиц в мг,

$\rho_a$  – плотность воздуха в кг/м<sup>3</sup>,

$\rho_w$  – плотность калибровочного груза в кг/м<sup>3</sup>,

$\rho_f$  – плотность фильтра для отбора проб твердых частиц в кг/м<sup>3</sup>,

$p_b$  – общее атмосферное давление в кПа,

$T_a$  – температура воздуха вокруг весов в К,

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

8,3144 – молярная газовая постоянная.

Масса проб твердых частиц ( $m_p$ ), указанная в пунктах 8.4.3 и 8.5.3, рассчитывается по следующей формуле:

$$m_p = m_{f,G} - m_{f,T} \quad (28),$$

где:

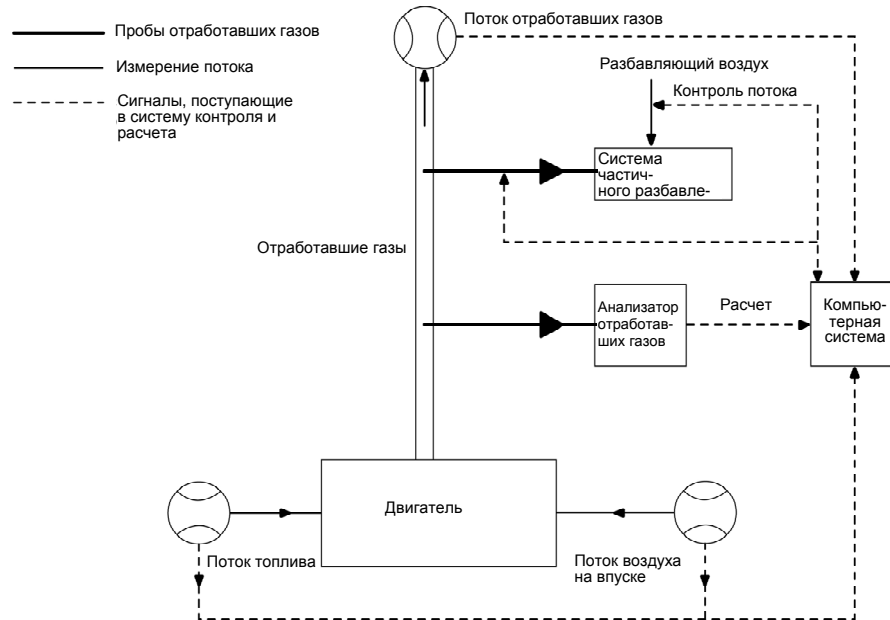
$m_{f,G}$  – масса-брутто фильтра для твердых частиц с поправкой на статическое давление в мг;

$m_{f,T}$  – масса-нетто фильтра для твердых частиц с поправкой на статическое давление в мг.

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

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

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



#### 8.4.1 Определение массового расхода отработавших газов

##### 8.4.1.1 Введение

Для расчета выбросов веществ, содержащихся в первичных отработавших газах, и контроля системы частичного разбавления потока необходимо знать массовый расход отработавших газов. Для определения массового расхода отработавших газов можно использовать любой из методов, изложенных в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7.

##### 8.4.1.2 Время срабатывания

В целях расчета выбросов время срабатывания по каждому методу, изложенному в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7, не должно превышать время срабатывания анализатора, составляющее  $\leq 10$  с, как это требуется в пункте 9.3.5.

Для целей контроля системы частичного разбавления потока требуется более быстрое время срабатывания. В случае систем частичного разбавления потока, работающих в режиме контроля "онлайн", время срабатывания должно составлять  $\leq 0,3$  с. В случае систем частичного разбавления потока с прогностическим алгоритмом управления на основе предварительно записанных параметров испытания время срабатывания системы измерения расхода отработавших газов должно составлять  $\leq 5$  с, а время восстановления –  $\leq 1$  с. Время срабатывания системы указывается изготовителем прибора. Требования в отношении общего времени срабатывания

системы измерения расхода отработавших газов и системы частичного разбавления потока указаны в пункте 9.4.6.1.

#### 8.4.1.3 Непосредственный метод измерения

Непосредственное измерение мгновенных значений расхода отработавших газов производится с помощью таких систем, как:

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

Во избежание погрешностей измерения, которые могут привести к ошибочным значениям выбросов, необходимо принять соответствующие меры предосторожности. Такие меры предосторожности включают тщательную установку измерительного устройства в системе выпуска отработавших газов двигателя в соответствии с рекомендациями изготовителя прибора и проверенной технической практикой. Особое внимание необходимо обращать на то, чтобы установка устройства не оказала отрицательного воздействия на характеристики двигателя и параметры выбросов.

Расходомеры должны отвечать требованиям линейности, указанным в пункте 9.2.

#### 8.4.1.4 Метод измерения расхода воздуха и топлива

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

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (29),$$

где:

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

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

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

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

#### 8.4.1.5 Метод измерения с помощью индикаторного газа

Этот метод предполагает измерение концентрации индикаторного газа в отработавших газах.

В поток отработавших газов в качестве индикаторного газа вводится известное количество инертного газа (например, чистого гелия). Этот газ смешивается и разбавляется с помощью отработавших газов, однако в контакт с выхлопной трубой он вступать не должен.

Затем концентрация данного газа измеряется в пробе отработавших газов.

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

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

Расчет расхода отработавших газов производится по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (30),$$

где:

- $q_{mew,i}$  – мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с,
- $q_{vt}$  – расход индикаторного газа в см<sup>3</sup>/мин,
- $c_{mix,i}$  – мгновенное значение концентрации индикаторного газа после смешивания в млн<sup>-1</sup>,
- $\rho_e$  – плотность отработавших газов в кг/м<sup>3</sup> (см. табл. 4),
- $c_b$  – фоновая концентрация индикаторного газа в воздухе на впуске в млн<sup>-1</sup>.

Фоновая концентрация индикаторного газа ( $c_b$ ) может определяться путем усреднения значений фоновой концентрации, измеряемых непосредственно перед испытанием и после испытания.

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

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

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

Этот метод предполагает расчет массы отработавших газов на основании расхода воздуха и отношения воздуха к топливу. Расчет мгновенных значений массового расхода отработавших газов производится по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right) \quad (31),$$

при этом

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

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (33),$$

где:

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

$A/F_{st}$  – стехиометрическое отношение воздуха к топливу в кг/кг,

$\lambda_i$  – мгновенное значение коэффициента избытка воздуха,

$c_{CO2d}$  – концентрация  $CO_2$  на сухой основе в процентах,

$c_{COd}$  – концентрация  $CO_2$  на сухой основе в  $млн^{-1}$ ,

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

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

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

#### 8.4.1.7 Метод углеродного баланса

Этот метод предполагает расчет массы отработавших газов на основе расхода топлива и газообразных компонентов в выхлопе, включая углерод. Расчет мгновенных значений массового расхода отработавших газов производится по следующему уравнению:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times \left( \frac{w_{BET}^2 \times 1,4}{(1,0828 \times w_{BET} + k_{fd} \times k_c) \times k_c} \left( 1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right) \quad (34),$$



при этом

$$k_c = (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2d,a}}) \times 0,5441 + \frac{c_{\text{COd}}}{18,522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17,355} \quad (35)$$

и

$$k_{\text{id}} = -0,055594 \times w_{\text{ALF}} + 0,0080021 \times w_{\text{DEL}} + 0,0070046 \times w_{\text{EPS}} \quad (36)$$

где:

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

#### 8.4.2 Определение содержания газообразных компонентов

##### 8.4.2.1 Введение

Газообразные компоненты в первичных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряются с помощью систем измерения и отбора проб, описанных в пункте 9.3 и в приложении 3. Процедура оценки данных изложена в пункте 8.4.2.2.

В пунктах 8.4.2.3 и 8.4.2.4 описываются два метода расчета, которые эквивалентны для эталонных видов топлива, указанных в приложении 2. Порядок расчета, изложенный в пункте 8.4.2.3, более прост, так как он предусматривает использование табличных значений  $u$ , отражающих отношение плотности газообразного компонента к плотности отработавших газов. Порядок, изложенный в пункте 8.4.2.4, более точен для определения качества топлива, которое не соответствует техническим требованиям приложения 2, однако он предполагает необходимость элементарного анализа состава топлива.

##### 8.4.2.2 Оценка данных

Для оценки газообразных выбросов значения концентрации первичных выбросов ( $\text{HC}$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_x$ ) и массового расхода отработавших газов регистрируются через интервалы не менее 2 Гц и хранятся в компьютерной системе. Все остальные данные могут регистрироваться с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируются;

в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

Для расчета массы выбросов газообразных компонентов следовые значения зарегистрированных концентраций и следовые значения массового расхода отработавших газов синхронизируются с учетом времени перехода, определенного в пункте 3.1.30. В этой связи время срабатывания каждого анализатора газообразных выбросов и системы измерения массового расхода отработавших газов определяется согласно соответственно пунктам 8.4.1.2 и 9.3.5 и регистрируется.

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

Масса загрязнителей (г/испытание) определяется методом расчета мгновенных значений массы выбросов на основе концентраций загрязняющих веществ в первичных отработавших газах и расхода отработавших газов по массе, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в соответствии с пунктом 8.4.2.2, интегрирования мгновенных значений по всему циклу и умножения интегрированных значений на значения  $u$ , взятые из таблицы 5. В случае измерения на сухой основе до проведения любых дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации корректируются 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  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Для расчета используется следующее уравнение:

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

где:

- $u_{\text{gas}}$  – отношение плотности компонента отработавших газов к плотности отработавших газов,
- $c_{\text{gas},i}$  – мгновенное значение концентрации компонента в отработавших газах в  $\text{млн}^{-1}$ ,
- $q_{\text{mew},i}$  – мгновенное значение массового расхода отработавших газов в  $\text{кг/с}$ ,
- $f$  – частота регистрации данных при отборе проб в  $\text{Гц}$ ,
- $n$  – число замеров.

Таблица 5  
Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов  
первичных отработавших газов

Топливо	$\rho_e$	Газ					
		$NO_x$	$CO$	$HC$	$CO_2$	$O_2$	$CH_4$
		$\rho_{gas}$ [кг/м <sup>3</sup> ]					
		2,053	1,250	<sup>a)</sup>	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{gas}^{b)}$					
Дизельное	1,2943	0,00158	0,000966	0,000479	0,001517	0,001103	0,000553
Этанол	1,2757	0,00160	0,000980	0,000805	0,001539	0,001119	0,000561
СПГ <sup>c)</sup>	1,2661	0,00162	0,000987	0,000528 <sup>d)</sup>	0,001551	0,001128	0,000565
Пропан	1,2805	0,00160	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Бутан	1,2832	0,00160	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
СНГ <sup>e)</sup>	1,2811	0,00160	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559

<sup>a)</sup> в зависимости от топлива

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

<sup>c)</sup> и с точностью 0,2% по массовому составу: С = 66–76%; Н = 22–25%; N = 0–12%

<sup>d)</sup> NMHC на основе СН<sub>2,93</sub> (применительно к общему количеству HC для СН<sub>4</sub>

используется коэффициент  $u_{gas}$ )

<sup>e)</sup> и с точностью 0,2% по массовому составу: С<sub>3</sub> = 70–90%; С<sub>4</sub> = 10–30%

#### 8.4.2.4 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 отработавших газах, значения  $u$  и массового расхода отработавших газов, синхронизированных с учетом времени перехода, определенного в соответствии с пунктом 8.4.2.2, и интегрирования мгновенных значений по всему циклу. В случае измерения на сухой основе до проведения любых дальнейших расчетов мгновенные значения концентрации следует скорректировать на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

Для расчета  $NO_x$  масса выбросов умножается на поправочный коэффициент на влажность  $k_{h,D}$  или  $k_{h,G}$ , определяемый в соответствии с пунктом 8.2.

Для расчета используется следующее уравнение:

$$m_{gas} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{gas,i} \times c_{gas,i} \times q_{mew,i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{в г/испытание}) \quad (38),$$

где:

$u_{gas,i}$  – мгновенное отношение плотности компонента отработавших газов к плотности отработавших газов,

$c_{gas,i}$  – мгновенное значение концентрации компонента в отработавших газах в млн<sup>-1</sup>,

- $q_{mew,i}$  – мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с,  
 $f$  – частота регистрации данных при отборе проб в Гц,  
 $n$  – число замеров.

Мгновенные значения  $u$  рассчитываются при помощи следующего уравнения:

$$u_{gas,i} = M_{gas} / (M_{e,i} \times 1000) \quad (39)$$

или

$$u_{gas,i} = \rho_{gas} / (\rho_{e,i} \times 1000) \quad (40),$$

при этом

$$\rho_{gas} = M_{gas} / 22,414 \quad (41),$$

где:

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

Молярная масса отработавших газов  $M_e$  определяется на основе общего состава топлива  $CH_aO_\varepsilon N_\delta S_\gamma$  в предположении его полного сжигания по следующей формуле:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (42),$$

где:

- $q_{maw,i}$  – мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске на влажной основе в кг/с,  
 $q_{mf,i}$  – мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с,  
 $H_a$  – влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха,  
 $M_a$  – молярная масса сухого воздуха на впуске (28,965 г/моль).

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

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_{fw} \times 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})} \quad (43),$$

где:

- $q_{mad,i}$  – мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске на сухой основе в кг/с,
- $q_{mf,i}$  – мгновенное значение массового расхода топлива в кг/с,
- $H_a$  – влажность воздуха на впуске в г воды на кг сухого воздуха,
- $k_{fw}$  – коэффициент, учитывающий удельный вес топлива на влажной основе (уравнение 17) и рассчитываемый в соответствии с пунктом 8.1.1.

#### 8.4.3 Определение содержания твердых частиц

##### 8.4.3.1 Оценка данных

Масса твердых частиц рассчитывается в соответствии с уравнением (28), содержащимся в пункте 8.3. Для оценки концентрации твердых частиц регистрируется суммарная масса пробы ( $m_{sep}$ ), прошедшей через фильтры за весь испытательный цикл.

С предварительного одобрения органом по официальному утверждению типа или по сертификации масса твердых частиц может быть скорректирована на конкретный уровень разбавляющего воздуха, как это указано в пункте 7.5.6, в соответствии с проверенной технической практикой и конкретными конструктивными особенностями используемой системы измерения твердых частиц.

##### 8.4.3.2 Расчет выбросов

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

##### 8.4.3.2.1 Расчет на основе коэффициента отбора

$$m_{PM} = m_p / (r_s \times 1\,000) \quad (44),$$

где:

- $m_p$  – масса твердых частиц, отобранных за цикл, в мг,
- $r_s$  – средний коэффициент отбора проб в течение испытательного цикла,

при этом

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (45),$$

где:

- $m_{se}$  – масса пробы, отобранная за цикл, в кг,

- $m_{ew}$  – суммарная масса отработавших газов за цикл, в кг,  
 $m_{sep}$  – масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для осаждения твердых частиц, в кг,  
 $m_{sed}$  – масса разбавленных отработавших газов, прошедших через смесительный канал, в кг.

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

#### 8.4.3.2.2 Расчет на основе коэффициента разбавления

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000} \quad (46),$$

где:

- $m_p$  – масса твердых частиц, отобранных за цикл, в мг,  
 $m_{sep}$  – масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для осаждения твердых частиц, в кг,  
 $m_{edf}$  – масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл в кг.

Суммарная масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл определяется по следующим формулам:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (47)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (48)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (49),$$

где:

- $q_{medf,i}$  – мгновенное значение массового расхода эквивалентных разбавленных отработавших газов в кг/с,  
 $q_{mew,i}$  – мгновенное значение массового расхода отработавших газов в кг/с,  
 $r_{d,i}$  – мгновенное значение коэффициента разбавления,  
 $q_{mdew,i}$  – мгновенное значение массового расхода разбавленных отработавших газов в кг/с,  
 $q_{mdw,i}$  – мгновенное значение массового расхода разбавляющего воздуха в кг/с,  
 $f$  – частота регистрации данных при отборе проб в Гц,  
 $n$  – число замеров.

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

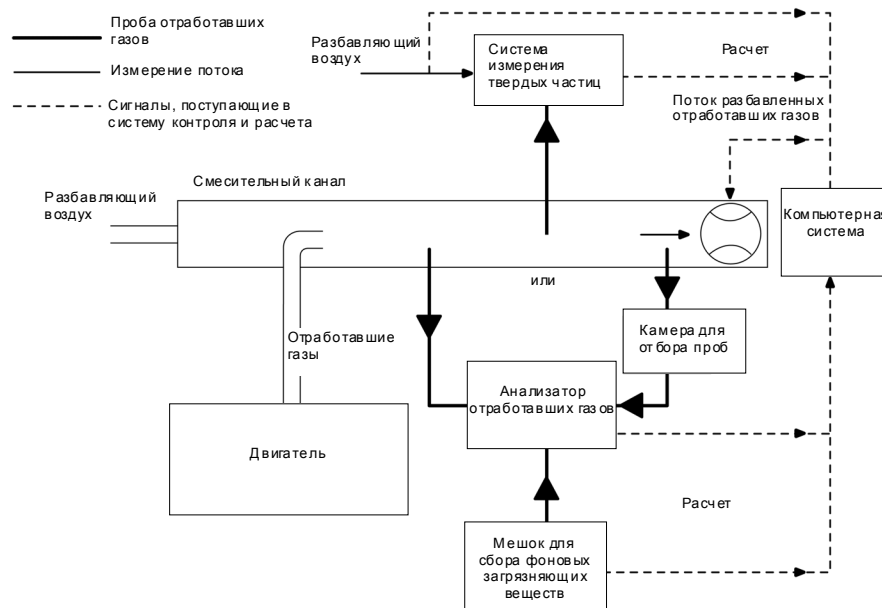
Для расчета массы выбросов используются значения сигналов концентрации газообразных компонентов, полученные на основе интегрирования по всему циклу или методом отбора проб в мешки для отбора, которые умножаются на величину массового расхода разбавленных отработавших газов. Массовый расход отработавших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

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

Полная схема испытания показана на рис. 7.

Рис. 7

### Принципиальная схема системы измерения с полным разбавлением потока



### 8.5.1 Определение расхода разбавленных отработавших газов

#### 8.5.1.1 Введение

Для расчета выбросов веществ, содержащихся в разбавленных отработавших газах, необходимо знать массовый расход разбавленных отработавших газов. Суммарный расход разбавленных отрабо-

тавших газов за цикл (кг/испытание) рассчитывается на основе значений, измеренных в течение цикла, и соответствующих данных калибровки устройства измерения расхода ( $V_0$  для PDP,  $K_v$  для CFV,  $C_d$  для SSV) с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.5.1.2–8.5.1.4. Если суммарная масса пробы твердых частиц ( $m_{sep}$ ) превышает 0,5% суммарного значения массы потока CVS ( $m_{ed}$ ), то поток CVS корректируется по  $m_{sep}$  или же поток твердых частиц, идущий на отбор проб, до его прохождения через устройство измерения возвращается в поток CVS.

#### 8.5.1.2 Система PDP-CVS

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

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

где:

- $V_0$  – объем газа, нагнетаемого насосом за один оборот в условиях испытания, в м<sup>3</sup>/об,
- $n_p$  – суммарное число оборотов вала насоса за испытание,
- $p_p$  – абсолютное давление на входе в насос в кПа,
- $T$  – средняя температура разбавленных отработавших газов на входе в насос в К.

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

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (51),$$

где:

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

#### 8.5.1.3 Система CFV-CVS

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

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

где:

- $t$  – продолжительность цикла в с,
- $K_v$  – коэффициент калибровки трубки Вентури с критическим расходом при стандартных условиях,



$p_p$  – абсолютное давление на входе в трубку Вентури в кПа,

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

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

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (53),$$

где:

$\Delta t_i$  – временной интервал в с.

#### 8.5.1.4 Система SSV-CVS

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

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (54),$$

при этом

$$Q_{SSV} = A_0 \cdot d_v^2 \cdot C_d \cdot p_p \cdot \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \cdot r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (55),$$

где:

$$A_0 = 0,006111 \text{ в единицах СИ } \left( \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \right) \left( \frac{\text{К}^{\frac{1}{2}}}{\text{кПа}} \right) \left( \frac{1}{\text{мм}^2} \right),$$

$d_v$  – диаметр сужения SSV в м,

$C_d$  – коэффициент расхода SSV,

$p_p$  – абсолютное давление на входе в трубку Вентури в кПа,

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

$r_p$  – отношение давления на сужении SSV к абсолютному статисти-

$$1 - \frac{\Delta p}{P_a};$$

стическому давлению на входе

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

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

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (56),$$

где:

$\Delta t_i$  – временной интервал в с.

Расчет в реальном масштабе 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 подсчета числа Рейнольдса используется первоначальное значение  $Q_{SSV}$ .

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

## 8.5.2 Определение газообразных компонентов

### 8.5.2.1 Введение

Газообразные компоненты в разбавленных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряются с помощью методов, описанных в приложении 3. Разбавление отработавших газов производится с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Пропускная способность системы с полным разбавлением потока должна быть достаточной для полного устранения конденсации воды в системах разбавления и отбора проб. Процедуры оценки данных и расчетов изложены в пунктах 8.5.2.2 и 8.5.2.3.

### 8.5.2.2 Оценка данных

Данные, касающиеся выбросов, регистрируются и хранятся в соответствии с пунктом 7.6.6.

### 8.5.2.3 Расчет массы выбросов

#### 8.5.2.3.1 Система с постоянным массовым расходом

В случае систем с теплообменником масса загрязняющих веществ определяется при помощи следующего уравнения:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}} \quad (\text{в г/испытание}) \quad (57),$$

где:

$u_{\text{gas}}$  – отношение *плотности* компонента отработавших газов к плотности воздуха,

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

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

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

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

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

Таблица 6  
Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов разбавленного отработавшего газа

Топливо	$\rho_{de}$	Газ					
		$NO_x$	$CO$	$HC$	$CO_2$	$O_2$	$CH_4$
		$\rho_{\text{gas}} [\text{кг}/\text{м}^3]$					
		2,053	1,250	<sup>a)</sup>	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}^{\text{b)}$					
Дизельное	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
СПГс)	1,293	0,001588	0,000967	0,000517d)	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
СНГе)	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553

- а) в зависимости от топлива  
 б) при  $\lambda = 2$ , сухом воздухе, 273 К, 101,3 кПа  
 с)  $u$  с точностью 0,2% по массовому составу: C = 66–76%; H = 22–25%; N = 0–12%  
 д) NMHC на основе  $CH_2,93$  (применительно к общему количеству HC для  $CH_4$  используется коэффициент  $u_{\text{gas}}$ )  
 е)  $u$  с точностью 0,2% по массовому составу: C3 = 70–90%; C4 = 10–30%

В альтернативном случае значения  $u$  могут быть рассчитаны с использованием метода точных расчетов, который в целом описан в пункте 8.4.2.4, по следующей формуле:

$$u_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{gas}}}{M_d \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_e \times \left(\frac{1}{D}\right)}, \quad (58)$$

где:

- $M_{\text{gas}}$  – молярная масса компонента газа в г/моль (см. приложение б),  
 $M_e$  – молярная масса отработавших газов в г/моль,  
 $M_d$  – молярная масса разбавляющего воздуха = 28,965 г/моль,  
 $D$  – коэффициент разбавления (см. пункт 8.5.2.3.2).

#### 8.5.2.3.2 Определение концентраций, скорректированных по фону

Для получения чистых концентраций загрязняющих веществ средняя фоновая концентрация газообразных загрязняющих веществ в разбавляющем воздухе вычитается из измеренных концентраций. Среднее значение фоновых концентраций можно определить либо с помощью накопительного мешка, либо методом непрерывного из-

мерения с последующим интегрированием. Для расчета используется следующее уравнение:

$$c_{\text{gas}} = c_{\text{gas,e}} - c_d \times (1 - (1/D)) \quad (59),$$

где:

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

$c_d$  – концентрация компонента, измеренная в разбавляющем воздухе, в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$D$  – коэффициент разбавления.

Коэффициент разбавления рассчитывается по следующей формуле:

- а) для дизельных двигателей и газовых двигателей, работающих на СНГ

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,\text{e}} + (c_{\text{HC,e}} + c_{\text{CO,e}}) \times 10^{-4}} \quad (60)$$

- б) для газовых двигателей, работающих на ПГ

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,\text{e}} + (c_{\text{NMHC,e}} + c_{\text{CO,e}}) \times 10^{-4}} \quad (61),$$

где:

$c_{\text{CO}_2,\text{e}}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  на влажной основе в разбавленных отработавших газах, объемная доля, в %,

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

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

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

$F_s$  – стехиометрический коэффициент.

Стехиометрический коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (62),$$

где:

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

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

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

$$F_S (\text{СНГ}) = 11,6;$$

$$F_S (\text{ПГ}) = 9,5.$$

#### 8.5.2.3.3 Система с компенсацией расхода

В случае систем без теплообменника масса загрязняющих веществ (г/испытание) определяется на основе расчета мгновенных значений массы выбросов и интегрирования этих мгновенных значений по всему циклу. Кроме того, необходимо выполнить фоновую коррекцию, которая производится непосредственно по мгновенным значениям концентрации. Расчет производится по следующей формуле:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n [(m_{\text{ed},i} \times c_{\text{gas},e} \times u_{\text{gas}})] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}})] \quad (63),$$

где:

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

$c_d$  – концентрация компонента, измеренная в разбавляющем воздухе, в  $\text{млн}^{-1}$ ,

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

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

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

$D$  – коэффициент разбавления.

### 8.5.3 Определение содержания твердых частиц

#### 8.5.3.1 Расчет массы выбросов

Масса твердых частиц (г/испытание) рассчитывается после корректировки массы пробы твердых частиц на фильтре на статистическое давление в соответствии с пунктом 8.3 по следующей формуле:

$$m_{\text{PM}} = \frac{m_p}{m_{\text{sep}}} \times \frac{m_{\text{ed}}}{1000} \quad (64),$$

где:

$m_p$  – масса твердых частиц, отобранных за цикл, в мг,

$m_{\text{sep}}$  – масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для осаждения твердых частиц, в кг,

$m_{\text{ed}}$  – масса разбавленных отработавших газов за цикл в кг,

при этом

$$m_{\text{sep}} = m_{\text{set}} - m_{\text{ssd}} \quad (65),$$

где:

$m_{\text{set}}$  – масса отработавших газов, подвергнутых двойному разбавлению, которые прошли через фильтр для осаждения твердых частиц, в кг,

$m_{\text{ssd}}$  – масса вторичного разбавителя в кг.

Если фоновый уровень твердых частиц в разбавляющем воздухе определен в соответствии с пунктом 7.5.6, то массу твердых частиц можно скорректировать по фону. В этом случае масса твердых частиц (г/испытание) рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{\text{PM}} = \left[ \frac{m_{\text{p}}}{m_{\text{sep}}} - \left( \frac{m_{\text{b}}}{m_{\text{sd}}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{\text{ed}}}{1000} \quad (66),$$

где:

$m_{\text{sep}}$  – масса разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для осаждения твердых частиц, в кг,

$m_{\text{ed}}$  – масса разбавленных отработавших газов за цикл в кг,

$m_{\text{sd}}$  – масса разбавляющего воздуха, пропущенного через фоновый пробоотборник твердых частиц, в кг,

$m_{\text{b}}$  – масса собранных фоновых твердых частиц в разбавляющем воздухе в кг,

$D$  – коэффициент разбавления, определенный в соответствии с пунктом 8.5.2.3.2.

## 8.6 Общие расчеты

### 8.6.1 Корректировка на дрейф

Что касается корректировки на дрейф, упомянутой в пункте 7.8.4, то скорректированное значение концентрации рассчитывается по следующей формуле:

$$c_{\text{cor}} = c_{\text{ref},z} + (c_{\text{ref},s} - c_{\text{ref},z}) \left( \frac{2 \cdot c_{\text{gas}} - (c_{\text{pre},z} + c_{\text{post},z})}{(c_{\text{pre},s} + c_{\text{post},s}) - (c_{\text{pre},z} + c_{\text{post},z})} \right) \quad (67),$$

где:

$c_{\text{ref},z}$  – исходная концентрация нулевого газа (равная обычно нулю) в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$c_{\text{ref},s}$  – исходная концентрация поверочного газа в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$c_{\text{pre},z}$  – концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора, до проведения испытания в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$c_{\text{pre},s}$  – концентрация поверочного газа, измеренная при помощи анализатора, до проведения испытания в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$c_{\text{post},z}$  – концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора, после проведения испытания в  $\text{млн}^{-1}$ ,

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

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

В соответствии с пунктом 8.3 и/или 8.4 для каждого компонента рассчитываются два набора результатов выбросов на этапе торможения после любой другой необходимой корректировки. Один из этих наборов рассчитывается с использованием концентраций без корректировки, а другой – с использованием концентраций, скорректированных на дрейф, в соответствии с уравнением 59.

В зависимости от системы измерения и метода проведения расчетов нескорректированные результаты выбросов рассчитываются при помощи соответственно уравнений 31, 32, 51, 52 или 56. Для расчета скорректированных значений выбросов показатель  $c_{\text{gas}}$  соответственно в уравнениях 31, 32, 51, 52 или 56 заменяется показателем  $c_{\text{cor}}$  из уравнения 60. Если в соответствующем уравнении используются мгновенные значения концентрации  $c_{\text{gas},i}$ , то в качестве мгновенного значения  $c_{\text{cor},i}$  также применяется скорректированный показатель. В уравнении 52 скорректированное значение должно быть использовано в отношении как измеренной концентрации, так и фоновой концентрации.

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

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

#### 8.6.2 Расчет NMHC и $\text{CH}_4$

Расчет NMHC и  $\text{CH}_4$  зависит от используемого метода калибровки. Для измерения без NMC (нижняя часть на рис. 11 в приложении 3) FID калибруется при помощи пропана. Для калибровки FID последовательно с NMC (верхняя часть рис. 11 в приложении 3) допускается использование следующих методов:

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

Что касается подпункта а), то концентрация NMHC и  $\text{CH}_4$  рассчитывается по следующей формуле:

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

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC}(w/\text{NMC})} - c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (69)$$

Что касается подпункта б), то концентрация NMHC и CH<sub>4</sub> рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M} \quad (70)$$

$$C_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (71),$$

где:

- $c_{HC(w/NMC)}$  – концентрация HC в пробе газа, проходящего через NMC, в млн<sup>-1</sup>,
- $c_{HC(w/oNMC)}$  – концентрация HC в пробе газа, идущего в обход NMC, в млн<sup>-1</sup>,
- $r_h$  – коэффициент чувствительности метана, определяемый в соответствии с пунктом 9.3.7.2,
- $E_M$  – эффективность по метану, определяемая в соответствии с пунктом 9.3.8.1,
- $E_E$  – эффективность по этану, определяемая в соответствии с пунктом 9.3.8.2.

Если  $r_h < 1,05$ , то в уравнениях 68, 70 и 71 этот коэффициент можно опустить.

### 8.6.3 Расчет удельных выбросов

#### 8.6.3.1 Обычные двигатели

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

Для ВСУЦ, ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии или ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя применяется следующая формула:

$$e = \frac{m}{W_{act}} \quad (72)$$

где:

- $m$  – масса выбросов данного компонента в г/испытание,
- $W_{act}$  – фактическая работа за цикл, определяемая в соответствии с пунктом 7.8.6, в кВт.

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



$$e = \frac{(0,14 \times m_{cold}) + (0,86 \times m_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \quad (73)$$

$m_{cold}$	–	масса выбросов компонента в ходе испытания с запуском в холодном состоянии в г/испытание;
$m_{hot}$	–	масса выбросов компонента в ходе испытания с запуском в прогретом состоянии в г/испытание;
$W_{act,cold}$	–	фактическая работа за цикл в ходе испытания с запуском в холодном состоянии в кВтч;
$W_{act,hot}$	–	фактическая работа за цикл в ходе испытания с запуском в прогретом состоянии в кВтч.

### 8.6.3.2 Гибридные транспортные средства

**Расчет удельных выбросов  $e_{gas}$  или  $e_{PM}$  (г/кВт·ч) по каждому отдельному компоненту производится в соответствии с пунктами А.9.2.6 или А.10.2.4.**

### 8.6.3.3 Корректировочные коэффициенты регенерации

Если применяется периодическая регенерация в соответствии с пунктом 6.6.2, то корректировочные коэффициенты регенерации  $k_{r,u}$  или  $k_{r,d}$  соответственно умножаются на результат удельных выбросов  $e$ , определенный в уравнениях 72 и 73, **уравнениях 109 и 110 в пункте А.9.2.6 или уравнениях xxx и xxx в А.10.7**, либо прибавляются к нему.

## 9. Спецификация и проверка оборудования

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

### 9.1 Спецификация динамометра

Для проведения соответствующего испытательного цикла, описанного в пунктах 7.2.1 и 7.2.2, используется динамометр для двигателя, имеющий надлежащие характеристики.

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

### 9.2 Требования к линейности

Калибровка всех измерительных приборов и систем производится в соответствии с национальными (международными) стандартами. Измерительные приборы и системы должны отвечать указанным в таблице 7 требованиям, предъявляемым к линейности. В случае га-

зоанализаторов проверка линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 проводится не реже одного раза в три месяца или всякий раз, когда производятся работы по ремонту или модификации системы, которые могут сказаться на калибровке. В случае других приборов и систем проверка линейности проводится изготовителем прибора согласно требованиям, установленным внутренними правилами проверки, или в соответствии с требованиями ИСО 9000.

Таблица 7

**Требования к линейности, предъявляемые к приборам и системам измерения**

<i>Система измерения</i>	$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	<i>Наклон</i> $a_1$	<i>Стандартная погрешность СП</i>	<i>Коэффициент смешанной корреляции</i> $r^2$
Частота вращения двигателя	≤0,05% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Крутящий момент двигателя	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход топлива	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход воздуха	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход отработавших газов	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход разбавляющего воздуха	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход разбавленных отработавших газов	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Расход проб	≤1% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Газоанализаторы	≤0,5% макс.	0,99–1,01	≤1% макс.	≥0,998
Газовые сепараторы	≤0,5% макс.	0,98–1,02	≤2% макс.	≥0,990
Температура	≤1% макс.	0,99–1,01	≤1% макс.	≥0,998
Давление	≤1% макс.	0,99–1,01	≤1% макс.	≥0,998
Баланс ТЧ	≤1% макс.	0,99–1,01	≤1% макс.	≥0,998

9.2.1 Проверка линейности

9.2.1.1 Введение

Проверка линейности проводится для каждой системы измерения, перечисленной в таблице 7. Измерительная система выставляется минимум по десяти исходным величинам либо в соответствии с другими указаниями, и измеренные значения сопоставляются с исходными с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов согласно уравнению 11. Максимальные предельные значения в таблице 6 означают максимальные значения, которые, как ожидается, могут быть получены в ходе испытания.

- 9.2.1.2 Общие требования
- Измерительные системы прогреваются в соответствии с рекомендациями изготовителя приборов. Измерительная система приводится в действие при указанных значениях температуры, давления и расхода.
- 9.2.1.3 Процедура
- Проверка линейности проводится по каждому обычно используемому диапазону измерения в следующем порядке:
- a) прибор устанавливается на нуль путем подачи нулевого сигнала. В случае газоанализаторов чистый синтетический воздух (или азот) подается непосредственно на вход анализатора;
  - b) прибор настраивается посредством подачи соответствующего поверочного сигнала. В случае газоанализаторов соответствующий поверочный газ подается непосредственно на вход анализатора;
  - c) процедура установки на нуль, указанная в подпункте a), повторяется.
  - d) проверка производится минимум по десяти исходным значениям (включая нуль), которые находятся в пределах шкалы измерения от нуля до максимальной величины, которая, как ожидается, может быть получена в ходе испытаний на выброс. В случае газоанализаторов газ известной концентрации подается непосредственно на вход анализатора;
  - e) исходные величины измеряются, и измеренные значения регистрируются в течение 30 секунд с частотой регистрации не менее 1 Гц;
  - f) расчет параметров с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов в соответствии с уравнением 11 в пункте 7.8.7 производится на основе среднеарифметических значений, полученных в течение указанного выше 30-секундного периода;
  - g) параметры, рассчитанные методом линейной регрессии, должны отвечать требованиям таблицы 7 в пункте 9.2;
  - h) установка на нуль проверяется еще раз, и при необходимости производится повторная проверка.
- 9.3 Замеры газообразных выбросов и система отбора проб
- 9.3.1 Технические требования к анализаторам
- 9.3.1.1 Общие положения
- Диапазон измерений и время срабатывания анализаторов должны соответствовать точности, требуемой для измерения концентраций компонентов отработавших газов в условиях переходного и устойчивого состояния.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) оборудования должна находиться на уровне, сводящем к минимуму дополнительные ошибки.

#### 9.3.1.2 **Погрешность**

Погрешность, определяемая как отклонение показаний анализатора от исходного значения, не должна превышать  $\pm 2\%$  считываемых показаний или  $\pm 0,3\%$  полной шкалы – в зависимости от того, какое из этих значений больше.

#### 9.3.1.3 Воспроизводимость

Воспроизводимость, определяемая как увеличенное в 2,5 раза среднеквадратичное отклонение 10 повторений реакций на данный калибровочный или поверочный газ, не должна превышать 1% верхнего значения концентрации по полной шкале для любого диапазона свыше  $155 \text{ млн}^{-1}$  (или  $\text{млн}^{-1} \text{ C}$ ) либо 2% для любого диапазона менее  $155 \text{ млн}^{-1}$  (или  $\text{млн}^{-1} \text{ C}$ ).

#### 9.3.1.4 Помехи

Чувствительность анализатора по полному диапазону показаний к нулевому, калибровочному или поверочному газу в течение любого 10-секундного периода не должна превышать 2% полной шкалы на всех использованных диапазонах измерений.

#### 9.3.1.5 Дрейф нуля

Дрейф чувствительности к нулю указывается изготовителем приборов.

#### 9.3.1.6 Дрейф калибровки

Дрейф чувствительности к калибровке указывается изготовителем приборов.

#### 9.3.1.7 Время восстановления

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

#### 9.3.1.8 **Сушка газа**

Замер отработавших газов может производиться на влажной или сухой основе. Осушитель газа, если он используется, должен оказывать минимальное влияние на состав измеряемых газов. Химические осушители для удаления воды из пробы не подходят.

### 9.3.2 Газоанализаторы

#### 9.3.2.1 Введение

В пунктах 9.3.2.2–9.3.2.7 изложены принципы приемлемых методов измерения. Детальное описание систем измерения приводится в приложении 3. Газы, подлежащие замеру, анализируются с помощью перечисленных ниже приборов. Для нелинейных анализаторов допускается использование контуров линеаризации.

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

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

- 9.3.2.3 Анализ содержания диоксида углерода (CO<sub>2</sub>)  
Для анализа содержания диоксида углерода используется недисперсионный инфракрасный анализатор (NDIR) абсорбционного типа.
- 9.3.2.4 Анализ содержания углеводородов (HC)  
Для анализа содержания углеводородов в качестве анализатора используется нагреваемый плазменно-ионизационный детектор (HFID) с датчиком, клапанами, системой трубопроводов и т.п., нагреваемыми таким образом, чтобы поддерживать температуру газа на уровне 463 K ± 10 K (190 ± 10 °C). В случае двигателей, работающих на ПГ, и двигателей с принудительным зажиганием в качестве анализатора углеводородов может использоваться, в зависимости от применяемого метода, ненагреваемый плазменно-ионизационный детектор (FID) (см. пункт А.3.1.3 приложения 3).
- 9.3.2.5 Анализ содержания неметановых углеводородов (NMHC)  
Фракция неметановых углеводородов определяется с помощью прогретого отделителя неметановых фракций (NMC), работающего последовательно с детектором FID, как указано в пункте А.3.1.4 приложения 3, путем вычитания фракции метана из фракции углеводородов. Для определения NMHC и CH<sub>4</sub> FID может быть калиброван и тарирован с использованием калибровочного газа CH<sub>4</sub>.
- 9.3.2.6 Анализ содержания оксидов азота (NO<sub>x</sub>)  
Для измерения NO<sub>x</sub> предусмотрено два измерительных прибора, причем каждый из них может использоваться в том случае, если он соответствует критериям, изложенным соответственно в пункте 9.3.2.6.1 или пункте 9.3.2.6.2. Для определения соответствия альтернативной процедуры измерения согласно пункту 5.1.1 допускается использование только CLD.
- 9.3.2.6.1 Хемилюминесцентный детектор (CLD)  
В случае измерения на сухой основе для анализа содержания оксидов азота в качестве анализатора используется хемилюминесцентный детектор (CLD) или нагреваемый хемилюминесцентный детектор (HCLD) с конвертером NO<sub>2</sub>/NO. В случае измерения на влажной основе используется детектор HCLD с конвертером при температуре, поддерживаемой на уровне выше 328 K (55 °C), и при условии соблюдения критериев проверки на сбой по воде (см. пункт 9.3.9.2.2). Как для CLD, так и для HCLD температура стенки канала отбора проб должна поддерживаться в пределах 328 K – 473 K (55 °C – 200 °C) вплоть до конвертера в случае замеров на сухой основе и до анализатора в случае замеров на влажной основе.
- 9.3.2.6.2 Недисперсионный ультрафиолетовый детектор (NDUV)  
Для измерения концентрации NO<sub>x</sub> используется недисперсионный ультрафиолетовый (NDUV) анализатор. Если анализатор NDUV измеряет только NO, то перед анализатором NDUV устанавливается конвертер NO<sub>2</sub>/NO. Температура анализатора должна поддерживаться на таком уровне, чтобы исключалась возможность образования водного конденсата, если перед конвертером NO<sub>2</sub>/NO (в случае

его использования) или перед анализатором не установлен осушитель для проб.

#### 9.3.2.7 Измерение соотношения воздуха к топливу

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

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

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

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

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

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

#### 9.3.3 Газы

Используются газы с неистекшим сроком годности.

##### 9.3.3.1 Химически чистые газы

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

##### а) В случае первичных отработавших газов

Чистый азот

(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: объемная доля  $\text{O}_2 > 99,5\%$ )

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)

( $40 \pm 1\%$  – водород, остальное – гелий)

(Примеси:  $\leq 1 \text{ млн}^{-1} \text{ C1}$ ,  $\leq 400 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}_2$ )

Чистый синтетический воздух

(Примеси:  $\leq 1 \text{ млн}^{-1} \text{ C1}$ ,  $\leq 1 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}$ ,  $\leq 400 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}_2$ ,  $\leq 0,1 \text{ млн}^{-1} \text{ NO}$ )

(Содержание кислорода: 18–21%).

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

Чистый азот

(Примеси:  $\leq 0,5$  млн-1 C1,  $\leq 1$  млн-1 CO,  $\leq 10$  млн-1 CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,02$  млн-1 NO)

Чистый кислород

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

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)

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

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

Чистый синтетический воздух

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

(Содержание кислорода: объемная доля 20,5–21,5%).

Если могут быть представлены доказательства наличия указанных выше объемов примесей, то вместо газовых баллонов может использоваться газоочиститель.

#### 9.3.3.2 Калибровочные и поверочные газы

Если это применимо, то в наличии должны иметься смеси газов, состоящие из нижеследующих химических соединений. Допускаются также другие комбинации газов при условии, что газы, составляющие комбинацию, не вступают между собой в реакцию. Срок истечения годности калибровочных газов, указанный изготовителем, регистрируется.

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

CO и чистый азот;

NO и чистый азот;

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

CO<sub>2</sub> и чистый азот;

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

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

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

#### 9.3.3.3 Газовые сепараторы

Газы, применяемые для калибровки и тарирования, можно также получить с помощью газовых сепараторов (прецизионных смесителей), используя в качестве разбавителя чистый N<sub>2</sub> или чистый синтетический воздух. Точность, обеспечиваемая газовым сепарато-

ром, должна быть такой, чтобы концентрацию смешанных калибровочных газов можно было определять с погрешностью, не превышающей  $\pm 2\%$ . Данная погрешность означает, что содержание первичных газов смеси должно быть известно с точностью не менее  $\pm 1\%$  в соответствии с национальными или международными стандартами на газ. Проверка производится в диапазоне 15–50% полной шкалы для каждой операции калибровки с использованием газового сепаратора. Если первая проверка дала отрицательные результаты, то можно произвести дополнительную проверку с использованием другого калибровочного газа.

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

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

#### 9.3.3.4 Газы для проверки кислородной интерференции

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

Таблица 8  
**Газы для проверки кислородной интерференции**

<i>Тип двигателя</i>	<i>Концентрация O<sub>2</sub> (в %)</i>
Воспламенение от сжатия	21 (20–22)
Воспламенение от сжатия и принудительное зажигание	10 (9–11)
Воспламенение от сжатия и принудительное зажигание	5 (4–6)
Принудительное зажигание	0 (0–1)

#### 9.3.4 Проверка герметичности

Система подвергается проверке на герметичность. Для этого пробоотборник отсоединяется от системы выпуска, а его входное отверстие закрывается пробкой. Включается насос анализатора. После первоначального периода стабилизации все расходомеры будут показывать приблизительно нулевое значение при отсутствии утечки. Если этого не происходит, то проводится проверка пробоотборных магистралей и неполадка устраняется.



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

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

$$\Delta p = p / V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (74),$$

где:

$V_s$  – объем системы в л,

$q_{vs}$  – расход в системе в л/мин.

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

### 9.3.5 Проверка времени срабатывания аналитической системы

Настройка системы на проверку времени срабатывания является точно такой же, как и в случае замера в ходе фактического испытания (т.е. настройка давления, расхода, фильтров анализаторов и всех других параметров, влияющих на время срабатывания). Время срабатывания определяется при помощи переключения газа, который подводится непосредственно к входу пробоотборника. Переключение газа производится менее чем за 0,1 с. Газы, используемые для испытания, должны вызывать изменение концентрации на уровне не менее 60% полной шкалы (FS).

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

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

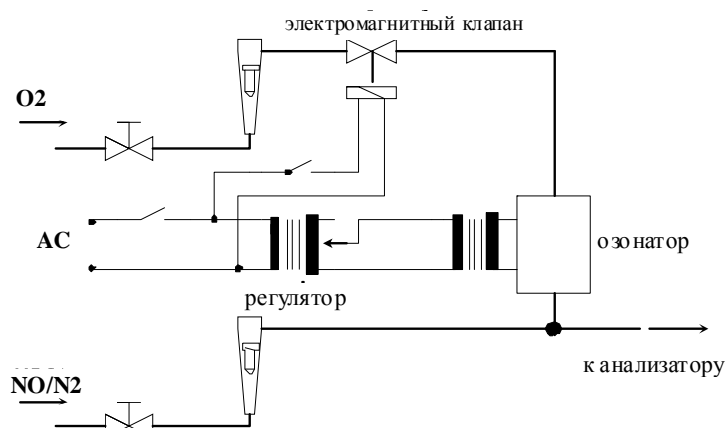
Для всех компонентов, на которые распространяются ограничения (CO, NO<sub>x</sub>, HC или NMHC), и всех используемых диапазонов измерений время срабатывания системы должно составлять ≤10 с, а время восстановления (в соответствии с пунктом 9.3.1.7) – ≤2,5 с. При использовании NMC для измерения NMHC время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

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

Проверка эффективности конвертера, 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 для проверки эффективности конвертера NO<sub>2</sub>



#### 9.3.6.1 Испытательная установка

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

#### 9.3.6.2 Калибровка

Детекторы CLD и HCLD калибруются в наиболее часто используемом рабочем диапазоне согласно спецификациям изготовителя с помощью нулевого и поверочного газов (в последнем содержание NO должно соответствовать примерно 80% рабочего диапазона, а концентрация NO<sub>2</sub> в газовой смеси должна составлять менее 5% концентрации NO). Анализатор NO<sub>x</sub> должен быть отрегулирован в режиме измерения NO таким образом, чтобы поверочный газ не проходил через конвертер. Показания концентрации регистрируются.

#### 9.3.6.3 Расчет

Эффективность конвертера в процентах рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100 \quad (75),$$

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 Добавление кислорода

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

Показания концентрации (*c*) регистрируются. Озонатор в течение всего процесса остается отключенным.

#### 9.3.6.5 Включение озонатора

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

#### 9.3.6.6 Режим измерения NO<sub>x</sub>

Анализатор NO переключается в режим измерения 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>) теперь проходила через конвертер. Показания концентрации (*a*) регистрируются (анализатор отрегулирован на режим измерения NO<sub>x</sub>).

#### 9.3.6.7 Отключение озонатора

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

#### 9.3.6.8 Режим измерения NO

При отключенном озонаторе производится переключение на режим измерения NO и отключается также подача кислорода или синтетического воздуха. Значение NO<sub>x</sub>, показанное анализатором, не должно отклоняться более чем на ± 5% от величины, измеренной в соответствии с пунктом 9.3.6.2 (анализатор отрегулирован на режим измерения NO).

#### 9.3.6.9 Периодичность проверки

Эффективность конвертера проверяется не реже одного раза в месяц.

#### 9.3.6.10 Требуемая эффективность

Эффективность конвертера  $E_{NO_x}$  должна составлять не менее 95%.

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

### 9.3.7 Регулировка FID

#### 9.3.7.1 Оптимизация чувствительности детектора

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

После установки показателей расхода топлива и воздуха в соответствии с рекомендациями изготовителя в анализатор подается поверочный газ в концентрации  $350 \pm 75$  млн<sup>-1</sup> С. Чувствительность при данном расходе топлива определяется по разности между чувствительностью на поверочный газ и чувствительностью на нулевой газ. Расход топлива ступенчато регулируется несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя. Регистрируется чувствительность на поверочный и нулевой газы при этих значениях расхода топлива. Разность между значениями чувствительности на поверочный и нулевой газы наносится на график, а расход топлива корректируется по стороне кривой, соответствующей более богатой смеси. Это – первоначальная регулировка расхода, которую, возможно, необходимо будет оптимизировать дополнительно в зависимости от результатов проверки коэффициентов чувствительности на углеводороды и показателей кислородной интерференции в соответствии с пунктами 9.3.7.2 и 9.3.7.3. Если показатели кислородной интерференции или коэффициенты чувствительности на углеводороды не отвечают нижеследующим требованиям, то расход воздуха ступенчато регулируется несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя, с повторением процедур, предусмотренных в пунктах 9.3.7.2 и 9.3.7.3, для каждого значения расхода.

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

#### 9.3.7.2 Коэффициенты чувствительности на углеводороды

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

Коэффициенты чувствительности определяются при включении анализатора и после основных рабочих интервалов. Коэффициент чувствительности ( $r_h$ ) для конкретных углеводородов представляет собой отношение показания FID C1 и концентрации газа в цилиндре и выражается в млн<sup>-1</sup> С1.

Концентрация испытательного газа должна находиться на уровне чувствительности, соответствующей приблизительно 80% полной шкалы. Концентрация должна быть известна с точностью до  $\pm 2\%$  по отношению к гравиметрическому эталону, выраженному в объемных долях. Кроме того, газовый баллон предварительно выдерживается 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 диапазоны значений относительного коэффициента чувствительности указаны ниже:

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

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

### 9.3.7.3 Проверка кислородной интерференции

Только в случае анализаторов первичных отработавших газов проверка кислородной интерференции проводится при включении анализатора и после основных рабочих интервалов.

Диапазон измерения выбирается таким образом, чтобы концентрация газов, используемых для проверки кислородной интерференции, находилась в пределах 50% верхней части шкалы. Испытание проводится при предписанной температуре воздуха горелки. 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 настраивается с помощью 0-процентной смеси кислорода. Приборы для проверки двигателей с воспламенением от сжатия настраиваются с помощью смеси, содержащей 21% кислорода.
- c) Чувствительность на нулевую концентрацию проверяется еще раз. Если она изменилась более чем на 0,5% полной шкалы, то операции a) и b), указанные в настоящем пункте, повторяются.
- d) Для проверки кислородной интерференции вводятся 5-процентная и 10-процентная смеси газов.
- e) Чувствительность на нулевую концентрацию проверяется еще раз. Если она изменилась более чем на  $\pm 1\%$  полной шкалы, то испытание повторяется.
- f) Показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  рассчитывается для каждой смеси, используемой при операции d), по следующей формуле:

$$E_{O_2} = (c_{\text{ref,d}} - c) \times 100 / c_{\text{ref,d}} \quad (76)$$

при этом чувствительность анализатора рассчитывается по следующей формуле:

$$c = \frac{C_{\text{ref,b}} \times C_{\text{FS,b}}}{C_{\text{m,b}}} \times \frac{C_{\text{m,d}}}{C_{\text{FS,d}}} \quad (77),$$

где:

$C_{\text{ref,b}}$  – исходная концентрация НС при операции b) в  $\text{млн}^{-1}$  С;

$C_{\text{ref,d}}$  – исходная концентрация НС при операции d) в  $\text{млн}^{-1}$  С;

$C_{\text{FS,b}}$  – концентрация НС по полной шкале при операции b) в  $\text{млн}^{-1}$  С;

$C_{\text{FS,d}}$  – концентрация НС по полной шкале при операции d) в  $\text{млн}^{-1}$  С;

$C_{\text{m,b}}$  – измеренная концентрация НС при операции b) в  $\text{млн}^{-1}$  С;

$C_{\text{m,d}}$  – измеренная концентрация НС при операции d) в  $\text{млн}^{-1}$  С.

- g) До начала испытания показатель кислородной интерференции  $E_{\text{O}_2}$  должен быть меньше  $\pm 1,5\%$  для всех газов, требуемых для проверки кислородной интерференции.
- h) Если показатель кислородной интерференции  $E_{\text{O}_2}$  больше  $\pm 1,5\%$ , то можно произвести корректировку посредством ступенчатого регулирования расхода воздуха несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя, а также расхода топлива и расхода проб.
- i) Проверка кислородной интерференции проводится для каждой новой регулировки.

### 9.3.8 Эффективность отделителя неметановых фракций (НМС)

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

#### 9.3.8.1 Эффективность по метану

Содержащий метан калибровочный газ пропускается через FID с прохождением через НМС и в обход его. Оба значения концентрации регистрируются. Эффективность определяется по следующей формуле:

$$E_M = 1 - \frac{C_{\text{HC(w/NMC)}}}{C_{\text{HC(w/o NMC)}}} \quad (78),$$

где:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$  – концентрация HC при  $\text{CH}_4$ , проходящем через NMC, в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ,

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$  – концентрация HC при  $\text{CH}_4$ , идущем в обход NMC, в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ .

### 9.3.8.2 Эффективность по этану

Содержащий этан калибровочный газ пропускается через FID с прохождением через NMC и в обход его. Оба значения концентраций регистрируются. Эффективность определяется по следующей формуле:

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/o NMC)}}} \quad (79),$$

где:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$  – концентрация HC при  $\text{C}_2\text{H}_6$ , проходящем через NMC, в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ,

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$  – концентрация HC при  $\text{C}_2\text{H}_6$ , идущем в обход NMC, в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ .

### 9.3.9 Влияние на показания анализаторов

Помимо анализируемого газа, на показания приборов могут тем или иным образом влиять и другие газы. Позитивное влияние наблюдается в анализаторах NDIR, если посторонний газ оказывает такое же воздействие, как и измеряемый газ, но в меньшей степени. Негативное влияние в анализаторах NDIR наблюдается тогда, когда посторонний газ расширяет полосу поглощения измеряемого газа, а в детекторах CLD – когда посторонний газ подавляет излучение. Проверки влияния, описываемые в пунктах 9.3.9.1 и 9.3.9.3, проводятся до первоначального использования анализатора и после основных рабочих интервалов.

#### 9.3.9.1 Проверка влияния на показания анализатора CO

Вода и  $\text{CO}_2$  могут воздействовать на работу анализатора CO. Поэтому поверочный газ, содержащий  $\text{CO}_2$  и имеющий концентрацию 80–100% полной шкалы максимального рабочего диапазона, используемого в ходе испытания, пропускают через воду при комнатной температуре и регистрируют чувствительность анализатора. Чувствительность анализатора не должна превышать 2% средней концентрации CO, которую предполагается выявить в ходе испытания.

Процедуры определения воздействия  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  могут также осуществляться отдельно. Если используемые уровни  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  превышают максимальные уровни, которые предполагается выявить в ходе испытания, то каждое из установленных значений воздействия должно снижаться посредством умножения полученного показателя воздействия на соотношение предполагаемой максимальной концентрации и фактического значения, используемого в ходе осуществления этой процедуры. Процедуры определения воздействия концентраций  $\text{H}_2\text{O}$ , более низких по сравнению с максимальными

уровнями, которые предполагается выявить в ходе испытания, могут осуществляться раздельно, однако выявленный показатель воздействия  $H_2O$  должен уменьшаться посредством умножения значения выявленного воздействия на соотношение предполагаемой максимальной концентрации  $H_2O$  и фактического значения, используемого в ходе осуществления этой процедуры. Сумма обоих уменьшенных значений воздействия должна соответствовать пределам, указанным в настоящем пункте.

#### 9.3.9.2 Проверки на сбой анализатора $NO_x$ в случае анализатора CLD

К двум газам, которые отрицательно влияют на работу анализаторов CLD (и HCLD), относятся  $CO_2$  и водяной пар. Чувствительность приборов к воздействию этих газов пропорциональна их концентрации, поэтому для определения возможности сбоя при самых высоких предполагаемых концентрациях, которые могут быть выявлены в ходе испытания, требуется испытательное оборудование. Если в анализаторе CLD используются алгоритмы компенсации сбоя, предполагающие задействование оборудования для измерения  $H_2O$  и/или  $CO_2$ , то оценка сбоя производится в рабочем режиме оборудования с применением компенсационных алгоритмов.

##### 9.3.9.2.1 Проверка на сбой по $CO_2$

Поверочный газ, содержащий  $CO_2$  и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100% полной шкалы в максимальном рабочем диапазоне, пропускается через анализатор NDIR, и полученное значение для  $CO_2$  регистрируется в качестве *A*. Затем этот газ разбавляется приблизительно на 50% поверочным газом, содержащим  $NO$ , и пропускается через NDIR и CLD, при этом полученные значения для  $CO_2$  и  $NO$  регистрируются в качестве *B* и *C* соответственно. После этого подача  $CO_2$  прекращается, и через (H)CLD пропускается поверочный газ, содержащий только  $NO$ . Значение для  $NO$  регистрируется в качестве *D*.

Сбой (в %) рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{CO_2} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100 \quad (80),$$

где:

- A* – концентрация неразбавленного  $CO_2$ , измеренная с помощью NDIR, в %,
- B* – концентрация разбавленного  $CO_2$ , измеренная с помощью NDIR, в %,
- C* – концентрация разбавленного  $NO$ , измеренная с помощью (H)CLD, в  $млн^{-1}$ ,
- D* – концентрация неразбавленного  $NO$ , измеренная с помощью (H)CLD, в  $млн^{-1}$ .



С одобрения органа по официальному утверждению типа или по сертификации допускается использование таких альтернативных методов разбавления и количественного определения значений концентрации поверочных газов, содержащих  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}$ , как динамическое смешивание/добавление присадок.

#### 9.3.9.2.2 Проверка на сбой по воде

Этот метод проверки применяется только к измерению концентрации влажного газа. При расчете вероятности сбоя, вызываемого водой, необходимо учитывать разбавление поверочного газа, содержащего  $\text{NO}$ , водяным паром и уровень концентрации водяного пара в смеси, которая, как ожидается, будет достигнута в ходе испытания.

Поверочный газ, содержащий  $\text{NO}$  и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100% полной шкалы в нормальном рабочем диапазоне, пропускается через (H)CLD, и полученное значение для  $\text{NO}$  регистрируется в качестве  $D$ . Затем этот поверочный газ  $\text{NO}$  пропускается через воду при комнатной температуре и направляется через (H)CLD, при этом полученное значение для  $\text{NO}$  регистрируется как  $C$ . Температура воды также измеряется и регистрируется в качестве  $F$ . Кроме того, определяется и регистрируется в качестве  $G$  давление насыщенных паров смеси, соответствующее температуре ( $F$ ) воды в барботёре.

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

$$H = 100 \times (G/p_b) \quad (81)$$

и регистрируется в качестве  $H$ . Предполагаемая концентрация разбавленного поверочного газа  $\text{NO}$  (в водяных парах) рассчитывается по следующей формуле:

$$D_e = D \times (1 - H/100) \quad (82)$$

и регистрируется в качестве  $D_e$ . Для отработавших газов дизельного двигателя максимальная концентрация водяных паров в отработавших газах (в %), ожидаемая в ходе испытания, определяется – при предположении, что соотношение  $\text{H/C}$  в топливе составляет 1,8/1, – на основе максимальной концентрации  $\text{CO}_2$  в отработавших газах  $A$  по следующей формуле:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (83)$$

и регистрируется в качестве  $H_m$ .

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

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H) \quad (84),$$

где:

- $D_e$  – предполагаемая концентрация разбавленного  $\text{NO}$  в  $\text{млн}^{-1}$ ,
- $C$  – измеренная концентрация разбавленного  $\text{NO}$  в  $\text{млн}^{-1}$ ,
- $H_m$  – максимальная концентрация водяных паров в %,
- $H$  – реальная концентрация водяных паров в %.

## 9.3.9.2.3 Максимально допустимый сбой

Суммарный сбой CO<sub>2</sub> и воды не должен превышать 2% полной шкалы.

9.3.9.3 Проверка сбоя анализатора NO<sub>x</sub> для анализатора NDUV

Углеводороды и H<sub>2</sub>O могут позитивно воздействовать на анализатор NDUV, вызывая такую же реакцию, как и в случае NO<sub>x</sub>. Если в анализаторе NDUV используются компенсационные алгоритмы, предполагающие измерение содержания других газов для проверки этого воздействия, то такие измерения проводятся одновременно для контроля алгоритмов при проверке воздействия на анализатор.

## 9.3.9.3.1 Процедура

Анализатор NDUV должен быть включен, установлен на нулевое значение, после чего задается его диапазон измерений в соответствии с инструкциями изготовителя оборудования. Для проведения данной проверки рекомендуется взять пробу выхлопных газов из двигателя. Для определения содержания NO<sub>x</sub> в выхлопных газах используется CLD. В качестве исходного значения должно использоваться время срабатывания CLD. Кроме того, содержание HC измеряется в выхлопных газах при помощи анализатора FID. Время срабатывания FID используется в качестве исходного значения содержания углеводорода.

Перед любым осушителем для проб, если он используется в ходе испытания, в анализатор NDUV вводится проба выхлопных газов из двигателя. Отводится время для стабилизации срабатывания анализатора. Период его стабилизации может включать время, необходимое для продувки переходного трубопровода, и время срабатывания анализатора. В процессе измерения всеми анализаторами концентрации проб производится запись (в течение 30 секунд) полученных данных и рассчитываются средние арифметические значения для всех трех анализаторов.

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

$$E_{\text{HC/H}_2\text{O}} = (c_{\text{NO}_x, \text{CLD}} - c_{\text{NO}_x, \text{NDUV}}) \times \left( \frac{c_{\text{HC}, e}}{c_{\text{HC}, m}} \right) \quad (85),$$

где:

$c_{\text{NO}_x, \text{CLD}}$  – концентрация NO<sub>x</sub>, измеренная при помощи CLD, в млн<sup>-1</sup>,

$c_{\text{NO}_x, \text{NDUV}}$  – концентрация NO<sub>x</sub>, измеренная при помощи NDUV, в млн<sup>-1</sup>,

$c_{\text{HC}, e}$  – предполагаемая максимальная концентрация HC в млн<sup>-1</sup>,

$c_{\text{HC}, m}$  – измеренная концентрация HC в млн<sup>-1</sup>.

- 9.3.9.3.2 Максимально допустимый сбой
- Суммарный сбой по HC и по воде не должен превышать 2% концентрации  $\text{NO}_x$ , которую предполагается выявить в ходе испытания.
- 9.3.9.4 Осушитель для проб**
- Осушитель для проб устраняет воду, которая в противном случае может повлиять на измерение содержания  $\text{NO}_x$ .
- 9.3.9.4.1 Эффективность осушителя для проб
- В случае сухих анализаторов CLD должно быть продемонстрировано, что при наибольшей предполагаемой концентрации водяных паров  $H_m$  (см. пункт 9.3.9.2.2) осушитель для проб позволяет поддерживать влажность CLD на уровне  $\leq 5$  г воды/кг сухого воздуха (или приблизительно 0,008%  $\text{H}_2\text{O}$ ), что соответствует относительной влажности 100% при 3,9° C и 101,3 кПа. Данный показатель влажности также эквивалентен относительной влажности примерно 25% 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 отработавших газов, проходящих через CLD, можно также измерить в том случае, если в CLD поступает только поток из влагопоглотителя.
- 9.3.9.4.2 Воздействие осушителя для проб на  $\text{NO}_2$
- Вода, сохраняющаяся в осушителе для проб с неэффективной конструкцией, может вытеснить  $\text{NO}_2$  из пробы. Если осушитель для проб используется в сочетании с анализатором NDUV и без подключенного перед ним конвертера  $\text{NO}_2/\text{NO}$ , то она, таким образом, может вытеснить  $\text{NO}_2$  из пробы до измерения содержания  $\text{NO}_x$ .
- Конструкция осушителя для проб должна допускать измерение содержания не менее 95% общего объема  $\text{NO}_2$  при предполагаемой максимальной концентрации  $\text{NO}_2$ .
- 9.3.10 Отбор проб первичных выбросов газообразных веществ, если это применимо
- Пробоотборники газообразных выбросов устанавливаются на расстоянии не менее 0,5 м или на расстоянии, равном трем диаметрам выхлопной трубы, в зависимости от того, какая из этих величин больше, перед выпускным отверстием системы выпуска отработавших газов, но достаточно близко к двигателю, с тем чтобы температура отработавших газов в пробоотборнике составляла не менее 343 К (70° C).
- В случае многоцилиндрового двигателя с разветвленными выпускными патрубками вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по потоку, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае многоцилиндровых двигателей с разнесенными группами выпускных патрубков, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять патрубки на участке до пробоотборника. Если на практике это сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем вы-

бросов CO<sub>2</sub>. Для расчета выбросов веществ, содержащихся в отработавших газах, используется суммарный массовый расход отработавших газов.

Если двигатель оснащен системой последующей обработки отработавших газов, то отбор проб производится на выходе системы последующей обработки отработавших газов.

9.3.11 Отбор проб разбавленных выбросов газообразных веществ, если это применимо

Выпускная труба на участке между двигателем и системой полного разбавления потока должна отвечать требованиям, изложенным в приложении 3. Пробоотборник(и) газообразных выбросов устанавливаются в смесительном канале в той точке, где разбавляющий воздух и отработавшие газы хорошо смешиваются, и в непосредственной близости от пробоотборника твердых частиц.

Отбор проб обычно может производиться двумя способами:

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

Фоновая концентрация определяется на входе в смесительный канал в соответствии с подпунктом a) или b) и вычитается из концентраций выбросов в соответствии с пунктом 8.5.2.3.2.

9.4 Измерение массы твердых частиц и система отбора проб

9.4.1 Общие технические требования

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

9.4.2 Общие требования к системе разбавления

Для определения содержания твердых частиц необходимо произвести разбавление пробы с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота (разбавителя). Система разбавления должна быть отрегулирована таким образом, чтобы:

- a) полностью устранить конденсацию воды в системах разбавления и отбора проб;

- b) поддерживать температуру разбавленных отработавших газов в диапазоне 315 К (42° С) – 325 К (52° С) в пределах 20 см перед фильтродержателем (фильтродержателями) или после него (них);
- c) температура разбавителя составляла 293 К – 325 К (20° С – 42° С) в непосредственной близости от входа в смесительный канал; Договаривающиеся стороны могут установить для двигателей, подлежащих официальному утверждению по типу конструкции или сертификации, более жесткие требования в пределах данного диапазона;
- d) минимальный коэффициент разбавления составлял в пределах 5:1 – 7:1 и по меньшей мере 2:1 на этапе разбавления первичных газов с учетом максимального расхода отработавших газов, выбрасываемых двигателем;
- e) в случае системы с частичным разбавлением потока время прохождения через систему от точки ввода разбавителя до фильтродержателя (фильтродержателей) составляло 0,5–5 секунд;
- f) в случае системы с полным разбавлением потока общее время прохождения через систему от точки ввода разбавителя до фильтродержателя (фильтродержателей) составляло 1–5 секунд, а время прохождения через вторичную систему разбавления, если она используется, от точки ввода разбавителя до фильтродержателя (фильтродержателей) составляло не менее 0,5 секунды.

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

#### 9.4.3 Отбор проб твердых частиц

##### 9.4.3.1 Система частичного разбавления потока

Пробоотборник для твердых частиц устанавливается в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.10, регламентирующие порядок установки, применяются также к отбору проб твердых частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.

В случае многоцилиндрового двигателя с разветвленными выпускными патрубками вход пробоотборника должен располагаться на достаточном удалении по потоку, с тем чтобы проба являлась репрезентативной и отражала средний выброс отработавших газов из всех цилиндров. В случае многоцилиндровых двигателей с разнесенными группами выпускных патрубков, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять патрубки на участке до пробоотборника. Если это на практике сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем выбросов твердых частиц. Для расчета выбросов частиц, содержащихся в отработавших газах, используется суммарный массовый расход отработавших газов на выходе патрубка.

- 9.4.3.2 Система полного разбавления потока
- Пробоотборник для твердых частиц устанавливается в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.11, регламентирующие порядок установки, применяются также к отбору проб твердых частиц. Линия отбора проб должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.
- 9.4.4 Фильтры для отбора проб твердых частиц
- Отбор проб разбавленных отработавших газов производится с помощью фильтра, который отвечает требованиям пунктов 9.4.4.1–9.4.4.3, в ходе всей последовательности проведения испытания.
- 9.4.4.1 Технические требования к фильтрам
- Фильтры всех типов должны иметь коэффициент улавливания частиц DOP (диоктилфталата) диаметром 0,3 мкм не менее 99%. Фильтр должен быть изготовлен:
- либо из стекловолокна с фторуглеродным покрытием (PTFE),
  - либо из мембраны с фторуглеродным покрытием (PTFE).
- 9.4.4.2 Размер фильтра
- Фильтр должен иметь округлую форму с номинальным диаметром 47 мм (с допуском  $46,50 \pm 0,6$  мм) и с внешним диаметром (эффективным диаметром) не менее 38 мм.
- 9.4.4.3 Скорость прохождения газа через фильтрующую поверхность
- Скорость прохождения газов через фильтрующую поверхность должна составлять 0,90–1,00 м/с, причем превышать этот предел может менее 5% зарегистрированных значений потока. Если общая масса ТЧ на фильтре превышает 400 мкм, то скорость прохождения газов через фильтрующую поверхность может быть уменьшена до 0,50 м/с. Скорость прохождения рассчитывается посредством деления объемного расхода пробы на показатели давления перед фильтром и температуры поверхности фильтра в рабочей зоне фильтра.
- 9.4.5 Технические требования к камере для взвешивания и аналитическим весам
- Окружающая среда в камере (или помещении) не должна испытывать воздействия каких-либо внешних загрязнителей (как, например, пыль, аэрозоль или полуплетучие материалы), которые могут загрязнять фильтры для твердых частиц. В помещении для взвешивания должно быть обеспечено выполнение установленных требований, по крайней мере за 60 мин. до взвешивания фильтров.

#### 9.4.5.1 Условия в камере для взвешивания

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

Если стабилизация и взвешивание производятся в разных местах, то температура в месте стабилизации должна поддерживаться с допуском  $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$  ( $22^\circ \text{ C} \pm 3^\circ \text{ C}$ ), между тем как требование в отношении точки росы сохраняется на уровне  $282,5 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$  ( $9,5^\circ \text{ C} \pm 1^\circ \text{ C}$ ).

Значения влажности и внешней температуры регистрируются.

#### 9.4.5.2 *Взвешивание эталонных фильтров*

В течение 12 часов взвешивается по крайней мере два ранее не использовавшихся эталонных фильтра, причем предпочтительно одновременно с фильтрами для отбора проб. Они должны быть изготовлены из того же материала, что и фильтры для проб. При взвешивании делается поправка на статическое давление.

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

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

#### 9.4.5.3 *Аналитические весы*

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

Для обеспечения тщательного взвешивания фильтра весы рекомендуются устанавливать следующим образом:

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

#### 9.4.5.4 Устранение воздействия статического электричества

Перед взвешиванием фильтры нейтрализуются, например с помощью полониевого нейтрализатора или другого устройства аналогичного действия. Если используется фильтр мембранного типа PTFE, то статическое электричество измеряется; рекомендуется, чтобы оно было в пределах  $\pm 2,0 \text{ В}$  от нейтрального значения.

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

- a) весы заземляются;
- b) если пробы ТЧ отбираются вручную, то используются пинцеты из нержавеющей стали;
- c) пинцеты должны заземляться при помощи заземляющей перемычки, или оператор должен использовать заземляющий браслет, подсоединенный к общему заземлителю вместе с весами. Заземляющие браслеты должны иметь надлежащее сопротивление, с тем чтобы защищать оператора от случайного поражения электрическим током.

#### 9.4.5.5 Дополнительные технические требования

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

#### 9.4.5.6 Калибровка приборов для измерения расхода

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

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

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

##### 9.4.6.1 Время срабатывания системы

Для контроля системы частичного разбавления потока требуется соответствующая быстродействующая система. Время перехода для этой системы определяется методом, указанным в пункте 9.4.6.6. Если общее время перехода для системы измерения потока отработавших газов (см. пункт 8.4.1.2) и системы частичного разбавления потока составляет  $\leq 0,3$  с, то используется система контроля в режиме "онлайн". Если время перехода превышает 0,3 с, то используется прогностический алгоритм управления на основе предвари-



тельно записанных параметров испытания. В этом случае комбинированное время восстановления должно составлять  $\leq 1$  с, а комбинированное время задержки –  $\leq 10$  с.

Система должна быть сконструирована таким образом, чтобы общее время срабатывания обеспечивало отбор репрезентативных проб твердых частиц  $q_{mp,i}$  пропорционально массовому расходу отработавших газов. Для определения пропорциональности проводится регрессивный анализ значений  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  с частотой не менее 5 Гц, что соответствует скорости регистрации данных. При этом должны соблюдаться следующие критерии:

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

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

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

#### 9.4.6.2 Технические требования к дифференциальному измерению расхода (только частичное разбавление потока)

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

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (86)$$

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

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

- a) абсолютная точность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  составляет  $\pm 0,2\%$ , что обеспечивает точность  $q_{mp}$  на уровне  $\leq 5\%$  при коэффициенте разбавления 15. Однако при более высоких коэффициентах разбавления погрешность будет увеличиваться;
- b) калибровка  $q_{mdw}$  по  $q_{mdew}$  производится таким образом, чтобы обеспечить ту же точность  $q_{mp}$ , что и в случае а). Более подробно см. пункт 9.4.6.2;
- c) точность  $q_{mp}$  определяется опосредованно исходя из точности коэффициента разбавления, определенного с помощью индикаторного газа, например  $CO_2$ . При этом необходимо обеспечить точность  $q_{mp}$ , эквивалентную случаю а);
- d) абсолютная точность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  находится в пределах  $\pm 2\%$  полной шкалы, максимальная погрешность разности  $q_{mdew} - q_{mdw}$  составляет  $0,2\%$ , а линейная погрешность не превышает  $\pm 0,2\%$  наибольшего значения  $q_{mdew}$ , зарегистрированного в ходе испытания.

#### 9.4.6.3

Калибровка приборов для дифференциального измерения расхода

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

- a) расходомер для измерения  $q_{mdw}$  подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ ; разность показаний двух расходомеров калибруется не менее чем по 5 контрольным точкам со значениями расхода, равномерно распределенными между наименьшим значением  $q_{mdw}$ , используемым в ходе испытания, и значением  $q_{mdew}$ , используемым в ходе испытания. Измерение может проводиться в обход смесительного канала;
- b) калиброванное устройство измерения расхода подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ , и его точность проверяется по значению, используемому в ходе испытания. Затем это калиброванное устройство подсоединяется последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdw}$ , и его точность проверяется не менее чем по 5 точкам регулировки, соответствующим коэффициенту разбавления в пределах от 3 до 50, по отношению к значению  $q_{mdew}$ , используемому в ходе испытания;
- c) отводящий патрубок (ТТ) отсоединяется от выхлопной трубы, и калиброванное устройство измерения параметров потока с соответствующим диапазоном измерения  $q_{mp}$  подсоединяется к отводящему патрубку. Значение  $q_{mdew}$  устанавливается по значению, используемому в ходе испытания, а значение  $q_{mdw}$  последовательно устанавливается как минимум по 5 значениям, соответствующим коэффициентам разбавления в пределах от 3 до 50. В качестве альтернативы можно предусмотреть специальную калибровочную магистраль в обход

смесительного канала, но с прохождением общего и разбавленного потока воздуха через соответствующие расходомеры, как и в случае фактического испытания;

- d) индикаторный газ направляется в отводящий патрубок ТТ, через который проходят отработавшие газы. Этим индикаторным газом может быть один из компонентов отработавших газов, например  $\text{CO}_2$  или  $\text{NO}_x$ . После разбавления в смесительном канале этот компонент, служащий в качестве индикаторного газа, измеряется. Данное измерение проводится для 5 коэффициентов разбавления, находящихся в пределах от 3 до 50. Точность расхода пробы определяется исходя из коэффициента разбавления  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (87)$$

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

#### 9.4.6.4 Проверка расхода углерода

Для выявления проблем с измерением и регулировкой и проверки надлежащей работы системы частичного разбавления потока настоятельно рекомендуется произвести проверку расхода углерода на фактических отработавших газах. Проверка расхода углерода должна проводиться по крайней мере при каждой установке нового двигателя, а также в случае существенных изменений в конфигурации испытательного бокса.

Двигатель должен работать в режиме нагрузки и частоты вращения, соответствующих максимальному крутящему моменту, или в любом другом установившемся режиме, при котором содержание  $\text{CO}_2$  увеличивается на 5% или более. Система отбора проб частично разбавленного потока должна работать при коэффициенте разбавления примерно 15 к 1.

Если проводится проверка расхода углерода, то применяется процедура, указанная в приложении 5. Значения расхода углерода рассчитываются по формулам 80–82, приведенным в приложении 5. Разброс всех значений расхода углерода должен составлять не более 3%.

#### 9.4.6.5 Предварительная проверка перед испытанием

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), не менее чем по двум точкам, включая значение расхода  $q_{mdw}$ , которое соответствует коэффициентам разбавления в пределах 5–15 для значения  $q_{mdew}$ , используемого в ходе испытания.

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

#### 9.4.6.6 Определение времени перехода

Регулировка системы для определения времени перехода должна быть точно такой же, как и в случае замеров в ходе испытания. Время перехода 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, причем ограничение расхода должно быть достаточно малым, с тем чтобы исключить воздействие на динамические характеристики системы частичного разбавления потока; надлежит обеспечивать соответствие проверенной технической практике.

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

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

Расчеты повторяются не менее чем по 5 точкам увеличения и снижения расхода, и полученные результаты усредняются. Из полученного значения вычитается внутреннее время перехода (<100 мс) эталонного расходомера. Полученная разность представляет собой "прогностическое" значение для системы частичного разбавления потока, которое применяется в соответствии с пунктом 9.4.6.1.

### 9.5 *Калибровка системы CVS*

#### 9.5.1 Общие положения

Система CVS калибруется с помощью точного расходомера и ограничительного устройства. Расход через систему измеряется при различных значениях регулировки ограничителя. 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 турборасходомер.

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

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

В процессе калибровки поддерживается стабильный температурный режим.

Утечка во всех соединениях и трубопроводах между калибровочной трубкой Вентури и насосом CVS не должна превышать 0,3% от самой низкой величины расхода (максимальное ограничение и минимальная частота вращения вала PDP).

##### 9.5.2.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $q_{v, CVS}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум 6 регулировок) рассчитывается в стандартных единицах (м<sup>3</sup>/с) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Затем расход воздуха преобразуется в расход насоса ( $V_0$ ) в м<sup>3</sup>/об при абсолютной температуре и абсолютном давлении на входе в насос по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (88),$$

где:

$q_{v, CVS}$  – расход воздуха при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К) в м<sup>3</sup>/с;

$T$  – температура на входе в насос в К;

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

$n$  – частота вращения вала насоса в об/с.

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

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (89),$$

где:

$\Delta p_p$  – разность давлений на входе и выходе насоса в кПа;

$p_p$  – абсолютное давление на выходе насоса в кПа.

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

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (90)$$

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

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

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

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

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

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

#### 9.5.3.1 Анализ данных

Расход воздуха ( $q_{v,CVS}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум 8 регулировок) рассчитывается в стандартных единицах ( $m^3/c$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Коэффициент калибровки рассчитывается на основе калибровочных данных для каждого значения регулировки по следующей формуле:

$$K_v = \frac{q_{v,CVS} \times \sqrt{T}}{p_p} \quad (91),$$

где:

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

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

$p_p$  – абсолютное давление на входе в трубку Вентури в кПа.

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

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

Калибровка SSV основана на уравнении расхода через трубку Вентури для дозвуковых потоков. Как явствует из уравнения 43 (см. пункт 8.5.1.4), расход газа представляет собой функцию давления и температуры на входе и падения давления на входе и сужении SSV.

##### 9.5.4.1 Анализ данных

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

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times p_p \times \sqrt{\frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right)}} \quad (92),$$

где:

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

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

$d_v$  – диаметр сужения SSV в м;

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

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

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

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu} \quad (93),$$

при этом

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (94),$$

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 при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К) в м<sup>3</sup>/с;
- $d_v$  – диаметр сужения SSV в м;
- $\mu$  – абсолютная или динамическая вязкость газа в кг/мс;
- $b$  –  $1,458 \times 10^6$  (эмпирическая константа), кг/мс К<sup>0,5</sup>;
- $S$  – 110,4 (эмпирическая константа) в К.

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

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

#### 9.5.5 Общая проверка системы

Суммарная погрешность системы отбора проб CVS и аналитической системы определяется путем введения известной массы загрязняющего газа в систему во время ее работы в нормальном режиме. Загрязняющее вещество подвергается анализу, и его масса рассчитывается в соответствии с пунктом 8.5.2.3, за исключением случая пропана, когда для НС вместо 0,000480 используется коэффициент  $u$ , который принимается равным 0,000507. При этом используется один из следующих двух методов.

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

Известное количество чистого газа (оксида углерода или пропана) подается в систему CVS через калиброванную диафрагму для создания критического потока. Если давление на входе достаточно высокое, то расход, регулируемый посредством диафрагмы для создания критического потока, не зависит от давления на выходе из диафрагмы (критический поток). Система CVS должна работать в нормальном режиме испытания на выбросы отработавших газов в течение приблизительно 5–10 минут. Проба газа анализируется с помощью обычного оборудования (мешок для отбора проб или метод интегрирования), и производится расчет массы газа.

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



#### 9.5.5.2 Измерение с помощью гравиметра

Масса небольшого цилиндрического контейнера, заполненного оксидом 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 выбросы отработавших газов, в то время как в систему вводится оксид углерода или пропан. Количество выделенного чистого газа определяется посредством дифференциального взвешивания. Проба газа анализируется с помощью обычного оборудования (мешок для отбора проб или метод интегрирования), и производится расчет массы газа.

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

## Приложение 1

### а) Программа задания режима работы двигателя на динамометре в ходе испытания ВСПЦ

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный 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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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



Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1370	29,7	88,5	1420	46,5	74,2	1470	49,1	22,1
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
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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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
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

Время с	Приведенная частота вращения %	Приведенный крутящий момент %	Время с	Приведенная частота вращения %	Приведенный крутящий момент %	Время с	Приведенная частота вращения %	Приведенный крутящий момент %
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 – прокручивание двигателя на динамометре.

b) программа задания режима работы транспортного средства  
в ходе испытания ВЦТС

P – номинальная мощность гибридной системы, как указано соответственно в приложении 9 или приложении 10.

В случае многоточия (...) используют показатель уклона дороги из предыдущей позиции.

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1	0	$+5,02E-06*p^2 - 6,80E-03*p + 0,77$	41	12,26	...
2	0	...	42	9,82	...
3	0	...	43	5,96	...
4	0	...	44	2,2	...
5	0	...	45	0	...
6	0	...	46	0	...
7	2,35	...	47	0	$-1,40E-06*p^2 + 2,31E-03*p - 0,81$
8	5,57	...	48	0	$+2,22E-06*p^2 - 2,19E-03*p - 0,86$
9	8,18	...	49	0	$+5,84E-06*p^2 - 6,68E-03*p - 0,91$
10	9,37	...	50	1,87	...
11	9,86	...	51	4,97	...
12	10,18	...	52	8,4	...
13	10,38	...	53	9,9	...
14	10,57	...	54	11,42	...
15	10,95	...	55	15,11	...
16	11,56	...	56	18,46	...
17	12,22	...	57	20,21	...
18	12,97	...	58	22,13	...
19	14,33	...	59	24,17	...
20	16,38	...	60	25,56	...
21	18,4	...	61	26,97	...
22	19,86	...	62	28,83	...
23	20,85	...	63	31,05	...
24	21,52	...	64	33,72	...
25	21,89	...	65	36	...
26	21,98	...	66	37,91	...
27	21,91	$+1,67E-06*p^2 - 2,27E-03*p + 0,26$	67	39,65	...
28	21,68	$-1,67E-06*p^2 + 2,27E-03*p - 0,26$	68	41,23	...
29	21,21	$-5,02E-06*p^2 + 6,80E-03*p - 0,77$	69	42,85	...
30	20,44	...	70	44,1	...
31	19,24	...	71	44,37	...
32	17,57	...	72	44,3	...
33	15,53	...	73	44,17	...
34	13,77	...	74	44,13	...
35	12,95	...	75	44,17	...
36	12,95	...	76	44,51	$+3,10E-06*p^2 - 3,89E-03*p - 0,76$
37	13,35	...	77	45,16	$+3,54E-07*p^2 - 1,10E-03*p - 0,61$
38	13,75	...	78	45,64	$-2,39E-06*p^2 + 1,69E-03*p - 0,47$
39	13,82	...	79	46,16	...
40	13,41	...	80	46,99	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
81	48,19	...	128	24,08	...
82	49,32	...	129	18,96	...
83	49,7	...	130	14,19	...
84	49,5	...	131	8,72	...
85	48,98	...	132	3,41	...
86	48,65	...	133	0,64	...
87	48,65	...	134	0	...
88	48,87	...	135	0	...
89	48,97	...	136	0	...
90	48,96	...	137	0	...
91	49,15	...	138	0	+2,18E-06*p <sup>2</sup> -1,58E-03*p +1,27
92	49,51	...	139	0	+5,31E-06*p <sup>2</sup> -5,52E-03*p +1,80
93	49,74	...	140	0	+8,44E-06*p <sup>2</sup> -9,46E-03*p +2,33
94	50,31	...	141	0	...
95	50,78	...	142	0,63	...
96	50,75	...	143	1,56	...
97	50,78	...	144	2,99	...
98	51,21	...	145	4,5	...
99	51,6	...	146	5,39	...
100	51,89	...	147	5,59	...
101	52,04	...	148	5,45	...
102	51,99	...	149	5,2	...
103	51,99	...	150	4,98	...
104	52,36	...	151	4,61	...
105	52,58	...	152	3,89	...
106	52,47	...	153	3,21	...
107	52,03	...	154	2,98	...
108	51,46	...	155	3,31	...
109	51,31	...	156	4,18	...
110	51,45	...	157	5,07	...
111	51,48	...	158	5,52	...
112	51,29	...	159	5,73	...
113	51,12	...	160	6,06	...
114	50,96	...	161	6,76	...
115	50,81	...	162	7,7	...
116	50,86	...	163	8,34	...
117	51,34	...	164	8,51	...
118	51,68	...	165	8,22	...
119	51,58	...	166	7,22	...
120	51,36	...	167	5,82	...
121	51,39	...	168	4,75	...
122	50,98	-1,91E-06*p <sup>2</sup> +1,91E-03*p -0,06	169	4,24	...
123	48,63	-1,43E-06*p <sup>2</sup> +2,13E-03*p +0,34	170	4,05	...
124	44,83	-9,50E-07*p <sup>2</sup> +2,35E-03*p +0,74	171	3,98	...
125	40,3	...	172	3,91	...
126	35,65	...	173	3,86	...
127	30,23	...	174	4,17	...



Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
175	5,32	...	222	0	...
176	7,53	...	223	0	...
177	10,89	...	224	0	...
178	14,81	...	225	0	...
179	17,56	...	226	0,73	...
180	18,38	$+2,81E-06*p^2 -3,15E-03*p +0,78$	227	0,73	...
181	17,49	$-2,81E-06*p^2 +3,15E-03*p -0,78$	228	0	...
182	15,18	$-8,44E-06*p^2 +9,46E-03*p -2,33$	229	0	...
183	13,08	...	230	0	...
184	12,23	...	231	0	...
185	12,03	...	232	0	...
186	11,72	...	233	0	...
187	10,69	...	234	0	...
188	8,68	...	235	0	...
189	6,2	...	236	0	...
190	4,07	...	237	0	...
191	2,65	...	238	0	...
192	1,92	...	239	0	...
193	1,69	...	240	0	...
194	1,68	...	241	0	...
195	1,66	...	242	0	$+6,51E-06*p^2 -6,76E-03*p +1,50$
196	1,53	...	243	0	$+1,30E-05*p^2 -1,35E-02*p +3,00$
197	1,3	...	244	0	$+1,95E-05*p^2 -2,03E-02*p +4,49$
198	1	...	245	0	...
199	0,77	...	246	0	...
200	0,63	...	247	0	...
201	0,59	...	248	0	...
202	0,59	...	249	0	...
203	0,57	...	250	0	...
204	0,53	...	251	0	...
205	0,5	...	252	0	...
206	0	...	253	1,51	...
207	0	...	254	4,12	...
208	0	...	255	7,02	...
209	0	...	256	9,45	...
210	0	...	257	11,86	...
211	0	...	258	14,52	...
212	0	...	259	17,01	...
213	0	...	260	19,48	...
214	0	...	261	22,38	...
215	0	...	262	24,75	...
216	0	...	263	25,55	$+6,51E-06*p^2 -6,76E-03*p +1,50$
217	0	$-5,63E-06*p^2 +6,31E-03*p -1,56$	264	25,18	$-6,51E-06*p^2 +6,76E-03*p -1,50$
218	0	$-2,81E-06*p^2 +3,15E-03*p -0,78$	265	23,94	$-1,95E-05*p^2 +2,03E-02*p -4,49$
219	0	$+0,00E+00*p^2 +0,00E+00*p +0,00$	266	22,35	...
220	0	...	267	21,28	...
221	0	...	268	20,86	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
269	20,65	...	316	0	...
270	20,18	...	317	0	...
271	19,33	...	318	0	...
272	18,23	...	319	0	...
273	16,99	...	320	0	...
274	15,56	...	321	0	...
275	13,76	...	322	0	...
276	11,5	...	323	0	...
277	8,68	...	324	3,01	...
278	5,2	...	325	8,14	...
279	1,99	...	326	13,88	...
280	0	...	327	18,08	...
281	0	$-1,30E-05*p^2 + 1,35E-02*p - 3,00$	328	20,01	...
282	0	$-6,51E-06*p^2 + 6,76E-03*p - 1,50$	329	20,3	$+5,21E-06*p^2 - 5,86E-03*p - 0,21$
283	0,5	$+0,00E+00*p^2 + 0,00E+00*p + 0,00$	330	19,53	$-5,21E-06*p^2 + 5,86E-03*p + 0,21$
284	0,57	...	331	17,92	$-1,56E-05*p^2 + 1,76E-02*p + 0,62$
285	0,6	...	332	16,17	...
286	0,58	...	333	14,55	...
287	0	...	334	12,92	...
288	0	...	335	11,07	...
289	0	...	336	8,54	...
290	0	...	337	5,15	...
291	0	...	338	1,96	...
292	0	...	339	0	...
293	0	...	340	0	...
294	0	...	341	0	...
295	0	...	342	0	...
296	0	...	343	0	...
297	0	...	344	0	...
298	0	...	345	0	...
299	0	...	346	0	$-6,53E-06*p^2 + 7,62E-03*p + 1,11$
300	0	...	347	0	$+2,58E-06*p^2 - 2,34E-03*p + 1,60$
301	0	...	348	0	$+1,17E-05*p^2 - 1,23E-02*p + 2,08$
302	0	...	349	0	...
303	0	...	350	0	...
304	0	...	351	0	...
305	0	$+5,21E-06*p^2 - 5,86E-03*p - 0,21$	352	0	...
306	0	$+1,04E-05*p^2 - 1,17E-02*p - 0,42$	353	0	...
307	0	$+1,56E-05*p^2 - 1,76E-02*p - 0,62$	354	0,9	...
308	0	...	355	2	...
309	0	...	356	4,08	...
310	0	...	357	7,07	...
311	0	...	358	10,25	...
312	0	...	359	12,77	...
313	0	...	360	14,44	...
314	0	...	361	15,73	...
315	0	...	362	17,23	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
363	19,04	...	410	44,62	...
364	20,96	...	411	44,41	+8,17E-06*p <sup>2</sup> -8,13E-03*p +2,32
365	22,94	...	412	43,96	+3,39E-06*p <sup>2</sup> -2,94E-03*p +1,18
366	25,05	...	413	43,41	-1,39E-06*p <sup>2</sup> +2,25E-03*p +0,04
367	27,31	...	414	42,83	...
368	29,54	...	415	42,15	...
369	31,52	...	416	41,28	...
370	33,19	...	417	40,17	...
371	34,67	...	418	38,9	...
372	36,13	...	419	37,59	...
373	37,63	...	420	36,39	...
374	39,07	...	421	35,33	...
375	40,08	...	422	34,3	...
376	40,44	...	423	33,07	...
377	40,26	+6,91E-06*p <sup>2</sup> -7,10E-03*p +0,94	424	31,41	...
378	39,29	+2,13E-06*p <sup>2</sup> -1,91E-03*p -0,20	425	29,18	...
379	37,23	-2,65E-06*p <sup>2</sup> +3,28E-03*p -1,33	426	26,41	...
380	34,14	...	427	23,4	...
381	30,18	...	428	20,9	...
382	25,71	...	429	19,59	+8,47E-07*p <sup>2</sup> -6,08E-04*p +0,36
383	21,58	...	430	19,36	+3,09E-06*p <sup>2</sup> -3,47E-03*p +0,69
384	18,5	...	431	19,79	+5,33E-06*p <sup>2</sup> -6,33E-03*p +1,01
385	16,56	...	432	20,43	...
386	15,39	...	433	20,71	...
387	14,77	+2,55E-06*p <sup>2</sup> -2,25E-03*p +0,26	434	20,56	...
388	14,58	+7,75E-06*p <sup>2</sup> -7,79E-03*p +1,86	435	19,96	...
389	14,72	+1,30E-05*p <sup>2</sup> -1,33E-02*p +3,46	436	20,22	...
390	15,44	...	437	21,48	...
391	16,92	...	438	23,67	...
392	18,69	...	439	26,09	...
393	20,26	...	440	28,16	...
394	21,63	...	441	29,75	...
395	22,91	...	442	30,97	...
396	24,13	...	443	31,99	...
397	25,18	...	444	32,84	...
398	26,16	...	445	33,33	...
399	27,41	...	446	33,45	...
400	29,18	...	447	33,27	+5,50E-07*p <sup>2</sup> -1,13E-03*p -0,13
401	31,36	...	448	32,66	-4,23E-06*p <sup>2</sup> +4,06E-03*p -1,26
402	33,51	...	449	31,73	-9,01E-06*p <sup>2</sup> +9,25E-03*p -2,40
403	35,33	...	450	30,58	...
404	36,94	...	451	29,2	...
405	38,6	...	452	27,56	...
406	40,44	...	453	25,71	...
407	42,29	...	454	23,76	...
408	43,73	...	455	21,87	...
409	44,47	...	456	20,15	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
457	18,38	...	504	25,29	...
458	15,93	...	505	25,99	...
459	12,33	...	506	26,83	...
460	7,99	...	507	27,6	...
461	4,19	...	508	28,17	...
462	1,77	...	509	28,63	...
463	0,69	$-1,66E-06*p^2 + 1,67E-03*p - 0,86$	510	29,04	...
464	1,13	$+5,69E-06*p^2 - 5,91E-03*p + 0,68$	511	29,43	...
465	2,2	$+1,30E-05*p^2 - 1,35E-02*p + 2,23$	512	29,78	...
466	3,59	...	513	30,13	...
467	4,88	...	514	30,57	...
468	5,85	...	515	31,1	...
469	6,72	...	516	31,65	...
470	8,02	...	517	32,14	...
471	10,02	...	518	32,62	...
472	12,59	...	519	33,25	...
473	15,43	...	520	34,2	...
474	18,32	...	521	35,46	...
475	21,19	...	522	36,81	...
476	24	...	523	37,98	...
477	26,75	...	524	38,84	...
478	29,53	...	525	39,43	...
479	32,31	...	526	39,73	...
480	34,8	...	527	39,8	...
481	36,73	...	528	39,69	$-3,04E-07*p^2 + 2,73E-04*p + 0,09$
482	38,08	...	529	39,29	$-5,09E-06*p^2 + 5,46E-03*p - 1,04$
483	39,11	...	530	38,59	$-9,87E-06*p^2 + 1,07E-02*p - 2,18$
484	40,16	...	531	37,63	...
485	41,18	...	532	36,22	...
486	41,75	...	533	34,11	...
487	41,87	$+8,26E-06*p^2 - 8,29E-03*p + 1,09$	534	31,16	...
488	41,43	$+3,47E-06*p^2 - 3,10E-03*p - 0,05$	535	27,49	...
489	39,99	$-1,31E-06*p^2 + 2,09E-03*p - 1,19$	536	23,63	...
490	37,71	...	537	20,16	...
491	34,93	...	538	17,27	...
492	31,79	...	539	14,81	...
493	28,65	...	540	12,59	...
494	25,92	...	541	10,47	...
495	23,91	...	542	8,85	$-5,09E-06*p^2 + 5,46E-03*p - 1,04$
496	22,81	$+6,20E-07*p^2 - 2,47E-04*p - 0,38$	543	8,16	$-1,63E-07*p^2 + 4,68E-05*p + 0,17$
497	22,53	$+2,55E-06*p^2 - 2,58E-03*p + 0,43$	544	8,95	$+4,76E-06*p^2 - 5,37E-03*p + 1,39$
498	22,62	$+4,48E-06*p^2 - 4,92E-03*p + 1,23$	545	11,3	$+4,90E-06*p^2 - 5,60E-03*p + 1,47$
499	22,95	...	546	14,11	...
500	23,51	...	547	15,91	...
501	24,04	...	548	16,57	...
502	24,45	...	549	16,73	...
503	24,81	...	550	17,24	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
551	18,45	...	598	37,06	...
552	20,09	...	599	37,1	...
553	21,63	...	600	37,42	...
554	22,78	...	601	38,17	...
555	23,59	...	602	39,19	...
556	24,23	...	603	40,31	...
557	24,9	...	604	41,46	...
558	25,72	...	605	42,44	...
559	26,77	...	606	42,95	...
560	28,01	...	607	42,9	...
561	29,23	...	608	42,43	...
562	30,06	...	609	41,74	...
563	30,31	...	610	41,04	...
564	30,29	+1,21E-07*p <sup>2</sup> -4,06E-04*p +0,33	611	40,49	...
565	30,05	-4,66E-06*p <sup>2</sup> +4,79E-03*p -0,81	612	40,8	...
566	29,44	-9,44E-06*p <sup>2</sup> +9,98E-03*p -1,95	613	41,66	...
567	28,6	...	614	42,48	...
568	27,63	...	615	42,78	+1,21E-07*p <sup>2</sup> -4,06E-04*p +0,33
569	26,66	...	616	42,39	-4,66E-06*p <sup>2</sup> +4,79E-03*p -0,81
570	26,03	-4,66E-06*p <sup>2</sup> +4,79E-03*p -0,81	617	40,78	-9,44E-06*p <sup>2</sup> +9,98E-03*p -1,95
571	25,85	+1,21E-07*p <sup>2</sup> -4,06E-04*p +0,33	618	37,72	...
572	26,14	+4,90E-06*p <sup>2</sup> -5,60E-03*p +1,47	619	33,29	...
573	27,08	...	620	27,66	...
574	28,42	...	621	21,43	...
575	29,61	...	622	15,62	...
576	30,46	...	623	11,51	...
577	30,99	...	624	9,69	-4,66E-06*p <sup>2</sup> +4,79E-03*p -0,81
578	31,33	...	625	9,46	+1,21E-07*p <sup>2</sup> -4,06E-04*p +0,33
579	31,65	...	626	10,21	+4,90E-06*p <sup>2</sup> -5,60E-03*p +1,47
580	32,02	...	627	11,78	...
581	32,39	...	628	13,6	...
582	32,68	...	629	15,33	...
583	32,84	...	630	17,12	...
584	32,93	...	631	18,98	...
585	33,22	...	632	20,73	...
586	33,89	...	633	22,17	...
587	34,96	...	634	23,29	...
588	36,28	...	635	24,19	...
589	37,58	...	636	24,97	...
590	38,58	...	637	25,6	...
591	39,1	...	638	25,96	...
592	39,22	...	639	25,86	+1,21E-07*p <sup>2</sup> -4,06E-04*p +0,33
593	39,11	...	640	24,69	-4,66E-06*p <sup>2</sup> +4,79E-03*p -0,81
594	38,8	...	641	21,85	-9,44E-06*p <sup>2</sup> +9,98E-03*p -1,95
595	38,31	...	642	17,45	...
596	37,73	...	643	12,34	...
597	37,24	...	644	7,59	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
645	4	...	692	66,12	$+2,39E-06*p^2 - 2,55E-03*p + 0,23$
646	1,76	...	693	65,01	$-2,39E-06*p^2 + 2,55E-03*p - 0,23$
647	0	...	694	62,22	$-7,18E-06*p^2 + 7,64E-03*p - 0,70$
648	0	...	695	57,44	...
649	0	...	696	51,47	...
650	0	...	697	45,98	...
651	0	...	698	41,72	...
652	0	$-3,90E-06*p^2 + 4,11E-03*p - 1,07$	699	38,22	...
653	0	$+1,64E-06*p^2 - 1,77E-03*p - 0,19$	700	34,65	...
654	0	$+7,18E-06*p^2 - 7,64E-03*p + 0,70$	701	30,65	...
655	0	...	702	26,46	...
656	0	...	703	22,32	...
657	0	...	704	18,15	...
658	2,96	...	705	13,79	...
659	7,9	...	706	9,29	...
660	13,49	...	707	4,98	...
661	18,36	...	708	1,71	...
662	22,59	...	709	0	...
663	26,26	...	710	0	...
664	29,4	...	711	0	...
665	32,23	...	712	0	...
666	34,91	...	713	0	...
667	37,39	...	714	0	...
668	39,61	...	715	0	...
669	41,61	...	716	0	...
670	43,51	...	717	0	...
671	45,36	...	718	0	...
672	47,17	...	719	0	...
673	48,95	...	720	0	...
674	50,73	...	721	0	...
675	52,36	...	722	0	...
676	53,74	...	723	0	...
677	55,02	...	724	0	...
678	56,24	...	725	0	...
679	57,29	...	726	0	...
680	58,18	...	727	0	...
681	58,95	...	728	0	...
682	59,49	...	729	0	...
683	59,86	...	730	0	...
684	60,3	...	731	0	...
685	61,01	...	732	0	...
686	61,96	...	733	0	...
687	63,05	...	734	0	...
688	64,16	...	735	0	...
689	65,14	...	736	0	...
690	65,85	...	737	0	...
691	66,22	...	738	0	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
739	0	$-2,53E-06*p^2 + 2,43E-03*p + 0,05$	786	14,71	...
740	0	$+2,12E-06*p^2 - 2,78E-03*p + 0,81$	787	11,71	...
741	0	$+6,77E-06*p^2 - 7,99E-03*p + 1,56$	788	7,81	...
742	0	...	789	5,25	$-2,26E-06*p^2 + 2,66E-03*p - 0,52$
743	0	...	790	4,62	$+2,26E-06*p^2 - 2,66E-03*p + 0,52$
744	0	...	791	5,62	$+6,77E-06*p^2 - 7,99E-03*p + 1,56$
745	0	...	792	8,24	...
746	0	...	793	10,98	...
747	0	...	794	13,15	...
748	0	...	795	15,47	...
749	0	...	796	18,19	...
750	0	...	797	20,79	...
751	0	...	798	22,5	...
752	0	...	799	23,19	...
753	0	...	800	23,54	...
754	0	...	801	24,2	...
755	0	...	802	25,17	...
756	0	...	803	26,28	...
757	0	...	804	27,69	...
758	0	...	805	29,72	...
759	0	...	806	32,17	...
760	0	...	807	34,22	...
761	0	...	808	35,31	...
762	0	...	809	35,74	...
763	0	...	810	36,23	...
764	0	...	811	37,34	...
765	0	...	812	39,05	...
766	0	...	813	40,76	...
767	0	...	814	41,82	...
768	0	...	815	42,12	...
769	0	...	816	42,08	...
770	0	...	817	42,27	...
771	0	...	818	43,03	...
772	1,6	...	819	44,14	...
773	5,03	...	820	45,13	...
774	9,49	...	821	45,84	...
775	13	...	822	46,4	...
776	14,65	...	823	46,89	...
777	15,15	...	824	47,34	...
778	15,67	...	825	47,66	...
779	16,76	...	826	47,77	...
780	17,88	...	827	47,78	...
781	18,33	...	828	47,64	$+2,26E-06*p^2 - 2,66E-03*p + 0,52$
782	18,31	$+2,26E-06*p^2 - 2,66E-03*p + 0,52$	829	47,23	$-2,26E-06*p^2 + 2,66E-03*p - 0,52$
783	18,05	$-2,26E-06*p^2 + 2,66E-03*p - 0,52$	830	46,66	$-6,77E-06*p^2 + 7,99E-03*p - 1,56$
784	17,39	$-6,77E-06*p^2 + 7,99E-03*p - 1,56$	831	46,08	...
785	16,35	...	832	45,45	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
833	44,69	...	880	45,82	...
834	43,73	...	881	43,66	...
835	42,55	...	882	40,91	...
836	41,14	...	883	37,78	...
837	39,56	...	884	34,89	...
838	37,93	...	885	32,69	...
839	36,69	...	886	30,99	...
840	36,27	...	887	29,31	...
841	36,42	...	888	27,29	...
842	37,14	...	889	24,79	...
843	38,13	...	890	21,78	...
844	38,55	...	891	18,51	...
845	38,42	...	892	15,1	...
846	37,89	...	893	11,06	...
847	36,89	...	894	6,28	...
848	35,53	...	895	2,24	...
849	34,01	...	896	0	...
850	32,88	$-2,26E-06*p^2 + 2,66E-03*p - 0,52$	897	0	...
851	32,52	$+2,26E-06*p^2 - 2,66E-03*p + 0,52$	898	0	...
852	32,7	$+6,77E-06*p^2 - 7,99E-03*p + 1,56$	899	0	$-3,61E-06*p^2 + 4,12E-03*p - 0,93$
853	33,48	...	900	0	$-4,47E-07*p^2 + 2,44E-04*p - 0,31$
854	34,97	...	901	0	$+2,71E-06*p^2 - 3,63E-03*p + 0,32$
855	36,78	...	902	2,56	...
856	38,64	...	903	4,81	...
857	40,48	...	904	6,38	...
858	42,34	...	905	8,62	...
859	44,16	...	906	10,37	...
860	45,9	...	907	11,17	...
861	47,55	...	908	13,32	...
862	49,09	...	909	15,94	...
863	50,42	...	910	16,89	...
864	51,49	...	911	17,13	...
865	52,23	...	912	18,04	...
866	52,58	...	913	19,96	...
867	52,63	...	914	22,05	...
868	52,49	$+2,26E-06*p^2 - 2,66E-03*p + 0,52$	915	23,65	...
869	52,19	$-2,26E-06*p^2 + 2,66E-03*p - 0,52$	916	25,72	...
870	51,82	$-6,77E-06*p^2 + 7,99E-03*p - 1,56$	917	28,62	...
871	51,43	...	918	31,99	...
872	51,02	...	919	35,07	...
873	50,61	...	920	37,42	...
874	50,26	...	921	39,65	...
875	50,06	...	922	41,78	...
876	49,97	...	923	43,04	...
877	49,67	...	924	43,55	...
878	48,86	...	925	42,97	...
879	47,53	...	926	41,08	...



Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
927	40,38	...	974	54,59	...
928	40,43	...	975	54,92	...
929	40,4	...	976	55,69	...
930	40,25	...	977	56,51	...
931	40,32	...	978	56,73	+2,08E-06*p <sup>2</sup> -2,00E-03*p +0,46
932	40,8	...	979	56,33	+1,44E-06*p <sup>2</sup> -3,72E-04*p +0,61
933	41,71	...	980	55,38	+8,03E-07*p <sup>2</sup> +1,26E-03*p +0,75
934	43,16	...	981	54,99	...
935	44,84	...	982	54,75	...
936	46,42	...	983	54,11	...
937	47,91	...	984	53,32	...
938	49,08	...	985	52,41	...
939	49,66	...	986	51,45	...
940	50,15	...	987	50,86	...
941	50,94	...	988	50,48	...
942	51,69	...	989	49,6	...
943	53,5	...	990	48,55	...
944	55,9	...	991	47,87	...
945	57,11	...	992	47,42	...
946	57,88	...	993	46,86	...
947	58,63	...	994	46,08	...
948	58,75	...	995	45,07	...
949	58,26	...	996	43,58	...
950	58,03	...	997	41,04	...
951	58,28	...	998	38,39	...
952	58,67	...	999	35,69	...
953	58,76	...	1000	32,68	...
954	58,82	...	1001	29,82	...
955	59,09	...	1002	26,97	...
956	59,38	...	1003	24,03	...
957	59,72	...	1004	21,67	...
958	60,04	...	1005	20,34	...
959	60,13	+2,08E-06*p <sup>2</sup> -2,00E-03*p +0,46	1006	18,9	...
960	59,33	+1,44E-06*p <sup>2</sup> -3,72E-04*p +0,61	1007	16,21	...
961	58,52	+8,03E-07*p <sup>2</sup> +1,26E-03*p +0,75	1008	13,84	...
962	57,82	...	1009	12,25	...
963	56,68	...	1010	10,4	...
964	55,36	...	1011	7,94	...
965	54,63	...	1012	6,05	+1,48E-07*p <sup>2</sup> +2,76E-04*p +0,25
966	54,04	...	1013	5,67	-5,06E-07*p <sup>2</sup> -7,04E-04*p -0,26
967	53,15	...	1014	6,03	-1,16E-06*p <sup>2</sup> -1,68E-03*p -0,77
968	52,02	+1,44E-06*p <sup>2</sup> -3,72E-04*p +0,61	1015	7,68	...
969	51,37	+2,08E-06*p <sup>2</sup> -2,00E-03*p +0,46	1016	10,97	...
970	51,41	+2,71E-06*p <sup>2</sup> -3,63E-03*p +0,32	1017	14,72	...
971	52,2	...	1018	17,32	...
972	53,52	...	1019	18,59	...
973	54,34	...	1020	19,35	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1021	20,54	...	1068	48,32	...
1022	21,33	...	1069	47,97	...
1023	22,06	...	1070	47,92	-1,80E-06*p <sup>2</sup> -5,59E-05*p -0,62
1024	23,39	...	1071	47,54	-2,43E-06*p <sup>2</sup> +1,57E-03*p -0,48
1025	25,52	...	1072	46,79	-3,07E-06*p <sup>2</sup> +3,20E-03*p -0,34
1026	28,28	...	1073	46,13	...
1027	30,38	...	1074	45,73	...
1028	31,22	...	1075	45,17	...
1029	32,22	...	1076	44,43	...
1030	33,78	...	1077	43,59	...
1031	35,08	...	1078	42,68	...
1032	35,91	...	1079	41,89	...
1033	36,06	...	1080	41,09	...
1034	35,5	...	1081	40,38	...
1035	34,76	...	1082	39,99	...
1036	34,7	...	1083	39,84	...
1037	35,41	...	1084	39,46	...
1038	36,65	...	1085	39,15	...
1039	37,57	...	1086	38,9	...
1040	38,51	...	1087	38,67	...
1041	39,88	...	1088	39,03	...
1042	41,25	...	1089	40,37	...
1043	42,07	...	1090	41,03	...
1044	43,03	...	1091	40,76	...
1045	44,4	...	1092	40,02	...
1046	45,14	...	1093	39,6	...
1047	45,44	...	1094	39,37	...
1048	46,13	...	1095	38,84	...
1049	46,79	...	1096	37,93	...
1050	47,45	...	1097	37,19	...
1051	48,68	...	1098	36,21	-2,43E-06*p <sup>2</sup> +1,57E-03*p -0,48
1052	50,13	...	1099	35,32	-1,80E-06*p <sup>2</sup> -5,59E-05*p -0,62
1053	51,16	...	1100	35,56	-1,16E-06*p <sup>2</sup> -1,68E-03*p -0,77
1054	51,37	...	1101	36,96	...
1055	51,3	...	1102	38,12	...
1056	51,15	...	1103	38,71	...
1057	50,88	...	1104	39,26	...
1058	50,63	...	1105	40,64	...
1059	50,2	...	1106	43,09	...
1060	49,12	...	1107	44,83	...
1061	48,02	...	1108	45,33	...
1062	47,7	...	1109	45,24	...
1063	47,93	...	1110	45,14	...
1064	48,57	...	1111	45,06	...
1065	48,88	...	1112	44,82	...
1066	49,03	...	1113	44,53	...
1067	48,94	...	1114	44,77	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1115	45,6	...	1162	0	...
1116	46,28	...	1163	0	...
1117	47,18	...	1164	0	...
1118	48,49	...	1165	0	...
1119	49,42	...	1166	0	...
1120	49,56	...	1167	0	...
1121	49,47	...	1168	0	...
1122	49,28	...	1169	0	...
1123	48,58	...	1170	0	...
1124	48,03	...	1171	0	...
1125	48,2	...	1172	0	...
1126	48,72	...	1173	0	...
1127	48,91	...	1174	0	...
1128	48,93	...	1175	0	$-7,73E-07*p^2 + 5,68E-04*p + 0,07$
1129	49,05	...	1176	0	$+1,53E-06*p^2 - 2,06E-03*p + 0,47$
1130	49,23	...	1177	0	$+3,82E-06*p^2 - 4,70E-03*p + 0,87$
1131	49,28	$-1,80E-06*p^2 - 5,59E-05*p - 0,62$	1178	0	...
1132	48,84	$-2,43E-06*p^2 + 1,57E-03*p - 0,48$	1179	0	...
1133	48,12	$-3,07E-06*p^2 + 3,20E-03*p - 0,34$	1180	0	...
1134	47,8	...	1181	0	...
1135	47,42	...	1182	0	...
1136	45,98	...	1183	0	...
1137	42,96	...	1184	0	...
1138	39,38	...	1185	0	...
1139	35,82	...	1186	0	...
1140	31,85	...	1187	0	...
1141	26,87	...	1188	0	...
1142	21,41	...	1189	0	...
1143	16,41	...	1190	0	...
1144	12,56	...	1191	0	...
1145	10,41	...	1192	0	...
1146	9,07	...	1193	0	...
1147	7,69	...	1194	0	...
1148	6,28	...	1195	0	...
1149	5,08	...	1196	1,54	...
1150	4,32	...	1197	4,85	...
1151	3,32	...	1198	9,06	...
1152	1,92	...	1199	11,8	...
1153	1,07	...	1200	12,42	...
1154	0,66	...	1201	12,07	...
1155	0	...	1202	11,64	...
1156	0	...	1203	11,69	...
1157	0	...	1204	12,91	...
1158	0	...	1205	15,58	...
1159	0	...	1206	18,69	...
1160	0	...	1207	21,04	...
1161	0	...	1208	22,62	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1209	24,34	...	1256	75,37	...
1210	26,74	...	1257	75,01	+7,07E-06*p <sup>2</sup> -7,30E-03*p +1,19
1211	29,62	...	1258	74,55	+1,03E-05*p <sup>2</sup> -9,91E-03*p +1,51
1212	32,65	...	1259	73,8	+1,36E-05*p <sup>2</sup> -1,25E-02*p +1,83
1213	35,57	...	1260	72,71	...
1214	38,07	...	1261	71,39	...
1215	39,71	...	1262	70,02	...
1216	40,36	...	1263	68,71	...
1217	40,6	...	1264	67,52	...
1218	41,15	...	1265	66,44	...
1219	42,23	...	1266	65,45	...
1220	43,61	...	1267	64,49	...
1221	45,08	...	1268	63,54	...
1222	46,58	...	1269	62,6	...
1223	48,13	...	1270	61,67	...
1224	49,7	...	1271	60,69	...
1225	51,27	...	1272	59,64	...
1226	52,8	...	1273	58,6	...
1227	54,3	...	1274	57,64	...
1228	55,8	...	1275	56,79	...
1229	57,29	...	1276	55,95	...
1230	58,73	...	1277	55,09	...
1231	60,12	...	1278	54,2	...
1232	61,5	...	1279	53,33	...
1233	62,94	...	1280	52,52	...
1234	64,39	...	1281	51,75	...
1235	65,52	...	1282	50,92	...
1236	66,07	...	1283	49,9	...
1237	66,19	...	1284	48,68	...
1238	66,19	...	1285	47,41	...
1239	66,43	...	1286	46,5	+9,40E-06*p <sup>2</sup> -8,92E-03*p +1,50
1240	67,07	...	1287	46,22	+5,22E-06*p <sup>2</sup> -5,32E-03*p +1,16
1241	68,04	...	1288	46,44	+1,04E-06*p <sup>2</sup> -1,72E-03*p +0,82
1242	69,12	...	1289	47,35	...
1243	70,08	...	1290	49,01	...
1244	70,91	...	1291	50,93	...
1245	71,73	...	1292	52,79	...
1246	72,66	...	1293	54,66	...
1247	73,67	...	1294	56,6	...
1248	74,55	...	1295	58,55	...
1249	75,18	...	1296	60,47	...
1250	75,59	...	1297	62,28	...
1251	75,82	...	1298	63,9	...
1252	75,9	...	1299	65,2	...
1253	75,92	...	1300	66,02	...
1254	75,87	...	1301	66,39	...
1255	75,68	...	1302	66,74	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1303	67,43	...	1350	66,97	...
1304	68,44	...	1351	67,85	...
1305	69,52	...	1352	68,74	...
1306	70,53	...	1353	69,45	...
1307	71,47	...	1354	69,92	...
1308	72,32	...	1355	70,24	...
1309	72,89	...	1356	70,49	...
1310	73,07	...	1357	70,63	...
1311	73,03	...	1358	70,68	...
1312	72,94	...	1359	70,65	...
1313	73,01	...	1360	70,49	+4,29E-06*p <sup>2</sup> -4,33E-03*p +1,14
1314	73,44	...	1361	70,09	+7,54E-06*p <sup>2</sup> -6,94E-03*p +1,46
1315	74,19	...	1362	69,35	+1,08E-05*p <sup>2</sup> -9,54E-03*p +1,78
1316	74,81	...	1363	68,27	...
1317	75,01	...	1364	67,09	...
1318	74,99	...	1365	65,96	...
1319	74,79	...	1366	64,87	...
1320	74,41	...	1367	63,79	...
1321	74,07	...	1368	62,82	+7,54E-06*p <sup>2</sup> -6,94E-03*p +1,46
1322	73,77	...	1369	63,03	+4,29E-06*p <sup>2</sup> -4,33E-03*p +1,14
1323	73,38	...	1370	63,62	+1,04E-06*p <sup>2</sup> -1,72E-03*p +0,82
1324	72,79	...	1371	64,8	...
1325	71,95	...	1372	65,5	...
1326	71,06	...	1373	65,33	+4,29E-06*p <sup>2</sup> -4,33E-03*p +1,14
1327	70,45	...	1374	63,83	+7,54E-06*p <sup>2</sup> -6,94E-03*p +1,46
1328	70,23	...	1375	62,44	+1,08E-05*p <sup>2</sup> -9,54E-03*p +1,78
1329	70,24	...	1376	61,2	...
1330	70,32	...	1377	59,58	...
1331	70,3	...	1378	57,68	...
1332	70,05	...	1379	56,4	...
1333	69,66	...	1380	54,82	...
1334	69,26	+4,29E-06*p <sup>2</sup> -4,33E-03*p +1,14	1381	52,77	+8,89E-06*p <sup>2</sup> -8,29E-03*p +2,21
1335	68,73	+7,54E-06*p <sup>2</sup> -6,94E-03*p +1,46	1382	52,22	+6,99E-06*p <sup>2</sup> -7,03E-03*p +2,63
1336	67,88	+1,08E-05*p <sup>2</sup> -9,54E-03*p +1,78	1383	52,48	+5,09E-06*p <sup>2</sup> -5,77E-03*p +3,06
1337	66,68	...	1384	52,74	...
1338	65,29	...	1385	53,14	...
1339	63,95	...	1386	53,03	...
1340	62,84	+7,54E-06*p <sup>2</sup> -6,94E-03*p +1,46	1387	52,55	...
1341	62,21	+4,29E-06*p <sup>2</sup> -4,33E-03*p +1,14	1388	52,19	...
1342	62,04	+1,04E-06*p <sup>2</sup> -1,72E-03*p +0,82	1389	51,09	...
1343	62,26	...	1390	49,88	...
1344	62,87	...	1391	49,37	...
1345	63,55	...	1392	49,26	...
1346	64,12	...	1393	49,37	...
1347	64,73	...	1394	49,88	...
1348	65,45	...	1395	50,25	...
1349	66,18	...	1396	50,17	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1397	50,5	...	1444	75,81	...
1398	50,83	...	1445	77,24	...
1399	51,23	...	1446	78,63	...
1400	51,67	...	1447	79,32	...
1401	51,53	...	1448	80,2	...
1402	50,17	...	1449	81,67	...
1403	49,99	...	1450	82,11	...
1404	50,32	...	1451	82,91	...
1405	51,05	...	1452	83,43	...
1406	51,45	...	1453	83,79	...
1407	52	...	1454	83,5	...
1408	52,3	...	1455	84,01	...
1409	52,22	...	1456	83,43	...
1410	52,66	...	1457	82,99	...
1411	53,18	...	1458	82,77	...
1412	53,8	...	1459	82,33	...
1413	54,53	...	1460	81,78	...
1414	55,37	...	1461	81,81	...
1415	56,29	...	1462	81,05	...
1416	57,31	...	1463	80,72	$-6,93E-06*p^2 + 5,24E-03*p - 1,21$
1417	57,94	...	1464	80,61	$-1,05E-05*p^2 + 8,45E-03*p - 1,74$
1418	57,86	...	1465	80,46	$-1,42E-05*p^2 + 1,17E-02*p - 2,27$
1419	57,75	...	1466	80,42	...
1420	58,67	...	1467	80,42	...
1421	59,4	...	1468	80,24	...
1422	59,69	...	1469	80,13	...
1423	60,02	...	1470	80,39	...
1424	60,21	...	1471	80,72	...
1425	60,83	...	1472	81,01	...
1426	61,16	...	1473	81,52	...
1427	61,6	...	1474	82,4	...
1428	62,15	...	1475	83,21	...
1429	62,7	$+2,29E-06*p^2 - 3,17E-03*p + 1,81$	1476	84,05	...
1430	63,65	$-5,13E-07*p^2 - 5,70E-04*p + 0,57$	1477	84,85	...
1431	64,27	$-3,31E-06*p^2 + 2,03E-03*p - 0,68$	1478	85,42	...
1432	64,31	...	1479	86,18	...
1433	64,13	...	1480	86,45	...
1434	64,27	...	1481	86,64	...
1435	65,22	...	1482	86,57	...
1436	66,25	...	1483	86,43	...
1437	67,09	...	1484	86,58	...
1438	68,37	...	1485	86,8	...
1439	69,36	...	1486	86,65	...
1440	70,57	...	1487	86,14	...
1441	71,89	...	1488	86,36	...
1442	73,35	...	1489	86,32	...
1443	74,64	...	1490	86,25	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1491	85,92	...	1538	87,54	...
1492	86,14	...	1539	87,25	...
1493	86,36	...	1540	87,04	...
1494	86,25	...	1541	86,98	...
1495	86,5	...	1542	87,05	...
1496	86,14	...	1543	87,1	...
1497	86,29	...	1544	87,25	...
1498	86,4	...	1545	87,25	...
1499	86,36	...	1546	87,07	...
1500	85,63	...	1547	87,29	...
1501	86,03	...	1548	87,14	...
1502	85,92	...	1549	87,03	...
1503	86,14	...	1550	87,25	...
1504	86,32	...	1551	87,03	...
1505	85,92	...	1552	87,03	...
1506	86,11	...	1553	87,07	...
1507	85,91	...	1554	86,81	...
1508	85,83	...	1555	86,92	...
1509	85,86	$-1,09E-05*p^2 + 9,06E-03*p - 1,95$	1556	86,66	...
1510	85,5	$-7,66E-06*p^2 + 6,45E-03*p - 1,63$	1557	86,92	...
1511	84,97	$-4,41E-06*p^2 + 3,84E-03*p - 1,31$	1558	86,59	...
1512	84,8	...	1559	86,92	...
1513	84,2	...	1560	86,59	...
1514	83,26	...	1561	86,88	...
1515	82,77	...	1562	86,7	...
1516	81,78	...	1563	86,81	...
1517	81,16	...	1564	86,81	...
1518	80,42	...	1565	86,81	...
1519	79,21	...	1566	86,81	...
1520	78,83	...	1567	86,99	...
1521	78,52	$-5,24E-06*p^2 + 4,57E-03*p - 1,18$	1568	87,03	...
1522	78,52	$-6,08E-06*p^2 + 5,30E-03*p - 1,06$	1569	86,92	...
1523	78,81	$-6,91E-06*p^2 + 6,04E-03*p - 0,93$	1570	87,1	...
1524	79,26	...	1571	86,85	...
1525	79,61	...	1572	87,14	...
1526	80,15	...	1573	86,96	...
1527	80,39	...	1574	86,85	...
1528	80,72	...	1575	86,77	...
1529	81,01	...	1576	86,81	...
1530	81,52	...	1577	86,85	...
1531	82,4	...	1578	86,74	...
1532	83,21	...	1579	86,81	...
1533	84,05	...	1580	86,7	...
1534	85,15	...	1581	86,52	...
1535	85,92	...	1582	86,7	...
1536	86,98	...	1583	86,74	...
1537	87,45	...	1584	86,81	...

Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1585	86,85	...	1632	86,99	...
1586	86,92	...	1633	86,92	...
1587	86,88	...	1634	87,1	...
1588	86,85	...	1635	86,85	...
1589	87,1	...	1636	86,92	...
1590	86,81	...	1637	86,77	...
1591	86,99	...	1638	86,88	...
1592	86,81	...	1639	86,63	...
1593	87,14	...	1640	86,85	...
1594	86,81	...	1641	86,63	...
1595	86,85	...	1642	86,77	$-6,00E-06*p^2 + 5,11E-03*p - 0,41$
1596	87,03	...	1643	86,77	$-5,09E-06*p^2 + 4,19E-03*p + 0,10$
1597	86,92	...	1644	86,55	$-4,18E-06*p^2 + 3,26E-03*p + 0,61$
1598	87,14	...	1645	86,59	...
1599	86,92	...	1646	86,55	...
1600	87,03	...	1647	86,7	...
1601	86,99	...	1648	86,44	...
1602	86,96	...	1649	86,7	...
1603	87,03	...	1650	86,55	...
1604	86,85	...	1651	86,33	...
1605	87,1	...	1652	86,48	...
1606	86,81	...	1653	86,19	...
1607	87,03	...	1654	86,37	...
1608	86,77	...	1655	86,59	...
1609	86,99	...	1656	86,55	...
1610	86,96	...	1657	86,7	...
1611	86,96	...	1658	86,63	...
1612	87,07	...	1659	86,55	...
1613	86,96	...	1660	86,59	...
1614	86,92	...	1661	86,55	...
1615	87,07	...	1662	86,7	...
1616	86,92	...	1663	86,55	...
1617	87,14	...	1664	86,7	...
1618	86,96	...	1665	86,52	...
1619	87,03	...	1666	86,85	...
1620	86,85	...	1667	86,55	...
1621	86,77	...	1668	86,81	...
1622	87,1	...	1669	86,74	...
1623	86,92	...	1670	86,63	...
1624	87,07	...	1671	86,77	...
1625	86,85	...	1672	87,03	...
1626	86,81	...	1673	87,07	...
1627	87,14	...	1674	86,92	...
1628	86,77	...	1675	87,07	...
1629	87,03	...	1676	87,18	...
1630	86,96	...	1677	87,32	...
1631	87,1	...	1678	87,36	...



Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %	Время с	Скорость автомобил я км/ч	Уклон дороги %
1679	87,29	...	1726	86,48	$-7,56E-06*p^2 + 6,56E-03*p - 0,83$
1680	87,58	$-6,58E-06*p^2 + 5,65E-03*p - 0,51$	1727	86,33	...
1681	87,61	$-8,97E-06*p^2 + 8,04E-03*p - 1,64$	1728	86,3	...
1682	87,76	$-1,14E-05*p^2 + 1,04E-02*p - 2,77$	1729	86,44	...
1683	87,65	...	1730	86,33	...
1684	87,61	...	1731	86	...
1685	87,65	...	1732	86,33	...
1686	87,65	...	1733	86,22	...
1687	87,76	...	1734	86,08	...
1688	87,76	...	1735	86,22	...
1689	87,8	...	1736	86,33	...
1690	87,72	...	1737	86,33	...
1691	87,69	...	1738	86,26	...
1692	87,54	...	1739	86,48	...
1693	87,76	...	1740	86,48	...
1694	87,5	...	1741	86,55	...
1695	87,43	...	1742	86,66	...
1696	87,47	...	1743	86,66	...
1697	87,5	...	1744	86,59	...
1698	87,5	...	1745	86,55	...
1699	87,18	...	1746	86,74	$-4,31E-06*p^2 + 3,96E-03*p - 0,51$
1700	87,36	...	1747	86,21	$-1,06E-06*p^2 + 1,35E-03*p - 0,19$
1701	87,29	...	1748	85,96	$+2,19E-06*p^2 - 1,26E-03*p + 0,13$
1702	87,18	...	1749	85,5	...
1703	86,92	...	1750	84,77	...
1704	87,36	...	1751	84,65	...
1705	87,03	...	1752	84,1	...
1706	87,07	...	1753	83,46	...
1707	87,29	...	1754	82,77	...
1708	86,99	...	1755	81,78	...
1709	87,25	...	1756	81,16	...
1710	87,14	...	1757	80,42	...
1711	86,96	...	1758	79,21	...
1712	87,14	...	1759	78,48	...
1713	87,07	...	1760	77,49	...
1714	86,92	...	1761	76,69	...
1715	86,88	...	1762	75,92	...
1716	86,85	...	1763	75,08	...
1717	86,92	...	1764	73,87	...
1718	86,81	...	1765	72,15	...
1719	86,88	...	1766	69,69	...
1720	86,66	...	1767	67,17	...
1721	86,92	...	1768	64,75	...
1722	86,48	...	1769	62,55	...
1723	86,66	...	1770	60,32	...
1724	86,74	$-1,01E-05*p^2 + 9,14E-03*p - 2,12$	1771	58,45	...
1725	86,37	$-8,83E-06*p^2 + 7,85E-03*p - 1,47$	1772	56,43	...

<i>Время с</i>	<i>Скорость автoмo- биля км/ч</i>	<i>Уклон дороги %</i>	<i>Время с</i>	<i>Скорость автoмo- биля км/ч</i>	<i>Уклон дороги %</i>
1773	54,35	...	1787	19,01	...
1774	52,22	...	1788	15,05	...
1775	50,25	...	1789	12,09	...
1776	48,23	...	1790	9,49	...
1777	46,51	...	1791	6,81	...
1778	44,35	...	1792	4,28	...
1779	41,97	...	1793	2,09	...
1780	39,33	...	1794	0,88	...
1781	36,48	...	1795	0,88	...
1782	33,8	...	1796	0	...
1783	31,09	...	1797	0	...
1784	28,24	...	1798	0	...
1785	26,81	...	1799	0	...
1786	23,33	...	1800	0	...

## Приложение 2

### Эталонные сорта топлива

#### А.2.1 Эталонное дизельное топливо Европы

Параметр	Единица измерения	Пределы <sup>1</sup>		Метод испытания	
		Минимум	Максимум		
Цетановое число		52	54	ISO 5165	
Плотность при 15° С	кг/м <sup>3</sup>	833	837	ISO 3675	
Перегонка:					
- 50% объема	°С	245		ISO 3405	
- 95% объема	°С	345	350		
- конечная точка кипения	°С		370		
Температура вспышки	°С	55		ISO 2719	
Точка закупорки холодного фильтра	°С		-5	EN 116	
Кинематическая вязкость при 40° С	мм <sup>2</sup> /с	2,3	3,3	ISO 3104	
Полициклические ароматические углеводороды	% (массовая доля)	2,0	6,0	EN 12916	
Углеродистый остаток по Конрадсону (10% DR)	% (массовая доля)		0,2	ISO 10370	
Содержание золы	% (массовая доля)		0,01	EN-ISO 6245	
Содержание воды	% (массовая доля)		0,02	EN-ISO 12937	
Содержание серы	мг/кг		10	EN-ISO 14596	
Окисление медной пластины при 50° С			1	EN-ISO 2160	
Смазывающая способность (HFRR при 60° С)	мкм		400	CEC F-06-A-96	
Индекс нейтрализации	мг КОН/г		0,02		
Устойчивость к окислению при 110° С <sup>2,3</sup>	ч	20		EN 14112	
Присадки на основе метиловых эфиров жирных кислот (FAME) <sup>4</sup>	% объема	4,5	5,5	EN 14078	

<sup>1</sup> Значения, указанные в спецификации, являются "истинными значениями". При определении предельных значений были использованы условия стандарта ISO 4259 "Нефтепродукты. Определение и применение данных о точности методов испытания", а при установлении минимального значения принималась во внимание минимальная разность 2R выше нулевого значения. При установлении максимального и минимального значений минимальная разность составляет 4R (R – воспроизводимость).

Независимо от этой меры, которая необходима по статистическим соображениям, изготовителю топлива следует, тем не менее, стремиться к нулевому значению в том случае, когда предусмотренное максимальное значение равняется 2R, и к среднему значению в случае ссылки на максимальный и минимальный пределы. Если необходимо уточнить вопрос о том, соответствует ли топливо требованиям спецификации, следует применять условия стандарта ISO 4259.

<sup>2</sup> Несмотря на контроль устойчивости к окислению, вполне вероятно, что срок годности будет ограничен. Информация о рекомендуемых условиях хранения и о сроках годности должна запрашиваться у поставщика.

<sup>3</sup> Стойкость к окислению может быть подтверждена на основе стандартов EN-ISO 12205 или EN 14112. Это требование пересматривается на основе оценок стойкости к окислению и условий испытания ТК-19 ЕКС (CEN/TC19).

<sup>4</sup> Качество присадок на основе FAME в соответствии с EN 14114 (ASTM D 6751).

<sup>5</sup> Применяется последний вариант соответствующего метода проведения испытания.

#### A.2.2 Эталонное дизельное топливо 2-D Соединенных Штатов Америки

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° С	кг/м <sup>3</sup>	ASTM D 1298	840	865
Перегонка		ASTM D 86		
начальная точка кипения	°С		171	204
10% объема	°С		204	238
50% объема	°С		243	282
90% объема	°С		293	332
конечная точка кипения	°С		321	366
Температура вспышки	°С	ASTM D 93	54	-
Кинематическая вязкость при 37,9° С	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	-

А.2.3 Эталонное дизельное топливо Японии

Параметры	Единица	Метод испытания	Сорт 1		Сорт 2		Сертифицированный дизель	
			мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Цетановое число		ISO 4264	50	-	45	-	53	57
Плотность при 15° С	кг/м <sup>3</sup>		-	-	-	-	824	840
Перегонка		ISO 3405						
50% объема	°С		-	-	-	-	255	295
90% объема	°С		-	360	-	350	300	345
конечная точка	°С		-	-	-	-	-	370
Температура вспышки	°С	ISO 3405	50	-	50	-	58	-
Температура закупорки холодного фильтра	°С	ICS 75.160.20	-	-1	-	-5	-	-
Точка текучести	°С	ISO 3015	-	-2,5	-	-7,5	-	-
Кинематическая вязкость при 30 °С	мм <sup>2</sup> /с	ISO 2909	2,7	-	2,5	-	3,0	4,5
Массовая доля серы	%	ISO 4260	-	0,001	-	0,001	-	0,001
Объемная доля всех ароматических веществ	% объема	HPLC	-	-	-	-	-	25
Объемная доля поли- ароматических веществ	% объема	HPLC	-	-	-	-	-	5,0
Массовая доля углеродного остатка (10-процентный осадок)	мг	ISO 4260	-	0,1	-	0,1	-	-

## Приложение 3

### Измерительная аппаратура

А.3.1 В настоящем приложении содержатся основные требования и общее описание систем отбора проб и анализа для измерения выбросов газообразных загрязнителей и твердых частиц. Поскольку эквивалентные результаты можно получить при различных конфигурациях, точного соблюдения схем, показанных на рисунках в настоящем приложении, не требуется. Для получения дополнительной информации и координации функций взаимодействующих систем могут использоваться такие компоненты, как измерительные приборы, клапаны, соленоиды, насосы, регуляторы расхода и переключатели. Другие компоненты, которые не требуются для обеспечения необходимой точности работы отдельных систем, могут исключаться, если отказ от их использования основан на проверенной технической практике.

А.3.1.1 Аналитическая система

А.3.1.2 Описание аналитической системы

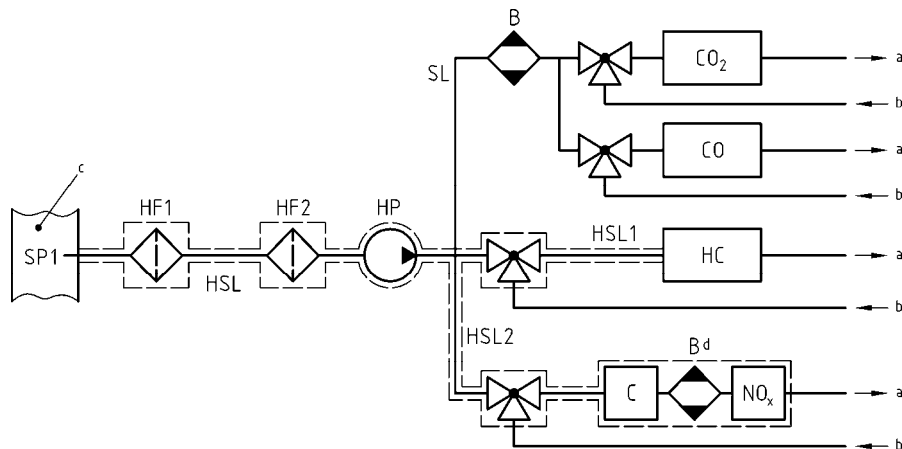
Описываемая ниже аналитическая система для определения выбросов газообразных веществ в первичных (рис. 9) или разбавленных (рис. 10) отработавших газах основана на использовании:

- а) анализатора HFID или FID для измерения содержания углеводородов;
- б) анализаторов NDIR для измерения содержания оксида углерода и диоксида углерода;
- в) анализатора HCLD или CLD для измерения содержания оксидов азота.

Отбор проб для анализа всех компонентов следует проводить с помощью одного пробоотборника; затем проба разделяется внутри системы и направляется в различные анализаторы. Допускается использование двух пробоотборников, расположенных в непосредственной близости друг от друга. Необходимо следить за тем, чтобы ни в одной точке аналитической системы не происходила конденсация компонентов отработавших газов (включая воду и серную кислоту).

Рис. 9

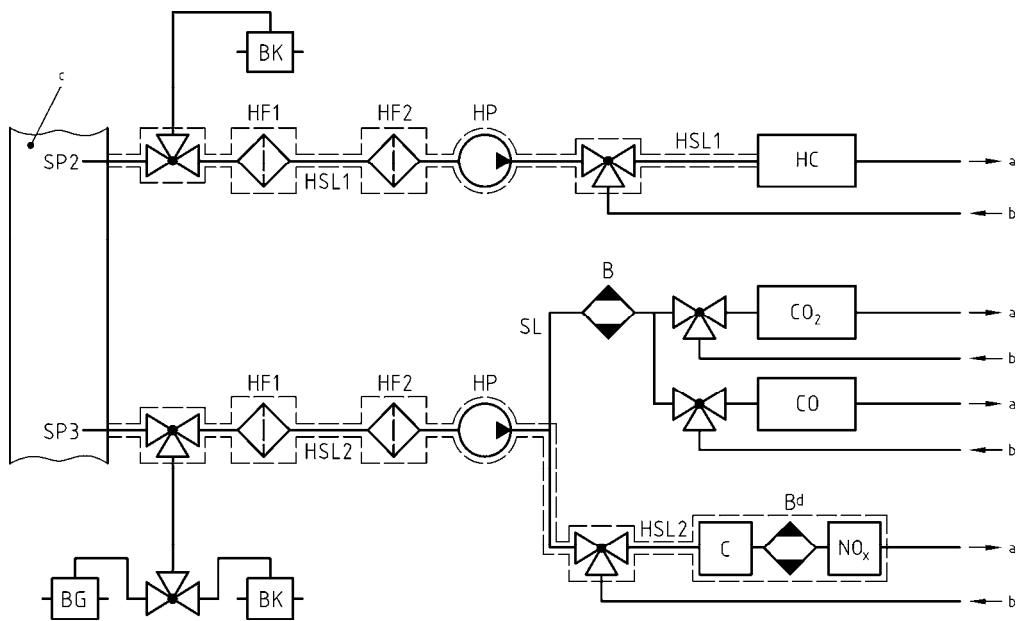
**Принципиальная схема системы анализа первичных отработавших газов для измерения содержания CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и HC**



a – в атмосферу b – нулевой, поверочный газ c – выхлопная труба  
 d – факультативно

Рис. 10

**Принципиальная схема системы анализа разбавленных отработавших газов для измерения содержания CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и HC**



a – в атмосферу b – нулевой, поверочный газ c – смесительный канал d – факультативно

A.3.1.3 Компоненты, показанные на рис. 9 и рис. 10

EP Выхлопная труба

SP Пробоотборник для первичных отработавших газов (только рис. 9)

Рекомендуется использовать прямой пробоотборник из нержавеющей стали с несколькими отверстиями и заглушенным торцом. Внутренний диаметр пробоотборника не должен превышать внутренний диаметр пробоотборной магистрали. Толщина стенок пробоотборника не должна превышать 1 мм. В трех различных радиальных плоскостях должно быть не менее трех отверстий, имеющих размеры, обеспечивающие отбор проб приблизительно в одинаковом режиме потока. Сечение пробоотборника должно составлять не менее 80% диаметра выхлопной трубы. Допускается использование одного или двух пробоотборников.

SP2 Пробоотборник для анализа HC в разбавленных отработавших газах (только рис. 10)

Пробоотборник должен:

- a) рассматриваться в качестве первого участка подогреваемой пробоотборной магистрали HSL1 и занимать ее отрезок длиной 254–762 мм;
- b) иметь внутренний диаметр не менее 5 мм;
- c) быть установлен в смесительном канале DT (рис. 15) в точке, где обеспечивается хорошее перемешивание разбавляющего воздуха и отработавших газов (т.е. на расстоянии, равном приблизительно 10 диаметрам канала по направлению потока от точки, в которой отработавшие газы входят в смесительный канал);
- d) находиться на достаточном удалении (по радиусу) от других пробоотборников и стенок канала, с тем чтобы не подвергаться воздействию любых турбулентных потоков или завихрений;
- e) подогреваться таким образом, чтобы температура газового потока повышалась до  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) на выходе из пробоотборника, либо до  $385 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $112 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) в случае двигателей с принудительным зажиганием;
- f) не подогреваться в случае измерения с помощью FID (в холодном состоянии).

SP3 Пробоотборник для анализа CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> в разбавленных отработавших газах (только рис. 10)

Пробоотборник должен:

- a) находиться в той же плоскости, что и SP2;
- b) находиться на достаточном удалении (по радиусу) от других пробоотборников и стенок канала, с тем чтобы не подвергаться воздействию любых турбулентных потоков или завихрений;
- c) быть изолированным и подогреваться по всей длине до температуры не менее 328 K (55 °C) для предотвращения конденсации влаги.



HF1 Подогреваемый первичный фильтр (факультативно)

Поддерживается такая же температура, как и для HSL1.

HF2 Подогреваемый фильтр

Фильтр должен осаждать любые твердые частицы из пробы газа до ее попадания в анализатор. Поддерживается такая же температура, как и для HSL1. Фильтр подлежит замене по мере необходимости.

HSL1 Подогреваемая пробоотборная магистраль

По пробоотборной магистрали проба газа перетекает из единого пробоотборника к точке(ам) разделения потока и в анализатор 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 (тефлона);
- c) поддерживать температуру стенок в пределах  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ), измеряемую в каждой отдельно контролируемой подогреваемой секции, при температуре отработавших газов в пробоотборнике не более  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- d) поддерживать температуру стенок на уровне более  $453 \text{ K}$  ( $180 \text{ }^\circ\text{C}$ ) при температуре отработавших газов в пробоотборнике выше  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- e) поддерживать температуру газа в пределах  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) непосредственно перед подогреваемым фильтром HF2 и детектором HFID.

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

Пробоотборная магистраль должна:

- a) поддерживать температуру стенок в диапазоне  $328 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C} - 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) вплоть до конвертера в случае измерения на сухой основе и до анализатора в случае измерения на влажной основе;
- b) быть изготовлена из нержавеющей стали или политетрафторэтилена (тефлона).

HP Подогреваемый насос для перекачки проб

Насос подогревается до температуры HSL.

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

Магистраль должна быть изготовлена из политетрафторэтилена (тефлона) или нержавеющей стали. Она может быть подогреваемой или не подогреваемой.

HC Анализатор HFID

Нагреваемый плазменно-ионизационный детектор (HFID) или плазменно-ионизационный детектор (FID) для определения содержания углеводородов. Температура HFID поддерживается в диапазоне  $453 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $180 \text{ }^\circ\text{C} - 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

CO, CO<sub>2</sub>    Анализатор NDIR

Анализаторы NDIR для определения содержания оксида углерода и диоксида углерода (факультативно – для определения коэффициента разбавления при измерении концентрации ТЧ).

NO<sub>x</sub>    Анализатор CLD или анализатор NDUV

Анализатор CLD, HCLD или NDUV для определения содержания оксидов азота. При использовании HCLD температура поддерживается в диапазоне 328 К – 473 К (55 °С – 200 °С).

В   осушитель для проб (факультативно – для измерения NO)

Для охлаждения и конденсации влаги из проб отработавших газов. Использование ванны факультативно, если на работу анализатора не влияет водяной пар в соответствии с пунктом 9.3.9.2.2. Если влага удаляется методом конденсации, то необходимо контролировать температуру пробы газа или точку росы либо во влагоотделителе, либо ниже по направлению потока. Температура пробы газа или точка росы не должны превышать 280 К (7 °С). Использование химических осушителей для удаления влаги из пробы не допускается.

ВК   Мешок для определения фоновой концентрации (факультативно; только рис. 10)

Для измерения фоновых концентраций.

BG   Мешок для отбора проб (факультативно; только рис. 10)

Для измерения концентраций проб.

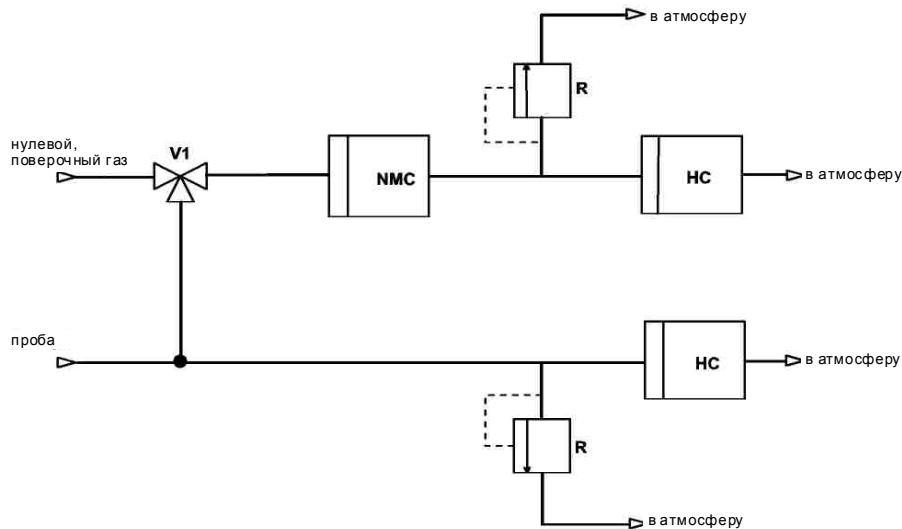
А.3.1.4   Метод отделения неметановых фракций (NMC)

Отделитель окисляет все углеводороды, за исключением CH<sub>4</sub>, превращая их в CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, так что при прохождении пробы через NMC детектор HFID регистрирует только CH<sub>4</sub>. В дополнение к обычной схеме отбора проб HC (см. рис. 9 и рис. 10) устанавливается вторая линия отбора проб HC, оснащенная отделителем, как показано на рис. 11. Это позволяет одновременно измерять общее содержание HC, CH<sub>4</sub> и NMHC.

Прежде чем использовать отделитель в испытаниях необходимо при температуре 600 К (327 °С) или выше получить характеристики его каталитического воздействия на CH<sub>4</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> при соответствующих значениях H<sub>2</sub>O, типичных для потока отработавших газов. Необходимо также знать точку росы и уровень содержания O<sub>2</sub> в потоке отработавших газов пробы. Относительная чувствительность FID к CH<sub>4</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> определяется в соответствии с пунктом 9.3.8.

Рис. 11

**Принципиальная схема системы анализа на содержание метана с помощью NMC**



**А.3.1.5 Компоненты, показанные на рис. 11**

**NMC** Отделитель неметановых фракций

Для окисления всех углеводородов, за исключением метана.

**HC**

Нагреваемый плазменно-ионизационный детектор (HFID) или плазменно-ионизационный детектор (FID) для измерения концентраций HC и CH<sub>4</sub>. Температура HFID поддерживается в диапазоне 453 К – 473 К (180 °С – 200 °С).

**V1** Селекторный клапан

Для подачи по выбору нулевого и поверочного газа.

**R** Регулятор давления

Для регулирования давления в пробоотборной магистрали и управления потоком газов, поступающих в HFID.

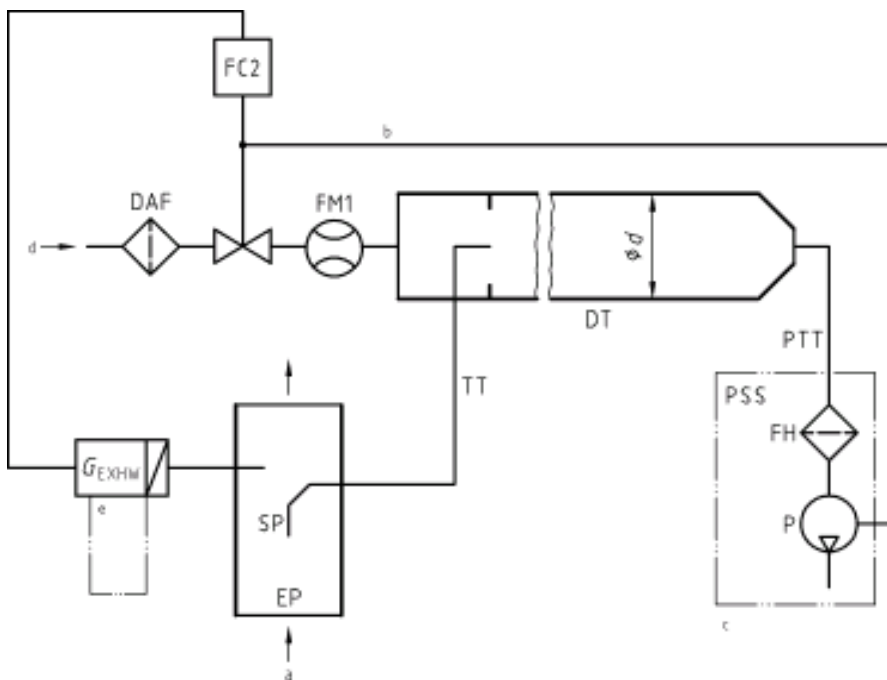
**А.3.2 Система разбавления и отбора проб твердых частиц**

**А.3.2.1 Описание системы частичного разбавления потока**

Описанная ниже система разбавления основана на разбавлении части потока отработавших газов. Разделение потока отработавших газов и последующий процесс разбавления могут осуществляться с помощью систем разбавления различных типов. Для последующего сбора твердых частиц весь поток разбавленных отработавших газов или только часть разбавленных отработавших газов направляется в систему отбора проб твердых частиц. Первый метод называется методом полного отбора проб, а второй – методом частичного отбора проб. Способ расчета коэффициента разбавления зависит от типа используемой системы.

В случае системы с полным отбором проб, показанной на рис. 12, первичные отработавшие газы направляются из выхлопной трубы EP в смесительный канал DT через пробоотборник SP и отводящий патрубок TT. Полный поток через канал контролируется с помощью регулятора расхода FC2 и насоса для подачи проб P системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16). Поток разбавляющего воздуха контролируется регулятором расхода FC1, который может использовать  $q_{mew}$  или  $q_{maw}$  и  $q_{mf}$  в качестве сигналов подачи команд для требуемого разделения потока отработавших газов. Расход пробы в DT представляет собой разность суммарного расхода и расхода разбавляющего воздуха. Расход разбавляющего воздуха измеряется с помощью расходомера FM1, а суммарный расход – с помощью расходомера FM3 системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16). Коэффициент разбавления рассчитывается по этим двум показателям расхода.

Рис. 12  
 Схема системы частичного разбавления потока  
 (с полным отбором проб)

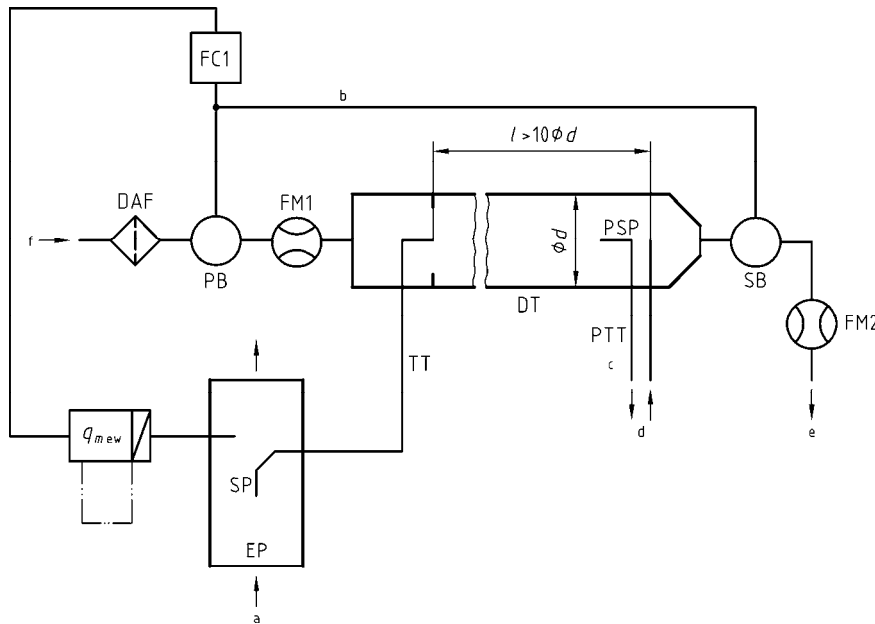


a – отработавшие газы b – факультативно c – более подробно см. рис. 16

При использовании системы с частичным отбором проб, показанной на рис. 13, первичные отработавшие газы направляются из выхлопной трубы EP в смесительный канал DT через пробоотборник SP и отводящий патрубок TT. Полный поток через канал контролируется с помощью регулятора расхода FC1, подсоединенного либо к насосу, нагнетающему разбавляющий воздух в канал, по которому проходит полный поток, либо к вытяжному насосу. Регулятор расхода FC1 может использовать  $q_{mew}$  или  $q_{maw}$  и  $q_{mf}$  в качестве сигналов подачи команд для требуемого разделения потока отработавших газов. Расход пробы в DT представляет собой разность суммарного расхода и расхода разбавляющего воздуха. Расход раз-

бавляющего воздуха измеряется с помощью расходомера FM1, а суммарный расход – с помощью расходомера FM2. Коэффициент разбавления рассчитывается по этим двум показателям расхода. Пробы твердых частиц отбираются из DT с помощью системы отбора проб твердых частиц (см. рис. 16).

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



а – отработавшие газы б – в PB или SB с – более подробно см. рис. 16 d – в систему отбора проб твердых частиц e – в атмосферу

**А.3.2.2 Компоненты, показанные на 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 участками с отношением длины к диаметру не более 12. Для уменьшения инерционных отложений количество изгибов сводится к минимуму. Если в систему входит глушитель испытательного стенда, то его также можно изолировать. На участке длиной, соответствующей шести диаметрам трубы до наконечника пробоотборника и трем диаметрам трубы за ним, рекомендуется использовать прямую трубу.

**SP** Пробоотборник

Пробоотборник должен быть одного из следующих типов:

- a) патрубок с открытым торцом, обращенным навстречу потоку и расположенным на осевой линии выхлопной трубы;
- b) патрубок с открытым торцом, обращенным по направлению потока и расположенным на осевой линии выхлопной трубы;

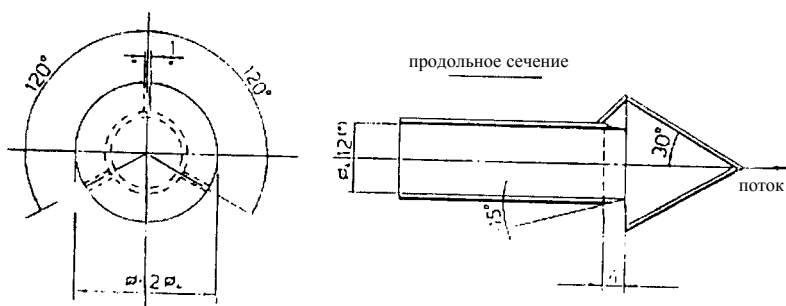
- с) пробоотборник с несколькими отверстиями, соответствующий описанию SP в пункте А.3.1.3;
- д) пробоотборник с коническим наконечником, обращенным навстречу потоку и расположенным на осевой линии выхлопной трубы, как показано на рис. 14.

Минимальный внутренний диаметр наконечника пробоотборника должен составлять 4 мм. Минимальное отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру 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**



**ТТ Отводящий патрубок отработавших газов**

Отводящий патрубок должен иметь как можно меньшую длину, но

- а) его длина не должна превышать 0,26 м, если изолировано 80% его общей длины, измеряемой от конечной точки пробоотборника до зоны разбавления

или

- б) его длина не должна превышать 1 м, если нагревается до температуры свыше 150 °С 90% его общей длины, измеряемой от конечной точки пробоотборника до зоны разбавления.

Его диаметр не должен быть меньше диаметра пробоотборника, однако он не должен превышать 25 мм и должен достигать своей концевой частью осевой линии смесительного канала в направлении по движению потока.

Что касается подпункта а), то изоляция должна обеспечиваться при помощи материала с максимальной теплопроводностью 0,05 Вт/м·К и толщиной по радиусу, соответствующей диаметру пробоотборника.

#### FC1 Регулятор расхода

Регулятор расхода используется для регулирования потока разбавляющего воздуха, проходящего через нагнетательный насос PB и/или вытяжной насос SB. К нему могут быть подведены сигналы от датчика расхода отработавших газов, указанные в пункте 8.4.1. Регулятор расхода может устанавливаться до или после соответствующего насоса. При подаче воздуха под давлением регулирование потока воздуха производится непосредственно FC1.

#### FM1 Расходомер

Газомер или другое устройство для измерения расхода разбавителя. FM1 является факультативным прибором, если нагнетательный насос PB откалиброван для измерения расхода.

#### DAF Фильтр разбавителя

Разбавитель (окружающий воздух, синтетический воздух или азот) фильтруется с помощью фильтра тонкой очистки (HEPA), у которого первоначальная эффективность улавливания составляет не менее 99,97% согласно EN 1822-1 (фильтр класса H14 или выше), ASTM F 1471-93 или эквивалентному стандарту.

FM2 Расходомер (для систем с частичным отбором проб, только рис. 13)

Газомер или другое устройство для измерения расхода разбавленных отработавших газов. FM2 является факультативным прибором, если вытяжной насос SB откалиброван для измерения расхода.

PB Нагнетательный насос (для систем с частичным отбором проб, только рис. 13)

В целях регулирования расхода разбавляющего воздуха PB может быть соединен с регулятором расхода FC1 или FC2. При использовании поворотной заслонки PB не требуется. PB, если он соответствующим образом откалиброван, может использоваться для измерения расхода разбавляющего воздуха.

SB Вытяжной насос (для систем с частичным отбором проб, только рис. 13)

SB, если он соответствующим образом откалиброван, может использоваться для измерения расхода разбавленных отработавших газов.

DT Смесительный канал (частичное разбавление потока)

Смесительный канал

- a) должен иметь достаточную длину для обеспечения полного перемешивания отработавших газов и разбавляющего воздуха в условиях турбулентного потока (число Рейнольдса ( $Re$ ) больше 4 000, где  $Re$  основывается на внутреннем диаметре смешительного канала) при использовании системы с частичным отбором проб; т.е. в случае системы с полным отбором проб полное перемешивание не требуется;
- b) должен быть изготовлен из нержавеющей стали;

c) может подогреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С);

d) может иметь изоляцию.

PSP Пробоотборник для твердых частиц (для систем с частичным отбором проб, только рис. 13)

Пробоотборник для твердых частиц представляет собой основной участок отводящего патрубка твердых частиц РТТ (см. пункт А.3.2.6) и

a) устанавливается навстречу потоку в точке, где обеспечивается хорошее перемешивание разбавляющего воздуха и отработавших газов, т.е. на осевой линии смесительного канала DT на расстоянии, приблизительно равном 10 диаметрам канала, ниже точки, где отработавшие газы входят в смесительный канал;

b) должен иметь внутренний диаметр не менее 8 мм;

c) может подогреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С) путем прямого нагревания или с помощью предварительно нагретого разбавляющего воздуха при условии, что температура разбавляющего воздуха до подачи отработавших газов в смесительный канал не превышает 325 К (52 °С);

d) может иметь изоляцию.

#### А.3.2.3

Описание системы полного разбавления потока

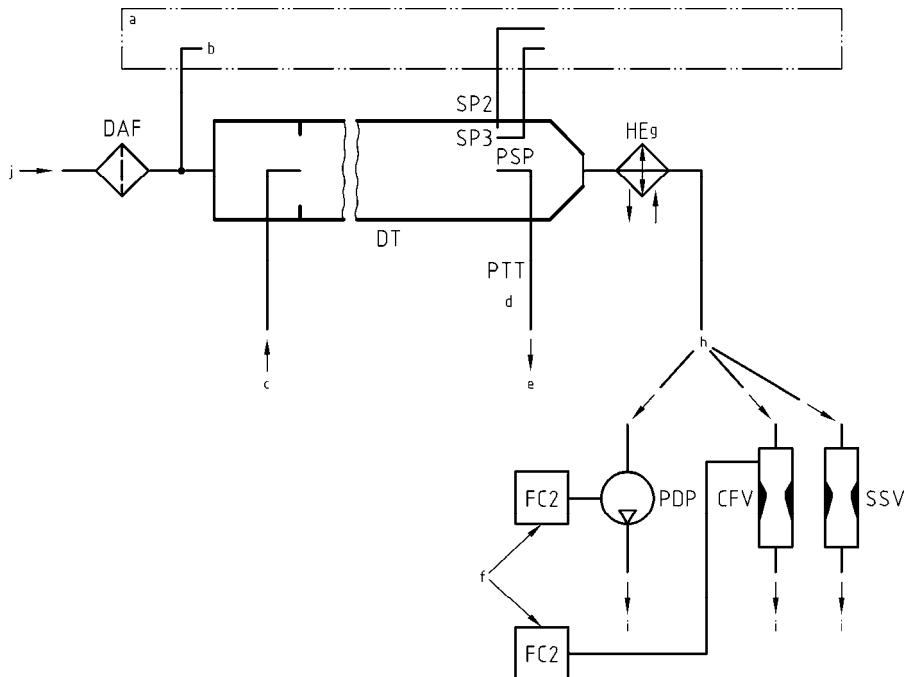
Система разбавления основана на разбавлении всего потока первичных отработавших газов в смесительном канале DT в соответствии с концепцией CVS (отбор проб постоянного объема); эта система показана на рис. 15.

Расход разбавленных отработавших газов измеряется с помощью насоса с объемным регулированием (PDP), либо трубки Вентури с критическим расходом (CFV) или же трубки Вентури для дозвуковых потоков (SSV). Для пропорционального отбора проб твердых частиц и определения расхода может использоваться теплообменник (HE) или электронный компенсатор расхода (EFC). Поскольку масса твердых частиц определяется на основе полного потока разбавленных отработавших газов, рассчитывать коэффициент разбавления нет необходимости.

Для последующего накопления твердых частиц проба разбавленных отработавших газов подается в систему отбора проб твердых частиц с двойным разбавлением (см. рис. 17). Хотя система двойного разбавления в определенной степени относится к системам разбавления, она все же описывается как представляющая собой некоторую модификацию системы отбора проб твердых частиц, поскольку использует большинство компонентов типовой системы отбора проб твердых частиц.



Рис. 15  
 Схема системы полного разбавления потока (CVS)



a – система анализатора b – фоновый воздух c – отработавшие газы d – более подробно см. рис. 17 e – в систему двойного разбавления f – если используется EFC i – в атмосферу g – факультативно h – или

A.3.2.4 Компоненты, показанные на рис. 15

EP Выхлопная труба

Длина выхлопной трубы от выпускного коллектора двигателя, выхода из турбонагнетателя или устройства последующей обработки до смешительного канала должна быть не более 10 м. Если длина системы превышает 4 м, то в этом случае все трубопроводы за пределами участка длиной 4 м должны быть изолированы, за исключением встроенного дымомера, если таковой используется. Радиальная толщина изоляции должна составлять не менее 25 мм. Теплопроводность изоляционного материала, измеренная при температуре 673 К, не должна превышать 0,1 Вт/м·К. Для уменьшения тепловой инерции выхлопной трубы рекомендуемое отношение толщины к диаметру должно составлять 0,015 или менее. Использование гибких секций ограничивается участками с отношением длины к диаметру не более 12.

PDP Насос с объемным регулированием

Насосом PDP измеряют общий расход разбавленных отработавших газов по числу оборотов вала насоса и его рабочему объему. Искусственное понижение противодавления выхлопной системы с помощью PDP или системы подачи разбавляющего воздуха не допускается. Статическое противодавление отработавших газов, измеренное с подключенной системой PDP, должно оставаться в пределах  $\pm 1,5$  кПа относительно статического давления, измеренного

без подключения к PDP, при одинаковой частоте вращения двигателя и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед PDP должна находиться в пределах  $\pm 6$  К от средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расхода (EFC) не используется. Компенсатор расхода допускается применять только в том случае, если температура на входе в PDP не превышает 323 К (50° С).

#### CFV Трубка Вентури с критическим расходом

Трубкой CFV измеряют общий расход разбавленных отработавших газов, устанавливая расход в условиях дросселирования (критический расход). Статическое противодавление отработавших газов, измеренное с подключенной системой CFV, должно оставаться в пределах  $\pm 1,5$  кПа относительно статического давления, измеренного без подключения к CFV, при одинаковой частоте вращения двигателя и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед CFV должна находиться в пределах  $\pm 11$  К от средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расхода (EFC) не используется.

#### SSV Трубка Вентури для дозвуковых потоков

Трубкой SSV измеряют общий расход разбавленных отработавших 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 в трубку и сужением. Статическое противодавление отработавших газов, измеренное с подключенной системой SSV, должно оставаться в пределах  $\pm 1,5$  кПа относительно статического давления, измеренного без подключения к SSV, при одинаковой частоте вращения и одинаковой нагрузке. Температура газовой смеси непосредственно перед SSV должна находиться в пределах  $\pm 11$  К от средней рабочей температуры, наблюдаемой в ходе испытания, когда система компенсации расхода (EFC) не используется.

#### HE Теплообменник (факультативно)

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

#### EFC Электронный компенсатор расхода (факультативно)

Если температура на входе в PDP, CFV или SSV не поддерживается в указанных выше пределах, то для непрерывного измерения расхода и управления пропорциональным отбором проб в системе двойного разбавления требуется система компенсации расхода. С этой целью для поддержания нужной степени пропорциональности расхода потока пробы через фильтры для осаждения твердых частиц, установленные в системе двойного разбавления (см. рис. 17), в пределах  $\pm 2,5\%$  используются сигналы непрерывного измерения расхода.

DT Смесительный канал (полное разбавление потока)

Смесительный канал

- a) должен иметь достаточно малый диаметр для создания турбулентного потока (число Рейнольдса ( $Re$ ) больше 4 000;  $Re$  устанавливается по внутреннему диаметру смесительного канала) и достаточную длину для обеспечения полного перемешивания отработавших газов и разбавляющего воздуха;
- b) может иметь изоляцию,
- c) может нагреваться до тех пор, пока температура стенок не станет достаточной для устранения водного конденсата.

Отработавшие газы двигателя направляются по потоку в точку, где они вводятся в смесительный канал, и тщательно перемешиваются. Для этого может использоваться соответствующее смесительное сопло.

В системе двойного разбавления проба из смесительного канала подается во вторичный смесительный канал, где она дополнительно разбавляется, а затем пропускается через фильтры для отбора проб (рис. 17). Система вторичного разбавления должна обеспечивать подачу достаточного количества разбавляющего воздуха для вторичного разбавления в целях поддержания температуры дважды разбавленного потока отработавших газов непосредственно перед фильтром для осаждения твердых частиц в диапазоне 315 К (42 °С) – 325 К (52 °С).

DAF Фильтр разбавителя

Разбавитель (окружающий воздух, синтетический воздух или азот) фильтруется с помощью фильтра тонкой очистки (HEPA), у которого первоначальная эффективность улавливания составляет не менее 99,97% согласно EN 1822-1 (фильтр класса H14 или выше), ASTM F 1471-93 или эквивалентному стандарту.

PSP Пробоотборник для твердых частиц

Пробоотборник представляет собой основной участок РТТ и

- a) устанавливается навстречу потоку в точке, где обеспечивается хорошее перемешивание разбавляющего воздуха и отработавших газов, т.е. на осевой линии смесительного канала DT системы разбавления на расстоянии, приблизительно равном 10 диаметрам канала, ниже точки, где отработавшие газы входят в смесительный канал;
- b) должен иметь внутренний диаметр не менее 8 мм;
- c) может подогреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С) путем прямого нагревания или с помощью предварительно нагретого разбавляющего воздуха при условии, что температура воздуха не превышает 325 К (52 °С) до подачи отработавших газов в смесительный канал;
- d) может иметь изоляцию.

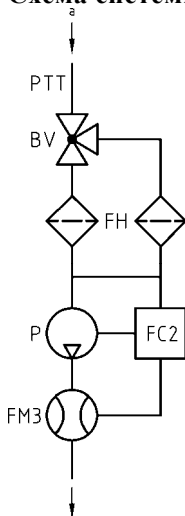
### А.3.2.5 Описание системы отбора проб твердых частиц

Система отбора проб твердых частиц требуется для их осаждения на фильтре твердых частиц. Она показана на рис. 16 и 17. В случае полного отбора проб в условиях частичного разбавления потока, когда вся проба разбавленных отработавших газов целиком пропускается через фильтры, система разбавления и система отбора проб обычно составляют единый блок (см. рис. 12). В случае частичного отбора проб в условиях частичного или полного разбавления потока, когда через фильтры пропускается только часть разбавленных отработавших газов, система разбавления и система отбора проб обычно составляют отдельные блоки.

В случае системы частичного разбавления потока проба разбавленных отработавших газов отбирается из смесительного канала DT и пропускается через пробоотборник твердых частиц PSP и патрубок отвода твердых частиц РТТ с помощью насоса для перекачки проб Р, как показано на рис. 16. Проба проходит через фильтродержатель (фильтродержатели) FH, в котором(ых) закреплены фильтры для осаждения твердых частиц. Расход пробы контролируется регулятором расхода FC3.

В случае системы полного разбавления потока используется система отбора проб твердых частиц в условиях двойного разбавления, как показано на рис. 17. Проба разбавленных отработавших газов направляется из смесительного канала DT через пробоотборник твердых частиц PSP и патрубок отвода твердых частиц РТТ во вторичный смесительный канал SDT, где она разбавляется еще раз. Затем проба проходит через фильтродержатель(и) FH, в котором(ых) закреплены фильтры для осаждения твердых частиц. Расход разбавляющего воздуха обычно является постоянным, а расход пробы контролируется с помощью регулятора расхода FC3. Если используется электронный компенсатор расхода EFC (см. рис. 15), то суммарный расход разбавленных отработавших газов служит в качестве сигнала подачи команды на FC3.

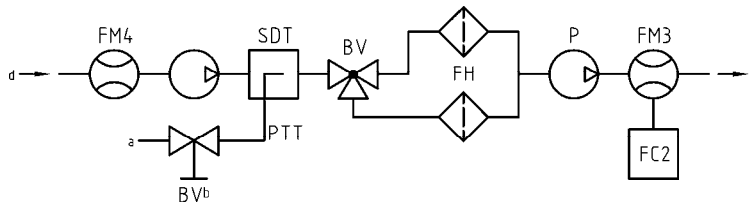
Рис. 16  
Схема системы отбора проб твердых частиц



а – из смесительного канала

Рис. 17

**Схема системы отбора проб твердых частиц в условиях двойного разбавления**



a – разбавленные отработавшие газы из DT    b – факультативно    c – в атмосферу  
 d – вторичный разбавляющий воздух

A.3.2.6    Компоненты, показанные на рис. 16 (только система частичного разбавления потока) и 17 (только система полного разбавления потока)

PTT    Патрубок отвода твердых частиц

Патрубок отвода:

- a)    не должен вступать во взаимодействие с ТЧ;
- b)    может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С);
- c)    может иметь изоляцию.

SDT    Вторичный смесительный канал (только рис. 17)

Вторичный смесительный канал:

- a)    должен иметь достаточную длину и диаметр, с тем чтобы он соответствовал требованиям о времени прохождения, указанном в пункте 9.4.2 f);
- b)    может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52°С);
- c)    может иметь изоляцию.

FH    Фильтродержатель

Фильтродержатель:

- a)    должен образовывать 12,5-градусный (от центра) угол конуса в соединительной секции между линией, соответствующей диаметру отвода, и линией, соответствующей рабочему диаметру лицевой части фильтра;
- b)    может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С);
- c)    может иметь изоляцию.

Использование устройства замены (автоматической) фильтров допускается, если предназначенные для отбора проб фильтры не вступают между собой в реакцию.

Фильтры мембранного типа PTFE устанавливаются в фильтродержателе в специальном кассетном устройстве.

В случае использования пробоотборника с открытым торцом, обращенным навстречу потоку, непосредственно перед фильтродержателем устанавливается инерционный предварительный сепаратор, обеспечивающий 50-процентный уровень эффективности отделения частиц размером 2,5–10 мкм.

P Насос для перекачки проб

FC2 Регулятор расхода

Регулятор расхода используется для регулирования расхода проб твердых частиц.

FM3 Расходомер

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

FM4 Расходомер

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

BV Шаровой затвор (факультативно)

Внутренний диаметр шарового затвора должен быть не меньше внутреннего диаметра патрубка отвода твердых частиц РТТ, а время переключения должно составлять менее 0,5 с.

## Приложение 4

### Статистика

#### А.4.1 Среднее значение и стандартное отклонение

Среднеарифметическое значение рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (95)$$

Стандартное отклонение рассчитывается по следующей формуле:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (96)$$

#### А.4.2 Регрессивный анализ

Наклон линии регрессии рассчитывается по следующей формуле:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (97)$$

Отсекаемое на оси у значение линии регрессии рассчитывается по следующей формуле:

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x}) \quad (98)$$

Стандартная погрешность оценки (СПО) рассчитывается по следующей формуле:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{n-2}} \quad (99)$$

Коэффициент смешанной корреляции рассчитывается по следующей формуле:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (100)$$

А.4.3 Определение эквивалентности системы

Определение эквивалентности системы в соответствии с пунктом 5.1.1 производится на основе корреляционного анализа семи (или более) пар проб в порядке сравнения рассматриваемой системы и одной из эталонных систем, принятых в настоящих ГТП, с использованием соответствующего(их) цикла(ов) испытания. Критериями эквивалентности, подлежащими применению в данном случае, являются критерий  $F$  и 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, измеренных с помощью рассматриваемой системы, не отличаются от стандартного отклонения параметров пробы и среднего значения параметров пробы этих же выбросов, измеренных с помощью эталонной системы. Данное 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 9. Если значения  $F$  и  $t$ , рассчитанные с помощью нижеприведенной формулы, больше критических значений  $F$  и  $t$ , то рассматриваемая система неэквивалентна.

Используется следующая процедура. Нижние индексы  $R$  и  $C$  указывают на эталонную и рассматриваемую системы, соответственно:

- а) Проводится не менее 7 испытаний с использованием рассматриваемой и эталонной систем, работающих параллельно. Число испытаний обозначается как  $n_R$  и  $n_C$ .
- б) Рассчитываются средние значения  $\bar{x}_R$  и  $\bar{x}_C$  и стандартные отклонения  $s_R$  и  $s_C$ .
- в) Рассчитывается значение  $F$  по следующей формуле:

$$F = \frac{s_{\text{major}}^2}{s_{\text{minor}}^2} \quad (101)$$

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

- д) Рассчитывается значение  $t$  по следующей формуле:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \quad (102)$$

- е) Сопоставляются рассчитанные значения  $F$  и  $t$  с критическими значениями  $F$  и  $t$ , соответствующими номерам испытаний, указанным в таблице 9. Если выбираются более крупные размеры выборки, то определяется 10-процентный уровень значимости (90-процентный доверительный уровень) по статистическим таблицам.



f) Степени свободы ( $df$ ) определяются следующим образом:

$$\text{для критерия } F: \quad df = n_R - 1 / n_C - 1 \quad (103)$$

$$\text{для критерия } t: \quad df = n_C + n_R - 2 \quad (104)$$

g) Эквивалентность определяется следующим образом:

i) если  $F < F_{\text{crit}}$  и  $t < t_{\text{crit}}$ , то рассматриваемая система эквивалентна эталонной системе, указанной в настоящих ГТП;

ii) если  $F \geq F_{\text{crit}}$  или  $t \geq t_{\text{crit}}$ , то рассматриваемая система отличается от эталонной системы, указанной в настоящих ГТП.

Таблица 9

**Значения  $t$  и  $F$  для отобранных размеров выборки**

Размер выборки	Критерий $F$		Критерий $t$	
	$df$	$F_{\text{crit}}$	$df$	$t_{\text{crit}}$
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

## Приложение 5

### Проверка расхода углерода

#### А.5.1 Введение

Весь углерод, содержащийся в отработавших газах, за исключением очень незначительной части, образуется из топлива, и весь он, 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 отработавших газов определяется на основе расхода топлива. Расход углерода в различных точках отбора проб в системах отбора проб выбросов 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 отбора проб ТЧ в частичном потоке позволяет проверить целостность системы на утечку и точность измерения расхода. Эта проверка имеет то преимущество, что с точки зрения температуры и расхода все компоненты работают в реальных 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)

Массовый расход углерода в двигателе для топлива  $\text{CH}_a\text{O}_e$  определяется по формуле:

$$q_{mCf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\varepsilon} \times q_{mf} \quad (105),$$

где:

$q_{mf}$  – массовый расход топлива, в кг/с.

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

Массовый расход углерода в выхлопной трубе двигателя определяется на основе концентрации первичного  $\text{CO}_2$  и массового расхода отработавших газов:

$$q_{mCe} = \left( \frac{c_{\text{CO}_2,r} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_{re}} \quad (106),$$

где:

$c_{\text{CO}_2,r}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  в первичных отработавших газах на влажной основе в %;

$c_{\text{CO}_2,a}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  в окружающем воздухе на влажной основе в %;

$q_{mew}$  – массовый расход отработавших газов на влажной основе в кг/с;

$M_e$  – молярная масса отработавших газов в г/моль.

Если замер  $\text{CO}_2$  производится на сухой основе, то полученная величина пересчитывается на влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

A.5.4 Расход углерода в системе разбавления (точка 3)

В случае системы частичного разбавления потока необходимо также учитывать коэффициент разделения. Расход углерода определяется на основе концентрации разбавленного  $\text{CO}_2$ , массового расхода отработавших газов и расхода проб:

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{\text{CO}_2,d} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (106a),$$

где:

$c_{\text{CO}_2,d}$  – влажная концентрация  $\text{CO}_2$  в разбавленных отработавших газах на выходе из смесительного канала в %;

$c_{\text{CO}_2,a}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  в окружающем воздухе на влажной основе в %;

$q_{mew}$  – массовый расход отработавших газов на влажной основе в кг/с;

$q_{\text{пр}}$  – расход проб отработавших газов, проходящих через систему частичного разбавления потока в кг/с;

$M_e$  – молярная масса отработавших газов в г/моль.

Если замер  $\text{CO}_2$  производится на сухой основе, то полученная величина пересчитывается на влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

#### А.5.5 Расчет молярной массы отработавших газов

Молярная масса отработавших газов рассчитывается при помощи уравнения 41 (см. пункт 8.4.2.4).

В качестве альтернативы можно использовать следующие значения молярной массы отработавших газов:

$M_e$  (дизельное топливо) = 28,9 г/моль,

$M_e$  (СНГ) = 28,6 г/моль,

$M_e$  (ПГ) = 28,3 г/моль.

## Приложение 6

### Пример процедуры расчета

А.6.1 Процедура получения фактического значения частоты вращения и крутящего момента из приведенного

В качестве примера берется следующая испытательная точка:

приведенная частота вращения = 43%,

приведенный крутящий момент = 82%.

Задаются следующие значения:

$n_{lo} = 1\,015 \text{ мин}^{-1}$ ,

$n_{hi} = 2\,200 \text{ мин}^{-1}$ ,

$n_{pref} = 1\,300 \text{ мин}^{-1}$ ,

$n_{idle} = 600 \text{ мин}^{-1}$

Результат расчета:

фактическая частота вращения =

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

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

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

А.6.2 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 диоксида углерода	44,01 г/моль
Молярная масса оксида углерода	28,011 г/моль
Молярная масса кислорода	31,9988 г/моль
Молярная масса азота	28,011 г/моль
Молярная масса оксидов азота	30,008 г/моль

Молярная масса диоксида азота	46,01 г/моль
Молярная масса диоксида 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/выпуска, можно считать идеальными, и поэтому любые расчеты объема производятся на основе молярного объема, составляющего, по допущению Авогадро, 22,414 л/моль.

#### А.6.3 Газообразные выбросы (дизельное топливо)

Данные измерений в отдельном конкретном режиме испытательного цикла (при частоте регистрации данных 1 Гц), используемые для расчета мгновенных значений массы выбросов, указаны ниже. В настоящем примере концентрации CO и NO<sub>x</sub> замерены на сухой основе, а HC – на влажной основе. Концентрация HC приводится в пропановом эквиваленте (C3), поэтому для получения результата в эквиваленте C1 ее необходимо умножить на 3. Для всех других режимов 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).

$T_{a,i}$ (K)	$H_{a,i}$ (г/кг)	$W_{act}$ (кВт·ч)	$q_{mew,i}$ (кг/с)	$q_{mav,i}$ (кг/с)	$q_{mf,i}$ (кг/с)	$c_{HC,i}$ (млн <sup>-1</sup> )	$c_{CO,i}$ (млн <sup>-1</sup> )	$c_{NOx,i}$ (млн <sup>-1</sup> )
295	8,0	40	0,155	0,150	0,005	10	40	500

Ниже рассматривается следующий состав топлива:

Компонент	Молярная доля	% от массы
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. Поправка на сухое/влажное состояние (пункт 8.1):

$$\text{Уравнение (17): } k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$$

$$\text{Уравнение (14): } k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

Уравнение (13):  $c_{CO,i}$  (на влажной основе) =  $40 \times 0,9331 = 37,3$  млн<sup>-1</sup>  
 $c_{NOx,i}$  (на влажной основе) =  $500 \times 0,9331 = 466,6$  млн<sup>-1</sup>

Этап 2. Поправка на температуру и влажность для NO<sub>x</sub> (пункт 8.2.1):

Уравнение (24):  $k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1000} + 0,832 = 0,9576$

Этап 3. Расчет мгновенных значений выбросов в каждом отдельном режиме цикла (пункт 8.4.2.3):

Уравнение (37):  $m_{HC,I} = 10 \times 3 \times 0,155 = 4,650$   
 $m_{CO,I} = 37,3 \times 0,155 = 5,782$   
 $m_{NOx,I} = 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 = 69,26$

Этап 4. Расчет массы выбросов за цикл методом интегрирования мгновенных значений выбросов и значений *u*, взятых из таблицы 5 (пункт 8.4.2.3):

Следующий расчет приведен для цикла ВСУЦ (1 800 с) и на основе допущения, что в каждом режиме цикла концентрация выбросов одинакова.

Уравнение (37):  $m_{HC} = 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 = 4,01$  г/испытание  
 $m_{CO} = 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 = 10,05$  г/испытание  
 $m_{NOx} = 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 = 197,72$  г/испытание

Этап 5. Расчет удельных выбросов (пункт 8.6.3):

Уравнение (72):  $e_{HC} = 4,01 / 40 = 0,10$  г/кВт·ч  
 $e_{CO} = 10,05 / 40 = 0,25$  г/кВт·ч  
 $e_{NOx} = 197,72 / 4 = 4,94$  г/кВт·ч

А.6.4 Выбросы твердых частиц (дизельное топливо)

$p_b$ (кПа)	$W_{act}$ (кВт·ч)	$q_{mew,i}$ (кг/с)	$q_{mf,i}$ (кг/с)	$q_{mdw,i}$ (кг/с)	$q_{mdew,i}$ (кг/с)	$m_{uncor}$ (мг)	$m_{sep}$ (кг)
99	40	0,155	0,005	0,0015	0,0020	1,7000	1,515

Этап 1. Расчет  $m_{\text{edf}}$  (пункт 8.4.3.5.2):

$$\text{Уравнение (49): } r_{d,i} = \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} = 4$$

$$\text{Уравнение (48): } q_{\text{medf},i} = 0,155 \times 4 = 0,620 \text{ кг/с}$$

$$\text{Уравнение (47): } m_{\text{edf}} = \sum_{i=1}^{1800} 0,620 = 1\,116 \text{ кг/испытание}$$

Этап 2: Корректировка массы твердых частиц на статическое давление (пункт 8.3):

$$\text{Уравнение (27): } \rho_a = \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} = 1,164 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Уравнение (26): } m_f = 1,7000 \times \frac{(1 - 1,164/8\,000)}{(1 - 1,164/2\,300)} = 1,7006 \text{ мг}$$

Этап 3: Расчет массы выбросов твердых частиц (пункт 8.4.3.5.2):

$$\text{Уравнение (46): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7006}{1,515} \times \frac{1,116}{1,000} = 1,253 \text{ г/испытание}$$

Этап 4: Расчет удельных выбросов (пункт 8.6.3):

$$\text{Уравнение (72): } e_{\text{PM}} = 1,253/40 = 0,031 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$



## Приложение 7

Установка вспомогательного оборудования  
и устройств для проведения испытания на выбросы

Номер	Вспомогательное оборудование	Устанавливается для проведения испытания на выбросы
1	Система впуска Впускной коллектор Заборник для рециркуляции картерных газов Устройства управления двухканальной системой впускного коллектора Устройство для измерения потока воздуха Впускной патрубков Воздушный фильтр Глушитель шума всасывания Ограничитель скорости	Да Да Да Да Да или оборудование камеры для испытания Да или оборудование камеры для испытания Да или оборудование камеры для испытания Да
2	Подогревающее устройство впускного коллектора	Да, по возможности оно должно быть отрегулировано на оптимальный режим работы
3	Система выпуска выхлопных газов Выпускной коллектор Соединительные патрубки Глушитель Выхлопная труба Устройство дросселирования выхлопа Нагнетающее устройство	Да Да Да Да Нет или полностью открыто Да
4	Топливный насос	Да
5	Оборудование для двигателей, работающих на газе Электронная система регулирования, устройство для измерения потока воздуха и т.д. Редукционный клапан Испаритель Смеситель	Да Да Да Да
6	Оборудование для впрыска топлива Фильтр предварительной очистки Фильтр Насос Трубопровод высокого давления	Да Да Да Да

Номер	Вспомогательное оборудование	Устанавливается для проведения испытания на выбросы
	Форсунка Воздушная заслонка Электронная система регулирования, датчики и т.д. Регулятор/система регулирования Автоматический ограничитель предельной нагрузки на регулируемую рейку, действующий в зависимости от атмосферных условий	Да Да Да Да Да
7	Оборудование системы жидкостного охлаждения Радиатор Вентилятор Кожух вентилятора Водяной насос Термостат	Нет Нет Нет Да Да, может быть полностью открыт
8	Воздушное охлаждение Воздухосборник Вентилятор или воздуходувка Устройство регулировки температуры	Нет Нет Нет
9	Электрооборудование <b>Генератор</b> Индукционная катушка или катушки Проводка Электронная система регулирования	Нет Да Да Да
10	Оборудование для нагнетания воздуха Компрессор, прямо или косвенно приводимый в действие двигателем и/или выхлопными газами Промежуточный теплообменник Насос или вентилятор охладителя (с приводом от двигателя) Устройство регулировки расхода охлаждающей жидкости	Да Да или система камеры для испытания Нет Да
11	Устройство для ограничения выброса загрязняющих веществ (система последующей обработки отработавших газов)	Да
12	Оборудование для запуска двигателя	Да или система камеры для испытания
13	Масляный насос	Да

## Приложение 8

Зарезервировано

## Приложение 9

### Процедура испытания для двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода АПМ

**А.9.1** Настоящее приложение содержит требования и общее описание, касающиеся испытания двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода АПМ.

**А.9.2** Процедура испытания

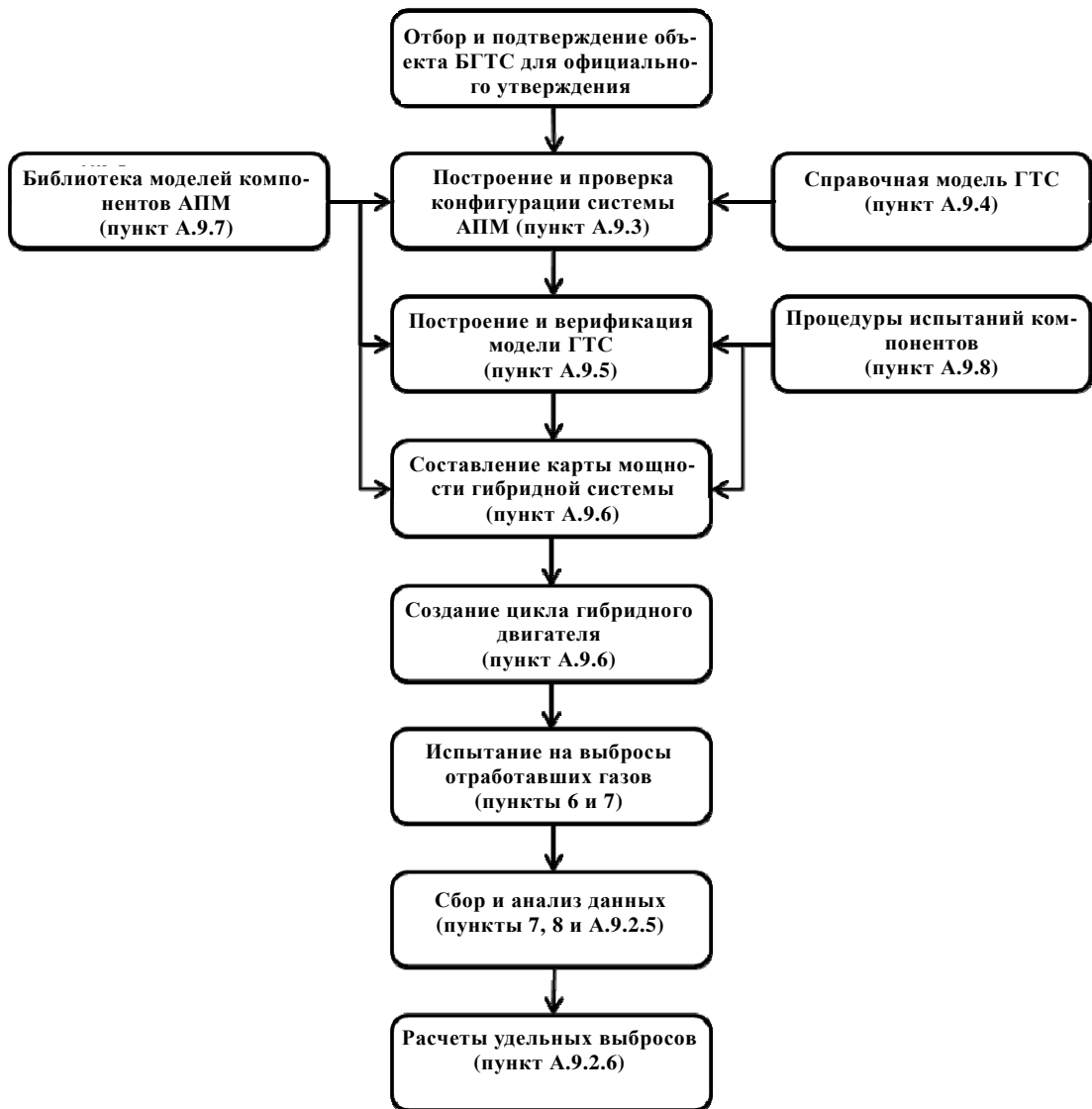
**А.9.2.1** Метод АПМ

Метод АПМ подразумевает следование общим руководящим указаниям в отношении осуществления этапов производственного процесса, определенных ниже и отраженных на схеме, представленной на рис. 16. Детальное описание каждого этапа приводится в соответствующих пунктах. В случае необходимости допускаются некоторые отклонения от этих указаний, однако конкретные требования являются обязательными.

Процедура использования метода АПМ является следующей:

- a) отбор и подтверждение объекта БГТС для официального утверждения;
- b) определение конфигурации системы АПМ;
- c) проверка работы системы АПМ;
- d) построение и верификация модели ГТС;
- e) определение процедуры испытаний компонентов;
- f) составление карты мощности гибридной системы;
- g) создание цикла гибридного двигателя;
- h) испытание на выбросы отработавших газов;
- i) сбор и оценка данных;
- j) расчеты удельных выбросов.

Рис. 16  
 Схема метода АПМ



**А.9.2.2 Построение и верификация конфигурации системы АПМ**

Построение и проверку конфигурации системы АПМ проводят в соответствии с положениями пункта А.9.3.

**А.9.2.3 Построение и верификация модели ГТС**

Справочная модель ГТС заменяют конкретной моделью ГТС для официального утверждения, которая представляет конкретное большегрузное гибридное транспортное средство/конкретную трансмиссию; после подключения всех прочих частей системы АПМ последняя должна удовлетворять положениям пункта А.9.5 для создания надлежащих условий работы для подтвержденной репрезентативной модели большегрузного гибридного транспортного средства.

#### A.9.2.4 Создание цикла гибридного двигателя

В рамках процедуры создания испытательного цикла гибридного двигателя для определения номинальной мощности гибридной системы составляют карту мощности гибридной системы в соответствии с положениями пункта A.9.6.3 или пункта A.10.4. Испытательный цикл гибридного двигателя (ЦГД) является результатом моделирования процедуры реализации этого цикла по методу АПМ в соответствии с положениями пункта A.9.6.4.

#### A.9.2.5 Сбор и оценка данных

##### A.9.2.5.1 Расчет работы гибридной системы

Показатель работы гибридной системы определяют по результатам испытательного цикла посредством синхронного применения значений скорости вращения и значений крутящего момента для гибридной системы, полученных в ходе действительного смоделированного испытания по методу АПМ, предусмотренного в пункте A.9.6.4, для расчета мгновенных значений мощности гибридной системы. Мгновенные значения мощности включают в цикл испытания для расчета работы гибридной системы на основе значения  $W_{sys\_HILS}$  (кВт·ч), полученного в ходе моделирования испытания по методу АПМ. Такой учет производят с использованием частоты не ниже 5 Гц (рекомендуется 10 Гц) и с включением всех положительных значений мощности.

Работу гибридной системы  $W_{sys}$  рассчитывают следующим образом:

- a) для случаев, когда  $W_{act} < W_{eng\_HILS}$ :

$$W_{sys} = W_{sys\_HILS} \times W_{act} / W_{eng\_HILS} \quad (\text{уравнение 107})$$

- b) для случаев, когда  $W_{act} \geq W_{eng\_HILS}$

$$W_{sys} = W_{sys\_HILS} \quad (\text{уравнение 108}),$$

где:

$W_{sys}$  – работа гибридной системы (кВт);

$W_{sys\_HILS}$  – показатель работы гибридной системы, полученный в ходе окончательного смоделированного испытания по методу АПМ (кВт·ч);

$W_{act}$  – фактическая работа двигателя в ходе испытания по ЦГД (кВт·ч);

$W_{eng\_HILS}$  – показатель работы двигателя, полученный в ходе окончательного смоделированного прогона по методу АПМ (кВт·ч).

Все параметры регистрируют.

**А.9.2.6 Расчет удельных выбросов для гибридных систем**

Удельные значения выбросов  $e_{\text{gas}}$  или  $e_{\text{PM}}$  (г/кВт·ч) рассчитывают для каждого отдельного компонента следующим образом:

$$e = \frac{m}{W_{\text{sys}}} \quad (\text{уравнение 109}),$$

где:

- $e$  – удельные выбросы (г/кВт·ч);
- $m$  – масса выбросов данного компонента (г/испытание);
- $W_{\text{sys}}$  – работа за цикл, определенная в соответствии с положениями пункта А.9.2.5.1 (кВт·ч).

Окончательный результат испытаний представляет собой взвешенное среднее значений, полученных по итогам испытаний в условиях запуска холодного двигателя и испытаний в условиях запуска двигателя в прогревом состоянии в соответствии со следующим уравнением:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{\text{cold}}) + (0,86 \times m_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{sys,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{sys,hot}})} \quad (\text{уравнение 110}),$$

где:

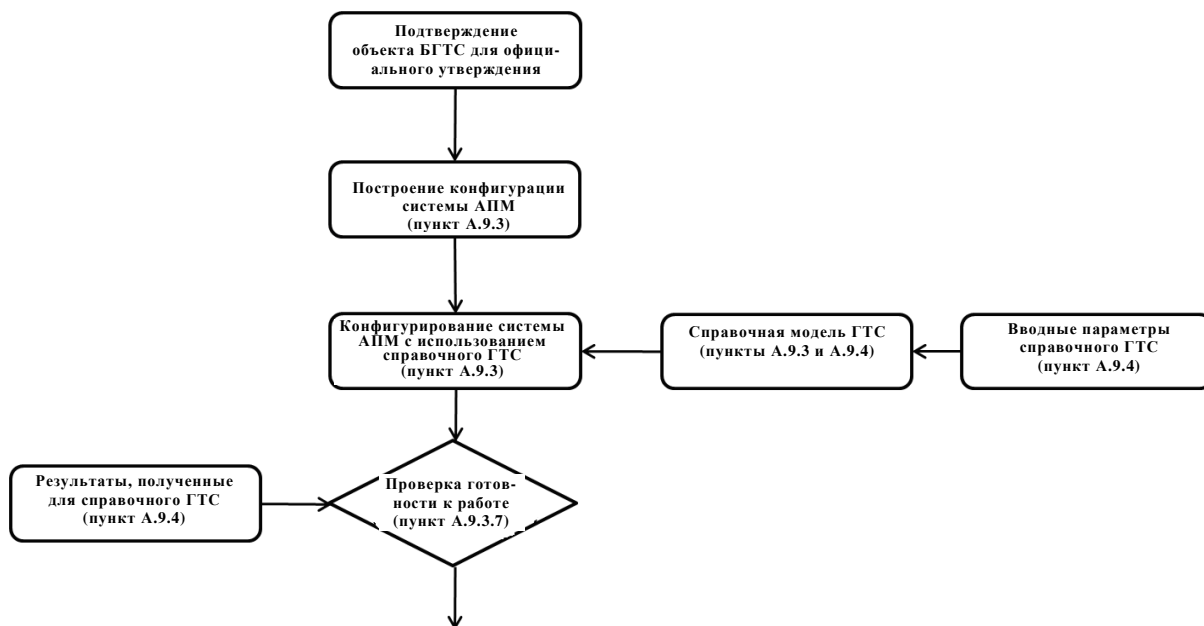
- $m_{\text{cold}}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии (г/испытание);
- $m_{\text{hot}}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в прогревом состоянии (г/испытание);
- $W_{\text{sys,cold}}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии (кВт·ч),
- $W_{\text{sys,hot}}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в прогревом состоянии (кВт·ч).

Если применяют периодическую регенерацию в соответствии с пунктом 6.6.2, то корректировочные коэффициенты на регенерацию  $k_{r,u}$  или  $k_{r,d}$  соответственно умножают на результат удельных выбросов  $e$ , определенный в уравнениях 109 и 110, либо прибавляют к нему.

**А.9.3 Построение и верификация конфигурации системы АПМ****А.9.3.1 Общие вводные положения**

Процедура построения и верификации конфигурации системы АПМ показана на схеме, приведенной на рис. 17 ниже, и включает различные шаги, которые должны быть выполнены в ходе процедуры АПМ.

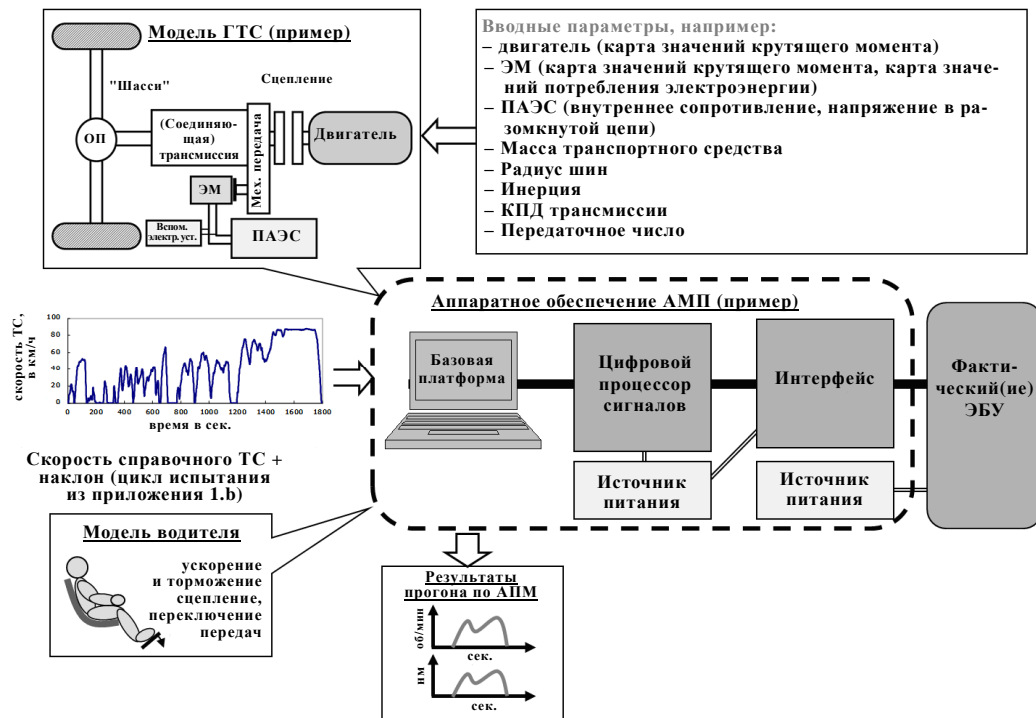
Рис. 17  
Схема процедуры построения и проверки системы АПМ



Как показано на рис. 18, система АПМ включает все необходимые элементы аппаратного обеспечения АПМ, модель ГТС и ее вводимые параметры, модель водителя и цикл испытания согласно приложению 1.b, а также гибридный(ые) ЭБУ испытуемого автотранспортного средства (далее называемый(ые) "фактическим ЭБУ") и его (их) источник питания и необходимый(ые) интерфейс(ы). Конфигурация системы АПМ определяется согласно положениям пунктов А.9.3.2–А.9.3.6 и считается удовлетворительной в случае соответствия критериям, изложенным в пункте А.9.3.7. В рамках данного процесса применяется справочная модель ГТС (пункт А.9.4) и библиотека компонентов АПМ (пункт А.9.7).



Рис. 18  
Схема установки системы АПМ



#### A.9.3.2 Аппаратное обеспечение АПМ

Аппаратное обеспечение АПМ включает все физические системы, составляющие систему АПМ, но исключает фактический(ие) ЭБУ.

Аппаратное обеспечение АПМ должно иметь типы сигналов и количество каналов, требуемые для создания интерфейса между аппаратным обеспечением АПМ и фактическим(ими) ЭБУ, и должно быть проверено и откалибровано в соответствии с процедурами, изложенными в пункте A.9.3.7, и с использованием справочной модели ГТС, предусмотренной в пункте A.9.4.

#### A.9.3.3 Программный интерфейс АПМ

Программный интерфейс АПМ определяют и устанавливают в соответствии с требованиями в отношении модели (гибридного) транспортного средства согласно пункту A.9.3.5 и в отношении функционирования модели ГТС и фактического(их) ЭБУ. Следует обеспечить функциональное подсоединение модели ГТС и модели водителя к аппаратному обеспечению АПМ. Кроме того, в модели интерфейса могут быть определены конкретные сигналы, например сигналы ABS, в целях обеспечения правильного функционирования фактического(их) ЭБУ.

Интерфейс не включает элементы управления ключевыми функциями гибридной системы, как это предусмотрено в пункте А.9.3.4.1.

#### **А.9.3.4 Фактический(ие) ЭБУ**

В конфигурации системы АПМ используют ЭБУ гибридной системы. В том случае, если функции гибридной системы выполняются по команде нескольких устройств управления, такие устройства могут быть интегрированы с помощью интерфейса или путем эмуляции программного обеспечения. Вместе с тем, следует обеспечить, чтобы ключевые функции гибридной системы были интегрированы и исполнялись по команде устройства (устройств) управления аппаратного обеспечения в рамках конфигурации системы АПМ.

#### **А.9.3.4.1 Ключевые функции гибридной системы**

Зарезервирован.

#### **А.9.3.5 Модель транспортного средства**

Модель транспортного средства должна быть репрезентативной в отношении всех соответствующих физических характеристик (большегрузного) гибридного транспортного средства/трансмиссии, используемых для системы АПМ. При построении модели ГТС ее компоненты определяют в соответствии с положениями пункта А.9.7.

Для метода АПМ необходимы две модели ГТС, которые строят следующим образом:

- а) справочную модель ГТС согласно определению в пункте А.9.4 используют для испытания в режиме ПМ, при этом система АПМ используется для подтверждения показателей системы АПМ;
- б) конкретную модель ГТС согласно пункту А.9.5 квалифицируют в качестве зачетной репрезентативной модели конкретной трансмиссии большегрузного гибридного транспортного средства. Ее используют для определения цикла испытания гибридного двигателя в соответствии с положениями пункта А.9.6 в рамках настоящей процедуры АПМ.

#### **А.9.3.6 Модель водителя**

Модель водителя обеспечивает выполнение всех необходимых задач по управлению моделью ГТС в ходе цикла испытания и обычно включает, например, сигналы нажатия педали газа и педали тормоза, а также сигнал сцепления и переключения передач в случае механической коробки передач.

Предусмотренные моделью водителя задачи могут быть осуществлены с помощью устройства управления с замкнутым контуром или определены на основе просмотревых таблиц как функция от времени испытания.

**А.9.3.7**      **Операционная проверка конфигурации системы АПМ**

Операционную проверку конфигурации системы АПМ осуществляют с помощью испытания в режиме ПМ с использованием справочной модели ГТС (пункт А.9.4) на системе АПМ А.9.

По имеющимся справочным значениям (пункт А.9.4.4) определяют линейную регрессию рассчитанных выходных значений, полученных в ходе испытания справочной модели ГТС в режиме ПМ. При этом используют метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим вид:

$$y = a \times x + b \quad \text{(уравнение 111),}$$

где:

- $y$  – фактическое значение сигнала;
- $x$  – справочное значение сигнала;
- $a$  – наклон линии регрессии;
- $b$  – величина отрезка, отсекаемого линией регрессии на оси  $y$ .

Конфигурацию системы АПМ считают действительной, если она удовлетворяет критериям, изложенным в таблице 10.

В том случае, если языком программирования для модели ГТС не является Matlab®/Simulink®, подтверждение рассчитанных значений конфигурации системы АПМ осуществляют при помощи проверки конкретной модели ГТС в соответствии с положениями пункта А.9.5.

**Таблица 10**  
**Допуски при операционной проверке конфигурации системы АПМ**

<i>Параметры проверки</i>	<i>Критерии</i>		
	<i>наклон, <math>a</math></i>	<i>величина отрезка на оси <math>y</math>, отсекаемого линией регрессии, <math>b</math></i>	<i>коэффициент смешанной корреляции, <math>r^2</math></i>
<b>Скорость транспортного средства</b>	<b>0,9995–1,0005</b>	<b>±0,05% от максимального значения либо меньше</b>	<b>0,995 либо выше</b>
<b>Частота вращения ДВС</b>			
<b>Крутящий момент ДВС</b>			
<b>Частота вращения ЭМ</b>			
<b>Крутящий момент ЭМ</b>			
<b>Напряжение электрической ПЭАС</b>			
<b>Сила тока электрической ПЭАС</b>			
<b>СЗ электрической ПЭАС</b>			

**А.9.4       Справочная модель гибридного транспортного средства**

**А.9.4.1      Общие вводные положения**

Справочную модель ГТС используют для подтверждения рассчитанных показателей (например, погрешности и частоты) конфигурации системы АПМ (пункт А.9.3) на основе заранее определенной топологии гибридной системы и контрольных функций для верификации соответствующих рассчитанных данных АПМ в сравнении с ожидаемыми справочными значениями.

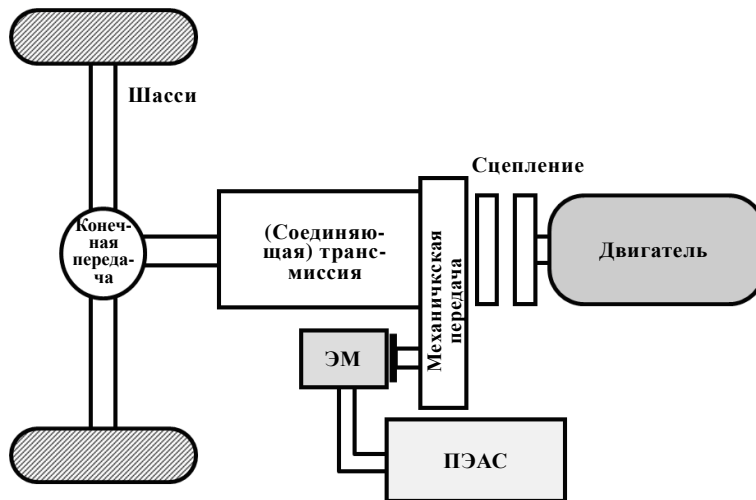
**А.9.4.2      Описание справочной модели ГТС**

Справочная модель ГТС имеет параллельную топологию гибридной трансмиссии, состоящую из следующих компонентов, показанных на рис. 19, и включает свой алгоритм управления:

- a)   двигатель внутреннего сгорания;
- b)   сцепление;
- c)   аккумулятор;
- d)   электромотор;
- e)   механическая передача (для соединения ЭМ со сцеплением и коробкой передач);
- f)   коробка передач;
- g)   конечная передача;
- h)   шасси, включая колеса и раму.

Справочная модель ГТС является частью библиотеки АПМ и размещена по адресу: [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob\\_registry.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob_registry.html). Справочная модель ГТС имеет следующее название: "reference\_hybrid\_vehicle\_model.mdl"; файлы с ее параметрами, а также выходные данные испытания в режиме ПМ размещены в следующей директории библиотеки АПМ: "<root>\HILS\_GTR\Vehicles\ReferenceHybridVehicleModel" (и во всех ее поддиректориях).

Рис. 19  
 Топология силовой установки справочной модели ГТС



#### А.9.4.3 Вводимые параметры справочной модели ГТС

Все компоненты вводных данных для справочной модели ГТС определяют заранее и размещают в соответствующей директории:

"<root>\HILS\_GTR\Vehicles\ReferenceHybridVehicleModel\ParameterData".

В этой директории размещены файлы, содержащие конкретные исходные данные для следующих компонентов:

- a) модель двигателя (внутреннего сгорания) : "para\_engine\_ref.m";
- b) модель сцепления : "para\_clutch\_ref.m";
- c) модель аккумулятора : "para\_battery\_ref.m";
- d) модель электромотора : "para\_elmachine\_ref.m";
- e) механическая передача : "para\_mechgear\_ref.m";
- f) модель трансмиссии (коробки передач) : "para\_transmission\_ref.m";
- g) модель конечной передачи : "para\_finalgear\_ref.m";
- h) модель шасси транспортного средства : "para\_chassis\_ref.m";
- i) испытательный цикл : "para\_drivecycle\_ref.m";
- j) метод управления гибридным устройством : "ReferenceHVModel\_Input.mat".

Метод управления гибридным устройством включен в справочную модель ГТС, и его контрольные параметры для двигателя, электромотора, сцепления и т. д. определены в просмотрных таблицах, а также хранятся в указанном файле.

#### A.9.4.4 Выходные параметры справочного ГТС

Для проведения испытания в режиме ПМ с использованием справочной модели ГТС отводится часть цикла испытания, определенная в приложении 1.b, которая охватывает первые 140 секунд. Полученные данные испытания в режиме ПМ с использованием системы АПМ фиксируют с частотой по крайней мере 5 Гц и сравнивают со справочными выходными данными, которые хранятся в файле "ReferenceHVModel\_Output.mat", размещенном в директории библиотеки АПМ:

"<root>\HILS\_GTR\Vehicles\ReferenceHybridVehicleModel\SimResults".

Выходные данные испытания в режиме ПМ должны удовлетворять критериям, перечисленным в таблице 10.

#### A.9.5 Построение и проверка модели конкретного ГТС

##### A.9.5.1 Введение

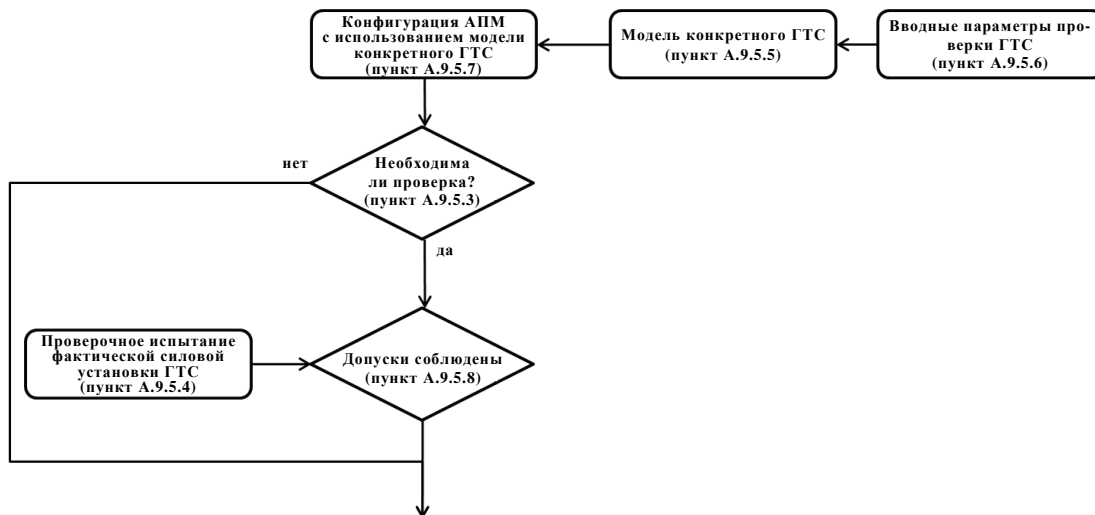
Настоящую процедуру применяют в виде процедуры построения и проверки модели конкретного ГТС в качестве эквивалентной репрезентативной модели реальной гибридной силовой установки, которую используют в конфигурации системы АПМ согласно пункту A.9.3.

##### A.9.5.2 Общая процедура

На схеме, приведенной на рис. 20, отражены различные шаги по проверке модели конкретного ГТС.

Рис. 20

Схема алгоритма построения и проверки модели конкретного ГТС



**А.9.5.3**      **Случаи, требующие проверки модели конкретного ГТС и системы АПМ**

Предметом проверки являются функционирование и точность смоделированного испытания модели конкретного ГТС. Такую проверку проводят при необходимости подтвердить эквивалентность конфигурации системы АПМ или модели конкретного ГТС испытываемой гибридной силовой установке.

Данная проверка в соответствии с пунктами А.9.5.4-А.9.5.8 проводится при наличии любого из следующих условий:

- a) осуществляют первое испытание с использованием системы АПМ, включая фактическое(ие) ЭБУ, например после внесения изменений в ее аппаратное обеспечение или калибровки фактического(их) ЭБУ;
- b) изменена конструкция системы ГТС;
- c) внесены изменения в модели компонентов (например, структурные изменения, увеличение или уменьшение количества вводных параметров моделей);
- d) компоненты модели используют иным образом (например, переход от механической к автоматической трансмиссии);
- e) изменены показатели времени задержки ответа или постоянные времени (например, для двигателя внутреннего сгорания или электромотора, переключения передач и т.д.), используемые в моделях;
- f) внесены изменения в модель интерфейса;
- g) впервые используют модель компонента того или иного изготовителя.

Орган по официальному утверждению типа или по сертификации может счесть, что имеются и другие условия и соответственно потребовать проведения проверки.

Система АПМ и модель конкретного ГТС подлежат официальному утверждению органом по официальному утверждению или по сертификации. Все внесенные изменения должны быть доведены до сведения органа по официальному утверждению или по сертификации, при этом должны быть предоставлены обоснования, подкрепленные всеми необходимыми техническими данными. Технические данные должны быть основаны на расчетах, моделировании, оценках, описании моделей, результатах экспериментов и т.д.

**А.9.5.4**      **Фактическое испытание гибридной силовой установки**

**А.9.5.4.1**    **Технические требования к испытываемой гибридной силовой установке и отбор гибридной силовой установки для испытания**

**Зарезервирован.**

#### **А.9.5.4.2 Процедура испытания**

Проверочное испытание с использованием испытуемой гибридной силовой установки (далее называемое "фактическим испытанием силовой установки"), которое служит стандартной процедурой проверки системы АПМ, проводится с использованием одного из методов испытания, описанных в пунктах А.9.5.4.2.1 и А.9.5.4.2.2.

Положения, касающиеся измерения выбросов отработавших газов, могут опускаться.

##### **А.9.5.4.2.1 Испытание силовой установки на динамометрическом стенде**

Зарезервирован.

##### **А.9.5.4.2.2 Испытание шасси на динамометрическом стенде**

Зарезервирован.

#### **А.9.5.4.3 Условия испытания**

Испытание проводят посредством осуществления полного цикла испытания, определенного в приложении 1.b, с использованием номинальной мощности гибридной системы в соответствии с техническими характеристиками изготовителя. Проведение испытания должно предусматривать анализ полученных в ходе измерений данных в соответствии со следующими двумя условиями:

- a) в отношении отведенной части цикла испытания, определенной как период, охватывающий первые 140 секунд;
- b) в отношении полного цикла испытания.

#### **А.9.5.4.4 Параметры измерения**

Для всех соответствующих компонентов регистрируют по крайней мере следующие параметры с использованием специализированного оборудования и измерительных приборов (предпочтительно) или данных ЭБУ (например, сигналов CAN). Точность измерительных приборов должна удовлетворять положениям пунктов 9.2 и А.8.8.3. Замеры производят с частотой 5 Гц или выше. Полученные таким образом данные используются в качестве фактически замеренных данных (далее называемых "фактически замеренными проверочными значениями") для проверки системы АПМ:

- a) скорость гибридной системы ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий момент гибридной системы (Нм), мощность гибридной системы (кВт);
- b) установочная точка и фактическая скорость транспортного средства (км/ч);
- c) объем водительских манипуляций с транспортным средством (обычно сигналы управления дроссельным клапаном, тормозом, сцеплением и переключения передач и т.д.) или объем манипуляций с двигателем на динамометрическом стенде (угол открытия дроссельного клапана).



Все сигналы должны быть в единицах измерения, применимых к данной системе и пригодных для перевода в те единицы, которые могут быть использованы в алгоритмах перевода и интерполяции;

- d) скорость двигателя ( $\text{мин}^{-1}$ ), значения команд двигателя (–, %, Нм в соответствующих случаях);
- e) частота вращения электромотора ( $\text{мин}^{-1}$ ), значение команды крутящего момента (–, %, Нм в соответствующих случаях) (или их соответствующие физически эквивалентные сигналы);
- f) мощность (кВ), напряжение (В) и ток (А) (перезаряжаемой) энергоаккумулирующей системы (или их соответствующие физически эквивалентные сигналы).

#### A.9.5.5 Модель конкретного ГТС

Модель конкретного ГТС для официального утверждения определяют согласно пункту A.9.3.5 b), а ее вводимые параметры – согласно пункту A.9.5.6.

#### A.9.5.6 Вводимые параметры для проверки модели конкретного ГТС

##### A.9.5.6.1 Общие вводные положения

Вводимые параметры для соответствующих компонентов модели конкретного ГТС определяют согласно пунктам A.9.5.6.2–A.9.5.6.16.

##### A.9.5.6.2 Характеристики двигателя

В качестве параметров крутящего момента двигателя используют данные таблицы, полученные согласно пункту A.9.8.3. Однако при этом могут быть добавлены значения, которые являются эквивалентными минимальной частоте вращения двигателя или более низкими.

##### A.9.5.6.3 Характеристики электромотора

В качестве параметров крутящего момента и потребления электроэнергии электромотора используют данные таблицы, полученные согласно пункту A.9.8.4. Однако при этом могут быть добавлены значения характеристик для частоты вращения 0 об/мин.

##### A.9.5.6.4 Характеристики аккумулятора

###### A.9.5.6.4.1 Резисторная модель

В качестве параметров внутреннего сопротивления и напряжения в открытой сети аккумулятора используют исходные данные, полученные согласно пункту A.9.8.5.1.

###### A.9.5.6.4.2 Резисторно-емкостная модель аккумулятора

В качестве параметров резисторно-емкостной модели аккумулятора используют исходные данные таблицы, полученные согласно пункту A.9.8.5.2.

**A.9.5.6.5** Характеристики конденсатора

В качестве параметров модели конденсатора используют исходные данные таблицы, полученные согласно пункту A.9.8.5.3.

**A.9.5.6.6** Испытательная масса транспортного средства и масса в снаряженном состоянии

Испытательную массу транспортного средства  $m_{vehicle}$  рассчитывают с использованием номинальной мощности гибридной системы  $P_{rated}$ , как это указано изготовителем для фактического испытания гибридной силовой установки, следующим образом:

$$m_{vehicle} = 15,1 \times P_{rated}^{1,31} \quad (\text{уравнение 112})$$

Массу транспортного средства в снаряженном состоянии  $m_{vehicle,0}$  рассчитывают как функцию испытательной массы транспортного средства с помощью следующих уравнений:

a) при  $m_{vehicle} \leq 35240$  кг:

$$m_{vehicle,0} = -7,38 \times 10^{-6} \times m_{vehicle}^3 + 0,604 \times m_{vehicle} \quad (\text{уравнение 113})$$

или

b) при  $m_{vehicle} > 35240$  кг:

$$m_{vehicle,0} = 12120 \text{ kg} \quad (\text{уравнение 114})$$

**A.9.5.6.7** Коэффициенты сопротивления воздуха

Площадь фронтальной поверхности транспортного средства  $A_{front}$  рассчитывают как функцию испытательной массы транспортного средства согласно пункту A.9.5.6.6, с помощью следующих уравнений:

a) при  $m_{vehicle} \leq 18050$  кг:

$$A_{front} = -1,69 \times 10^{-8} \times m_{vehicle}^2 + 6,33 \times 10^{-4} \times m_{vehicle} + 1,67 \quad (\text{уравнение 115})$$

или

b) при  $m_{vehicle} > 18050$  кг:

$$A_{front} = 7,59 \text{ m}^2 \quad (\text{уравнение 116})$$

Коэффициент сопротивления воздуха  $C_{drag}$  (-) рассчитывают следующим образом:

$$C_{drag} = \frac{3,6^2 \times (0,00299 \times A_{front} - 0,000832) \times g}{0,5 \times \rho_a \times A_{front}} \quad (\text{уравнение 117}),$$

где:

$g$  – ускорение свободного падения с постоянным значением  $9,80665$  (м/с<sup>2</sup>);

$\rho_a$  – плотность воздуха с постоянным значением  $1,17$  кг/м<sup>3</sup>.

**A.9.5.6.8 Коэффициент сопротивления качению**

Коэффициент сопротивления качению рассчитывают следующим образом:

$$f_{roll} = 0,00513 + \frac{17,6}{m_{vehicle}} \quad (\text{уравнение 118}),$$

где:

$m_{vehicle}$  – испытательная масса транспортного средства в кг согласно пункту A.9.5.6.7.

**A.9.5.6.9 Радиус колес**

За радиус колес принимают значение, указанное изготовителем, которое используют при фактическом испытании гибридной силовой установки.

**A.9.5.6.10 Передаточное число конечной передачи**

За передаточное число конечной передачи принимают значение, указанное изготовителем, которое является репрезентативным для гибридной силовой установки, подлежащей фактическому испытанию.

**A.9.5.6.11 КПД трансмиссии**

За КПД трансмиссии принимают значение, указанное изготовителем для трансмиссии гибридной силовой установки, подлежащей фактическому испытанию.

**A.9.5.6.12 Максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением**

За максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением и синхронизатором, принимают расчетное значение, указанное изготовителем.

**A.9.5.6.13 Период переключения передач**

За периоды переключения передач в случае ручной коробки передач принимают фактические значения испытания.

**A.9.5.6.14 Метод переключения передач**

За положение передач в момент начала движения, при ускорении и замедлении в ходе проверочного испытания принимают положения передач, соответствующие указанным методам в зависимости от типов трансмиссии, перечисленных ниже:

- a) в случае трансмиссии с ручным переключением передач: положения передач определяют на основе фактических значений испытания;
- b) в случае автоматической трансмиссии (АТ) или автоматической коробки передач (АК): положения передач выбирают в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии в ходе смоделированного испытания по методу АПМ; они не соответствуют значениям, зафиксированным в ходе фактического испытания.

**A.9.5.6.15 Момент инерции вращающихся частей**

За инерцию всех вращающихся частей принимают указанные изготовителем значения, которые являются репрезентативными для гибридной силовой установки, подлежащей фактическому испытанию.

**A.9.5.6.16 Прочие исходные параметры**

За все прочие исходные параметры принимают указанные изготовителем значения, которые являются репрезентативными для гибридной силовой установки, подлежащей фактическому испытанию.

**A.9.5.7 Испытание модели конкретного ГТС по методу АПМ для целей проверки**

**A.9.5.7.1 Способ испытания по методу АПМ**

Систему АПМ используют согласно пункту A.9.3, при этом включают модель конкретного ГТС для официального утверждения вместе с ее проверочными параметрами (пункт A.9.5.6) в целях осуществления смоделированного испытания согласно пункту A.9.5.7.2 и фиксируют рассчитанные данные АПМ, имеющие отношение к пункту A.9.5.4.4. Полученные таким образом данные являются данными смоделированного испытания АПМ для проверки системы АПМ (далее называемые "значениями смоделированного испытания АПМ").

Значения вспомогательной нагрузки, замеренные в ходе фактического испытания гибридной силовой установки, могут быть использованы в качестве исходного параметра для моделей вспомогательной нагрузки (как механических, так и электрических).

**A.9.5.7.2 Условия испытания**

Испытание по методу АПМ проводят в виде одного или двух испытаний, которые позволяют проанализировать следующие оба режима работы (см. рис. 21):

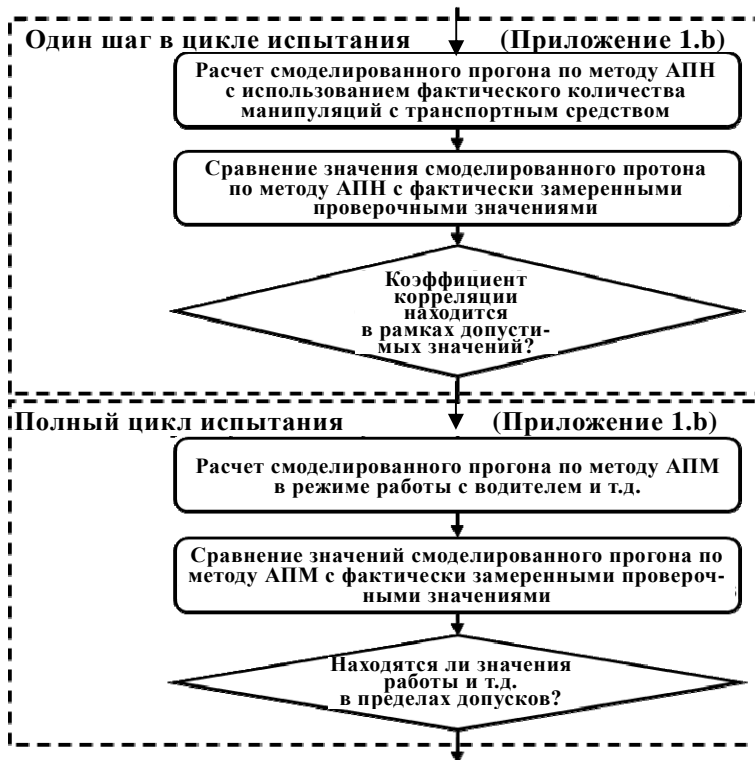
- a) отведенная часть испытательного цикла охватывает первые 140 секунд испытательного цикла, определенного в приложении 1.b, для которых дорожный наклон рассчитывают с использованием указанной изготовителем номинальной мощности конкретной гибридной системы, которую также применяют для фактического испытания силовой установки. Выходными значениями модели водителя являются значения, зафиксированные в ходе фактического испытания гибридной силовой установки (пункт A.9.5.4), которые используют для приведения в действие модели конкретного ГТС;
- b) полный цикл испытания, определенный в приложении 1.b, для которого значения дорожного наклона определяют с использованием указанной изготовителем номинальной мощности гибридной системы, которую также используют для фактического испытания гибридной си-

ловой установки. В качестве выходных значений модели водителя используют все соответствующие сигналы для приведения в действие модели конкретного ГТС, основываясь либо на скорости, полученной в ходе исходного испытательного цикла, либо на фактической скорости транспортного средства, зафиксированной согласно пункту А.9.5.4.

Если полученные таким образом режимы работы ЦГД различаются применительно к циклам с запуском холодного двигателя и с запуском двигателя в прогретом состоянии, проверке подлежит и цикл с запуском холодного двигателя и цикл с запуском двигателя в прогретом состоянии.

В целях воссоздания фактических условий испытания гибридной силовой установки (например, с точки зрения показателей температуры и имеющейся в ПЭАС электроэнергии), в качестве первоначальных условий используют те же условия, что и в ходе фактического испытания, которые по мере необходимости применяют к параметрам модели конкретного ГТС, параметрам интерфейса и т.д.

Рис. 21  
 Схема алгоритма проверочного испытания системы АПМ в ходе испытания с использованием модели конкретного ГТС



**A.9.5.8** Статистические данные для подтверждения достоверности модели конкретного ГТС для официального утверждения

**A.9.5.8.1** Подтверждение корреляции в рамках отведенной части испытания

Корреляцию между фактически замеренными проверочными значениями и значениями смоделированного испытания по методу АПМ проверяют в рамках отведенной части испытательного цикла согласно пункту A.9.5.7.2 а). В таблице 11 приведены требования в отношении допустимых расхождений между этими значениями по различным критериям. В настоящем случае данные, зафиксированные в ходе периодов переключения передач, для целей этого регрессивного анализа могут быть опущены, однако не более чем за один период продолжительностью 2,0 секунды на каждое переключение передачи.

**Таблица 11**

Допустимые расхождения (для отведенной части испытательного цикла) между фактически замеренными значениями и значениями смоделированного испытания по методу АПМ для проверки модели конкретного ГТС

	Скорость транспортного средства	Двигатель			Электрический/гидравлический мотор (или эквивалент)			Электрическое/гидравлическое энергоаккумулирующее устройство (или эквивалент)		
		Скорость вращения	Крутящий момент	Мощность	Скорость вращения	Крутящий момент	Мощность	Напряжение или давление	Ток или расход по массе	Мощность
Стандартная погрешность оценки, СПО										
Наклон, $a_1$										
Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$	>X	>X	>X	>X	>X	>X	>X	>X	>X	>X
Величина отрезка, отсекаемого на оси у линией регрессии, $a_0$										

**A.9.5.8.2** Общая проверка применительно к полному испытательному циклу

**A.9.5.8.2.1** Проверочные параметры и допуски

Корреляцию между фактически замеренными проверочными значениями и значениями смоделированного испытания по методу АПМ проверяют в рамках полного испытательного цикла (согласно пункту A.9.5.7.2 b)). В настоящем случае данные, зафиксированные в ходе периодов переключения передач, для целей этого регрессивного анализа могут быть опущены, однако не более чем за один период продолжительностью 2,0 секунды на каждое переключение передачи.

Конфигурацию системы АПМ считают действительной, если она удовлетворяет критериям, изложенным в таблице 12.

**Таблица 12**

Допустимые расхождения (для полного испытательного цикла) между фактически замеренными проверочными значениями и значениями смоделированного испытания по методу АПМ

	Скорость транспортного средства	Двигатель			Положительное отношение работы двигателя	Положительное отношение работы системы
		Частота вращения	Крутящий момент	Мощность		
					$\frac{W_{eng\_HILS}}{W_{eng\_test}}$	$\frac{W_{sys\_HILS}}{W_{sys\_test}}$
Стандартная погрешность оценки, СПО						
Наклон, $a_1$						
Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$	>X	>X	>X	>X		
Величина отрезка, отсекаемого на оси у линией регрессии, $a_0$						
Коэффициент конверсии					X <...< Y	X <...< Y

где:

$W_{eng\_HILS}$  – показатель работы двигателя, полученный в ходе смоделированного прогона по методу АПМ (кВт·ч);

$W_{eng\_test}$  – показатель работы двигателя в ходе фактического испытания силовой установки (кВт·ч);

- W<sub>sys\_HILS</sub>** – показатель работы гибридной системы, полученный в ходе смоделированного прогона по методу АПМ (кВт·ч);
- W<sub>sys\_test</sub>** – показатель работы гибридной системы, полученный в ходе фактического испытания силовой установки (кВт·ч).

#### A.9.5.8.2.2 Метод расчета проверочных параметров

Крутящий момент, мощность и полезную работу двигателя в зависимости от испытательных данных рассчитывают соответственно с помощью следующих методов:

- a) фактически замеренные проверочные значения согласно пункту A.9.5.4:

с помощью методов, которые являются технически обоснованными, например путем расчета значений исходя из операционных условий гибридной системы (скорости вращения, крутящего момента на валу), полученных в ходе фактического испытания гибридной силовой установки, с использованием напряжения и тока на входе/выходе электронного регулятора (высокой мощности) электромотора, либо путем расчета значений с использованием данных, полученных в ходе процедур испытания компонентов согласно пункту A.9.8;

- b) значения смоделированного испытания по методу АПМ согласно пункту A.9.5.7:

путем расчета значений исходя из режима работы двигателя (скорость вращения, крутящий момент), полученных в ходе смоделированного испытания по методу АПМ.

#### A.9.5.8.2.3 Допустимое значение чистого изменения энергии для ПЭАС

Значения чистого изменения энергии в ходе фактического испытания гибридной силовой установки и чистого изменения энергии в ходе смоделированного испытания по методу АПМ должны удовлетворять следующему уравнению:

$$|\Delta E_{HILS} - \Delta E_{test}| / W_{eng\_HILS} < 0,01 \quad (\text{уравнение 119}),$$

где:

- $\Delta E_{HILS}$**  – чистое изменение энергии ПЭАС в ходе смоделированного испытания по методу АПМ (кВт·ч);
- $\Delta E_{test}$**  – чистое изменение энергии ПЭАС в ходе фактического испытания по методу АПМ (кВт·ч);
- $W_{eng\_HILS}$**  – полезная работа двигателя в ходе смоделированного испытания по методу АПМ (кВт·ч),



при этом чистое изменение энергии ПЭАС рассчитывают следующим образом:

a) для аккумулятора:

$$\Delta E = \Delta Ah \times V_{nominal} \quad (\text{уравнение 120}),$$

где:

$\Delta Ah$  – разница в уровне электроэнергии, полученная путем интегрирования величины тока аккумулятора (А·ч),

$V_{nominal}$  – номинальное напряжение (В);

b) для конденсатора:

$$\Delta E = 0,5 \times C_{cap} \times (U_{final}^2 - U_{init}^2) \quad (\text{уравнение 121}),$$

где:

$C_{cap}$  – номинальная емкость конденсатора (Ф),

$U_{init}$  – первоначальное напряжение на момент начала испытания (В),

$U_{final}$  – окончательное напряжение на момент завершения испытания;

c) для маховика:

$$\Delta E = 0,5 \times J_{flywheel} \times \left(\frac{30}{\pi}\right)^2 \times (n_{final}^2 - n_{init}^2) \quad (\text{уравнение 122}),$$

где:

$J_{flywheel}$  – инерция маховика (кг·м<sup>2</sup>),

$n_{init}$  – первоначальная частота вращения в момент начала испытания (мин<sup>-1</sup>),

$n_{final}$  – окончательная частота вращения в момент завершения испытания (мин<sup>-1</sup>);

d) прочие ПЭАС:

для случаев а)–с), изложенных в настоящем пункте, чистое изменение энергии рассчитывают с использованием физически эквивалентного сигнала. Этот метод доводится до сведения органов по официальному утверждению типа или органа по сертификации.

#### A.9.5.8.2.4 Дополнительное положение, касающееся допусков в случае режима использования двигателя с фиксированной точкой

В случае режима использования двигателя с фиксированной точкой (как в плане частоты вращения, так и в плане крутящего момента) испытание является действительным, если удовлетворены критерии в отношении скорости транспортного средства, работы двигателя в качестве тягового устройства и длительности работы двигателя (тех же критериев, что и в случае работы двигателя в качестве тягового устройства).

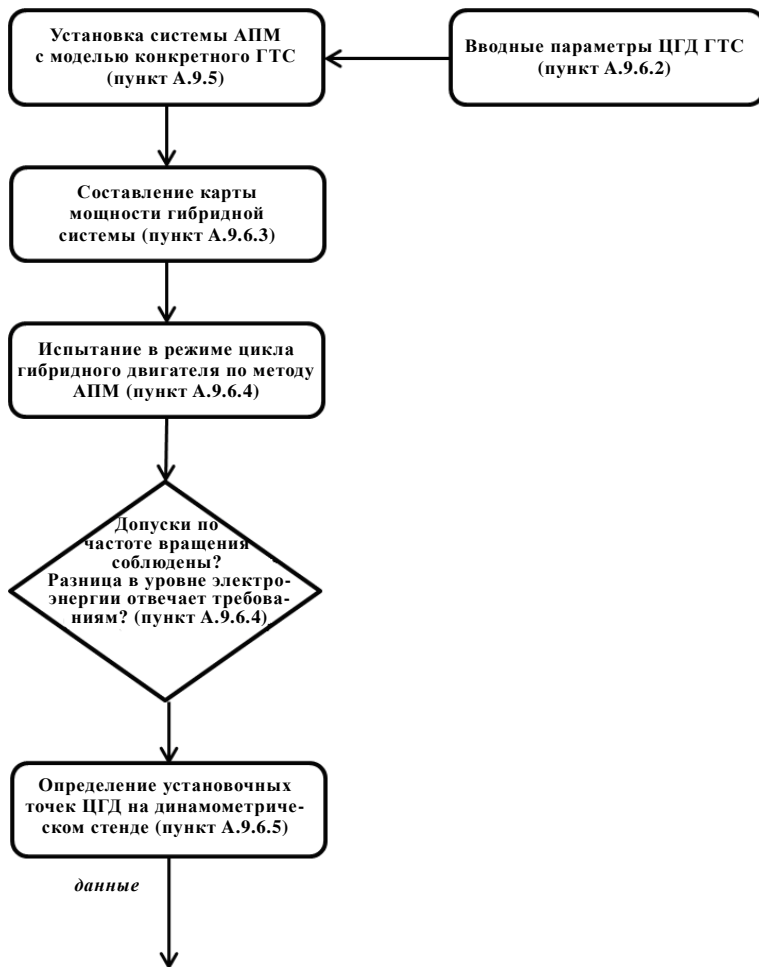
## A.9.6 Создание цикла гибридного двигателя

### A.9.6.1 Общие вводные положения

При использовании проверенной конфигурации системы АПМ и модели конкретного ГТС для официального утверждения цикл гибридного двигателя создают согласно положениям пунктов A.9.6.2–A.9.6.5. На рис. 22 приведена схема, отражающая требуемые шаги для осуществления этого процесса.

Рис. 22

Схема шагов по созданию цикла гибридного двигателя



### A.9.6.2 Вводные параметры для испытания модели конкретного ГТС в режиме ЦГД

#### A.9.6.2.1 Общие вводные положения

Вводные параметры для модели конкретного ГТС определяют согласно пунктам A.9.6.2.2–A.9.6.2.16 в качестве репрезентативных для типового большегрузного транспортного средства с конкретной гибридной силовой установкой, подлежащего официальному утверждению. Все значения вводных параметров округляют до четвертой значащей цифры (т.е. до вида x.xxxEuu в математическом представлении).

**A.9.6.2.2** Характеристики двигателя

В качестве параметров крутящего момента двигателя используют табличные данные, полученные согласно пункту A.9.8.3. Вместе с тем, при этом могут быть добавлены значения, которые являются эквивалентными минимальной скорости вращения двигателя или более низкими. Кроме того, во время испытания на официальное утверждение не используют дополнительную карту значений крутящего момента модели транспортного средства.

**A.9.6.2.3** Характеристики электромотора

В качестве параметров крутящего момента и потребления электроэнергии электромотора используют табличные данные, полученные согласно пункту A.9.8.4. Вместе с тем, могут быть добавлены значения соответствующих характеристик для частоты вращения 0 об/мин.

**A.9.6.2.4** Характеристики аккумулятора

**A.9.6.2.4.1** Резисторная модель аккумулятора

В качестве параметров внутреннего сопротивления и напряжения в открытой сети аккумулятора используют табличные данные, полученные согласно пункту A.9.8.5.1.

**A.9.6.2.4.2** Резисторно-емкостная модель аккумулятора

В качестве параметров резисторно-емкостной модели аккумулятора используют данные, полученные согласно пункту A.9.8.5.2.

**A.9.6.2.5** Характеристики конденсатора

В качестве параметров модели конденсатора используют данные, полученные согласно пункту A.9.8.6.

**A.9.6.2.6** Испытательная масса транспортного средства и масса в снаряженном состоянии

Испытательную массу транспортного средства рассчитывают как функцию номинальной мощности системы (указанной изготовителем в приложении A.10) с использованием уравнения 112.

Массу транспортного средства в снаряженном состоянии рассчитывают с помощью уравнений 113 и 114.

**A.9.6.2.7** Площадь фронтальной поверхности транспортного средства и коэффициент сопротивления воздуха

Площадь фронтальной поверхности транспортного средства рассчитывают с помощью уравнений 115 и 116, применяя значение испытательной массы транспортного средства, полученное согласно пункту A.9.6.2.6.

Коэффициент сопротивления воздуха рассчитывают с помощью уравнения 117 и значения испытательной массы транспортного средства, полученного согласно пункту A.9.6.2.6.

**А.9.6.2.8 Коэффициент сопротивления качению**

Коэффициент сопротивления качению рассчитывают с помощью уравнения 118, применяя значение испытательной массы транспортного средства, полученное согласно пункту А.9.6.2.6.

**А.9.6.2.9 Радиус колес**

За радиус колес принимают значение 0,40 м либо значение, указанное изготовителем, в зависимости от того, какое из них является наилучшим с точки зрения выбросов отработавших газов.

**А.9.6.2.10 Передаточное число конечной передачи**

Передаточное число конечной передачи определяют согласно положениям, касающимся типа конкретного ГТС:

- а) для параллельного ГТС при использовании стандартного радиуса колес передаточное число конечной передачи рассчитывают следующим образом:

$$r_{fg} = \frac{60 \times 2 \times \pi \times r_{wheel}}{1000 \times v_{max}} \times \frac{0,566 \times |0,45 \times n_{lo} + 0,45 \times n_{pref} + 0,1 \times n_{hi} - n_{idle}| \times 2,0327 + n_{idle}}{r_{gear\_high}}$$

(уравнение 123),

где:

- $r_{gear\_high}$  – передаточное число самой высокой передачи трансмиссии силовой установки (-),
- $r_{wheel}$  – динамический радиус шины (м) согласно пункту А.9.6.2.9,
- $v_{max}$  – максимальная скорость транспортного средства с фиксированным значением 87 км/ч,
- $n_{lo}$ ,  $n_{hi}$ ,  $n_{idle}$ ,  $n_{pref}$  – значения скорости транспортного средства согласно пункту 7.4.6;

- б) для параллельного ГТС при использовании радиуса колес, указанного изготовителем, в качестве передаточного числа заднего моста используют передаточное число, указанное изготовителем, которое является репрезентативным для наилучшего сценария выбросов отработавших газов;
- в) для последовательного ГТС в качестве передаточного числа заднего моста используют передаточное число, указанное изготовителем, которое является репрезентативным для наилучшего сценария выбросов отработавших газов.

**A.9.6.2.11 Коэффициент полезного действия трансмиссии**

В случае параллельного ГТС используют следующие значения:

- a) коэффициент полезного действия трансмиссии должен составлять 0,98 для прямой трансмиссии и 0,95 – для всех прочих типов трансмиссии;
- b) коэффициент полезного действия конечной понижающей передачи должен составлять 0,95.

В случае последовательного ГТС используют следующие значения:

- 1) коэффициент полезного действия трансмиссии должен составлять 0,95 или может быть указан изготовителем в случае трансмиссии с фиксированными передачами либо трансмиссии с двумя передачами. В этом случае изготовитель представляет всю соответствующую информацию и ее обоснование органу по официальному утверждению типа или по сертификации.
- 2) Коэффициент полезного действия конечной понижающей передачи составляет 0,95 или может быть указан изготовителем. В этом случае изготовитель представляет всю соответствующую информацию и ее обоснование органу по официальному утверждению типа или по сертификации.

**A.9.6.2.12 Максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением**

В качестве максимального крутящего момента, передаваемого сцеплением и синхронизатором, используют расчетное значение, указанное изготовителем.

**A.9.6.2.13 Период переключения передач**

Значение периода переключения передач для ручной трансмиссии устанавливают на уровне одной (1,0) секунды.

**A.9.6.2.14 Способ переключения передач**

За положение передачи при запуске, ускорении и замедлении в ходе проверочного испытания принимают положения передачи, соответствующие указанным способам в зависимости от типов ГТС, изложенных ниже:

- a) в случае параллельного ГТС с трансмиссией с ручным переключением передач: положения передачи определяют исходя из способа переключения согласно пункту A.9.7.4 и включают в модель водителя;
- b) в случае параллельного ГТС с трансмиссией с роботизированным переключением передач (РПП) или автоматическим переключением передач (АПП): положения передачи генерируются в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии в ходе смоделированного испытания по методу АПМ;

- с) в случае последовательного ГТС: если применяется трансмиссия с переключением передач, то используют положения передачи, определенные в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии.

#### A.9.6.2.15 Момент инерции вращающихся частей

В зависимости от условий, указанных ниже, используют различные значения момента инерции ( $J$ , в кг/м<sup>2</sup>) вращающихся частей:

в случае параллельного ГТС:

- а) момент инерции секции, начинающейся от ведомой шестерни трансмиссии (коробки передач) и заканчивающейся шинами, рассчитывают таким образом, чтобы оно составляло 7% от массы транспортного средства в снаряженном состоянии  $m_{vehicle,0}$  (пункт A.9.6.2.6), умноженной на квадрат радиуса колеса  $r_{wheel}$  (пункт A.9.6.2.9), т.е. следующим образом:

$$I_{drivetrain} = 0,07 \times m_{vehicle,0} \times r_{wheel}^2$$

(уравнение 124)

- б) за момент инерции секции, начинающейся от двигателя и заканчивающейся ведущей шестерней трансмиссии (коробки передач), принимают значение(я), указанное(ые) изготовителем;

в случае последовательного ГТС:

за момент инерции генератора(ов), электромотора(ов) в ступице колеса или главного(ых) электромотора(ов) принимают значения, указанные изготовителем.

#### A.9.6.2.16 Прочие входные параметры

В качестве всех прочих входных параметров используют указанные изготовителем значения, которые являются репрезентативными для наихудших случаев выбросов отработавших газов.

#### A.9.6.3 Создание карты мощности гибридной системы

Зарезервирован.

#### A.9.6.4 Испытание в рамках цикла гибридного двигателя по методу АПМ

##### A.9.6.4.1 Общие вводные положения

Испытание по методу АПМ осуществляют согласно пунктам A.9.6.4.2–A.9.6.4.5 для создания цикла гибридного двигателя с использованием полного испытательного цикла, определенного в приложении 1.b.

##### A.9.6.4.2 Данные испытания по методу АПМ, подлежащие регистрации

Регистрации с частотой 5 Гц или выше (рекомендовано 10 Гц) подлежат по крайней мере следующие входные и рассчитанные сигналы системы АПМ:

- a) установочная точка и фактическая скорость транспортного средства (км/ч);
- b) мощность (кВт), напряжение (В) и ток (А) (перезаряжаемой) энергоаккумулирующей системы (или их соответствующие физически эквивалентные сигналы в случае другой перезаряжаемой энергоаккумулирующей системы);
- c) частота вращения гибридной системы ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий момент гибридной системы (Нм), мощность гибридной системы (кВт);
- d) частота вращения двигателя ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий момент двигателя (Нм) и мощность двигателя (кВт);
- e) частота(ы) вращения электромотора ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий(ие) момент(ы) электромотора (Нм) и механическая(ие) мощность(и) электромотора (кВт), а также ток (А), напряжение и электрическая мощность (кВт) регулятора (высокой мощности) электромотора(ов) (или их физически эквивалентные сигналы в случае силовой установки неэлектрического ГТС);
- f) объем водительских манипуляций с транспортным средством (обычно сигналы управления акселератором, тормозом, сцеплением и переключением передач и другие сигналы).

#### **А.9.6.4.3**    **Корректировки для целей испытания по методу АПМ**

В целях соблюдения допусков, определенных в пунктах А.9.6.4.4 и А.9.6.4.5, при испытании по методу АПМ могут быть произведены следующие корректировки интерфейса и модели водителя:

- a) в отношении объема водительских манипуляций с транспортным средством (обычно сигналы управления акселератором, тормозом, сцеплением и переключением механической коробки передач);
- b) в отношении первоначального значения уровня электроэнергии, содержащейся в перезаряжаемой энергоаккумулирующей системе.

В целях воссоздания условий цикла с запуском двигателя в холодном состоянии и цикла с запуском двигателя в прогретом состоянии к параметрам компонентов, интерфейса и т.д. применяют следующие первоначальные температурные условия:

- 1) для цикла с запуском двигателя в холодном состоянии  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) для цикла с запуском двигателя в прогретом состоянии – особый режим прогрева с использованием либо запуска двигателя в холодном состоянии и затем периода прогрева в ходе испытания модели по методу АПМ, либо условий, указанных изготовителем для режима работы в прогретом состоянии.

#### А.9.6.4.4 Подтверждение скорости транспортного средства

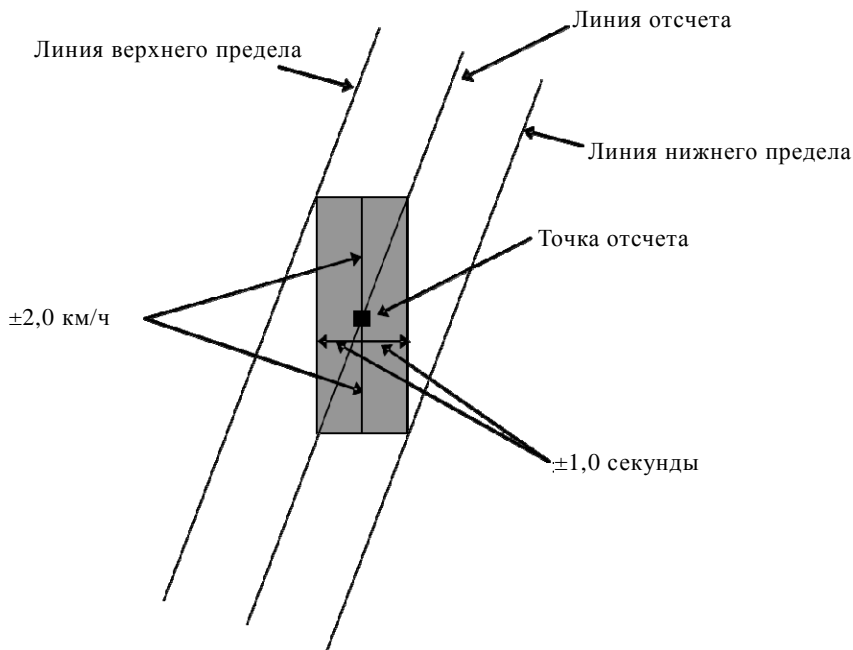
Допустимые погрешности значений скорости и времени в ходе смоделированного испытания должны находиться, в любой момент в ходе каждого испытательного режима, в пределах  $\pm 2,0$  км/ч по скорости и  $\pm 1,0$  секунд по времени, как показано на выделенном цветом участке рис. 23. Кроме того, если отклонения находятся в пределах допусков по соответствующим установочным позициям, приведенным в левом столбце таблицы 13, их считают удовлетворительными с точки зрения допустимой погрешности. Вместе с тем, расхождения по времени в момент начала испытания и во время операций по переключению передач в общее совокупное время не включают. Помимо этого, настоящее положение не применяется в случае, если запрашиваемые значения ускорения и скорости не получены в ходе педаль, когда педаль акселератора находится в полностью выжатом положении (гибридная силовая установка должна продемонстрировать максимальные рабочие показатели).

Таблица 13  
Допуски отклонений по скорости транспортного средства

<i>Установочная позиция</i>	<i>Допуск</i>
1. Допустимый временной диапазон для одного отклонения	$< \pm 1,0$ секунды
2. Допустимый временной диапазон для общего совокупного значения (в абсолютном выражении) отклонений	$< 2,0$ секунды
3. Допустимый скоростной диапазон для одного отклонения	$< \pm 2,0$ км/ч



**Рис. 23**  
 Допуски отклонений по скорости и времени в ходе смоделированного испытания по методу АПМ



#### A.9.6.4.5 Подтверждение значения изменения энергии ПЭАС

Первоначальное значение электроэнергии, содержащейся в ПЭАС, устанавливают таким образом, чтобы отношение чистого изменения энергии ПЭАС к работе двигателя (в качестве тягового устройства) удовлетворяло следующему уравнению:

$$|\Delta E / W_{eng\_ref}| < 0,03 \quad (\text{уравнение 125}),$$

где:

$\Delta E$  – чистое изменение энергии ПЭАС, определенное согласно пункту А.9.5.8.2.3 а)–d) (кВт·ч),

$W_{eng\_ref}$  – проинтегрированное значение мощности коленчатого вала двигателя, работающего в качестве тягового устройства, в ходе смоделированного испытания по методу АПМ (кВт·ч).

#### A.9.6.5 Установочные точки цикла гибридного двигателя на динамометрическом стенде

**A.9.6.5.1** На основе данных, полученных с помощью системы АПМ согласно пункту А.9.6.4, отбирают и определяют значения частоты вращения и крутящего момента двигателя с частотой по меньшей мере 5 Гц (рекомендуется 10 Гц) в качестве установочных точек команд для испытания двигателя на выбросы отработавших газов на динамометрическом стенде для двигателя.

**A.9.6.5.2** Замена испытательного значения крутящего момента во время прокручивания двигателя

Если испытательное значение установочной точки команды крутящего момента, полученное согласно пункту A.9.6.5.1, является отрицательным, это отрицательное значение крутящего момента заменяют командой на прокручивание двигателя от внешнего привода на динамометрическом стенде для двигателя.

**A.9.7** Модели компонентов АПМ

**A.9.7.1** Общие вводные положения

Модели компонентов согласно пунктам A.9.7.2–A.9.7.9 используют для создания как справочной модели ГТС, так и модели конкретного ГТС. Библиотеки программного обеспечения Matlab®/Simulink®, которые содержат имплементационные инструменты моделей компонентов согласно соответствующим характеристикам, размещены по адресу:  
[http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob\\_registry.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob_registry.html).

**A.9.7.2** Модель вспомогательной системы

**A.9.7.2.1** Модель вспомогательной электрической системы

Вспомогательную электрическую систему (вероятно необходимую только для нагрузок с высоким напряжением) моделируют как постоянную (желательно регулируемую) потерю электрической мощности  $P_{el,aux}$ . Ток разряда устройства накопления электроэнергии  $i_{aux}$  определяют следующим образом:

$$i_{el,aux} = x P_{el,aux} / u \quad \text{(уравнение 126),}$$

где:

- $P_{el,aux}$  – расход электроэнергии вспомогательной системы (Вт),
- $x$  – сигнал управления включение/выключение/рабочий цикл для управления уровнем нагрузки вспомогательной системы (–),
- $u$  – электрическое напряжение шины постоянного тока (В),
- $i_{el,aux}$  – вспомогательный ток (А).

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 14.

**Таблица 14**

**Параметры и интерфейс модели вспомогательной электрической системы**

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$P_{el,aux}$	Вт	Вспомогательная нагрузка на систему	dat.auxiliaryload.value
Сигнал команды	$x$	0–1	Сигнал управления уровнем мощности вспомогательной системы	Aux_flgOnOff_B

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Сигнал датчика	$i_{aux}$	А	Ток вспомогательной системы	Aux_iAct_A
Электр. на входе (В)	$u$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на выходе [А]	$i_{aux}$	А	Ток	phys_current_A

#### А.9.7.2.2 Модель механической вспомогательной системы

Механическую вспомогательную систему моделируют с использованием регулируемой потери мощности  $P_{mech,aux}$ . Потерю мощности реализуют как потерю крутящего момента на репрезентативном валу.

$$M_{mech,aux} = x P_{mech,aux} / \omega \quad (\text{уравнение 127}),$$

где:

- $P_{mech,aux}$  – потребление энергии механической вспомогательной системой (Вт);
- $x$  – сигнал управления включение/выключение/рабочий цикл для управления уровнем нагрузки вспомогательной системы(-);
- $\omega$  – частота вращения вала ( $\text{мин}^{-1}$ );
- $M_{mech,aux}$  – крутящий момент вспомогательной системы (Нм).

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 15.

Таблица 15  
Параметры и интерфейс модели механической вспомогательной системы

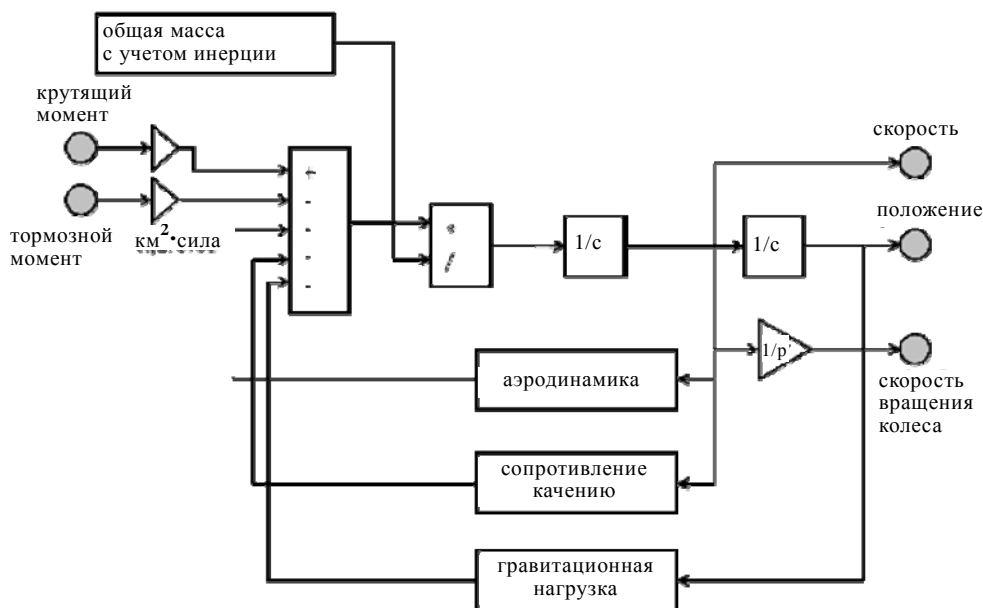
Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$P_{mech,aux}$	Вт	Нагрузка вспомогательной системы	dat.auxiliaryload.value
	$J_{aux}$	$\text{кг}\cdot\text{м}^2$	Инерция	Dat.inertia.value
Сигнал команды	$x$	0–1	Управление вспомогательной системой	Aux_flgOnOff_B
Сигнал датчика	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент на выходе вспомогательной системы	Aux_tqAct_A

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Мех. на входе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

### A.9.7.3 Модель шасси

Базовую модель шасси (транспортного средства) представляют как инерцию. Данная модель позволяет вычислить скорость транспортного средства на основе крутящего момента карданного вала и тормозного момента. Она учитывает значения сопротивления качению и аэродинамического сопротивления, а также сопротивление дорожного уклона. Соответствующая схема приведена на рис. 24.

Рис. 24  
 Схема модели шасси (транспортного средства)



Базовым принципом является применение входного значения крутящего момента  $M_{in}$  к редукции передачи (конечной передаче) с фиксированным передаточным числом  $r_{fg}$ .

$$M_{drive} = \eta_{fg} M_{in} r_{fg} \quad (\text{уравнение 128}),$$

где:

$\eta_{fg}$  – КПД конечной передачи.

Крутящему моменту на валу привода  $M_{drive}$  противодействует тормозной момент  $M_{brake}$ . Результирующий крутящий момент, который преобразуют в движущую силу, подставляя значения

радиуса колес  $r_{wheel}$  в уравнение 129, передается на дорогу и приводит в движение транспортное средство:

$$F_{drive} = \frac{M_{drive} - M_{brake}}{r_{wheel}} \quad (\text{уравнение 129})$$

От движущей силы  $F_{drive}$  отнимают значения силы аэродинамического сопротивления  $F_{aero}$ , силы сопротивления качению  $F_{roll}$  и силы тяжести  $F_{grav}$ , с тем чтобы получить результирующее ускорение с помощью дифференциального уравнения 130:

$$m_{tot} \dot{v}_{vehicle} = F_{drive} - F_{aero} - F_{roll} - F_{grav} \quad (\text{уравнение 130}),$$

где:

$m_{tot}$  – общая масса транспортного средства (кг);

$\dot{v}_{vehicle}$  – ускорение транспортного средства (м/с).

Общую массу транспортного средства  $m_{tot}$  рассчитывают с использованием массы транспортного средства  $m_{vehicle}$  и инерционной нагрузки компонентов силовой установки:

$$m_{tot} = m_{vehicle} + (J_{fg} + J_{powertrain}) r_{fg}^2 + 2J_{wheel} r_{wheel}^2 \quad (\text{уравнение 131}),$$

где:

$m_{vehicle}$  – масса транспортного средства (кг);

$J_{fg}$  – инерция конечной передачи (кг·м<sup>2</sup>);

$J_{powertrain}$  – сумма всех инерций силовой установки (кг·м<sup>2</sup>);

$J_{wheel}$  – инерция колес (кг/м<sup>2</sup>).

Угловую скорость колес определяют на основе скорости транспортного средства и радиуса колес следующим образом:

$$\omega_{wheel} = v_{vehicle} / r_{wheel} \quad (\text{уравнение 132})$$

Силу аэродинамического сопротивления рассчитывают следующим образом:

$$F_{aero} = 0,5 \rho_{air} C_{drag} A_{front} v_{vehicle}^2 \quad (\text{уравнение 133}),$$

где:

$\rho_{air}$  – плотность воздуха (кг/м<sup>3</sup>);

$C_{drag}$  – коэффициент сопротивления воздуха (-);

$A_{front}$  – фронтальная поверхность транспортного средства (м<sup>2</sup>);

$v_{vehicle}$  – скорость транспортного средства (м/с).

Сопротивление качению рассчитывают следующим образом:

$$F_{roll} = f_{roll} m_{vehicle} g \cos(\alpha) \quad (\text{уравнение 134}),$$

где:

- $f_{\text{roll}}$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой (-);  
 $g$  – постоянная ускорения свободного падения (м/с<sup>2</sup>);  
 $\alpha$  – наклон дороги (рад).

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 16.

Таблица 16  
 Параметры и интерфейс модели шасси

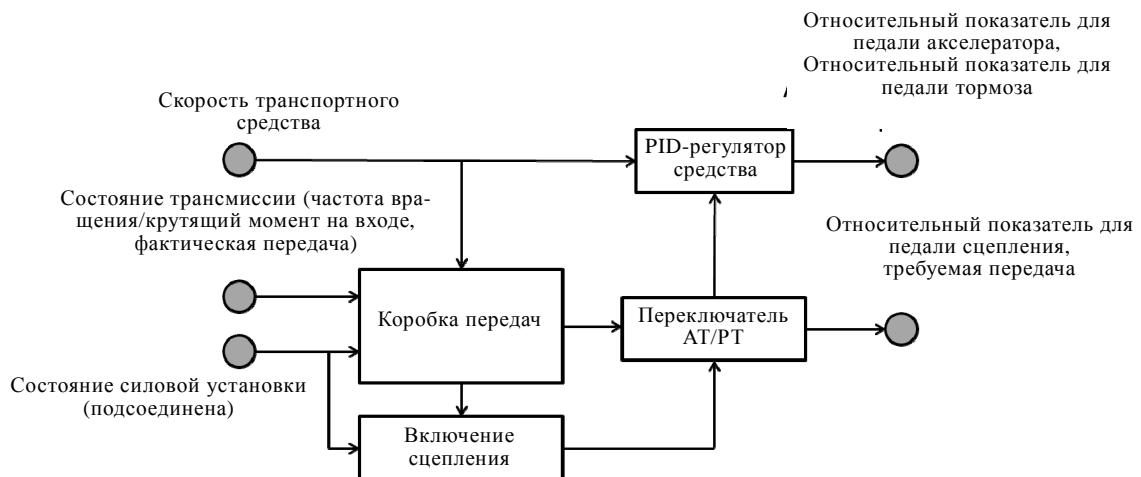
Тип/шина	Обозначение	Единицы изменения	Описание	Справочная информация
Параметр	$m_{\text{vehicle}}$	кг	Масса транспортного средства	dat.vehicle.mass.value
	$r_{\text{fg}}$	-	Передаточное число конечной передачи	dat.fg.ratio.value
	$\eta_{\text{fg}}$	-	КПД конечной передачи	dat.fg.efficiency.value
	$J_{\text{fg}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция конечной передачи	dat.fg.inertia.value
	$A_{\text{front}}$	м <sup>2</sup>	Фронтальная поверхность транспортного средства	dat.aero.af.value
	$C_d$	-	Коэффициент сопротивления воздуха	dat.aero.cd.value
	$r_{\text{wheel}}$	м	Радиус колес	dat.wheel.radius.value
	$J_{\text{wheel}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция колес	dat.wheel.inertia.value
	$f$	-	Коэффициент сопротивления качению	dat.wheel.rollingres.value
Сигнал команды	$M_{\text{brake}}$	Нм	Запрашиваемый тормозной крутящий момент	Chassis_tqBrakeReq_Nm
Сигнал датчика	$v_{\text{vehicle}}$	м/с	Фактическая скорость транспортного средства	Chassis_vVehAct_mps
	$\omega_{\text{wheel}}$	рад/с	Фактическая угловая скорость колес	Chassis_nWheelAct_radps
	$m_{\text{tot}}$	кг	Масса транспортного средства	Chassis_massVehAct_kg
	$\alpha$	рад	Наклон дороги	Chassis_slopRoad_rad

Тип/шина	Обозначение	Единицы изменения	Описание	Справочная информация
Мех. на входе [Нм]	$M_{drive}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{powertrain}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{wheel}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.4 Модель водителя

Модель водителя подает сигналы педалей акселератора и тормоза в целях реализации заданного скоростного цикла транспортного средства, а также переключает передачи в случае механической трансмиссии с использованием сцепления и коробки передач.

Рис. 25  
Схема модели водителя



Модель водителя была построена на основе модульного подхода, поэтому она содержит различные подмодули. Модель, показанная на рис. 25, способна управлять как транспортным средством, оснащенным механической коробкой передач, с использованием сигналов педалей акселератора, тормоза и сцепления, так и транспортным средством, оснащенным автоматической коробкой передач, – с использованием только педалей акселератора и тормоза. В случае транспортного средства с механической трансмиссией решения о переключении передач принимает подмодуль переключения передач. В случае автоматических коробок передач этот этап опускается, однако при необходимости он может быть восстановлен.

Представленная модель водителя содержит следующие элементы:

- подмодуль, управляющий скоростью транспортного средства (PID-регулятор);

- b) подмодуль, принимающий решения относительно переключения передач;
- c) подмодуль, управляющий педалью сцепления;
- d) подмодуль, переключающий сигналы при использовании либо ручной, либо автоматической коробки передач.

В зависимости от конкретных целей отдельные подмодули (из перечисленных выше) могут быть легко убраны или перенесены в конкретные модели водителя того или иного изготовителя.

Ниже приведены конкретные описания подмодулей а)–d):

- a) подмодуль, управляющий скоростью транспортного средства, моделируют с использованием простого PID-регулятора. Он использует справочные значения скорости ездового цикла и сравнивает его с фактической скоростью транспортного средства. Если скорость транспортного средства является слишком низкой, он подает сигнал на педаль акселератора для ускорения, а если скорость транспортного средства является слишком высокой, наоборот – на педаль тормоза для подачи команды замедлить движение транспортного средства. На случай транспортных средств, не способных развить требуемую скорость (например в случае, если их расчетная скорость ниже, чем требуемая в ходе испытания скорости), регулятор имеет функцию устранения ошибок интегральной части, для которой в файле с параметрами могут быть также определены соответствующие показатели. В случае использования транспортного средства, оснащенного механической коробкой передач, исходят из того, что при переключении передач педаль акселератора остается незадействованной;
- b) используемый метод переключения передач основывается на определении многоугольных схем переключения на более высокую или более низкую передачи (полигоны). Такие полигоны, вместе с кривой крутящего момента при полной нагрузке и кривой отрицательного крутящего момента, описывают допустимый рабочий диапазон системы. Пересечение полигона переключения на более высокую передачу влечет за собой выбор повышающей передачи, а пересечение полигона переключения на более низкую передачу – выбор понижающей передачи (см. рис. 26 ниже).

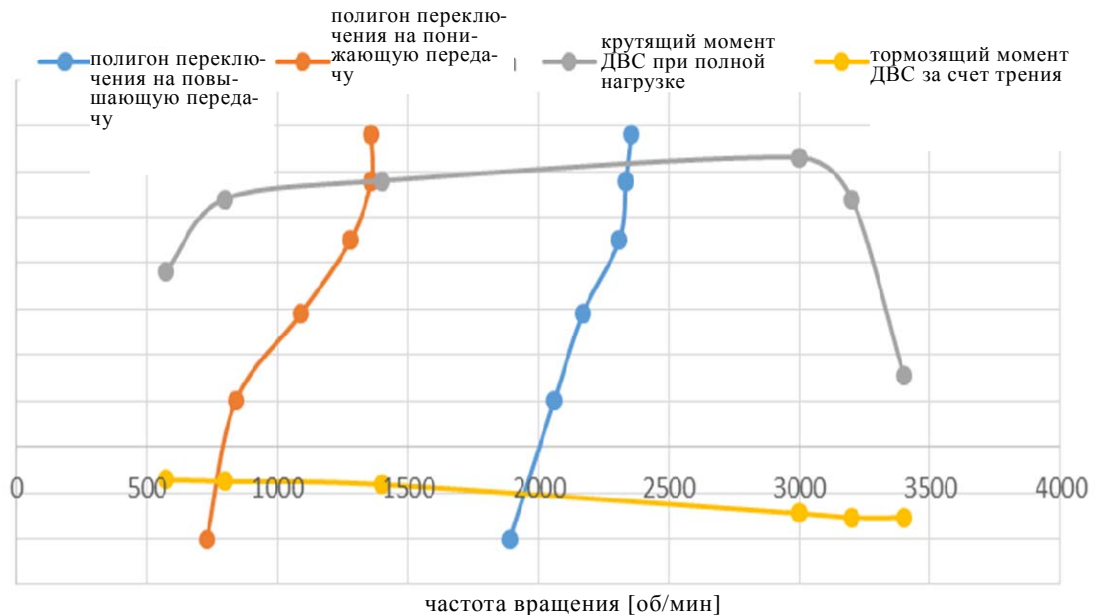
В настоящее время используются следующие входные сигналы, необходимые для того чтобы подмодуль переключения передач сформировал фактический запрос на передачу:

- фактически включенная передача;
- входной крутящий момент и входная угловая скорость для трансмиссии;



- состояние силовой установки (следующая передача включена, и все муфты сцепления замкнуты и вновь синхронизированы).

Рис. 26  
Модель переключения передач с использованием полигонов



Во время испытательного цикла и во время приведения в действие сцепления в ходе маневра по переключению передачи существует также внутренняя нагрузка, с тем чтобы выявить, когда транспортное средство начнет трогаться с места, и включить первую передачу вовремя, до того как требуемая скорость превысит нулевое значение. Это позволяет обеспечить требуемую скорость транспортного средства в заданных границах. Стандартным выходным значением модуля переключения передач при неподвижном состоянии транспортного средства является нейтральная передача. После переключения передачи происходит задержка переключения последующей передачи на время, определенное в соответствии с заданными параметрами, и до тех пор, пока привод не подсоединен ко всем тяговым двигателям и вновь полностью не синхронизирован. В случае превышения ограничений по частоте вращения (если она окажется ниже, чем частота вращения холостого хода ДВС или выше, чем номинальная частота вращения ДВС, умноженная на 1,2) временное ограничение не учитывают и происходит принудительное переключение на следующую передачу;

- с) подмодуль, приводящий в действие педаль сцепления, предназначен для приведения в действие педали сцепления в случае использования транспортного средства, оснащенного трансмиссией с механической коробкой пере-

дач. Исключение этой функции из подмодуля, отвечающего за управление скоростью, позволяет использовать модель водителя для более широкого диапазона прикладных целей. Подмодуль сцепления включается по команде модуля переключения передач и приводит в действие педаль сцепления, как только поступает запрос на переключение передачи. Одновременно с этим модуль сцепления подает команду на устройство управления скоростью перевести педаль акселератора в положение "ноль" до тех пор, пока сцепление не замкнуто и после переключения передачи вновь полностью не синхронизировано. Время срабатывания сцепления должно быть указано в файле с параметрами модели водителя.

- d) Переключатель АТ/МТ позволяет использовать модель водителя в случае транспортных средств как с механической, так и с автоматической коробкой передач. Выходными сигналами режима МТ являются передаточные числа для запрошенных передач и сигналов педалей акселератора, тормоза и сцепления. В режиме АТ выходными сигналами являются только передаточные числа для сигналов педалей акселератора и тормоза. Переключение передач не предусматривается, поэтому педаль акселератора также не устанавливается в положение "ноль", даже когда регистрируется переключение передачи. В режиме АТ стандартным значением передаточных чисел для педалей сцепления и требуемой передачи является "ноль". Вместе с тем, если требуется принудительно изменить выбор передачи на фактически испытуемом транспортном средстве, это может быть сделано путем использования выходного значения требуемой передачи в файле с параметрами.

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 17.

Таблица 17  
 Параметры и интерфейс модели водителя

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр		-	Выбор режима переключения передач: МТ(1) или АТ(0)	dat.gearboxmode.value
		-	Модель выбора передачи	dat.gearselectionmode.value
		с	Время срабатывания сцепления	dat.clutchtime.value
		м/с	Сцепление автоматически срабатывает при скорости ниже указанного значения	dat.clutchthershhold.value

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
		-	ПИД-регулятор модели водителя	dat.controller
Сигнал команды		0–1	Положение педали акселератора	Drv_AccPedl_rat
		0–1	Положение педали тормоза	Drv_BrkPedl_rat
		0–1	Положение педали сцепления	Drv_CluPedl_rat
		-	Запрос на переключение передачи	Drv_nrGearReq
		м/с	Справочная заданная скорость	Drivecycle_RefSpeed_mps
Сигнал датчика		м/с	Скорость шасси	Chassis_vVehAct_mps
		рад/с	Входная угловая скорость трансмиссии	Transm_nInAct_radps
		Нм	Входной крутящий момент трансмиссии	Transm_tqInAct_Nm
		-	Фактическое передаточное число передачи	Transm_grGearAct
		булев	Состояние трансмиссии	Transm_flgConnected_B
		булев	Состояние сцепления	Clu_flgConnected_B

#### А.9.7.5 Модели электрических компонентов

##### А.9.7.5.1 Модель преобразователя постоянного тока

Преобразователь постоянного тока представляет собой это устройство, которое изменяет имеющийся уровень напряжения на требуемый уровень напряжения. Модель такого преобразователя имеет общий вид и отражает работу нескольких различных преобразователей, таких как понижающие, повышающие и комбинированные преобразователи. Поскольку преобразователи постоянного тока по сравнению с другими динамическими процессами в силовой установке срабатывают быстрее, используют простую статическую модель:

$$u_{out} = X_{DCDC} u_{in} \quad (\text{уравнение 135}),$$

где:

$u_{in}$  – уровень напряжения на входе (В),

$u_{out}$  – уровень напряжения на выходе (В),

$x_{DCDC}$  – коэффициент преобразования, т.е. сигнал управления (-).

Коэффициент преобразования  $x_{DCDC}$  определяют с помощью регулятора открытого контура на основе требуемого напряжения  $u_{req}$  следующим образом:

$$x_{DCDC} = u_{req}/u_{in} \quad (\text{уравнение 136})$$

Потери преобразователя постоянного тока определяют как текущие потери с использованием постоянного коэффициента полезного действия преобразователя постоянного тока следующим образом:

$$i_{DCDCloss} = \begin{cases} i_{in}(1 - \eta_{DCDC})/x & \text{for } i_{in} \leq 0 \\ i_{in}/(x(1 - \eta_{DCDC})) & \text{for } i_{in} > 0 \end{cases} \quad (\text{уравнение 137}),$$

где:

- $\eta_{DCDC}$  – КПД преобразователя постоянного тока (-),
- $i_{in}$  – ток на входе преобразователя постоянного тока (А),
- $i_{DCDCloss}$  – текущие потери тока преобразователя постоянного тока (А).

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 18.

**Таблица 18**  
**Параметры и интерфейс модели преобразователя постоянного тока**

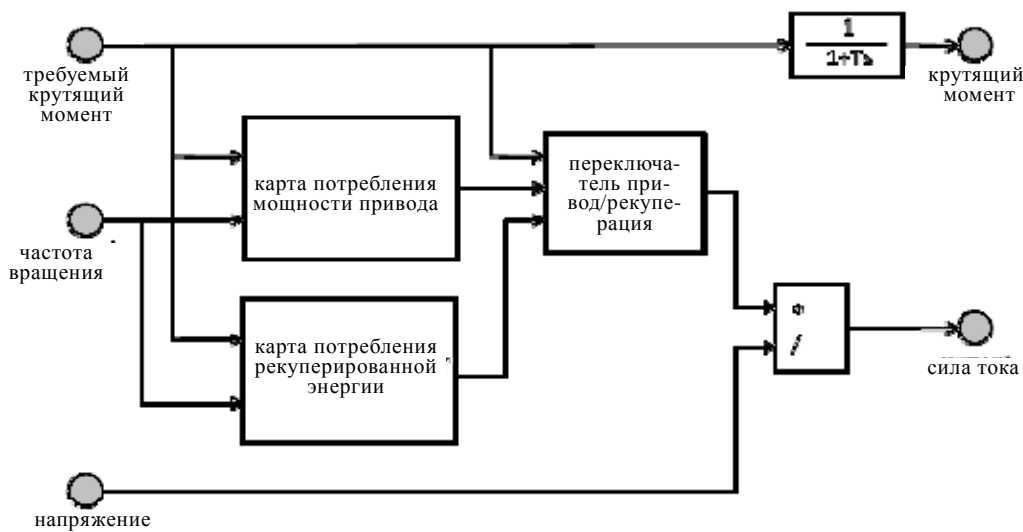
Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$\eta_{DCDC}$	-	КПД	dat. efficiency.value
Сигнал команды	$u_{req}$	В	Требуемое напряжение на выходе	dcdc_uReq_V
Сигнал датчика	$u_{out}$	В	Фактическое напряжение на выходе	dcdc_uAct_V
Электр. на входе [В]	$u_{in}$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. на выходе [В]	$u_{out}$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [А]	$i_{out}$	А	Ток	phys_current_A
Электр. ос на выходе [А]	$i_{in}$	А	Ток	phys_current_A

**А.9.7.6 Модели устройств преобразования энергии**

**А.9.7.6.1 Модель системы электродвигателя**

Как правило, электродвигатель можно разделить на три части: статор, ротор и электронный регулятор (большой мощности). Ротор является вращающейся частью электродвигателя. Электродвигатель моделируют с использованием карт, представляющих соотношение его механической энергии и электрической энергии (постоянного тока) (см. рис. 27).

**Рис. 27**  
Схема модели электродвигателя



Динамическую систему электродвигателя моделируют как систему первого порядка:

$$\dot{M}_{em} = -\frac{1}{\tau_1}(M_{em} - M_{em,des}) \quad (\text{уравнение 138}),$$

где:

$M_{em}$  – крутящий момент электродвигателя (Нм);

$M_{em,des}$  – требуемый крутящий момент электрогенератора (Нм);

$\tau_1$  – временная константа ответа электродвигателя (с).

Мощность системы электродвигателя  $P_{el,em}$  отражают в виде карты как функцию его угловой скорости  $\omega_{em}$  и крутящего момента  $M_{em}$ . Для положительных и отрицательных крутящих моментов составляют две отдельные карты.

$$P_{el,em} = f(M_{em}, \omega_{em}, u) \quad (\text{уравнение 139})$$

КПД системы электромотора рассчитывают следующим образом:

$$\eta_{em} = \frac{M_{em}\omega_{em}}{P_{elem}} \quad (\text{уравнение 140})$$

Силу тока системы электрогенератора рассчитывают следующим образом:

$$i_{em} = \frac{P_{elem}}{u} \quad (\text{уравнение 141}),$$

где:

$i_{em}$  – ток системы электромотора (А);

$u$  – напряжение аккумулятора (В).

Модель электромотора включает простую термодинамическую модель, основанную на его потерях мощности  $P_{loss,em}$ , для определения его температуры  $T_{em}$  следующим образом:

$$P_{loss,em} = P_{el,em} - M_{em}\omega_{em} \quad (\text{уравнение 142})$$

$$T_{em} = \frac{1}{\tau_{em,heat}} (P_{loss,em} - (T_{em} - T_{em,cool})/R_{em,th}) \quad (\text{уравнение 143}),$$

где:

$T_{em}$  – температура системы электромотора (К);

$\tau_{em,heat}$  – временная константа теплоемкости электромотора ();

$T_{em,cool}$  – средняя температура охлаждения системы электромотора (К);

$R_{em,th}$  – теплостойкость системы электромотора ().

Крутящим моментом и угловой скоростью системы электромотора управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) и ПИ-регулятора.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 19.

Таблица 19  
 Параметры и интерфейс модели электромотора

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$J_{em}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_1$	–	Временная константа	dat.timeconstant.value
		Нм	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
		Нм	Минимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.mintorque
		–	Регулятор (ПИ) частоты вращения	dat.ctrl
	$P_{el,em}$	Вт	Карта мощности = f(частота вращения, крутящий момент)	dat.elecpowmap
		кг/с	Расход охлаждающей жидкости	dat.mflFluid
	$\tau_{em,heat}$	Дж/К	Теплоемкость	dat.cm.value
	$R_{th}$	К/Вт	Теплостойкость	dat.Rth.value
		–	Свойства охлаждающей жидкости	dat.coolingFluid
Сигнал команды		рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	ElecMac_nReq_radps
		булев	Переключатель регулятора частоты вращения/ крутящего момента	ElecMac_flgReqSwitch_B
		Нм	Запрашиваемый крутящий момент	ElecMac_tqReq_Nm
Сигнал датчика	$M_{em}$	Нм	Фактический крутящий момент мотора	ElecMac_tqAct_Nm
	$\omega_{em}$	рад/с	Фактическая угловая скорость мотора	ElecMac_nAct_radps
	$i$	А	Сила тока	ElecMac_iAct_A
	$T_{em}$	К	Температура мотора	ElecMac_tAct_K
Электр. на входе [В]	$u$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на выходе [А]	$i$	А	Сила тока	phys_current_A
Мех. на выходе [Nm]	$M_{em}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{em}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{em}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### A.9.7.6.2 Модель гидравлического насоса/двигателя

Как правило, гидравлический насос/двигатель преобразует энергию, накопленную в гидравлическом аккумуляторе, в механическую энергию.

Крутящий момент гидравлического насоса/двигателя моделируют следующим образом:

$$M_{pm} = xD(p_{acc} - p_{res})\eta_{pm}^* \quad (\text{уравнение 144}),$$

где:

$M_{pm}$  – крутящий момент насоса/двигателя (Нм);

$x$  – сигнал управления насосом/двигателем (между 0 и 1 (-));

$D$  – рабочий объем насоса/двигателя ( $m^3$ );

$p_{acc}$  – давление в аккумуляторе высокого давления (Па);

$p_{res}$  – давление в поддоне/резервуаре низкого давления (Па);

$\eta_{pm}$  – механический КПД насоса/двигателя (-).

Механический КПД  $\eta_{pm}$  определяют следующим образом:

$$\eta_{pm}^* = \begin{cases} \eta_{pm} & \text{for } M_{pm} > 0 \\ 1/\eta_{pm} & \text{for } M_{pm} \leq 0 \end{cases} \quad (\text{уравнение 145})$$

и рассчитывают как функцию потерь на трение, гидродинамических потерь и потерь на вязкость:

$$\eta_{pm} = f(x, p_{acc}, p_{res}, \omega_{pm}) \quad (\text{уравнение 146}),$$

где:

$\omega_{pm}$  – угловая скорость насоса/двигателя (рад/с).

КПД может быть определен на основе экспериментальных данных.

Объемный расход  $Q_{pm}$  насоса/двигателя рассчитывают следующим образом:

$$Q_{pm} = xD\omega_{pm}\eta_{vpm}^* \quad (\text{уравнение 147}),$$

где:

$\eta_{vpm}^*$  – объемный КПД насоса/двигателя, состоящий из ламинарных и турбулентных потерь и потерь на сжимаемость, определяемый следующим образом:

$$\eta_{vpm}^* = \begin{cases} 1/\eta_{vpm} & \text{for } M_{pm} > 0 \\ \eta_{vpm} & \text{for } M_{pm} \leq 0 \end{cases} \quad (\text{уравнение 148})$$



Объемный КПД может быть определен на основе замеров и картографирован как функция сигнала команды управления, разницы давлений для насоса/двигателя и его угловой скорости:

$$\eta_{vpm} = f(x, P_{acc}, P_{res}, \omega_{pm}) \quad (\text{уравнение 149})$$

Крутящим моментом и угловой скоростью системы электромотора управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) и ПИ-регулятора.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 20.

Таблица 20  
Параметры и интерфейс модели гидравлического насоса/двигателя

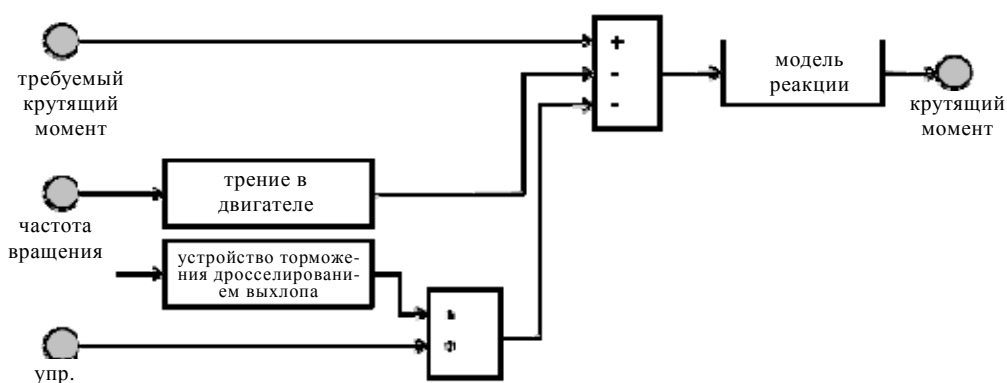
Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$J_{pm}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_1$	-	Временная константа	dat.timeconstant.value
		Нм	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque
	$D$	м <sup>3</sup>	Рабочий объем	dat.displacement.value
	$\eta_v$	-	Объемный КПД	dat.volefficiency
	$\eta_m$	-	Механический КПД	dat.mechefficiency
		-	ПИ-регулятор	dat.ctrl
Сигнал команды		рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	Hpm_nReq_radps
		булев	Переключатель регулятора частоты вращения/крутящего момента	Hpm_flgReqSwitch_B
		Нм	Запрашиваемый крутящий момент	Hpm_tqReq_Nm
Сигнал датчика	$M_{em}$	Нм	Фактический крутящий момент мотора	Hpm_tqAct_Nm
	$\omega_{pm}$	рад/с	Фактическая угловая скорость электромотора	Hpm_nAct_radps
	$Q_{pm}$	м <sup>3</sup> /с	Фактический объемный расход	Hpm_flowAct_m3ps
	$P_{acc}$	Па	Давление для аккумулятора	Hpm_pInAct_Pa

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
	$p_{res}$	Па	Давление для резервуара	Hpm_pOutAct_Pa
Жидк. на входе 1 [Па]	$p_{acc}$	Па	Давление	phys_pressure_Pa
Жидк. на входе 2 [Па]	$p_{res}$	Па	Давление	phys_pressure_Pa
Жидк. на выходе [м <sup>3</sup> /с]	$Q_{pm}$	м <sup>3</sup> /с	Объемный расход	phys_flow_m3ps
Мех. на выходе [Нм]	$M_{pm}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{pm}$	кг•м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{pm}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.6.3 Модель двигателя внутреннего сгорания

Двигатель внутреннего сгорания моделируют с использованием карт, представляющих преобразование химической энергии в механическую, и соответствующего времени реакции. Схема модели двигателя внутреннего сгорания приведена на рис. 28.

Рис. 28  
 Схема модели двигателя внутреннего сгорания



Модель двигателя внутреннего сгорания включает трение в двигателе и устройство торможения дросселированием выхлопа; оба этих показателя моделируют с использованием соответствующих карт в качестве функции частоты вращения двигателя. Устройство торможения дросселированием выхлопа может управляться, например, с помощью сигнала команды управления вкл./выкл.

Для модели реакции нарастания крутящего момента используют один из двух следующих методов:

- а) с использованием модели первого порядка с временной константой фиксированного значения (вариант 1) следующим образом:

$$\dot{M}_{ice} = -\frac{1}{\tau_{ice}} (M_{ice} - M_{ice,des}) \quad (\text{уравнение 150}),$$

где:

$M_{ice}$  – крутящий момент ДВС (Нм),

$M_{ice,des}$  – требуемый крутящий момент ДВС (Нм),

$\tau_{ice}$  – временная константа для модели(ей) реакции крутящего момента ДВС;

- б) с использованием модели первого порядка с временной константой, зависящей от частоты вращения (вариант 2), следующим образом:

$$\dot{M}_{ice,1} = -\frac{1}{\tau_{ice}(\omega_{ice})} (M_{ice,1} - M_{ice,des1}(\omega_{ice})) \quad (\text{уравнение 151})$$

$$M_{ice} = M_{ice,1} + M_{ice,des2}(\omega_{ice}) \quad (\text{уравнение 152}),$$

где:

$M_{ice}$  – крутящий момент ДВС (Нм),

$M_{ice1}$  – динамический крутящий момент ДВС (Нм),

$M_{ice,des1}$  – требуемый динамический крутящий момент ДВС (Нм),

$M_{ice,des2}$  – непосредственный требуемый крутящий момент ДВС (Нм),

$\tau_{ice}$  – зависящая от скорости вращения временная постоянная для модели(ей) реакции крутящего момента ДВС,

$\omega_{ice}$  – угловая скорость двигателя (рад/с).

Как зависящая от скорости временная константа, так и разделение крутящего момента на динамический и непосредственный, картографируются как функция скорости.

Модель внутреннего сгорания включает термодинамическую модель, представляющую прогрев двигателя до его нормальной стабилизированной рабочей температуры при запуске в холодном состоянии согласно следующему уравнению:

$$\theta_{ice,oil} = \max \left( \int_0^t \eta P_{ice,loss} dt + \theta_{ice,oil,cold}, \theta_{ice,oil,hot} \right)$$

(уравнение 153),

где:

- $\theta_{ice,oil}$  – температура масла ДВС (К);
- $P_{ice,loss}$  – потери мощности ДВС (Кв);
- $\eta$  – часть потерь мощности, которая направляется на прогрев (-);
- $\theta_{ice,oil,cold}$  – температура масла ДВС в момент запуска (в холодном состоянии)(К);
- $\theta_{ice,oil,hot}$  – температура масла ДВС в нормальном прогревом рабочем состоянии (К).

Крутящим моментом и угловой скоростью двигателя внутреннего сгорания управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) и ПИ-регулятора.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 21.

**Таблица 21**  
**Параметры и интерфейс модели двигателя внутреннего сгорания**

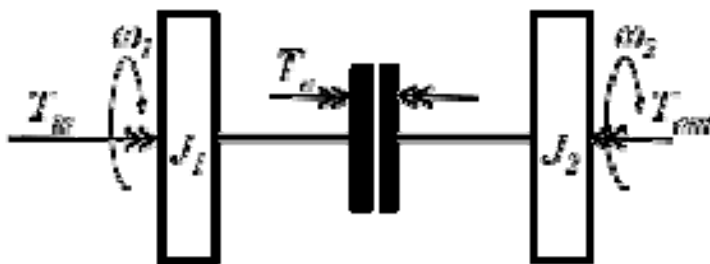
Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
Параметр	$J_{ice}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_{ice}$	-	Временная константа	dat.timeconstant.value
	$M_{fric}$	Нм	Тормозной момент в результате трения в двигателе	dat.friction
	$M_{exh}$	Нм	Тормозной момент устройства торможения дросселированием выхлопа	dat.exhaustbrake
		Нм	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque
		-	ПИ-регулятор	dat.ctrl
		кг/с	Расход топлива	dat.fuelmap

Тип/шина	Обозначение	Единицы измерения	Описание	Справочная информация
		кДж/кг	Низшая теплотворность топлива	dat.ncv.value
		кг/м <sup>3</sup>	Плотность топлива	dat.rho.value
		-	Потеря мощности на охлаждение и масло	dat.eta.value
		-	Свойства масла	dat.oil
		-	Свойства охлаждающего вещества	dat.cf
Сигнал команды		рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	Eng_nReq_radps
		булев	Переключатель управления частотой вращения/крутящим моментом	Eng_flgReqSwitch_B
		Нм	Запрашиваемый крутящий момент	Eng_tqReq_Nm
		булев	Вкл./выкл. устройства торможения дросселированием выхлопа	Eng_flgExhaustBrake_B
Сигнал датчика	$M_{ice}$	Нм	Крутящий момент коленчатого вала	Eng_tqCrkSftAct_Nm
	$M_{ice}+M_{fric}+M_{exh}$	Нм	Указанный крутящий момент	Eng_tqIndAct_Nm
	$\omega_{ice}$	рад/с	Фактическая угловая скорость двигателя	Eng_nAct_radps
	$T_{ice}$	К	Температура масла	Eng_tOilAct_K
Хим. ос на выходе [кг/с]		кг/с	Расход топлива	phys_massflow_kgps
Мех. на выходе [Нм]	$M_{ice}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{ice}$	кг•м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{ice}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.7.1 Модель сцепления

Модель сцепления переносит входной крутящий момент первичного диска сцепления на вторичный диск сцепления с использованием трех режимов работы, т.е. во включенном и выключенном состоянии и в состоянии пробуксовки. На рис. 29 приведена схема модели сцепления.

Рис. 29  
 Схема модели сцепления



Модель сцепления определяют в соответствии со следующими (дифференциальными) уравнениями движения:

$$J_{cl,1} \dot{\omega}_{cl,1} = M_{cl1,tn} - M_{cl} \quad (\text{уравнение 154})$$

$$J_{cl,2} \dot{\omega}_{cl,2} = M_{cl} - M_{cl2,out} \quad (\text{уравнение 155})$$

Для случая пробуксовки сцепления определяют следующее соотношение:

$$M_{cl} = u M_{cl,maxtorque} \text{sign}(\omega_1 - \omega_2) \quad (\text{уравнение 156})$$

$$\omega_1 = \omega_2|_{t=0} + \int_0^t (M_{cl1,tn}(t) - M_{cl}(t)) dt \quad (\text{уравнение 157}),$$

где:

$M_{cl,maxtorque}$  – максимальный крутящий момент, передаваемый через сцепление (Нм)

$u_{cl}$  – контрольный сигнал включения сцепления между 0 и 1 (-)

Для работы сцепления во включенном и выключенном состоянии применяют следующие отношения:

$$M_{cl} = 0 \quad \text{во включенном состоянии} \quad (\text{уравнение 158})$$

$$M_{cl2,out} = M_{cl1,tn} \quad \text{в выключенном состоянии} \quad (\text{уравнение 159})$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 22.

Таблица 22  
Параметры и интерфейс модели сцепления

Тип/ТМ	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_1$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.in.inertia.value
	$J_2$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.out.inertia.value
	$M_{\text{maxtorque}}$	Нм	Максимальный крутящий момент сцепления	dat.maxtorque.value
Сигнал команды	$u$	0–1	Требуемое положение педали сцепления	Clu_ratReq_Rt
Сигнал сенсора		булев	Сцепление в выключенном состоянии или нет	Clu_flgConnected_B
Мех. на входе [Нм]	$M_{\text{in}}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{\text{in}}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{\text{out}}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{\text{out}}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. обратная связь на входе [рад/с]	$\omega_1$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. обратная связь на выходе [рад/с]	$\omega_2$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.7.2 Модель бесступенчатой трансмиссии

Модель бесступенчатой трансмиссии (вариатор) представляет собой механическую трансмиссию, которая позволяет любое передаточное число между определенным верхним и нижним пределами. Модель вариатора должна соответствовать следующему уравнению:

$$M_{\text{CVT,out}} = r_{\text{CVT}} M_{\text{CVT,in}} / r_{\text{CVT}} \quad (\text{уравнение 160}),$$

где:

$M_{\text{CVT,in}}$  – крутящий момент вариатора на ведущем валу (Нм);

$M_{\text{CVT,out}}$  – крутящий момент вариатора на ведомом валу (Нм);

$r_{\text{CVT}}$  – передаточное число вариатора (-);

$\eta_{CVT}$  – КПД вариатора (-).

КПД вариатора определяют как функцию крутящего момента на ведущем валу, скорости на ведомом валу и передаточного числа:

$$\eta_{CVT} = f(r_{CVT}, M_{CVT, in}, \omega_{CVT, out}) \quad (\text{уравнение 161})$$

Модель вариатора предполагает нулевую "пробуксовку", с тем чтобы можно было использовать следующее соотношение для скоростей:

$$\omega_{CVT, in} = r_{CVT} \omega_{CVT, out} \quad (\text{уравнение 162})$$

Передаточное число вариатора контролируют посредством заданного значения команды с использованием моделирования уравнением первого порядка для включения изменения передаточного числа вариатора согласно следующему соотношению:

$$\frac{d}{dt} r_{CVT} = \frac{1}{\tau_{CVT}} (-r_{CVT} + r_{CVT, des}) \quad (\text{уравнение 163}),$$

где:

$\tau_{CVT}$  – временная(ые) константа(ы) вариатора;

$r_{CVT, des}$  – заданное передаточное число вариатора (-).

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 23.

Таблица 23  
 Параметры и интерфейс модели вариатора

Тип/ТМ	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$\tau_{CVT}$	–	Временная константа	dat.timeconstant.value
	$\eta_{CVT}$	–	КПД	dat.efficiency
	$M_{maxtorque}$	Нм	Максимальный крутящий момент сцепления	dat.maxtorque.value
Сигнал команды	$r_{des}$	–	Запрошенное передаточное число БКП	CVT_ratGearReq
Сигнал сенсора	$r_{CVT}$	–	Фактическое передаточное число БКП	CVT_ratGearAct_Rt
	$\omega_{out}$	рад/с	Скорость на выводном валу	CVT_nOutAct_radps
	$\omega_{in}$	рад/с	Скорость на входном валу	CVT_nInAct_radps



Тип/ТМ	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. обратная связь на входе [рад/с]	$\omega_{out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. обратная связь на выходе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.7.3 Модель маховика

Модель маховика представляет собой вращающийся предмет определенной массы, используемый для хранения и передачи кинетической энергии. Кинетическая энергия маховика определяется следующим образом:

$$E_{flywheel} = J_{flywheel} \omega_{flywheel}^2 \quad (\text{уравнение 164}),$$

где:

$E_{flywheel}$  – кинетическая энергия маховика (Дж);

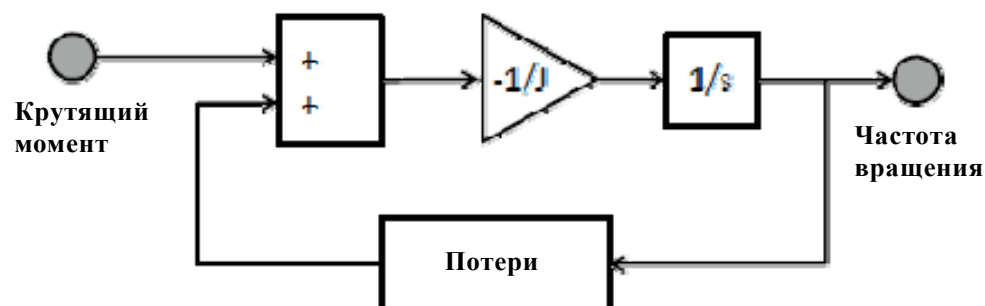
$J_{flywheel}$  – инерция маховика (кгм<sup>2</sup>);

$\omega_{flywheel}$  – скорость маховика (рад/с).

Схема базовой модели маховика показана на рис. 30.

Рис. 30

Схема модели маховика



Модель маховика определяют в соответствии со следующим дифференциальным уравнением:

$$J_{flywheel} \frac{d}{dt} \omega_{flywheel} = -M_{flywheel,in} - M_{flywheel,loss}(\omega_{flywheel})$$

(уравнение 165),

где:

$M_{flywheel,in}$  – крутящий момент маховика на ведущем валу (Нм);

$M_{flywheel,loss}$  – (в зависимости от скорости) потери крутящего момента маховика (Нм).

Такие потери могут быть определены на основе измерений и моделей с использованием карт.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 24.

Таблица 24  
 Параметры и интерфейс модели маховика

Тип/ТМ	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{fly}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$M_{loss}$	Нм	Карта потерь крутящего момента	dat.loss
Сигнал команды			Отсутствие контрольного сигнала	
Сигнал сенсора	$\omega_{fly}$	рад/с	Скорость вращения маховика	Flywheel_nAct_radps
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{fly}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### А.9.7.7.4 Модель передачи с механическим суммированием

Модель соединения двух ведущих валов с одним ведомым валом, т.е. механического соединения, может быть построена с использованием передаточных чисел и показателей КПД в соответствии со следующим уравнением:

$$M_{out} = \eta_{out} r_{out} (\eta_{tn,1} r_{tn,1} M_{tn,1} + \eta_{tn,2} r_{tn,2} M_{tn,2})$$

(уравнение 166),

где:

$M_{in,1}$  – крутящий момент на ведущем валу 1 (Нм);

$M_{in,2}$  – крутящий момент на ведущем валу 2 (Нм);

$M_{out}$  – крутящий момент на ведомом валу (Нм);

$r_{in,1}$  – передаточное число вала 1 (-);

$r_{in,2}$  – передаточное число вала 2 (-);

$\eta_{in,1}$  – КПД передачи вала 1 (-);

$\eta_{in,2}$  – КПД передачи вала 2 (-);

$r_{out}$  – передаточное число ведомого вала (-);

$\eta_{out}$  – КПД передачи ведомого вала (-).

Инерцию каждой комбинации вала/передачи определяют и добавляют к общей инерции силовой установки.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 25.

Таблица 25  
 Параметры и интерфейс модели механического соединения

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_1$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.in1.inertia.value
	$r_{in,1}$	-	Передаточное число	dat.in1.ratio.value
	$\eta_{in,1}$	-	КПД	dat.in1.efficiency.value
	$J_2$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.in2.inertia.value
	$r_{in,2}$	-	Передаточное число	dat.in2.ratio.value
	$\eta_{in,2}$	-	КПД	dat.in2.efficiency.value
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.out.inertia.value
	$r_{out}$	-	Передаточное число	dat.out.ratio.value
	$\eta_{out}$	-	КПД	dat.out.efficiency.value
Сигнал команды			Отсутствие контрольного сигнала	
Сигнал сенсора			Отсутствие сигнала	

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Мех. на входе 1 [Нм]	$M_{in,1}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in,1}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на входе 2 [Нм]	$M_{in,2}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in,2}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе 1 [рад/с]	$\omega_{out,1}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе 2 [рад/с]	$\omega_{out,2}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### A.9.7.7.5 Модель замедлителя

Модель замедлителя представляют простым уменьшением крутящего момента как показано ниже:

$$M_{retarder,out} = M_{retarder,in} - uM_{retarder,max}(\omega_{retarder})$$

(уравнение 167),

где:

- $u$  – сигнал команды замедлителя между 0 и 1 (-);
- $M_{retarder,max}$  – (в зависимости от скорости) максимальный тормозной момент замедлителя (Нм);
- $\omega_{retarder}$  – скорость замедлителя (рад/с);
- $M_{retarder,in}$  – крутящий момент замедлителя на ведущем валу (Нм);
- $M_{retarder,out}$  – крутящий момент замедлителя на ведомом валу (Нм);

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 26.

Таблица 26  
Параметры и интерфейс модели замедлителя

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$T_{loss}$	Нм	Карта тормозного момента замедлителя	dat.braketorque
Сигнал команды	$u$	–	Замедлитель вкл./выкл.	Ret_flgOnOff_B
Сигнал сенсора	$T_{loss}$	Нм	Тормозной момент замедлителя	Ret_tqBrkAct_Nm
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### A.9.7.7.6 Модель трансмиссии с фиксированными значениями

Трансмиссию с набором шестерней и фиксированными значениями передач моделируют в соответствии со следующим уравнением:

$$\omega_{spur.out} = \omega_{spur.in} / r_{spur} \quad (\text{уравнение 168})$$

Потери по передачам считают потерями крутящего момента и отражают через показатель КПД следующим образом:

$$M_{out} = \begin{cases} M_{in} r_{gear} \eta_{gear}, & \text{for } M_{in} \leq 0 \\ M_{in} r_{gear} / \eta_{gear}, & \text{for } M_{in} > 0 \end{cases} \quad (\text{уравнение 169})$$

Инерцию передачи включают следующим образом:

$$J_{gear.out} = J_{gear.in} r_{gear}^2 + J_{gear} \quad (\text{уравнение 170})$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 27.

Таблица 28  
 Параметры и интерфейс модели коробки передач с фиксированными значениями

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{gear}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.in.inertia.value
	$r_{gear}$	-	Передаточное число	dat.in.ratio.value
	$\eta_{gear}$	-	КПД	dat.in. efficiency.value
Сигнал команды			Отсутствие сигнала	
Сигнал сенсора			Отсутствие сигнала	
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### A.9.7.7.7 Модель гидротрансформатора

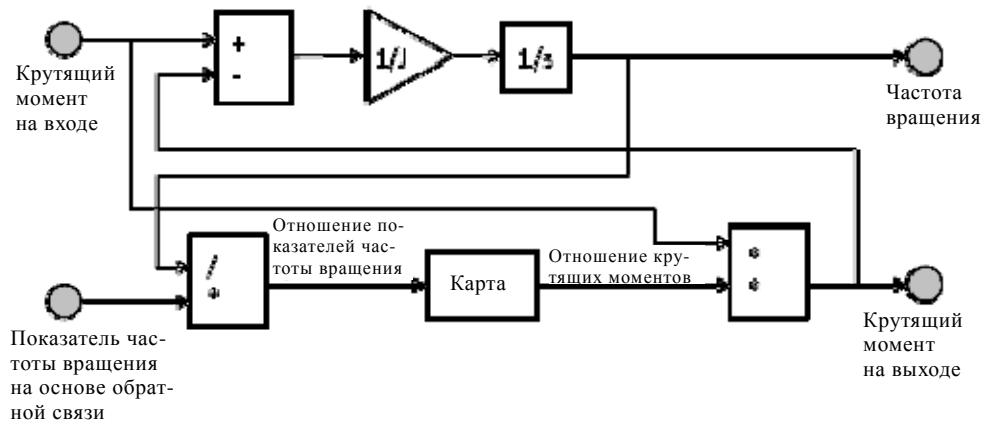
Гидротрансформатор представляет собой гидравлическую передачу, которая передает входную мощность со своего лопастного колеса или крыльчатки на турбинное колесо ведомого вала, создавая напор рабочей жидкости. Гидротрансформатор, оснащенный статором, многократно усиливает крутящий момент в режиме пробуксовки. Гидротрансформатор часто используют в качестве устройства передачи крутящего момента в автоматической (механической) трансмиссии (коробке передач).

Модель гидротрансформатора должна соответствовать следующему дифференциальному уравнению:

$$(J_{tc, in} + J_{impeller}) \frac{d}{dt} \omega_{in} = -M_{tc, in} - M_{tc, out} \quad (\text{уравнение 171})$$

Схема модели гидротрансформатора показана на рис. 31.

Рис. 31  
Схема модели гидротрансформатора



Характеристики модели гидротрансформатора определяют как функцию (угловых) скоростей с использованием таких обычных параметров, как отношение (коэффициент) крутящих моментов и КПД.

Частота вращения и отношения крутящих моментов для модели гидротрансформатора соответствуют следующему:

$$\omega_{tc,r} = \omega_{out} / \omega_{in} \quad (\text{уравнение 172})$$

$$M_{tc,r} = M_{out} / M_{in} \quad (\text{уравнение 173})$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 29.

Таблица 29  
Параметры и интерфейс модели гидротрансформатора

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{impeller}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
		-	Карта отношений крутящих моментов	dat.torqueratiomap
Сигнал команды		булев	Блокировка гидротрансформатора	TC_flgLockUp_B
Сигнал сенсора	$\omega_{out}$	рад/с	Скорость вращения турбины	TC_nTurbineAct_radps
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

#### A.9.7.7.8 Модель трансмиссии с переключением передач

Модель трансмиссии с переключением передач предусматривает фиксацию определенных передач с конкретным передаточным числом  $r_{gear}$  в соответствии со следующим:

$$\omega_{tr,tn} = \omega_{tr,out} r_{gear} \quad (\text{уравнение 174})$$

В рамках такой модели трансмиссии все потери определяют как потери крутящего момента и отражают через КПД каждой фиксированной индивидуальной передачи. Таким образом, данная модель трансмиссии должна отвечать следующему:

$$M_{out} = \begin{cases} M_{in} r_{gear} \eta_{gear}, & \text{for } M_{in} \leq 0 \\ M_{in} r_{gear} / \eta_{gear}, & \text{for } M_{in} > 0 \end{cases} \quad (\text{уравнение 175})$$

Общая инерция коробки передач зависит от выбора действующей передачи и определяется следующим уравнением:

$$I_{gear,out} = I_{gear,tn} r_{gear}^2 + I_{gear,out} \quad (\text{уравнение 176})$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 30.

Таблица 30

Параметры и интерфейс модели трансмиссии с переключением передач

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр		с	Время переключения	dat.shifttime.value
		Нм	Максимальный крутящий момент	dat.maxtorque.value
		-	Количество передач	dat.nofgear.value



Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
		-	Передаточные числа (вектор)	dat.gear.number.value
	$J_{gearbox}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция (вектор)	dat.gear.inertia.value
	$r_{gear}$	-	Передаточное число (вектор)	dat.gear.ratio.value
	$\eta_{gear}$	-	КПД передачи (вектор)	dat.gear.efficiency.value
Сигнал команды		-	Запрошенное передаточное число	Transm_nrGearReq
Сигнал сенсора		-	Фактическое передаточное число	Transm_nrGearAct
		булев	Включенная передача	Transm_flgConnected_B
	$\omega_{out}$	рад/с	Скорость на выводном валу	Transm_nOutAct_radps
	$\omega_{in}$	рад/с	Скорость на входном валу	Transm_nInAct_radps
Мех. на входе [Нм]	$M_{in}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Нм]	$M_{out}$	Нм	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кгм <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

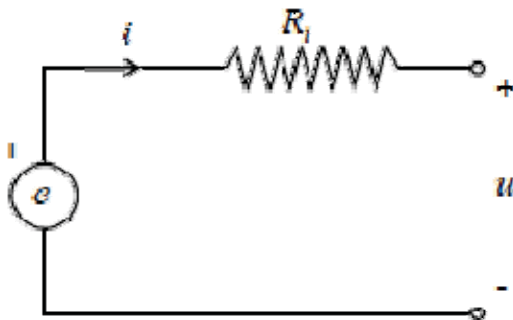
#### А.9.7.8 Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы

##### А.9.7.8.1 Резисторная модель аккумулятора

Может быть использована резисторная модель аккумулятора (рис. 32), которая в таком случае удовлетворяет следующему:

$$u = e - R_i i \quad (\text{уравнение 177})$$

Рис. 32  
 Схема модели аккумулятора



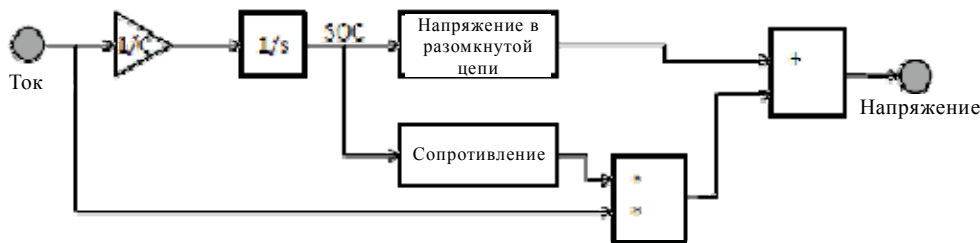
Напряжение в разомкнутой цепи  $e$  и внутреннее сопротивление  $R_i$  зависят от фактического уровня энергии аккумулятора. Состояние заряда такого аккумулятора  $SOC$  определяют следующим образом:

$$SOC = SOC(0) - \int_0^t \frac{i}{3600C} dt \quad (\text{уравнение 178})$$

Используют значения первоначального состояния  $SOC(0)$  и емкости аккумулятора  $C$ .

Схема резисторной модели показана на рис. 33.

Рис. 33  
 Схема резисторной модели аккумулятора



Размер аккумулятора можно изменять, присоединяя к ней последовательно или параллельно дополнительные ячейки.

Модель аккумулятора может включать в себя термодинамическую модель, к которой применяют те же методы моделирования, что и к системе электромотора, и потери которой рассчитывают следующим образом:

$$P_{loss} = R_i i^2 \quad (\text{уравнение 179})$$

Потери энергии будут преобразованы в тепло, что повлияет на температуру аккумулятора, которую рассчитывают следующим образом:

$$T_{bat} = \frac{1}{\tau_{bat,heat}} (P_{loss,bat} - (T_{bat} - T_{bat,cool})/R_{bat,th}) \quad (\text{уравнение 180}),$$

где:

$T_{bat}$  – температура аккумулятора (К);

$T_{bat,heat}$  – временная константа для термальной массы аккумулятора ();

$T_{bat,cool}$  – средняя температура охлаждения аккумулятора (К);

$R_{bat,th}$  – термальное сопротивление аккумулятора ().

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 31.

Таблица 31  
Параметры и интерфейс модели аккумулятора на основе резистора

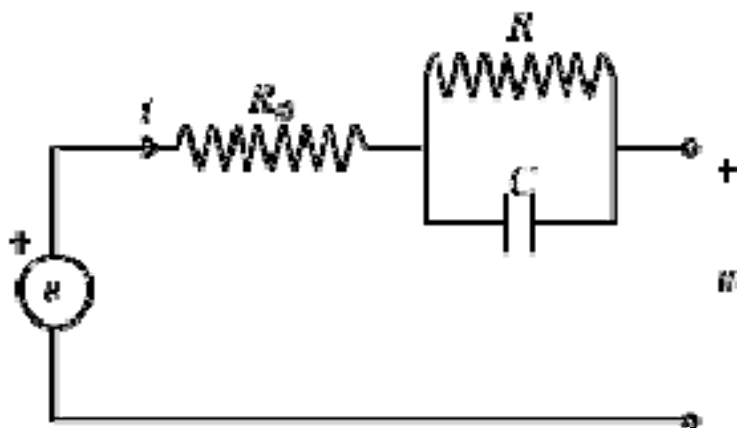
Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$n_s$	-	Число ячеек, соединенных последовательно	dat.ns.value
	$n_p$	-	Число ячеек, соединенных параллельно	dat.np.value
	C	А ч	Емкость ячейки	dat.capacity.value
	C3 (0)	%	Начальная степень зарядки	dat.initialSOC.value
	e	В	напряжение в разомкнутой цепи =f(C3)	dat.ocv.ocv
	$R_i$	Ом	Сопротивление ячейки	dat.resistance.R0
Сигнал команды			Отсутствие сигнала	
Сигнал сенсора	i	А	Фактический ток	REESS_iAct_A
	u	В	Фактическое напряжение нагрузки	REESS_uAct_V
	C3	%	Степень зарядки	REESS_socAct_Rt
	$T_{bat}$	К	Температура аккумулятора	REESS_tAct_K

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Электр. на выходе [В]	u	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [А]	i	А	Ток	phys_current_A

#### А.9.7.8.2 Резисторно-емкостная модель аккумулятора

Может быть использована модель аккумулятора, которая включает в себя дополнительные динамические элементы; в таком случае она будет основана на схеме с использованием резисторной и емкостной цепей, как показано на рис. 34.

Рис. 34  
 Схема резисторно-емкостной модели аккумулятора



Напряжение аккумулятора должно удовлетворять следующему:

$$u = e - R_{i0}i - u_{RC} \quad (\text{уравнение 181}),$$

при:

$$\frac{d}{dt}u_{RC} = -\frac{1}{RC}u_{RC} + \frac{1}{C}i \quad (\text{уравнение 182})$$

Напряжение в открытой цепи  $e$ , показатели сопротивления  $R_{i0}$  и  $R$  и емкостное сопротивление  $C$  зависят от фактического состояния энергии аккумулятора; их моделируют с использованием табличных значений на картах.

Размер аккумулятора можно изменять, присоединяя к ней дополнительные ячейки.

Модель аккумулятора может включать в себя термодинамическую модель, к которой применяют те же методы моделирования, что и к системе электромотора, и потери которой рассчитывают следующим образом:

$$P_{loss} = R_i i^2 \quad (\text{уравнение 183})$$

Потери энергии будут преобразованы в тепло, что повлияет на температуру аккумулятора, которую рассчитывают следующим образом:

$$\dot{T}_{bat} = \frac{1}{\tau_{bat,heat}} (P_{loss,bat} - (T_{bat} - T_{bat,cool})/R_{bat,th})$$

(уравнение 184)

где:

$T_{bat}$  – температура аккумулятора (К);

$\tau_{bat,heat}$  – временная константа для термальной массы аккумулятора ();

$T_{bat,cool}$  – средняя температура охлаждения аккумулятора (К);

$R_{bat,th}$  – термальное сопротивление аккумулятора ().

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 32.

Таблица 32

Параметры и интерфейс стандартной модели резисторно-емкостного аккумулятора

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$n_s$	-	Число ячеек, соединенных последовательно	dat.ns.value
	$n_p$	-	Число ячеек, соединенных параллельно	dat.np.value
	C	А ч	Емкость ячейки	dat.capacity.value
	C3 (0)	%	Начальная степень зарядки	dat.initialSOC.value
	e	В	Напряжение в разомкнутой цепи =f(C3)	dat.ocv.ocv
	$R_{i0}$	Ом	Сопротивление ячейки	dat.resistance.R0
	R	Ом	Сопротивление ячейки	dat.resistance.R
	C	F	Сопротивление ячейки	dat.resistance.C
Сигнал команды			Отсутствие сигнала	

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Сигнал сенсора	i	A	Фактический ток	REESS_iAct_A
	u	B	Фактическое напряжение на-грузки	REESS_uAct_V
	CЗ	%	Степень заряд-ки	REESS_socAct_Rt
	T <sub>bat</sub>	K	Температура аккумулятора	REESS_tAct_K
Электр. на вы-ходе [B]	u	B	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [A]	i	A	Ток	phys_current_A

#### А.9.7.8.3 Модель конденсатора

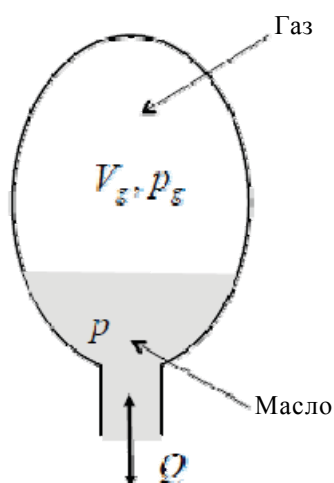
Зарезервирован.

#### А.9.7.8.4 Модель аккумулятора

Гидравлический аккумулятор – это камера высокого давления, используемая для хранения и высвобождения рабочего вещества (жидкости или газа). Обычно в гидравлическую систему входят аккумулятор высокого давления и резервуар низкого давления. Аккумулятор и резервуар должны быть представлены с использованием одного и того же подхода к моделированию, основа которого показана на рис. 35.

Рис. 35

Схема модели аккумулятора



Модель аккумулятора представляют в соответствии со следующими уравнениями с учетом закона идеального газа, равенства давления газа и жидкости и отсутствия потерь в аккумуляторе:

$$\frac{d}{dt} V_{gas} = -Q \quad (\text{уравнение 185})$$

$$p = \frac{m_g RT}{V_{gas}} \quad (\text{уравнение 186})$$

где:

$m_g$  – масса используемого газа (кг);

$R$  – газовая постоянная;

$T_g$  – температура используемого газа (К).

Данная модель может включать модель теплопередачи с использованием следующего соотношения:

$$m_{gas} c_v \frac{d}{dt} T = - \frac{m_{gas} RT_g}{V_{gas}} Q - h A_w (T_{gas} - T_w) \quad (\text{уравнение 187})$$

где:

$c_v$  – конкретный объем используемого газа ();

$h$  – коэффициент теплопередачи аккумулятора ();

$A_w$  – площадь поверхности аккумулятора ( $m^2$ );

$T_w$  – температура поверхности аккумулятора (К).

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 33.

Таблица 33  
 Параметры и интерфейс модели аккумулятора

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$T$	К	Температура газа	dat.gas.temperature.value
	$m_g$	кг	Масса газа	dat.gas.mass.value
	$R$	Дж/кг	Газовая постоянная	dat.gas.constant.value
	$V_g$	$m^3$	Объем бака	dat.capacity.volume.value
	$V_f$	$m^3$	Объем жидкости	dat.capacity.fluid.value
		%	Первоначальный объем жидкости	dat.capacity.fluid.init.value

Тип/магистральная шина	Наименование	Единица измерения	Описание	Ссылка
Сигнал команды			Отсутствие сигнала	
Сигнал сенсора	$p$	Па	Давление	Acc_presAct_Pa
	$T_g$	К	Температура газа	Acc_tGasAct_K
	$V_g$	-	Объем газа	Acc_volGas_Rt
Жидк. на выходе [Па]	$p$	Па	Давление	phys_pressure_Pa
Жидк. ос на входе [м <sup>3</sup> /с]	$Q$	м <sup>3</sup> /с	Объемный расход	phys_flow_m3ps

**А.9.7.9 Положения, касающиеся моделей с использованием конкретных компонентов ИОО**

Изготовитель может использовать альтернативные модели компонентов силовой установки, которые, как считается, по меньшей мере включают эквивалентные схемы, но демонстрируют лучшие соответствующие показатели, чем модели, перечисленные в пунктах А.9.7.2–А.9.7.8. Альтернативная модель должна удовлетворять цели библиотечной модели. Об отклонениях от моделей компонентов силовой установки, указанных в пункте А.9.7, должно сообщаться, и они должны утверждаться органом по официальному утверждению типа или по сертификации. Изготовитель передает органу по официальному утверждению типа или по сертификации всю соответствующую информацию, касающуюся альтернативной модели и включающую ее, а также обоснование ее использования. Данная информация должна быть основана на расчетах, моделировании, оценках, описании моделей, результатах экспериментов и т.д.

Модель шасси соответствует пункту А.9.7.3.

Справочную модель ГТС создают в соответствии с пунктами А.9.7.2–А.9.7.8.

**А.9.8 Процедуры испытаний для преобразователя(ей) энергии и накопительного(ых) устройства (устройств)**

**А.9.8.1 Общие вводные положения**

Процедуры, описанные в пунктах А.9.8.2–А.9.8.5, используют для получения параметров компонентов системы АПМ, применяемых для расчета условий функционирования двигателя с использованием модели ГТС.

Используемая изготовителем процедура испытания конкретного компонента может быть применена в следующих случаях:

- а) в настоящих ГТП процедура испытания конкретного компонента отсутствует;



- b) имеющаяся для конкретного компонента процедура не является безопасной или представительной;
- c) имеющаяся процедура не подходит для модели конкретного компонента, используемой соответствующим изготовителем.

Данные процедуры, характерные для того или иного изготовителя, соответствуют целям процедур испытания указанных компонентов для определения репрезентативных данных в целях использования надлежащей модели в системе АПМ. Технические подробности таких процедур испытания компонентов изготовителя следует передавать на утверждение органу по официальному утверждению типа или по сертификации вместе со всей необходимой информацией, касающейся данной процедуры и включающей ее, а также обоснованием ее использования. Данная информация должна быть основана на расчетах, моделировании, оценках, описании моделей, результатах экспериментов и т.д.

#### A.9.8.2 Спецификация оборудования

Для проведения проверок используют оборудование с адекватными характеристиками. Надлежащие требования указаны ниже; они должны соответствовать требованиям линейности и проверки, изложенными в пункте 9.2.

Погрешность измерительного оборудования (обслуживаемого и калибруемого в соответствии с процедурами эксплуатации) должна быть такой, чтобы не превышались требования в отношении линейности, указанные в таблице 34 и проверенные в соответствии с пунктом 9.2.

Таблица 34  
 Требования линейности к инструментам

Система измерения	$ x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $ (для максимального значения проверки)	Траектория, $a_1$	Стандартная погрешность, СП	Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$
Скорость вращения	$\leq 0,05\%$ (максимальное значение)	0,98–1,02	$\leq 2\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,990$
Крутящий момент	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	0,98–1,02	$\leq 2\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,990$
Значения температуры	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	0,99–1,01	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,998$
Ток	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	0,98–1,02	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,998$

Система измерения	$ x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $ (для максимального значения проверки)	Траектория, $a_1$	Стандартная погрешность, СП	Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$
Напряжение	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	0,98–1,02	$\leq 1\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,998$
Мощность	$\leq 2\%$ (максимальное значение)	0,98–1,02	$\leq 2\%$ (максимальное значение)	$\geq 0,990$

### А.9.8.3 Двигатель внутреннего сгорания

Характеристики крутящего момента двигателя, потери двигателя от трения и тормозной момент вспомогательной системы торможения определяют и преобразовывают в табличные данные в качестве входящих параметров для модели двигателя в рамках системы АПМ. Измерения и преобразование данных проводят в соответствии с пунктами А.9.8.3.1–А.9.8.3.7.

#### А.9.8.3.1 Испытуемый двигатель

Испытуемый двигатель должен представлять собой базовую гибридную силовую установку согласно положению пункта 5.3.4.

#### А.9.8.3.2 Условия и оборудование для проведения испытаний

Условия испытаний и применяемое оборудование должны удовлетворять положениям соответственно пунктов 6 и 9.

#### А.9.8.3.3 Прогрев двигателя

Двигатель прогревают в соответствии с пунктом 7.4.1.

#### А.9.8.3.4 Определение диапазона частот вращения для построения карты характеристик

Минимальную и максимальную частоты вращения для построения карты характеристик определяют следующим образом:

- а) минимальная частота вращения для построения карты характеристик равняется частоте вращения на холостом ходу при прогревом двигателя;
- б) максимальная частота вращения для построения карты характеристик равняется  $n_{hi} \times 1,02$  или частоте вращения, при которой максимальный крутящий момент снижается до нуля, в зависимости от того, какая из этих величин меньше.

#### А.9.8.3.5 Составление карты характеристик положительного крутящего момента двигателя

После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом А.9.8.3.3 строят карту его характеристик крутящего момента с соблюдением следующей процедуры:

- a) после подтверждения стабилизации на постоянном значении в течение как минимум одной минуты крутящего момента вала и частоты вращения испытуемого двигателя измеряют крутящий момент двигателя путем считывания значений тормозной нагрузки или крутящего момента вала на динамометре двигателя. Если испытуемый двигатель и динамометр двигателя соединены через трансмиссию, то соответствующее считанное значение делят на показатель КПД трансмиссии и ее передаточное число. В таком случае используют трансмиссию (коробку передач) с известным (заранее выбранным) фиксированным передаточным числом и известным показателем КПД трансмиссии, на что необходимо конкретно указать;
- b) частоту вращения двигателя измеряют посредством считывания показателей частоты вращения коленчатого вала или частоты вращения динамометра двигателя. Если испытуемый двигатель и динамометр двигателя соединены через трансмиссию, то считанное значение следует умножить на соответствующее передаточное число;
- c) крутящий момент двигателя как функция значения частоты вращения и команды в общей сложности измеряют как минимум по 100 позициям, частоту вращения двигателя – как минимум по 10 позициям в диапазоне согласно пункту А.9.8.3.4, а значения команды для двигателя – как минимум по 10 позициям в диапазоне значений команды оператора от 100% до 0%. Полученные значения могут быть равномерно распределены, и их следует определять на основе квалифицированной инженерной оценки.

#### **А.9.8.3.6 Измерение момента трения двигателя и тормозного момента вспомогательной системы торможения**

Измерение момента трения двигателя производят путем приведения испытуемого двигателя в движение от динамометра двигателя в незагруженном режиме (при значении команды оператора, равном 0%, и эффективном нулевом впрыске топлива) и измерения минимум по 10 позициям в необходимом диапазоне согласно пункту А.9.8.3.3. Кроме того, момент трения измеряют при включенной вспомогательной системе торможения (например, приспособления для дросселирования выхлопа при торможении двигателем), если системой АПМ такой вид торможения предусмотрен в дополнение к торможению двигателем.

#### **А.9.8.3.7 Вводимые данные крутящего момента модели двигателя**

Табличные вводимые параметры модели двигателя получают на основе зарегистрированных данных о значениях частоты вращения, крутящего момента и команды оператора, необходимыми для получения действительных и репрезентативных условий в ходе прогона системы АПМ.

В таблицу с данными о крутящем моменте двигателя для крутящему моменту включают как минимум 100 пунктов в зависимости по меньшей мере от 10 значений частоты вращения двигателя и по меньшей мере 10 значений команды оператора. Полученные значения могут быть равномерно распределены, и их следует определять на основе квалифицированной инженерной оценки. При необходимости интерполяции используют кубическую интерполяционную формулу Эрмита согласно добавлению 1 к настоящему приложению. На основе квалифицированной инженерной оценки могут быть добавлены значения, которые эквивалентны минимальной частоте вращения двигателя или меньше ее, с тем чтобы избежать нерепрезентативных или нестабильных результатов работы модели при прогоне с использованием системы АПМ.

В таблицу с данными о крутящем моменте двигателя для крутящего момента включают как минимум 10 пунктов в зависимости от значения частоты вращения двигателя и 0% значения команды оператора.

В таблицу с данными о тормозном моменте вспомогательной системы торможения для крутящего момента включают как минимум 10 пунктов в зависимости от значения частоты вращения двигателя и 0% значения команды оператора.

#### **А.9.8.4 Электромотор**

##### **А.9.8.4.1 Общие сведения**

Карту крутящего момента и карту потребления электричества для электромотора определяют и преобразовывают в табличные данные в качестве входящих параметров для модели электромотора в рамках системы АПМ. Метод испытаний должен соответствовать предписаниям и схеме, показанным на рис. 36.

Рис. 36  
Схема процедуры испытания электродвигателя



#### А.9.8.4.2 Испытуемый электродвигатель и его регулятор

Испытуемый электродвигатель, включая его регулятор (электроника больших мощностей и ЭБУ), должны отвечать указанным ниже условиям:

- a) испытуемый электродвигатель и регулятор должны пройти обслуживание в соответствии с процедурами инспекции и технического обслуживания;
- b) электропитание должно осуществляться с помощью системы постоянного тока постоянного напряжения или (перезаряжаемой) энергоаккумулирующей системы, которая в состоянии обеспечить/поглотить достаточный объем электроэнергии для/от силовой электроники на максимуме (механической) энергии электродвигателя на протяжении испытательной части;
- c) напряжение электропитания, применяемое к силовой электронике, должно составлять  $\pm 5\%$  от номинального напряжения электрической ПЭАС в силовой установке ГТС согласно спецификации изготовителя;

- d) если рабочие характеристики электрической ПЭАС изменяются по причине сильных колебаний напряжения, прилагаемого к силовой электронике, то испытание должно проводиться посредством задания по меньшей мере 3 условий для прилагаемого напряжения: максимальное, минимальное и номинальное значения под контролем или согласно спецификации изготовителя;
- e) электропроводка, соединяющая электродвигатель и ее силовую электронику, должна соответствовать спецификациям в отношении бортовых устройств данного транспортного средства. Вместе с тем, если в испытательной камере бортовую конфигурацию обеспечить невозможно, электропроводка может быть изменена в диапазоне, не приводящем к повышению показателей работы электродвигателя. Кроме того, электропроводка между силовой электроникой и электропитанием не обязательно должна соответствовать спецификациям в отношении бортовых устройств данного транспортного средства;
- f) система охлаждения должна соответствовать спецификациям в отношении бортовых устройств данного транспортного средства. Вместе с тем, если в испытательной камере бортовую конфигурацию обеспечить невозможно, она может быть изменена или же может быть использована система охлаждения испытательной камеры в диапазоне, не приводящем к ее дополнительному охлаждению, при этом должна иметься достаточная возможность для поддержания нормальной безопасной температуры функционирования, как это предписано изготовителем;
- g) трансмиссию не устанавливают. Вместе с тем, если электродвигатель в силу особенностей бортовой конфигурации при отсоединении от трансмиссии не функционирует или если электродвигатель не может быть непосредственно подсоединен к динамометру, трансмиссия может быть установлена. В таком случае используют трансмиссию с известным фиксированным передаточным числом и известным показателем КПД, на что необходимо конкретно указать.

#### A.9.8.4.3 Условия испытания

A.9.8.4.3.1 Электродвигатель и все его оснащение должны быть выдержаны при температуре  $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

A.9.8.4.3.2 В течение испытания температуру в испытательной камере поддерживают на уровне  $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

A.9.8.4.3.3 Система охлаждения испытуемого двигателя должна соответствовать пункту A.9.8.4.2 f).

A.9.8.4.3.4 Испытуемый двигатель должен быть обкатан в соответствии с рекомендациями изготовителя.

A.9.8.4.4 Составление карт крутящего момента электродвигателя и карты силовых характеристик

#### **А.9.8.4.4.1 Общие вводные положения**

Испытуемый мотор приводят в действие в соответствии с методом, изложенным в пункте А.9.8.4.4.2, при этом проводят измерения для получения по меньшей мере данных о параметрах, указанных в пункте А.9.8.4.4.3.

#### **А.9.8.4.4.2 Процедура испытания**

Испытуемый мотор приводят в действие после того, как он был тщательно прогрет с соблюдением условий прогрева, указанных изготовителем:

- a) крутящий момент на выводном валу испытуемого мотора задают как минимум по 6 положениям в тяговом режиме (режим работы "мотор"), а также в ведомом режиме (режим работы "генератор") (если это применимо), в диапазоне значений команд крутящего момента электромотора от минимального (0%) до максимального ( $\pm 100\%$ ) или эквивалентных им значений команд. Полученные значения могут быть равномерно распределены, и их следует определять на основе квалифицированной инженерной оценки;
- b) испытательная частота вращения должна быть задана как минимум по 6 положениям – от остановки (0 об/мин) до максимальной частоты вращения, заявленной изготовителем. Кроме того, если измерение крутящего момента в состоянии остановки (0 об/мин) затруднено, то для стабильного функционирования динамометра данный показатель может быть измерен на минимальной частоте вращения мотора. Полученные значения могут быть равномерно распределены, и их следует определять на основе квалифицированной инженерной оценки. Если бортовая установка предусматривает также использование отрицательной частоты вращения, то данная процедура может быть расширена, с тем чтобы покрыть требуемый диапазон;
- c) минимальный стабилизированный прогон по каждому из значений команд составляет как минимум 3 секунды до достижения номинальной мощности;
- d) измерение проводят при том условии, что внутренняя температура электромотора и температура силовой электроники на протяжении всего испытания будет поддерживаться в рамках определенных изготовителем предельных значений. Кроме того, при необходимости можно временно снизить подачу электроэнергии на мотор или остановить его для охлаждения, с тем чтобы получить возможность продолжить процедуру измерений;
- e) система охлаждения может быть включена на максимальную мощность.

#### А.9.8.4.4.3 Параметры измерения

После подтверждения стабилизации значений частоты вращения вала и крутящего момента одновременно измеряют следующие параметры:

- a) заданное и фактическое значения крутящего момента на валу. Если испытуемый электродвигатель и динамометр соединены через трансмиссию, то соответствующее считанное значение делят на известный показатель КПД трансмиссии и ее известное передаточное число;
- b) заданное и фактическое значения частоты вращения (электродвигателя). Если испытуемый электродвигатель и динамометр соединены через трансмиссию, то частоту вращения электродвигателя можно вычислить, умножив считанную частоту вращения динамометра на известное передаточное число трансмиссии;
- c) мощность постоянного тока, подаваемого на силовую электронику/получаемого от силовой электроники, регистрируют с помощью прибора(ов) для измерения электрической мощности, напряжения и силы тока. Подаваемое электропитание может быть рассчитано путем умножения измеренного напряжения на измеренную силу тока;
- d) в условиях функционирования, предписанных в пункте А.9.8.4.4.2, внутреннюю температуру электродвигателя и температуру его силовой электроники (согласно спецификации изготовителя) измеряют и регистрируют в качестве справочных значений одновременно с измерением крутящего момента на валу на каждой испытательной скорости вращения;
- e) в ходе испытания измеряют и регистрируют температуру испытательной камеры и температуру охладителя (в случае жидкостного охлаждения).

#### А.9.8.4.5 Формулы расчета

Мощность на валу электродвигателя рассчитывают следующим образом:

$$P_{em} = \frac{2\pi \times M_{em} \times N_{em}}{60 \times 1000} \quad (\text{уравнение 188}),$$

где:

$P_{em}$  – механическая мощность электродвигателя (кВт);

$M_{em}$  – крутящий момент на валу электродвигателя (Нм);

$N_{em}$  – скорость вращения машины с электроприводом ( $\text{мин}^{-1}$ ).

#### А.9.8.4.6 Табличные входные параметры электродвигателя

Табличные входные параметры электродвигателя получают на основе зарегистрированных данных о частоте вращения, крутящем моменте, значениях команд (оператор/крутящий мо-



мент), силе тока, напряжении и электроэнергии, которые требуются для получения действительных и репрезентативных условий в ходе функционирования системы АПМ. В такую таблицу включают по меньшей мере 36 пунктов для силовых карт с зависимостью от как минимум 6 значений для частоты вращения и как минимум 6 значений для значения команды. Это относится, в соответствующих случаях, как к программе "мотор", так и к программе "генератор". Полученные значения могут быть равномерно распределены, и их следует определять на основе квалифицированной инженерной оценки. При необходимости интерполяции используют кубическую интерполяционную формулу Эрмита согласно добавлению 1 к настоящему приложению. На основе квалифицированной инженерной оценки могут быть добавлены значения, которые эквивалентны минимальной частоте вращения двигателя или меньше ее, с тем чтобы избежать нерепрезентативных или нестабильных результатов работы модели при прогоне с использованием системы АПМ.

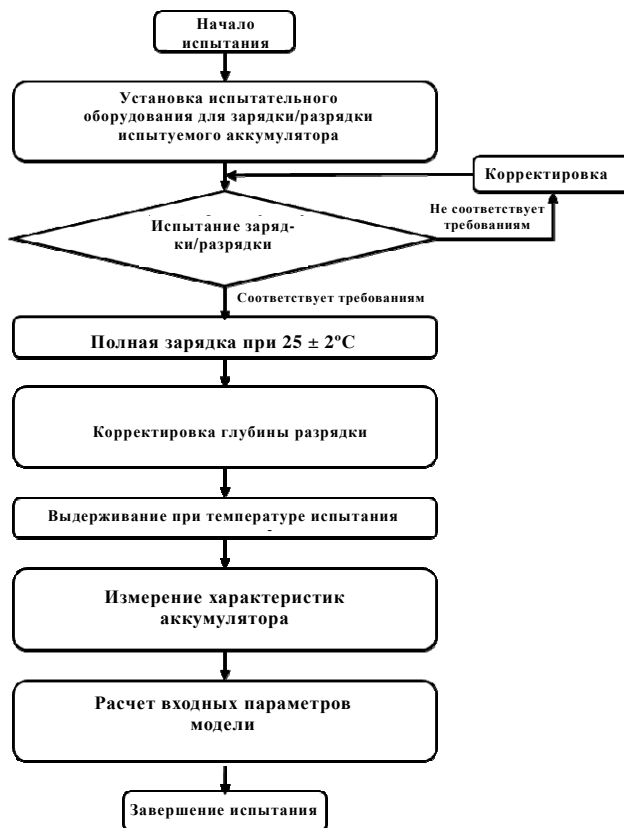
#### **A.9.8.5 Аккумулятор**

##### **A.9.8.5.1 Резисторная модель аккумулятора**

###### **A.9.8.5.1.1 Общие положения**

Внутреннее сопротивление постоянного тока и напряжение разомкнутой сети для аккумулятора определяют в качестве входных параметров модели аккумулятора в рамках системы АПМ и получают в ходе испытания аккумулятора. Метод испытаний должен соответствовать предписаниям и схеме, показанным на рис. 37:

Рис. 37  
Схема процедуры испытаний аккумулятора



#### A.9.8.5.1.2 Испытуемый аккумулятор

Испытуемый аккумулятор должен отвечать условиям, описанным ниже:

- a) испытуемый аккумулятор должен представлять собой либо полную систему аккумулятора, а либо репрезентативную подсистему. Если изготовитель предпочитает проводить испытания с репрезентативной подсистемой, он должен продемонстрировать, что результаты испытаний могут отражать работу полной системы аккумулятора при аналогичных условиях;
- b) испытуемый аккумулятор должен достигать своей проектной емкости не более чем за 5 повторяющихся циклов зарядки/разрядки с током  $n C$ .

#### A.9.8.5.1.3 Спецификация оборудования

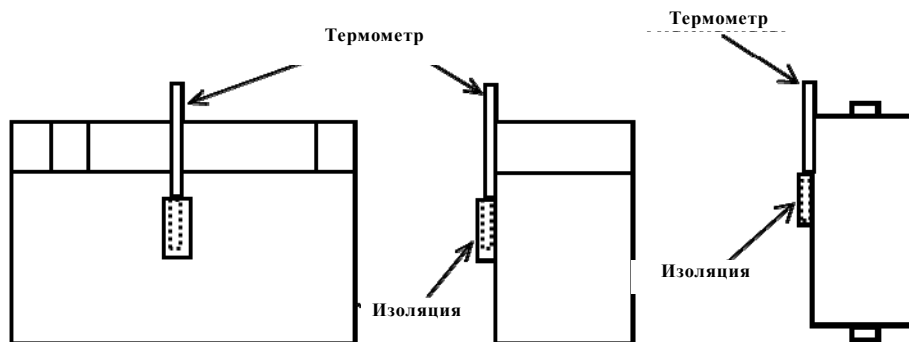
Используют измерительные приборы, соответствующие пункту A.9.8.2.

#### А.9.8.5.1.4 Условия проведения испытания

- а) испытуемый аккумулятор помещают в испытательную ячейку с контролируемой температурой. Комнатная температура должна составлять  $298 \pm 2\text{K}$  ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) или  $318 \pm 2\text{K}$  ( $45 \pm 2^\circ\text{C}$ ), в зависимости от того, что больше соответствует рекомендации изготовителя;
- б) напряжение измеряют на клеммах испытуемого аккумулятора;
- в) измерение температуры производят в порядке, указанном изготовителем, или согласно рис. 38 ниже в условиях, на которые не влияет внешняя температура, термометром, прикрепленным к центральной части аккумулятора и закрытым изоляционным материалом;
- г) система охлаждения аккумулятора во время испытания может быть активирована или деактивирована.

Рис. 38

Местоположения термометра для измерения температуры аккумулятора (слева: прямоугольный аккумулятор; справа: цилиндрический аккумулятор)



#### А.9.8.5.1.5 Испытание на характеристики тока и напряжения

В ходе этого испытания напряжение на 10-й секунде разрядки и зарядки при постоянной силе тока измеряют в соответствии с изложенной ниже процедурой:

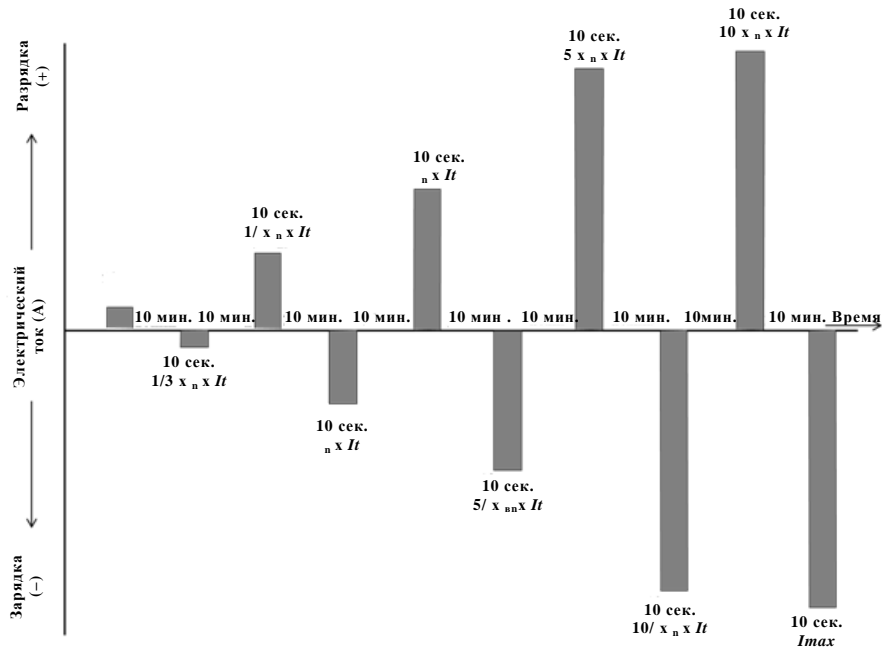
- а) испытание проводят путем изменения глубины разрядки ( $100\% - C3$ ) в диапазоне, используемом для испытательного цикла, как указано в приложении 1.б. Степень разрядки должна быть не менее уровня 3 и должна быть определена таким образом, чтобы сделать возможной интерполяцию;
- б) что касается степени разрядки, то после полной зарядки аккумулятор при температуре окружающей среды  $298 \pm 2\text{K}$  ( $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ) в соответствии с методом зарядки, определенным изготовителем, ее выдерживают в тех же условиях в течение как минимум 1 часа, но менее 4 часов. Корректировку проводят путем изменения времени разрядки с постоянным током  $I_n$  (А). Степень разрядки

(в процентах) – представляет собой состояние после разрядки аккумулятора при  $I_n$  (А) в течение  $(0,01 \times a \times n)$  часов. Вместе с тем корректировка может быть произведена с использованием предшествующего фактического замера емкости аккумулятора для расчета времени разрядки в целях получения нужной степени разрядки. Кроме того, если после завершения испытания на характеристики тока и напряжения при первой степени разрядки проводится постоянная корректировка до следующей степени разрядки, то корректировку можно произвести посредством расчета времени разрядки от нынешней степени разрядки и до следующей степени разрядки;

- c) температура аккумулятора в начале испытания должна составлять  $298 \pm 2$  К ( $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Вместе с тем можно выбрать температуру  $318 \pm 2$  К ( $45 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) посредством сообщения в приложении о фактически измеренной температуре аккумулятора во время испытательного цикла, как указано в приложении 1.b, что эквивалентно бортовым условиям;
- d) после корректировки глубины разрядки выдержать аккумулятор при предписанной температуре в начале испытания. Испытание должно начаться не менее чем через 1 час, но не более чем через 4 часа и не менее чем через 16 часов, но не более чем через 24 часа при температуре  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- e) испытание проводят в последовательности, указанной на рис. 39:

Рис. 39

Последовательность действий в ходе испытания на характеристики тока и напряжения (пример: при номинальной емкости менее 20 А•ч)



- f) напряжение аккумулятора на 10-й секунде измеряют путем разрядки и зарядки при каждой силе тока, указанной для каждой категории проектной мощности, указанной в таблице 35 ниже. Верхний предел силы заряжающего или разряжающего тока составляет 200 А, но он должен быть как минимум выше максимального значения, используемого в ГТС, как указано изготовителем. Вместе с тем, если напряжение аккумулятора на 10-й секунде превышает нижний предел напряжения разрядки или верхний предел напряжения зарядки, такие данные во внимание не принимают.

Таблица 35

Значения тока зарядки/разрядки для испытания

Категория номинальной мощности	Ток зарядки/разрядки				
	$\frac{1}{3} \cdot n \cdot I_n$	$n \cdot I_n$	$5 \cdot n \cdot I_n$	$10 \cdot n \cdot I_n$	$I_{max}$
Менее 20 А•ч	$\frac{1}{3} \cdot n \cdot I_n$	$n \cdot I_n$	$5 \cdot n \cdot I_n$	$10 \cdot n \cdot I_n$	$I_{max}$
20 А•ч и более	$\frac{1}{3} \cdot n \cdot I_n$	$n \cdot I_n$	$2 \cdot n \cdot I_n$	$5 \cdot n \cdot I_n$	$I_{max}$

- g) в период отсутствия нагрузки аккумулятору необходимо дать остыть в течение как минимум 10 минут. Должно быть подтверждено, что изменение температуры находится в пределах  $\pm 2$  °С, до того как перейти к следующему уровню разрядки или зарядки.

#### **А.9.8.5.1.6 Расчет внутреннего сопротивления постоянного тока и напряжения разомкнутой цепи**

Данные измерений, полученные согласно пункту А.9.8.5.4.1.5, используют для расчета характеристик силы тока и напряжения по каждой зарядке, соответственно, токов разрядки и надлежащих показателей напряжения.

С помощью метода наименьших квадратов определяют наиболее подходящее уравнение следующего вида:

$$y = a \times x + b \quad (\text{уравнение 189}),$$

где:

$y$  – фактическое значение напряжения (В),

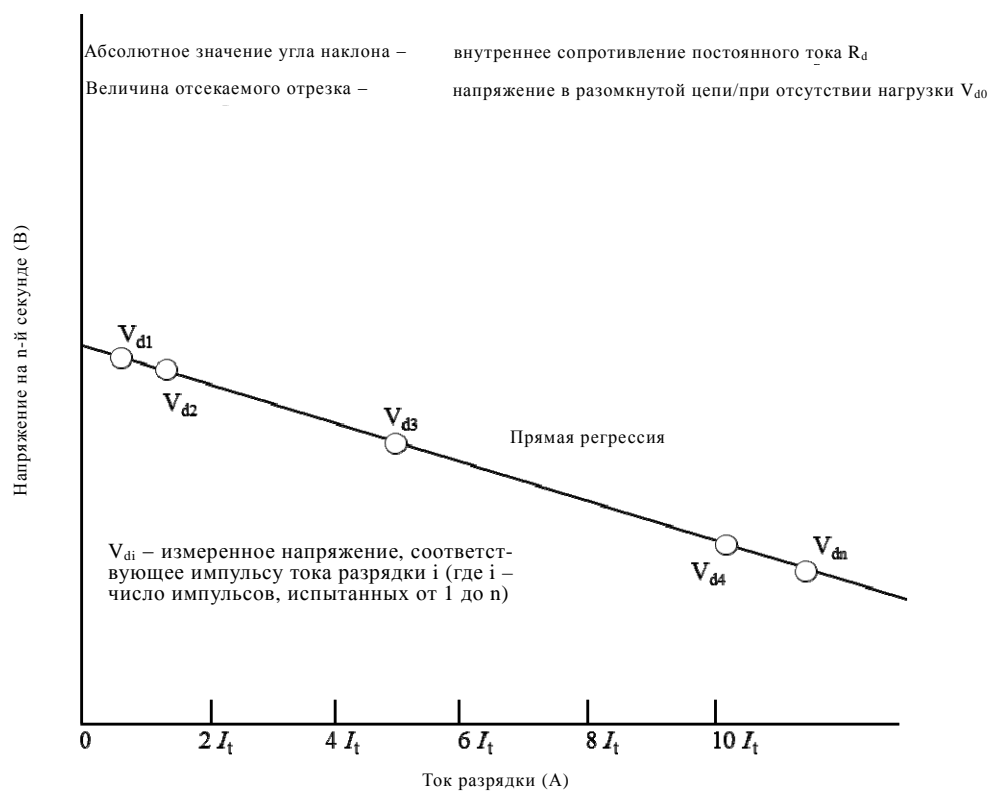
$x$  – фактическое значение силы тока (А),

$a$  – угол наклона линии регрессии,

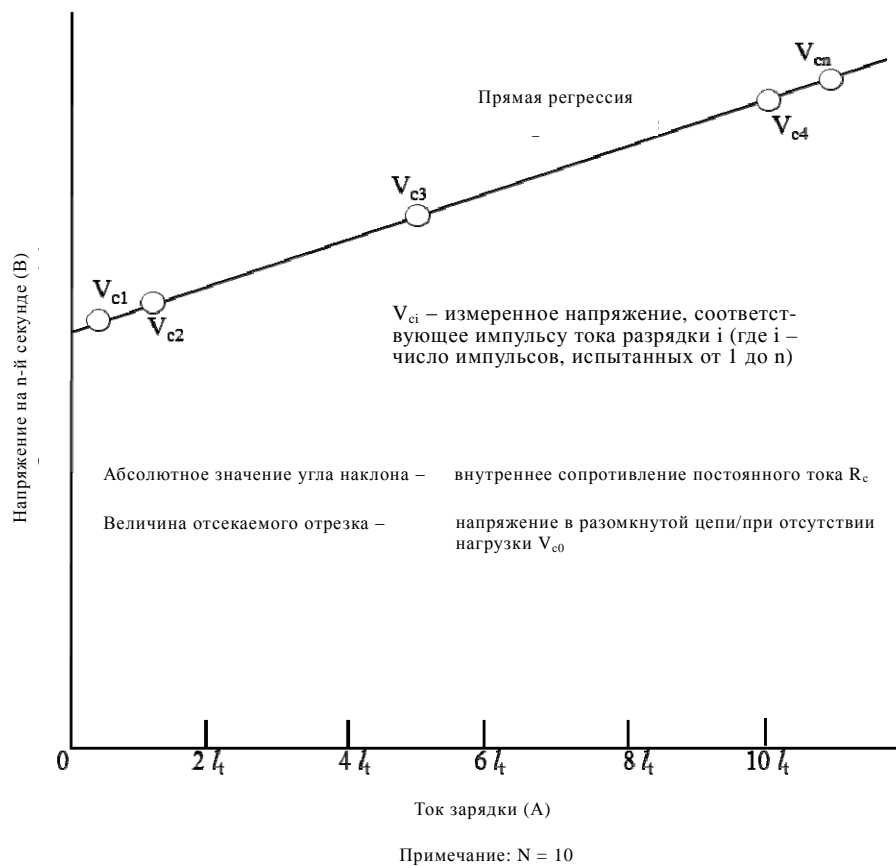
$b$  – величина отрезка, отсекаемого линией регрессии на оси  $y$ ;

- a) для разрядных импульсов рассчитать внутреннее сопротивление постоянного тока  $R_d$  (т.е. абсолютное значение угла наклона) и напряжение разомкнутой цепи  $V_{d0}$  (т.е. величину отрезка, отсекаемого на оси  $Y$ ) с помощью данных (представленных на рис. 40);
- b) для зарядных импульсов рассчитать внутреннее сопротивление постоянного тока  $R_c$  (т.е. абсолютное значение угла наклона) и напряжение разомкнутой цепи  $V_{c0}$  (т.е. величину отрезка, отсекаемого на оси  $Y$ ) с помощью данных (представленных на рис. 41);
- c) напряжение разомкнутой цепи  $V_0$  в качестве вводного параметра модели представляет собой среднее арифметическое показателей  $V_{d0}$  и  $V_{c0}$ ;
- d) когда в качестве входного параметра для модели используют единственный параметр внутреннего сопротивления, внутреннее сопротивление постоянного тока  $R_0$  представляет собой среднее арифметическое показателей  $R_d$  и  $R_c$ . Могут быть использованы отдельные значения внутреннего сопротивления разрядки и зарядки;
- e) в случае использования для испытания подсистемы электрической ПЭАС рассчитывают значения для репрезентативной системы.

**Рис. 40**  
**Определение внутреннего сопротивления и напряжения в разомкнутой цепи при разрядке**



**Рис. 41**  
**Определение внутреннего сопротивления и напряжения в разомкнутой цепи при зарядке**



**А.9.8.5.2**      **Модель резисторно-емкостного аккумулятора**  
Зарезервирован.

**А.9.8.6**      **Конденсатор**  
Зарезервирован.

**Добавление 1**      **Процедура применения кубической интерполяционной формулы Эрмита**  
Зарезервировано.



## Приложение 10

### Процедура испытания для двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода силовой установки

**A.10.1** В настоящем приложении содержатся общее описание испытаний двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием силовой установки и требования к ним.

**A.10.2** Процедура испытания

В настоящем приложении описывается процедура моделирования испытания шасси для гибридной системы, установленной до трансмиссии или после нее, в испытательной камере силовой установки. Необходимо выполнить следующие шаги:

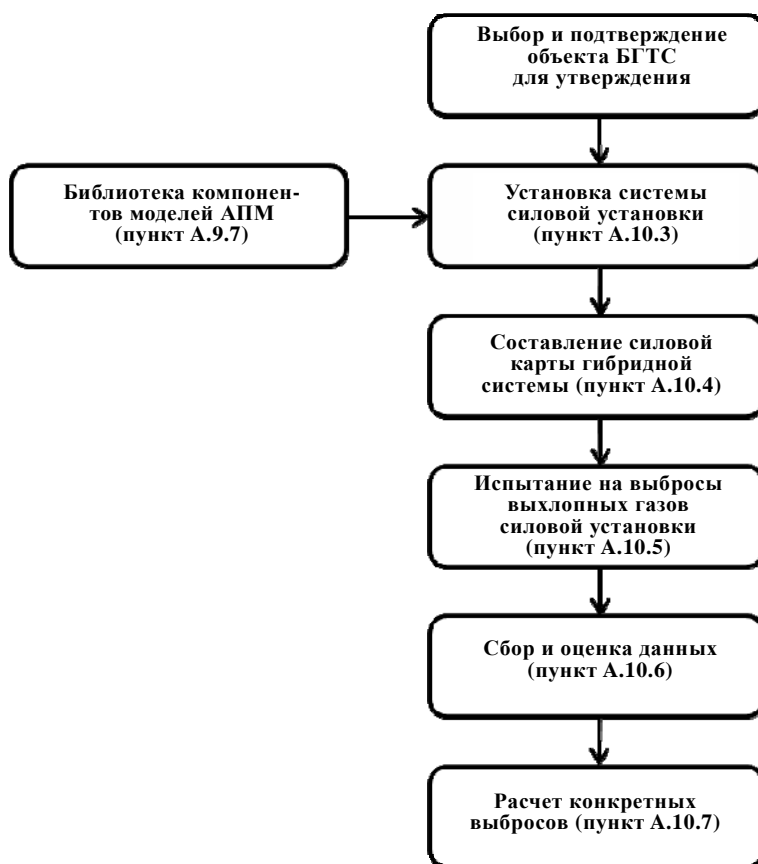
**A.10.2.1** Метод силовой установки

Метод силовой установки должен соответствовать общим руководящим принципам выполнения определенных шагов процесса, как описано ниже и показано на графике рис. 42. Подробности каждого этапа описаны в соответствующих пунктах. Отклонения от указаний в соответствующих случаях разрешены, но конкретные требования являются обязательными.

Для метода силовой установки процедура включает следующие этапы:

- a) выбор и подтверждение объекта БГТС для утверждения;
- b) установка системы силовой установки;
- c) составление силовой карты гибридной системы;
- d) проведение испытания на выбросы выхлопных газов;
- e) сбор и оценка данных;
- f) расчет конкретных выбросов.

Рис. 42  
Схема испытания по методу силовой установки



**A.10.2.2 Установка системы силовой установки**

Установку системы силовой установки производят в соответствии с положениями пунктов А.10.3 и А.9.7 метода АПМ.

**A.10.2.3 Составление силовой карты гибридной системы**

Номинальную мощность системы определяют согласно пункту А.10.4.

**A.10.2.4 Испытание на выбросы выхлопных газов силовой установки**

Испытание на выбросы выхлопных газов силовой установки проводят в соответствии со всеми положениями пункта А.10.5.

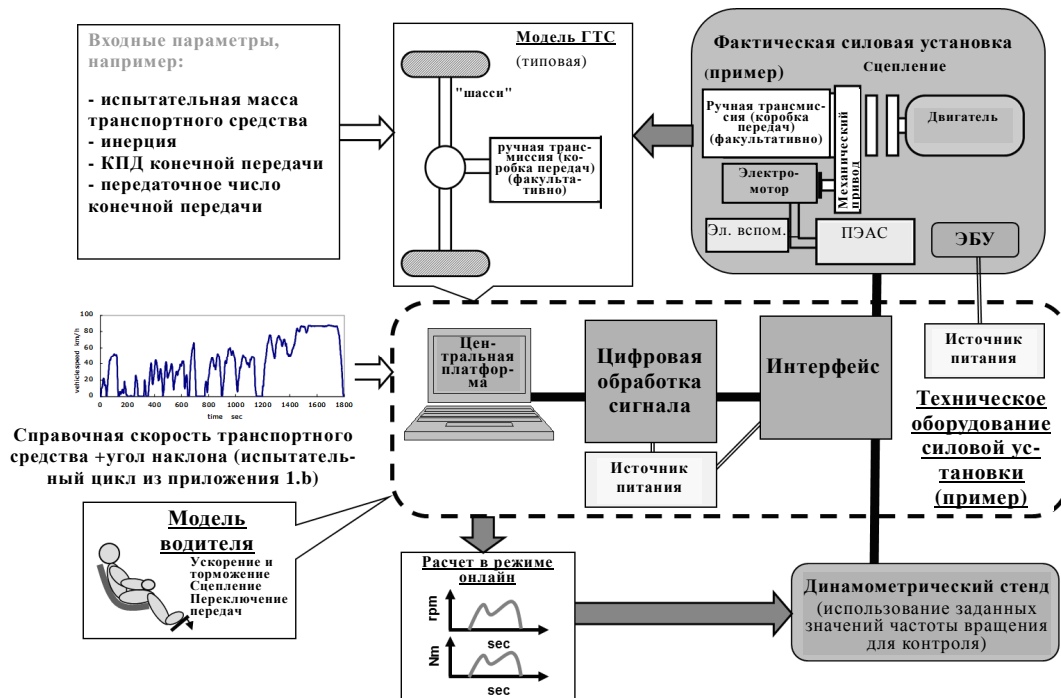
**A.10.3 Установка системы силовой установки**

**A.10.3.1 Общие вводные положения**

Система силовой установки, как показано на рис. 43, состоит из модели ГТС и ее входных параметров, испытательного цикла, определенного в приложении 1.b, а также полной физической гибридной силовой установки и блока управления двигателем (далее именуемой "фактической силовой установкой") и источника энергии и требуемого интерфейса. Установку системы силовой установки определяют в соответствии с пункта-

ми А.10.3.2–А.10.3.5. В данном процессе используют библиотеку компонентов АПМ (пункт А.9.7.). Для обеспечения точного контроля за динамометрическим стендом частота обновления системы должна составлять не менее 100 Гц.

Рис. 43  
 Схема установки системы силовой установки



### А.10.3.2 Техническое оборудование силовой установки

Техническое оборудование силовой установки должно иметь типы сигналов и число каналов, требуемые для создания интерфейса между всеми элементами оборудования, необходимыми для ее функционирования и подсоединения фактической силовой установки к динамометрическому стенду.

### А.10.3.3 Интерфейс системы силовой установки

Интерфейс системы силовой установки определяют и устанавливают в соответствии с требованиями к модели (гибридного) транспортного средства (пункт А.10.3.5). Он необходим для функционирования динамометрического стенда и фактической силовой установки. Кроме того, в модели интерфейса могут быть определены конкретные сигналы, например сигналы АБС, с тем чтобы обеспечить надлежащее функционирование фактического блока управления двигателем.

Интерфейс не должен включать основные функции управления гибридной системой, как указано в пункте А.9.3.4.1 метода АПМ.

Фактический крутящий момент динамометрического стенда используют в качестве входного параметра модели ГТС.

Расчетную исходную частоту вращения для модели ГТС (например, трансмиссии или ведущего вала конечной передачи) используют в качестве заданной величины частоты вращения для динамометрического стенда.

#### **A.10.3.4 Фактическая силовая установка**

Для установки системы силовой установки используют силовую установку со всеми ее ЭБУ в соответствии с требованиями к бортовой установке. Положения об установке должны соответствовать пункту 6.3 настоящих ГТП.

#### **A.10.3.5 Модель транспортного средства**

Модель транспортного средства должна представлять все соответствующие характеристики применимого гибридного транспортного средства для системы силовой установки. Модель ГТС должна быть создана путем определения ее компонентов согласно пункту А.9.7 метода АПМ. Соответствующие характеристики определяют следующим образом:

- a) шасси (пункт А.9.7.3) используют для определения фактической скорости транспортного средства как функции крутящего момента силовой установки и тормозного момента, сопротивления качению шин, сопротивления воздуха и уклона дороги. Фактическую скорость транспортного средства сравнивают с желаемой скоростью транспортного средства, определенной в ходе испытательного цикла согласно приложению 1.b;
- b) конечную передачу (пункт А.9.7.7.6) используют для представления функции дифференциальной передачи, если она уже не включена в фактическую силовую установку;
- c) в случае ручной трансмиссии в модель ГТС может быть включена модель трансмиссии (А.9.7.7.8) и сцепления (А.9.7.7.1).

#### **A.10.3.6 Модель водителя**

Модель водителя содержит все требуемые задачи для вождения модели ГТС на протяжении испытательного цикла и обычно включает в себя, например, сигналы для педалей акселератора и тормоза, а также сигналы положения сцепления и выбранной передачи в случае ручной трансмиссии.

Задачи модели водителя выполняются в качестве управления в замкнутом контуре.

Алгоритм переключения ручной трансмиссии должен соответствовать пункту А.9.7.4 b).

#### **A.10.4 Процедура составления силовой карты гибридной системы**

#### **A.10.4.1 Общие положения**

Целью процедуры составления карты в настоящем пункте является определение максимального крутящего момента и мощности гибридной системы при каждой частоте оборотов при полностью/в достаточной степени заряженной перезаряжаемой энергоаккумулирующей системы. При создании гибридно-активной карты используют один из следующих методов.

#### **A.10.4.2 Условия составления карты**

Карты для двигателей внутреннего сгорания в рамках гибридной системы составляют согласно описанию, содержащемуся в настоящем пункте, в том случае если для определения загрязняющих выбросов выхлопных газов применяют метод АПМ (приложение 8 к настоящим ГТП) либо метод силовой установки (приложение 9 к настоящим ГТП). Эти положения могут применяться к другим типам гибридных двигателей в соответствии с надлежащей инженерной оценкой. Для составления карты используют процедуру, описанную в пункте 7.4 настоящих ГТП, за исключением случаев, отмеченных в настоящем пункте. Карту силовой установки создают при активированной гибридной системе, как описано в пунктах A.10.4.3 или A.10.4.4 настоящего раздела.

Заданные значения команды оператора и частоты вращения могут определяться так же, как и при стандартном испытании двигателя.

#### **A.10.4.3 Составление карты непрерывной развертки**

Карту силовой установки составляют посредством использования (ряда) непрерывных разверток для охвата всего спектра рабочих частот вращения силовой установки. Силовую установку готовят к составлению гибридно-активной карты путем обеспечения того, чтобы состояние зарядки ПЭАС представляло нормальную работу. Развертка должна производиться так, как указано в пункте 7.4 настоящих ГТП, однако она должна быть остановлена для зарядки ПЭАС, когда измеряемая мощность ПЭАС опускается ниже ожидаемой максимальной мощности ПЭАС более чем на 2% общей заявленной мощности системы (включая мощность двигателя и мощность ПЭАС).

Если надлежащая инженерная оценка не свидетельствует о другом, то можно предположить, что ожидаемая максимальная мощность ПЭАС равна измеряемой мощности ПЭАС в начале сегмента развертки. Например, если 3-секундная скользящая средняя общей энергии двигателя-ПЭАС составляет 200 кВт, а мощность ПЭАС в начале сегмента развертки составляет 50 кВт, то, когда мощность ПЭАС достигает 46 кВт, развертку необходимо остановить для зарядки ПЭАС. Следует отметить, что это предположение не действует в тех случаях, когда гибридный мотор имеет ограничение по крутящему моменту. Общая мощность системы должна рассчитываться как 3-секундная скользящая средняя текущей общей мощности системы.

После каждой зарядки двигатель в течение 15 секунд стабилизируют на той частоте вращения, на которой завершился предыдущий сегмент, с установленным на максимум запросом оператора, перед тем как продолжить развертку с этой частоты вращения. Цикл зарядки, составления карты и перезарядки повторяют до тех пор, пока карта двигателя не будет завершена. Между сегментами систему можно выключать или проводить другую операцию, соответствующую цели данного пункта. Например, для систем, в которых постоянная зарядка и разрядка могут привести к перегреву аккумуляторов в такой степени, которая влияет на результаты работы, двигатель после перезарядки системы для охлаждения аккумуляторов может функционировать на нулевой мощности от ПЭАС в течение достаточного времени. Для сглаживания кривой крутящего момента в целях устранения разрывов между интервалами карты необходимо использовать надлежащую инженерную оценку.

#### A.10.4.4 Составление карты дискретных частот вращения

Составление карты силовой установки осуществляют путем использования дискретных частот вращения вдоль кривой полной загрузки от минимальной до максимальной частоты вращения с интервалами не более  $100 \text{ мин}^{-1}$ . Заданные значения частоты вращения выбирают минимум для 13 равноудаленных частот вращения силовой установки. Составление карты может быть остановлено на самой высокой частоте вращения выше максимальной мощности, на которую приходится 50% максимальной мощности. Частоту вращения силовой установки стабилизируют на каждом заданном значении с целью добиться значения крутящего момента в размере 70% пикового крутящего момента на этой частоте вращения без помощи гибрида. Двигатель должен быть полностью прогрет, а состояние заряда ПЭАС должно находиться в рамках нормального режима работы. Запрос оператора должен быть поставлен на максимальное значение, силовая установка должна проработать на нем как минимум 10 секунд, а 3-секундная скользящая средняя частоты вращения и крутящего момента должна регистрироваться при частоте не ниже 1 Гц. Пиковую 3-секундную среднюю крутящего момента и 3-секундную среднюю частоты вращения регистрируют в данный момент. Для определения промежуточных частот вращения и крутящего момента используют линейную интерполяцию. При расчете максимальной испытательной частоты вращения следуют положениям пункта 7.4.2 настоящих ГТП. Измеренная максимальная испытательная частота вращения должна находиться в диапазоне 92–108% оценочной максимальной испытательной частоты вращения. Если измеренная максимальная испытательная частота вращения находится за пределами этого диапазона, то карту следует перепроверить с использованием измеренного значения максимальной испытательной частоты вращения.

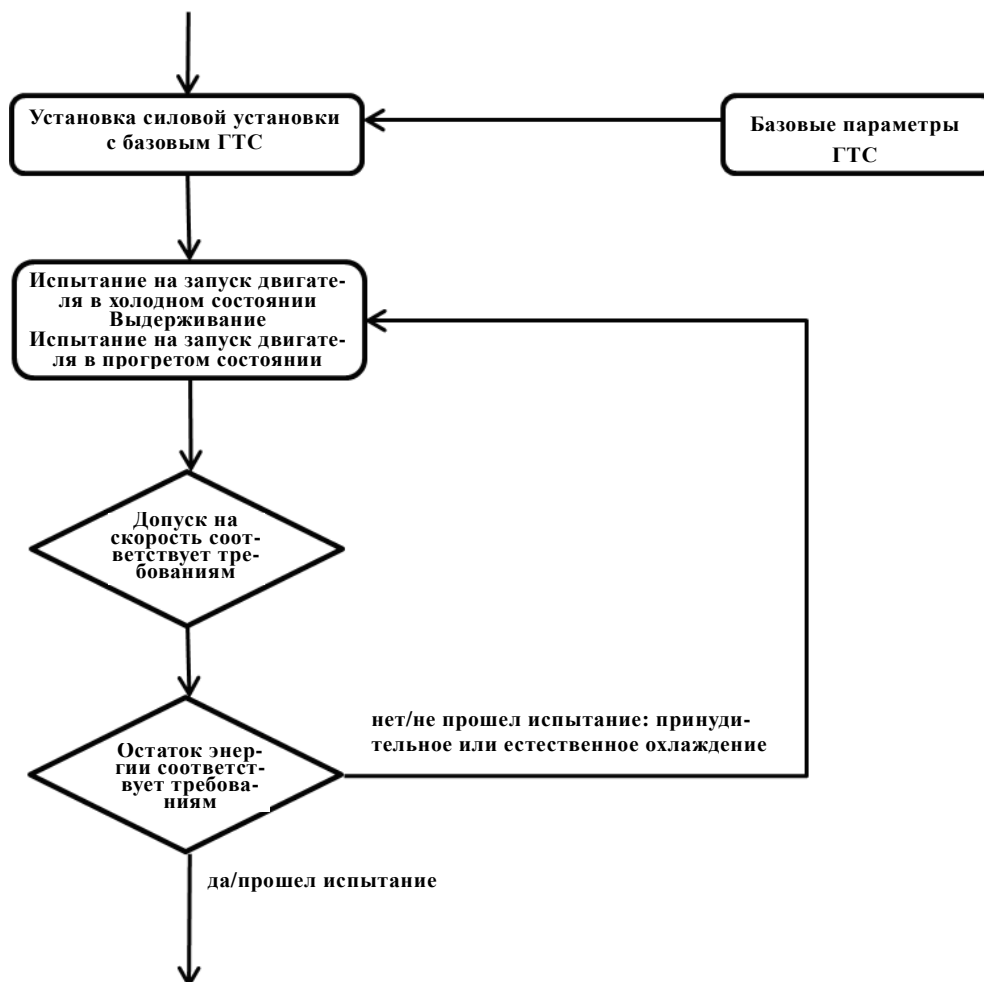
### А.10.5 Испытание на выбросы выхлопных газов силовой установкой

#### А.10.5.1 Общие вводные положения

Испытание на выбросы выхлопных газов с использованием установки системы силовой установки и включением всех требуемых систем модели и интерфейса ГТС проводят в соответствии с положениями пунктов А.10.5.2–А.10.5.6. Указания по последовательности действий в ходе испытания приведены на схеме рис. 44.

Рис. 44

Последовательность действий в ходе испытания на выбросы выхлопных газов силовой установкой



#### А.10.5.2 Базовое транспортное средство

Параметры базового транспортного средства используют в модели ГТС и определяют в соответствии с пунктами А.10.5.2.1–А.10.5.2.6.

- A.10.5.2.1** Масса испытуемого транспортного средства и масса транспортного средства в снаряженном состоянии  
Массу испытуемого транспортного средства  $m_{\text{vehicle}}$  и собственную массу  $m_{\text{vehicle},0}$  определяют на основании соответственно уравнений 112 и 113 или 114.
- A.10.5.2.2** Коэффициенты сопротивления воздуха  
Коэффициенты сопротивления воздуха базового транспортного средства  $A_{\text{front}}$  и  $C_{\text{drag}}$  рассчитывают на основе соответственно уравнений 115 и 116 или 117.
- A.10.5.2.3** Коэффициент сопротивления качению шин  
Коэффициент сопротивления качению шин  $f_{\text{roll}}$  рассчитывают в соответствии с уравнением 118.
- A.10.5.2.4** Радиус колеса  
Радиус колеса определяют согласно пункту A.9.5.6.9.
- A.10.5.2.5** Передаточное число конечной передачи  
Передаточное число конечной передачи определяют согласно пункту A.9.6.2.10.
- A.10.5.2.6** Инерция вращающихся секций  
Инерцию частей, находящихся после трансмиссии, определяют согласно пункту A.9.6.2.15.
- A.10.5.3** Данные, подлежащие регистрации  
Все данные, требуемые для проведения проверок частоты вращения, чистого остатка энергии и определения выбросов, регистрируют с частотой не менее 5 Гц (рекомендованная частота – 10 Гц).
- A.10.5.4** Последовательность испытания на выбросы  
Последовательность испытания должна соответствовать пункту 7.6.
- A.10.5.5** Статистические данные для подтверждения действительности  
Результаты любого испытания на запуск двигателя в холодном или прогретом состоянии считают действительными при выполнении условий испытания, указанных в пунктах A.10.5.5.1 и A.10.5.5.2.
- A.10.5.5.1** Подтверждение действительности показателя скорости транспортного средства  
Критерии скорости транспортного средства и чистого изменения энергии ПЭАС должны соответствовать пункту A.9.6.4.4.
- A.10.5.5.2** Подтверждение действительности показателя изменения чистой энергии ПЭАС



Соотношение изменения чистой энергии ПЭАС и значения совокупной энергии топлива должно удовлетворять следующему уравнению:

$$|\Delta E / C_{test}| < 0,01 \quad (\text{уравнение 190}),$$

где:

$\Delta E$  – изменение чистой энергии ПЭАС согласно пункту А.9.5.8.2.3 а)–d), кВт/ч;

$C_{test}$  – значение энергии совокупной массы топлива в ходе испытания, кВт/ч.

**A.10.A.9** В том случае, если критерий изменения чистой энергии не выполняется, систему силовой установки готовят еще для одного испытания.

**A.10.5.6.2** Подтверждение действительности показателя частоты вращения динамометрического стенда

Линейную регрессию фактических значений частоты вращения динамометрического стенда применительно к справочным значениям производят для каждого отдельного испытательного цикла. Используют метод наименьших квадратов, при котором наиболее подходящее уравнение имеет следующий вид:

$$y = a_1 \times x + a_0 \quad (\text{уравнение 191}),$$

где:

$y$  – фактическое значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ );

$x$  – справочное значение частоты вращения ( $\text{мин}^{-1}$ );

$a_1$  – угол наклона линии регрессии;

$a_0$  – величина отрезка, отсекаемого линией регрессии на оси  $y$ .

Стандартную погрешность оценки ( $СПО$ )  $y$  на  $x$  и коэффициент определения ( $r^2$ ) рассчитывают для каждой линии регрессии.

Для признания испытания действительным должны быть соблюдены критерии в таблице 36.

Таблица 36

Статистические критерии для подтверждения действительности показателя частоты вращения

Параметр	Контроль частоты вращения
Угол наклона, $a_1$	$0,950 \leq a_1 \leq 1,030$
Абсолютное значение отсекаемого отрезка, $ a_0 $	$\leq 2,0\%$ максимальной испытательной частоты вращения
Стандартная погрешность оценки, $СПО$	$\leq 5,0\%$ максимальной испытательной частоты вращения
Коэффициент определения, $r^2$	$\geq 0,970$

**A.10.6      Сбор и оценка данных**

**Зарезервирован.**

**A.10.7      Расчет удельных выбросов**

**Зарезервирован.**

---