



---

**Европейская экономическая комиссия**

Комитет по внутреннему транспорту

**Всемирный форум для согласования  
правил в области транспортных средств****164-я сессия**

Женева, 11–14 ноября 2014 года

Пункт 14.2 предварительной повестки дня

**Рассмотрение АС.3 проектов гтп и/или проектов  
поправок к введенным гтп и голосование по ним –  
Предложение по поправке 3 к глобальным  
техническим правилам № 4 (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 по проблемам энергии  
и загрязнения окружающей среды\***

Воспроизведенный ниже текст был принят Рабочей группой по проблемам энергии и загрязнения окружающей среды (GRPE) на ее шестьдесят девятой сессии (ECE/TRANS/WP.29/GRPE/69, пункт 18 и добавление 2). В его основу положен документ ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2014/11 с поправками, указанными в добавлении 2 к докладу. Этот текст передается на рассмотрение Всемирному форуму для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) и Исполнительному комитету (АС.3) Соглашения 1998 года.

---

\* 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.

GE.14-15331 (R) 160215 190215



\* 1 4 1 5 3 3 1 \*

Просьба отправить на вторичную переработку



## **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 гибридного силового агрегата 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 аппаратно-программного моделирования (АПМ) и на процедуре испытания силовых агрегатов, применяемой в США. Процедура АПМ изложена в техническом руководстве Кокуджикан № 281. После тщательного исследования и обсуждения оно было выбрано в качестве основы для разработки приложения 9 к настоящим гтп. В приложении 9 данный метод был доработан, с тем чтобы процедуру АПМ можно было использовать для сертификации выбросов гибридными двигателями и ее включения в нормативные документы ЕЭК ООН. Используемая в Соединенных Штатах Америки (США) процедура отражена в пункте 1037.550 правила 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) отражали самую современную технологию испытаний, отбора проб и измерения;
- c) были применимы на практике для существующих и предполагаемых будущих гибридных технологий; и
- 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. Тем самым процедуре проведения испытаний может быть придан законный статус, в связи с чем Договаривающимся сторонам предлагается приступить к осуществлению процесса включения гтп в свое национальное законодательство. Предельные значения подлежат разработке Договаривающимися сторонами в соответствии с их собственными правилами процедуры.

6. При осуществлении процедуры испытаний, 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. С тем чтобы изготовители могли более эффективно и более оперативно разрабатывать новые модели гибридных автомобилей желательно внесение в гтп № 4 поправок, предусматривающих особые требования, предъявляемые к гибридным транспортным средствам. Обусловленная этим экономия будет выгодна не только изготовителям, но и - что более важно - потребителям.

8. Вместе с тем, изменение процедуры испытания только для решения экономических вопросов не полностью соответствует мандату, предоставленному в начальный момент работы над настоящей поправкой. Процедура испытания должна также полнее отражать фактическую работу двигателей большой мощности, установленных на гибридных транспортных средствах. По сравнению с методами измерения, определенными в настоящих гтп, новые методы испытаний применительно к гибридным автомобилям являются значительно более репрезентативными для реальных условий вождения большегрузных гибридных транспортных средств.

## **3. Потенциальная рентабельность**

9. Конкретные оценки эффективности затрат в отношении настоящих гтп не производились. Основная причина, по которой такой анализ не проводился, состоит в том, что АС.3 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 национальные предписания, а также в контексте определения согласованных предельных величин в качестве следующего шага в деле разработки 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 такого согласованного на всемирном уровне метода определения уровней выбросов загрязняющих веществ двигателями, используемыми на большегрузных транспортных средствах и большегрузных гибридных транспортных средствах, который является репрезентативным с точки зрения реальных условий эксплуатации транспортных средств. Полученные результаты могут послужить основой для регулирования выбросов загрязняющих веществ в рамках действующих на региональном уровне процедур официального утверждения типа и сертификации.

### 2. Область применения

2.1 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), которые используются для обеспечения движения механических транспортных средств категорий 1-2 и 2, расчетная скорость которых превышает 25 км/ч и максимальная масса которых больше 3,5 тонн.

2.2 Настоящие Правила также применяются в отношении измерения выбросов газообразных загрязняющих веществ и твердых частиц силовыми агрегатами, которые используются для обеспечения движения механических гибридных транспортных средств категорий 1-2 и 2, имеющих расчетную скорость свыше 25 км/ч и максимальную массу больше 3,5 тонн, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на ПГ или СНГ. Они не применяются в отношении гибридных автомобилей с подзарядкой от внешних источников питания.

### 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 заряженности до 100% степени заряженности;
- 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 замеряемого компонента от пробоотборника до детектора;
- 3.1.6 "*система deNO<sub>x</sub>*" означает систему последующей обработки отработавших газов в целях снижения выбросов оксидов азота (NO<sub>x</sub>) (например, пассивные и активные каталитические нейтрализаторы NO<sub>x</sub>, поглотители NO<sub>x</sub> 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 силового агрегата, подсоединенные после конечного преобразователя энергии;
- 3.1.11 "*электромашинa*" 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 силового агрегата, преобразующую один вид энергии в другой с основной целью приведения транспортного средства в движение;
- 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 силового агрегата, которая может хранить химическую, электрическую или механическую энергию, а также способна автономно преобразовывать эти виды энергии без ее непосредственного использования для целей приведения транспортного средства в движение, 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 силового агрегата 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 твердых частиц, систему deNO<sub>x</sub>, комбинированный фильтр deNO<sub>x</sub>/твердых 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 эксплуатации гибридного транспортного средства в реальном масштабе времени с использованием компьютера, при котором аппаратный компонент взаимодействует с компьютером, на котором осуществляется моделирование, через соответствующий интерфейс;
- 3.1.24 "*высокая частота вращения (n<sub>hi</sub>)*" 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 (среднеквадратичное) 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 силовым агрегатом, использующим по меньшей мере два различных типа преобразователей энергии и два различных типа энергоаккумулирующих систем;
- 3.1.28 "*гибридный электромобиль*" означает гибридное транспортное средство с силовым агрегатом, использующим электромашину(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 окислением 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 двигателя в процентах, приведенное по имеющемуся значению максимального крутящего момента на данной частоте вращения двигателя;
- 3.1.36 "*запрос оператора*" означает какую-либо команду со стороны оператора двигателя с целью регулирования мощности двигателя. Под оператором может подразумеваться какое-либо лицо (команда, подаваемая вручную) или какой-либо регулятор (команда, подаваемая автоматически), которые посылают двигателю механические или электронные сигналы с запросом об обеспечении 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 либо же в виде сигнала, посылаемого этими устройствами;
- 3.1.37 "*параллельный гибридный автомобиль*" означает гибридное транспортное средство, не являющееся последовательным гибридным автомобилем; к нему относятся гибридные транспортные средства с разветвлением потоков мощности, а также со смешанным параллельно-последовательным соединением;



- 3.1.38 "*базовый двигатель*" означает двигатель, отобранный из семейства двигателей таким образом, чтобы его характеристики в отношении выбросов являлись репрезентативными для данного семейства двигателей;
- 3.1.39 "*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;
- 3.1.40 "*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 твердых частиц;
- 3.1.41 "*твердые частицы (ТЧ)*" 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 относятся прежде всего углерод, конденсированные углеводороды и сульфаты в соединении с водой;
- 3.1.42 "*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;
- 3.1.43 "*пневматическая ПЭАС*" означает ПЭАС, накапливающую пневматическую энергию;
- 3.1.44 "*силовой агрегат*" 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 силовым агрегатом или устройствами управления транспортным средством;
- 3.1.45 "*аппаратно-программное моделирование с силовым агрегатом в контуре управления*" означает метод АПМ, при котором в качестве аппаратного средства выступает силовой агрегат;
- 3.1.46 "*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);
- 3.1.47 "*номинальная емкость*" означает электрическую мощность заряда аккумулятора, обозначаемую  $C_n$  (А•ч), которая указывается изготовителем;
- 3.1.48 "*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 отсут-

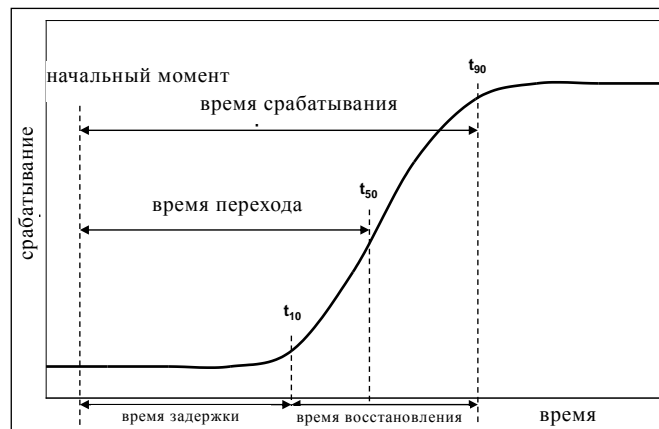
- стствует, частоту вращения, при которой достигается максимальная мощность двигателя, указанная изготовителем в его рекламных и сервисных материалах;
- 3.1.49 "*перезаряжаемая энергоаккумулирующая система (ПЭАС)*" означает систему, которая обеспечивает подачу энергии (помимо энергии топлива) для создания тяги в первичном виде. ПЭАС может включать в себя подсистему(ы) вместе с необходимыми вспомогательными системами для физической поддержки, регулирования температурного режима и электронного управления, а также кожухами;
- 3.1.50 "*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;
- 3.1.51 "*время восстановления*" означает разницу во времени в пределах 10–90% конечных показаний времени срабатывания ( $t_{90} - t_{10}$ );
- 3.1.52 "*последовательный гибридный автомобиль*" означает гибридное транспортное средство, в котором мощность, подаваемая на ведомые колеса, обеспечивается исключительно за счет преобразователей энергии, а не двигателя внутреннего сгорания;
- 3.1.53 "*чувствительность к калибровке*" означает среднюю чувствительность к поперечному газу в течение 30-секундного отрезка времени;
- 3.1.54 "*удельные выбросы*" означают массу выбросов, выраженную в г/кВт·ч;
- 3.1.55 "*степень заряженности (СЗ)*" означает имеющийся электрический заряд в испытуемом устройстве, выраженный в процентах от его номинальной емкости;
- 3.1.56 "*система стоп/старт*" означает систему автоматической остановки и запуска двигателя внутреннего сгорания для снижения продолжительности работы в режиме холостого хода;
- 3.1.57 "*подсистема*" означает любую функциональную сборку компонентов ПЭАС;
- 3.1.58 "*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);
- 3.1.59 "*испытуемое устройство*" означает либо комплектную ПЭАС, либо подсистему ПЭАС, которая подвергается испытанию;
- 3.1.60 "*время перехода*" означает разницу во времени между моментом изменения компонента, подлежащего измерению в исходной точке, и моментом, в который показания сработавшей системы составля-

ют 50% от конечных показаний ( $t_{50}$ ), причем пробоотборник определяется в качестве исходной точки. Время перехода используется для синхронизации сигналов различных измерительных приборов;

- 3.1.61 "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);
- 3.1.62 "срок эксплуатации" означает соответствующий пробег и/или период времени, в течение которого необходимо обеспечить соблюдение соответствующих норм выбросов газообразных веществ и твердых частиц;
- 3.1.63 "рабочее напряжение" означает наиболее высокое эффективное (среднеквадратичное) значение напряжения электрической цепи, которое указано изготовителем и которое может быть зафиксировано между любыми токопроводящими частями при разомкнутой цепи либо в обычных условиях эксплуатации. Если электрическая цепь имеет гальваническую развязку, то рабочее напряжение соответственно определяется для каждого разветвления цепи;
- 3.1.64 "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

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$a_1$	-	Наклон линии регрессии
$a_0$	-	Отсекаемое на оси у 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
$CVT$	-	Бесступенчатая трансмиссия (вариатор)
$d$	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
$e_{PM}$	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 <sub>x</sub> по CO <sub>2</sub>
$E_E$	%	Эффективность по этану
$E_{H_2O}$	%	Сбой анализатора NO <sub>x</sub> по воде
$E_M$	%	Эффективность по метану
$E_{NO_x}$	%	Эффективность конвертера NO <sub>x</sub>
$f$	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)
$ДВС$	-	Двигатель внутреннего сгорания

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$k_c$	-	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 <sub>x</sub> в случае двигателей с воспламенением от сжатия
$k_{h,G}$	-	Поправочный коэффициент на влажность для NO <sub>x</sub> в случае двигателей с принудительным зажиганием
$k_{r,u}$	-	Повышательный корректировочный коэффициент регенерации
$k_{r,d}$	-	Понижательный 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
$\lambda$	-	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

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$m_{se}$	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
$M$	Н·м	Крутящий момент
$M_f$	Н·м	Крутящий момент, приходящийся на вспомогательное оборудование/устройства, которые подлежат установить
$M_r$	Н·м	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
$p_a$	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

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$q_{mad}$	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
$r_h$	-	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

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$t_{10}$	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

## 3.2.1 Обозначения, используемые в приложениях 9 и 10

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$A, B, C$	-	Полиномиальные коэффициенты динамометрического стенда
$A_{front}$	м <sup>2</sup>	Фронтальная поверхность транспортного средства
$ASG_{flg}$	-	Функция автоматического выявления передачи для трогания с места
$c$	-	Константа настройки для гиперболической функции
$C$	Ф	Емкость
$CAP$	А·ч	Кулоновская емкость аккумулятора
$C_{cap}$	Ф	Номинальная емкость конденсатора
$C_{drag}$	-	Коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного средства
$D_{pm}$	м <sup>3</sup>	Рабочий объем гидравлического насоса/мотора
$Dt_{syncindi}$	с	Сигнал указания синхронизации сцепления
$Dyno_{measured}$	-	Измеряемые параметры A, B, C динамометрического стенда
$Dyno_{settings}$	-	Задание значений параметров A, B, C динамометрического стенда
$Dyno_{target}$	-	Целевые параметры A, B, C динамометрического стенда
$e$	В	Напряжение в разомкнутой цепи аккумуляторной батареи
$E_{flywheel}$	Дж	Кинетическая энергия маховика
$f_{amp}$	-	Отображаемый коэффициент усиления крутящего момента гидротрансформатора
$f_{pump}$	Н·м	Отображаемый крутящий момент насоса гидротрансформатора



<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$F_{roadload}$	Н	Обеспечиваемое динамометром сопротивление движению
$f_{roll}$	-	Коэффициент сопротивления качению шин
$g$	м/с <sup>2</sup>	Гравитационный коэффициент
$i_{aux}$	А	Ток вспомогательной электрической системы
$i_{em}$	А	Ток электромашин
$J$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция вращения
$J_{aux}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерционная нагрузка механической вспомогательной системы
$J_{cl,1} / J_{cl,2}$	кг·м <sup>2</sup>	Значения инерции сцепления
$J_{em}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция вращения электромашин
$J_{fg}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция конечной передачи
$J_{flywheel}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция маховика
$J_{gear}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция трансмиссии с переключением передач
$J_p / J_t$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция насоса/турбины гидротрансформатора
$J_{pm}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция гидравлического насоса/мотора
$J_{powertrain}$	кг·м <sup>2</sup>	Сумма всех инерций силового агрегата
$J_{retarder}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция замедлителя
$J_{spur}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция прямозубной цилиндрической зубчатой передачи
$J_{tot}$	кг·м <sup>2</sup>	Общая инерция силового агрегата транспортного средства
$J_{wheel}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция вращения колес
$K_K$	-	Параметр пропорционально-интегрально-дифференциального (PID) регулирования с функцией устранения ошибок
$K_p, K_i, K_D$	-	Параметры PID-регулятора
$M_{aero}$	Н·м	Крутящий момент, приходящийся на аэродинамическое сопротивление
$M_{cl}$	Н·м	Крутящий момент, передаваемый через сцепление
$M_{cl,maxtorque}$	Н·м	Максимальный крутящий момент, передаваемый через сцепление
$M_{CVT}$	Н·м	Крутящий момент вариатора
$M_{drive}$	Н·м	Крутящий момент на валу привода
$M_{em}$	Н·м	Крутящий момент электромашин
$M_{flywheel,loss}$	Вт	Потери крутящего момента маховика
$M_{grav}$	Н·м	Гравитационный момент
$M_{ice}$	Н·м	Крутящий момент двигателя
$M_{mech,aux}$	Н·м	Крутящий момент механической вспомогательной системы
$M_{mech\_brake}$	Н·м	Тормозной момент в результате механического трения
$M_p / M_t$	Н·м	Крутящий момент насоса/турбины гидротрансформатора
$M_{pm}$	Н·м	Крутящий момент гидравлического насоса/мотора
$M_{retarder}$	Н·м	Крутящий момент замедлителя

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$M_{roll}$	Н·м	Крутящий момент, приходящийся на сопротивление качению
$M_{start}$	Н·м	Крутящий момент стартерного мотора ДВС
$M_{tc,loss}$	Н·м	Потери крутящего момента гидротрансформатора в заблокированном состоянии
$m_{vehicle}$	кг	Масса транспортного средства при испытании
$m_{vehicle,0}$	кг	Собственная масса транспортного средства без нагрузки
$n_{act}$	мин <sup>-1</sup>	Фактическая частота вращения двигателя
$n_{final}$	мин <sup>-1</sup>	Окончательная частота вращения в момент завершения испытания
$n_{init}$	мин <sup>-1</sup>	Первоначальная частота вращения в момент начала испытания
$n_s / n_p$	-	Число элементов, соединенных последовательно/параллельно
$P$	кВт	Номинальная мощность (гибридной системы)
$P_{acc}$	Па	Давление в гидравлическом аккумуляторе
$pedal_{accelerator}$	-	Положение педали акселератора
$pedal_{brake}$	-	Положение педали тормоза
$pedal_{clutch}$	-	Положение педали сцепления
$pedal_{limit}$	-	Пороговая величина, определяющая положение педали сцепления
$P_{el,aux}$	кВт	Расход электроэнергии вспомогательной системой
$P_{el,em}$	кВт	Электрическая мощность электромашины
$P_{em}$	кВт	Механическая мощность электромашины
$p_{gas}$	Па	Давление газа в аккумуляторе
$P_{ice,loss}$	Вт	Потери мощности ДВС
$P_{loss,bat}$	Вт	Потери энергии аккумулятора
$P_{loss,em}$	кВт	Потери мощности электромашины
$P_{mech,aux}$	кВт	Потребление энергии механической вспомогательной системой
$P_{rated}$	кВт	Номинальная мощность (гибридной системы)
$P_{res}$	Па	Давление в поддоне гидравлического аккумулятора
$Q_{pm}$	м <sup>3</sup> /с	Объемный расход гидравлического насоса/мотора
$R_{bat,th}$	К/Вт	Термическое сопротивление аккумулятора
$r_{CVT}$	-	Передаточное число вариатора
$R_{em,th}$	К/Вт	Термическое сопротивление электромашины
$r_{fg}$	-	Передаточное число конечной передачи
$r_{gear}$	-	Передаточное число трансмиссии
$R_i$	Ом	Внутреннее сопротивление конденсатора
$R_{i0}, R$	Ом	Внутреннее сопротивление аккумулятора
$r_{spur}$	-	Передаточное число прямозубной цилиндрической зубчатой передачи
$r_{wheel}$	м	Радиус колес
$SG_{flg}$	-	Функция пропуска передачи
$slip_{limit}$	рад/с	Пороговое значение угловой скорости сцепления

<i>Обозначение</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Наименование показателя</i>
$SOC$	-	Степень заряженности (СЗ)
$T_{act}(n_{act})$	Н·м	Фактический крутящий момент двигателя при фактической частоте вращения двигателя
$T_{bat}$	К	Температура аккумулятора
$T_{bat,cool}$	К	Температура охлаждения аккумулятора
$T_{capacitor}$	К	Температура конденсатора
$T_{clutch}$	с	Время работы сцепления
$T_{em}$	К	Температура электромашины
$T_{em,cool}$	К	Температура охлаждения электромашины
$T_{ice,oil}$	К	Температура масла ДВС
$T_{max}(n_{act})$	Н·м	Максимальный крутящий момент двигателя при фактической частоте вращения двигателя
$T_{norm}$	-	Приведенные значения крутящего момента для рабочего цикла
$T_{startgear}$	с	Время включения первой передачи для трогания с места
$u$	В	Напряжение
$u_C$	В	Напряжение на конденсаторе
$u_{cl}$	-	Момент нажатия на педаль сцепления
$U_{final}$	В	Окончательное напряжение на момент завершения испытания
$u_{in} / u_{out}$	В	Уровень напряжения на входе/выходе
$U_{init}$	В	Первоначальное напряжение на момент начала испытания
$u_{req}$	В	Требуемое напряжение
$V_{C,min/max}$	В	Минимальное/максимальное напряжение на конденсаторе
$V_{gas}$	м <sup>3</sup>	Объем газа в аккумуляторе
$v_{max}$	км/ч	Максимальная скорость транспортного средства
$V_{nominal}$	В	Номинальное напряжение ПЭАС
$v_{vehicle}$	м/с	Скорость транспортного средства
$W_{act}$	кВт·ч	Фактическая работа двигателя
$W_{ice\_HILS}$	кВт·ч	Работа двигателя в ходе смоделированного прогона по методу АПМ
$W_{ice\_test}$	кВт·ч	Работа двигателя в ходе испытания на динамометрическом стенде
$W_{sys}$	кВт·ч	Работа гибридной системы
$W_{sys\_HILS}$	кВт·ч	Работа гибридной системы в ходе смоделированного прогона по методу АПМ
$W_{sys\_test}$	кВт·ч	Работа гибридной системы в ходе испытания силового агрегата
$x$	-	Контрольный сигнал
$x_{DCDC}$	-	Контрольный сигнал преобразователя постоянного тока
$\alpha_{road}$	рад	Уклон дороги
$\gamma$	-	Адиабатический индекс
$\Delta Ah$	А·ч	Чистое изменение кулоновского заряда ПЭАС

Обозначение	Единица измерения	Наименование показателя
$\Delta E$	кВт·ч	Чистое изменение энергии ПЭАС
$\Delta E_{\text{HILS}}$	кВт·ч	Чистое изменение энергии ПЭАС в ходе смоделированного прогона по методу АПМ
$\Delta E_{\text{test}}$	кВт·ч	Чистое изменение энергии ПЭАС в ходе испытания
$\eta_{\text{CVT}}$	-	КПД вариатора
$\eta_{\text{DCDC}}$	-	КПД преобразователя постоянного тока
$\eta_{\text{em}}$	-	КПД электромашин
$\eta_{\text{fg}}$	-	КПД конечной передачи
$\eta_{\text{gear}}$	-	КПД трансмиссии с переключением передач
$\eta_{\text{pm}}$	-	Механический КПД гидравлического насоса/мотора
$\eta_{\text{spur}}$	-	КПД прямозубной цилиндрической зубчатой передачи
$\eta_{\text{vpm}}$	-	Объемный КПД гидравлического насоса/мотора
$\rho_a$	кг/м <sup>3</sup>	Плотность воздуха
$\tau_1$	-	Временная константа ответа первого порядка
$\tau_{\text{bat,heat}}$	Дж/К	Теплоемкость аккумулятора
$\tau_{\text{close}}$	с	Константа времени выключения сцепления
$\tau_{\text{driveaway}}$	с	Константа времени выключения сцепления при трогании с места
$\tau_{\text{em,heat}}$	Дж/К	Теплоемкость для термальной массы электромашин
$\tau_{\text{open}}$	с	Константа времени включения сцепления
$\omega$	рад/с	Угловая скорость вращения вала
$\omega_p / \omega_t$	рад/с	Угловая скорость насоса/турбины гидротрансформатора
$\ddot{\omega}$	рад/с <sup>2</sup>	Вращательное ускорение

### 3.3 Обозначения и сокращения для состава топлива

$w_{\text{ALF}}$	Содержание водорода в топливе, в % от массы
$w_{\text{BET}}$	Содержание углерода в топливе, в % от массы
$w_{\text{GAM}}$	Содержание серы в топливе, в % от массы
$w_{\text{DEL}}$	Содержание азота в топливе, в % от массы
$w_{\text{EPS}}$	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  $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$ .

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
ТЧ	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>
POG	Рециркуляция отработавших газов
FID	Плазменно-ионизационный детектор
GC	Газовый хроматограф
HCLD	Нагреваемый хемилюминесцентный детектор
ЦГД	Цикл для гибридного двигателя
HFID	Нагреваемый плазменно-ионизационный детектор
АПМ	Аппаратно-программное моделирование
ЦГСА	Цикл для гибридного силового агрегата
CHГ	Сжиженный нефтяной газ
NDIR	Недисперсионный инфракрасный (анализатор)
ПГ	Природный газ
NMC	Отделитель неметановых фракций
PDP	Насос с объемным регулированием
% FS	В % от полной шкалы
PFS	Система с частичным разбавлением потока

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

#### 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 его 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

5.1.1 Двигатель внутреннего сгорания

Выбросы загрязняющих газообразных веществ и твердых частиц двигателем определяют на основе испытательных циклов ВСПЦ и ВСУЦ, описанных в пункте 7. Настоящий пункт также применяется к транспортным средствам со встроенными системами стартер/генератор (в случае которых генератор не используется для обеспечения движения транспортного средства), например системами стоп/старт.

5.1.2 Гибридный силовой агрегат

Выбросы загрязняющих газообразных веществ и твердых частиц гибридным силовым агрегатом определяют на основе рабочих циклов, разработанных в соответствии с приложением 9 для ЦГД и приложением 10 для ЦГСА.

Испытание гибридных силовых агрегатов может проводиться в соответствии с пунктом 5.1.1, если отношение тяговой мощности электромотора, измеренной в соответствии с пунктом А.9.8.4 при значениях частоты вращения выше частоты вращения холостого хода, к номинальной мощности двигателя не превышает 5%.

- 5.1.2.1 Договаривающиеся стороны могут принять решение не придавать пункту 5.1.2 и связанным с ним предписаниям в отношении гибридных транспортных средств, в частности приложениям 9 и 10, обязательного характера при транспонировании настоящих гтп в их региональное законодательство и могут, по своему усмотрению, транспонировать положения, касающиеся испытания по методу АПМ и/или испытания силового агрегата.

В этом случае используемый в гибридном силовом агрегате двигатель внутреннего сгорания должен соответствовать применимым требованиям пункта 5.1.1.

- 5.1.3 Система измерения

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 приложения 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 5.1.4.

- 5.1.4 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 на одной и той же испытательной станции, 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 определяют в соответствии с ISO 5725 и исключают из базы данных. Используемые системы корреляции результатов испытаний утверждаются органом по официальному утверждению типа или по сертификации.

- 5.2 Семейство двигателей

- 5.2.1 Общие положения

Семейство двигателей характеризуется соответствующими конструкционными 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, 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 обеспечить 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 их принимают во внимание в качестве одного из критериев формирования нового семейства двигателей.

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

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

#### 5.2.3 Параметры, определяющие семейство двигателей

##### 5.2.3.1 Рабочий цикл:

- 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  $\geq 0,75 \text{ дм}^3$   
Для того чтобы двигатели с рабочим объемом единичного цилиндра  $\geq 0,75 \text{ дм}^3$  можно было рассматривать на предмет включения в одно и то же семейство двигателей, разброс значений рабочего объема отдельных цилиндров не должен превышать 15% от наибольшего значения рабочего 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 рабочим 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 рабочего 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 производят на основе технических элементов (расчетов, моделирования, экспериментальных результатов и т. д.), подтверждающих, что превышение предельных значений не оказывает существенного влияния на выбросы отработавших газов.
- 5.2.3.5 Метод всасывания воздуха:  
a) без наддува,  
b) с наддувом,  
c) с наддувом и охладителем нагнетаемого воздуха.
- 5.2.3.6 Тип топлива:  
a) дизельное,  
b) природный газ (ПГ),  
c) сжиженный нефтяной газ (СНГ),

- d) этанол.
- 5.2.3.7 Тип камеры сгорания:
  - a) открытая,
  - b) разделенная,
  - c) иные типы.
- 5.2.3.8 Тип зажигания:
  - a) принудительное зажигание,
  - b) воспламенение от сжатия.
- 5.2.3.9 Клапаны и гнезда клапанов:
  - a) конфигурация,
  - b) число клапанов на один цилиндр.
- 5.2.3.10 Тип подачи топлива:
  - a) тип подачи жидкого топлива
    - i) 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.

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) РОГ.

#### 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, оснащенный таким образом, соответствует тем же предельным величинам, что и в случае неоснащенного двигателя.

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

#### 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, 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 определяют и учитывают 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 принимают во внимание.

### 5.3 Семейство гибридных силовых агрегатов

5.3.1 Общее семейство гибридных силовых агрегатов характеризуется определенными конструкционными параметрами и взаимосвязью между такими параметрами. Конструкционные параметры должны быть общими для всех гибридных силовых агрегатов, входящих в данное семейство. Изготовитель может устанавливать, какие гибридные силовые агрегаты относятся к соответствующему семейству, на основе соблюдения критериев принадлежности, перечисленных в пункте 5.3.3. Семейство гибридных силовых агрегатов 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 гибридными силовыми агрегатами, относящимися к данному семейству.

#### 5.3.2 Особые требования

В случае гибридного силового агрегата изготовитель определяет наличие взаимосвязи между конструкционными параметрами, с тем чтобы обеспечить включение в одно и то же семейство только гибридных силовых агрегатов с аналогичными характеристиками, в том что касается выбросов отработавших газов. Такие случаи доводят до сведения органа по официальному утверждению типа или по сертификации и принимают во внимание в качестве дополнительного критерия помимо параметров, перечисленных в пункте 5.3.3 и используемых при формировании соответствующего семейства гибридных силовых агрегатов.

Подбор индивидуальных циклов испытаний – ЦГД и ЦГСА – зависит от конфигурации гибридного силового агрегата. С целью определить, принадлежит ли тот или иной гибридный силовой агрегат к тому же семейству или же к существующему семейству необходимо добавить новую конфигурацию гибридного силового агрегата, изготовитель моделирует испытание по методу АПМ или проводит испытание силового агрегата в этой конфигурации и регистрирует данные полученного рабочего цикла.

Приведенные значения крутящего момента для рабочего цикла получают следующим образом:

$$T_{norm} = \frac{T_{act}(n_{act})}{T_{max}(n_{act})}, \quad (1)$$

где:

$T_{norm}$	–	приведенные значения крутящего момента для рабочего цикла;
$n_{act}$	–	фактическая частота вращения двигателя, в мин <sup>-1</sup> ;
$T_{act}(n_{act})$	–	фактический крутящий момент двигателя при фактической частоте вращения двигателя, в Н·м;

$T_{\max(\text{наст})}$  – максимальный крутящий момент двигателя при фактической частоте вращения двигателя, в Н·м.

Приведенный рабочий цикл оценивают по приведенному рабочему циклу базового гибридного силового агрегата посредством анализа методом линейной регрессии. Такой анализ выполняют с частотой не менее 5 Гц. Гибридные силовые агрегаты считаются относящимися к одному и тому же семейству, если соблюдаются критерии таблицы 2 по пункту 7.8.8.

- 5.3.2.1 В дополнение к параметрам, перечисленным в пункте 5.3.3, изготовитель может вводить дополнительные критерии определения семейств, более ограниченных по размеру. Эти параметры необязательно являются параметрами, которые оказывают влияние на уровень выбросов.
- 5.3.3 Параметры, определяющие семейство гибридных силовых агрегатов
- 5.3.3.1 Топология (конфигурация) гибридного устройства:
- параллельное;
  - последовательное.
- 5.3.3.2 Двигатель внутреннего сгорания
- При выборе двигателя для семейства гибридных силовых агрегатов должны соблюдаться критерии семейства двигателей по пункту 5.2.
- 5.3.3.3 Преобразователь энергии:
- электрический,
  - гидравлический,
  - иной.
- 5.3.3.4 ПЭАС:
- электрическая,
  - гидравлическая,
  - механическая (с использованием маховика),
  - иная.
- 5.3.3.5 Коробка передач:
- механическая,
  - автоматическая,
  - с двойным сцеплением,
  - иная.
- 5.3.3.6 Метод управления гибридным устройством
- Метод управления гибридным устройством рассматривается в качестве одного из основных параметров семейства гибридных силовых агрегатов. Изготовитель представляет технические элементы метода управления гибридным устройством с разъяснением принципов объединения гибридных силовых агрегатов в одно и то же

семейство, т.е. причин, по которым эти силовые агрегаты должны, как ожидается, 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 двигателя,
- b) управление тягой,
- c) управление энергопитанием.

#### 5.3.4 Выбор базового гибридного силового агрегата

После того как орган по официальному утверждению типа или по сертификации подтверждает семейство гибридных силовых агрегатов выбирают базовый силовой агрегат данного семейства с использованием двигателя внутреннего сгорания, имеющего наибольшую мощность.

Если двигатель, имеющий наибольшую мощность, используется в нескольких гибридных силовых агрегатах, то базовым считают гибридный силовой агрегат, для которого отношение показателя работы двигателя внутреннего сгорания к работе гибридной системы, определенное в ходе смоделированного прогона по методу АПМ или испытания силового агрегата, является наиболее высоким.

## 6. Условия проведения испытания

Изложенные в настоящем пункте общие условия проведения испытаний применяют к испытанию двигателя внутреннего сгорания (ВСПЦ, ВСУЦ, ЦГД) и испытанию силового агрегата (ЦГСА), указанному в приложении 10.

### 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:

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

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

$$f_a = \left( \frac{99}{P_s} \right)^{0,7} \times \left( \frac{T_a}{298} \right)^{1,5} \quad (3)$$

- b) Двигатели с принудительным зажиганием:

$$f_a = \left( \frac{99}{P_s} \right)^{1,2} \times \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,6} \quad (4)$$

## 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 нагнетаемого воздуха, указанной изготовителем. Температура охлаждающей субстанции должна быть не менее 293 К (20 °С).

Если используется система испытательной станции или внешний вентилятор, то расход охлаждающей субстанции должен быть таким, чтобы обеспечивалась температура воздушного 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 на протяжении 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 гибридного силового агрегата конкретные измерения выбросов проводят с учетом мощности системы и работы за цикл, которые определяются согласно соответственно пункту А.9.2.6.2 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 предъявляемыми требованиями, то их мощность учитывают 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 данное 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:
- а) вспомогательное оборудование/устройства, требуемые в соответствии с приложением 7, не установлены на двигателе; и/или
  - б) 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 сертификации или 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 5 равняются нулю, а  $P$  равняется  $P_m$ .

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

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (5),$$

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 не превышает 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. Противодавление или ограничение выпуска должно соответствовать изложенным выше критериям и может регулироваться с помощью клапана. В случае устройств последующей обработки с изменяемыми параметрами ограничения 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 составлять 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 корректируют 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 производят – в целях обеспечения повторяемости параметров выбросов – на системе последующей обработки в стабилизированном состоянии.

В ходе соответствующего рабочего цикла с запуском в прогретом состоянии (ВСПЦ для обычных двигателей, ЦГД или ЦГСА для гибридных силовых агрегатов) процесс регенерации должен происходить не менее одного раза, причем изготовитель указывает обычные условия, в которых происходит регенерация (количество сажи, температура, противодавление 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  $\pm 25\%$  для газообразных компонентов и не более  $\pm 25\%$  или  $0,005 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  – в зависимости от того, какая из этих величин больше – для ГЧ.

Если система последующей обработки отработавших газов предусматривает использование режима безопасности, который переходит в режим периодической регенерации, то ее проверку проводят в соответствии с пунктом 6.6.2. В этом конкретном случае применимые предельные 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 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 6.

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 эксплуатационных данных, а также на надлежащем инженерно-техническом заключении и быть согласована с органом по официальному утверждению типа или по сертификации.

В целях обеспечения процесса регенерации в ходе испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии изготовитель предоставляет систему последующей обработки в снаряженном 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 в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии.

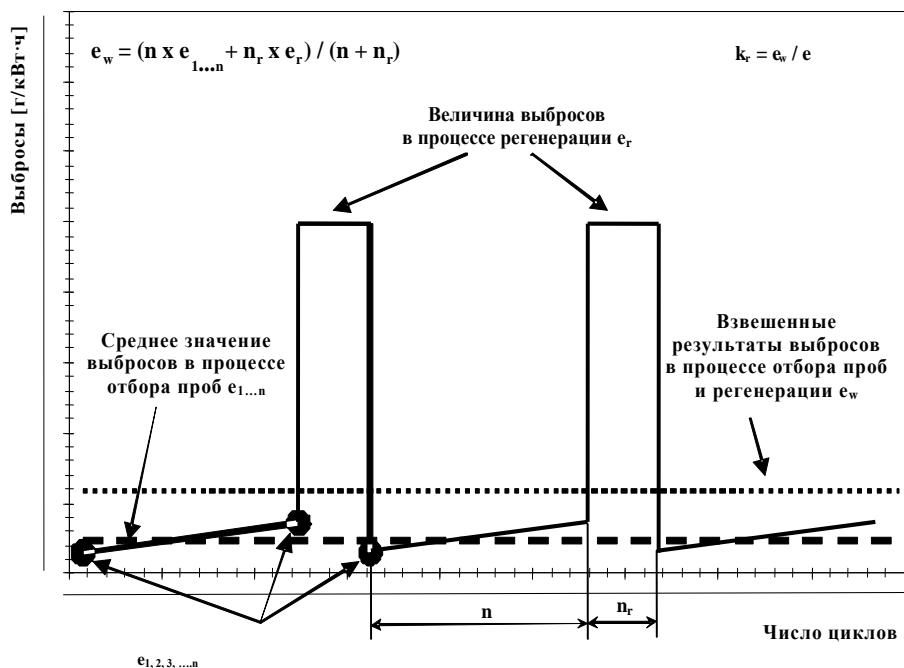
Среднюю величину связанных с торможением удельных выбросов между этапами регенерации определяют путем расчета среднего арифметического результата (г/кВт·ч) нескольких испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии, проводимых через приблизительно одинаковые промежутки времени. Для этого проводят 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 ( $\pm 25\%$  для газообразных компонентов и  $\pm 25\%$  или  $0,005$  г/кВт·ч – в зависимости от того, какой из этих показателей выше – для ТЧ). В этом случае можно использовать результаты замера выбросов, полученные в ходе только одного испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии.

В ходе испытания на регенерацию регистрируют все данные, необходимые для обнаружения процесса регенерации (выбросы СО или NO<sub>x</sub>, температура на входе и выходе 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:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (6),$$

где:

- $n$  — количество испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии без регенерации,
- $n_r$  — количество 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 в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии, то проводят последовательные полные испытания 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 в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии,

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

По согласованию с органом по официальному утверждению типа или по сертификации могут применяться мультипликативные c) или аддитивные d) корректировочные коэффициенты регенерации, установленные на основе надежного инженерно-технического анализа,

- c) мультипликативные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

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

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

- d) аддитивные корректировочные коэффициенты рассчитывают по следующей формуле:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (вверх)} \quad (9)$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (вниз)} \quad (10)$$

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 уравнении 73 или 74 либо прибавляют к этому значению,
- f) в случае испытания с регенерацией коэффициент  $k_{r,d}$  соответственно умножают на значение удельных выбросов  $e$  в уравнении 73 или 74 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

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

#### 6.8 Смазочное масло

Смазочное масло указывается изготовителем, и оно должно быть репрезентативным по отношению к смазочному маслу, имеющему-

ся на рынке; технические требования к смазочному маслу, используемому для испытания, регистрируют и представляют 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 гтп 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 сорта 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 определяют, регистрируют и объявляют 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:

- a) материалы, используемые для изготовления трубопроводов, должны иметь гладкое покрытие, быть электропроводящими и не 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, быть тонкостенными или быть изолированы, а также должны соответствовать указаниям изготовителя двигателя в отношении противодействия в картере;
- d) патрубки, используемые для сбора выбрасываемых картерных газов, должны быть подсоединены к устройству улавливания первичных отработавших газов на выходе любой системы последующей обработки, на выходе любого устройства, создающего встречное давление, и на достаточном расстоянии перед любыми пробоотборниками в порядке обеспечения полного смешивания с отработавшими газами 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 удельных выбросов:

- a) двигатель проходит испытательные циклы, определенные в пунктах 7.2.1 и 7.2.2 для обычных двигателей, или
- b) двигатель проходит испытательный цикл, определенный в пункте 7.2.3.1 для гибридных силовых агрегатов, либо
- c) силовой агрегат проходит испытательный цикл, определенный в пункте 7.2.3.2 для гибридных силовых агрегатов.

Для измерения связанных с торможением удельных выбросов требуется определить массу компонентов отработавших газов и соответствующую работу двигателя или системы (для гибридных силовых агрегатов) 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 силового агрегата 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 отрабо-

тавших газов. Эту концентрацию умножают на показатель постоянного расхода (первичных или разбавленных) отработавших газов в месте отбора проб выбросов для определения массового расхода 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 или массового расхода отработавших газов (в первичном или разбавленном состоянии), из которых они были взяты в ходе данного цикла испытания. Полученный результат представляет собой общую массу или массовый расход выделяемого 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 настоящих гтп предусмотрены две процедуры измерения, которые являются эквивалентными с функциональной точки зрения. Обе процедуры могут использоваться для проведения испытательных циклов ВСПЦ, ВСУЦ, ЦГД и ЦГСА:

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

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

#### 7.2 Циклы испытаний

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

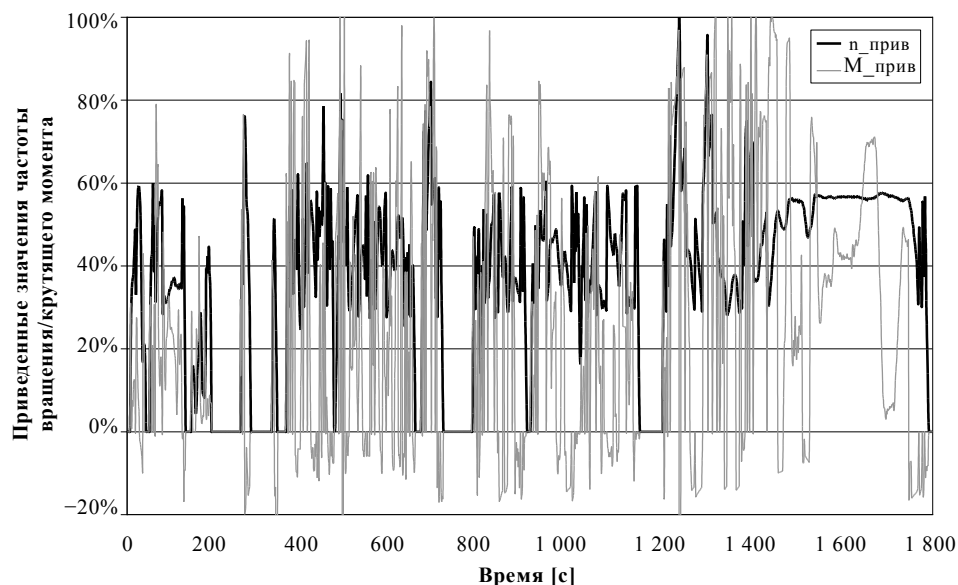
Цикл испытаний в переходных режимах (ВСПЦ) описан в приложении 1а в виде указанной в разбивке по секундам последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента. Для целей проведения стендового испытания двигателя приведенные значения преобразуют в фактические значения для данного двигателя, подвергаемого испытанию, на основе картографического отображения характеристик двигателя. Это преобразование представляет собой замену приведенных значений на фактические, 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 удельных 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 твердых 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 преобразуют в исходные значения для данного испытуемого двигателя на основе картографического отображения характеристик 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. Пробу твердых частиц разбавляют кондиционированным разбавителем (таким как окружающий воздух). В течение всей процедуры испытания отбирается одна проба, которую собирают на одном подходящем фильтре.

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

Цикл ВСУЦ показан в таблице 1. За исключением режима 1, начало реализации каждого режима определяется в качестве начала перехода от предыдущего режима.

Таблица 1

**Испытательный цикл ВСУЦ**

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

### 7.2.3 Цикл испытаний в переходных режимах (ВСУЦТ) (только гибридные силовые агрегаты)

Цикл испытаний в переходных режимах (ВСУЦТ) описан в приложении 1b в виде указанной в разбивке по секундам последовательности приведенных значений частоты вращения и крутящего момента. Для целей проведения стендового испытания двигателя или силового агрегата необходимо преобразовать значения циклов в исходные значения частоты вращения и крутящего момента для дан-

ного испытуемого двигателя или силового агрегата в соответствии с одним из методов, изложенным в разделах 7.2.3.1 или 7.2.3.2.

Следует отметить, что испытательные циклы, называемые в настоящих гтп ЦГД и ЦГСА, не являются стандартизированными циклами по типу ВСПЦ и ВСУЦ, а представляют собой испытательные циклы, индивидуально разработанные на основе ВСЦТС для испытуемого гибридного силового агрегата.

#### 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 силового агрегата

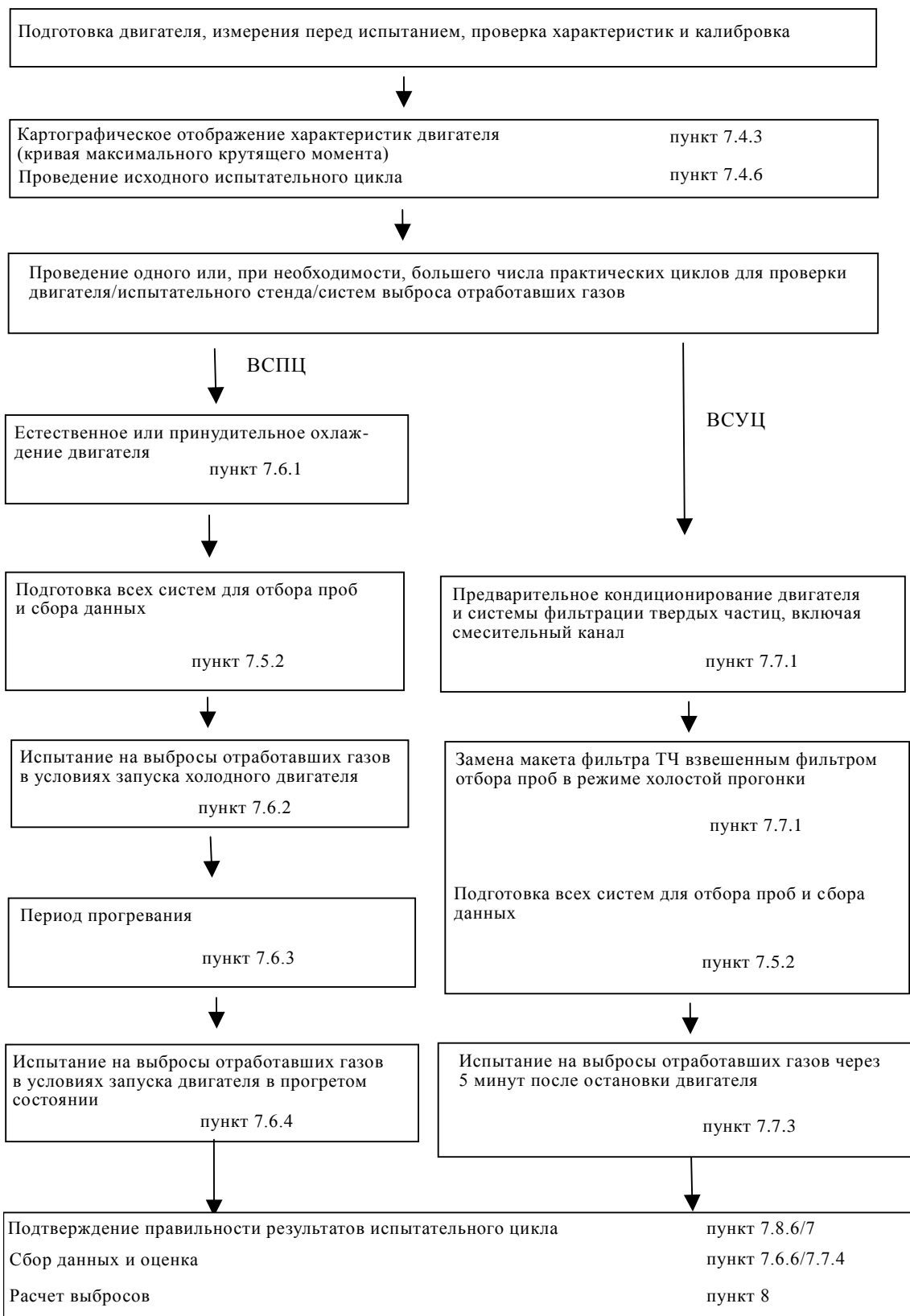
Данное преобразование осуществляется согласно приложению 10, и развернутый таким образом цикл испытаний представляет собой исходный цикл силового агрегата, подлежащего испытанию (ЦГСА). ЦГСА проводится с использованием установочных точек показателей оборотов, рассчитанных на основе ВСЦТС при регулировании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

#### 7.3 Общая последовательность испытания

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

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

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



- 7.4 Картографическое отображение характеристик двигателя и исходный цикл
- До процедуры построения карты характеристик двигателя в соответствии с общей последовательностью испытания, указанной в пункте 7.3, на этапе до испытания производят замеры на двигателе, проверку характеристик двигателя и калибровку систем.
- В качестве основы для реализации исходных циклов ВСПЦ и ВСУЦ производят картографирование характеристик двигателя при работе в условиях полной нагрузки для построения кривых зависимости частоты вращения от максимального крутящего момента и частоты вращения от максимальной мощности. Карту характеристик используют для получения фактической частоты вращения двигателя (пункт 7.4.6) и крутящего момента двигателя (пункт 7.4.7).
- В отношении силовых агрегатов гибридных транспортных средств применяют процедуры, изложенные соответственно в пунктах А.9.6.3 или А.10.4. Положения пунктов 7.4.1–7.4.8 не действуют.
- 7.4.1 Прогрев двигателя
- Двигатель прогревают 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 субстанции и смазочного масла находились в пределах  $\pm 2\%$  от средних значений в течение не менее 2 минут либо до того момента, когда термостат двигателя отрегулирует температуру двигателя.
- 7.4.2 Определение диапазона частот вращения для построения карты характеристик
- 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 при полной нагрузке падает до нуля, в зависимости от того, какое из этих значений меньше. |
- 7.4.3 Построение карты характеристик 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 с установленным на максимум запросом оператора при минимальной частоте вращения для построения карты;
- c) частоту вращения двигателя увеличивают 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, регистрируют с частотой измерений не менее одной точки в секунду.

При выборе для определения отрицательных исходных значений крутящего момента варианта b) по пункту 7.4.7 картографическая кривая может быть непосредственно продолжена (с учетом установленного на минимум запроса 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 тубронаддувом снижение частоты вращения двигателя для построения кривой крутящего момента ни в коем случае не допускается.

#### 7.4.5 Повторные испытания

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

- a) согласно надлежащему техническому заключению с момента построения 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 значения приведенной частоты вращения, предусмотренные в приложении 1а (ВСПЦ) и в таблице 1 (ВСУЦ), преобразуют в реальные с помощью следующего уравнения:



$$n_{\text{ref}} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{10} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (11)$$

Для определения  $n_{\text{pref}}$  рассчитывают интеграл максимального крутящего момента от  $n_{\text{idle}}$  до  $n_{95h}$  на основе карты характеристик двигателя, построенной 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 11 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

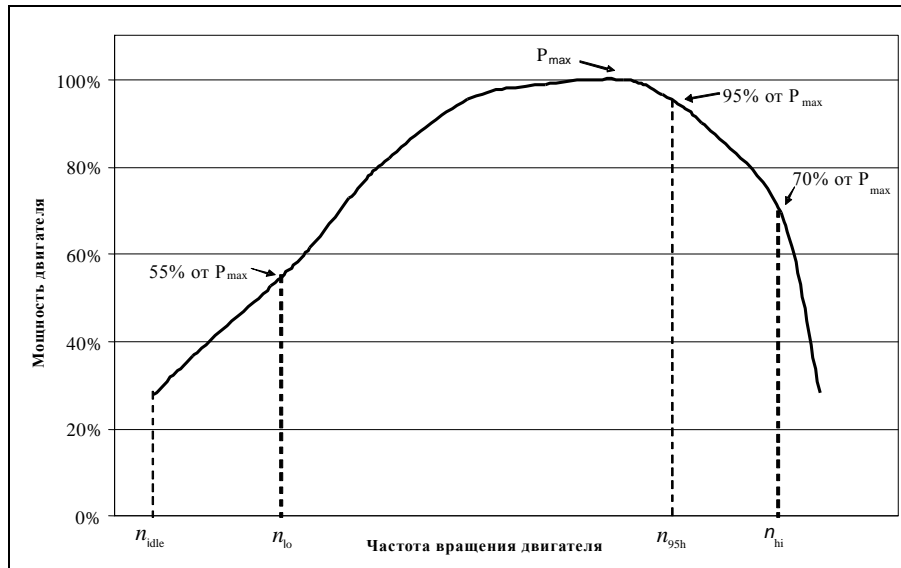
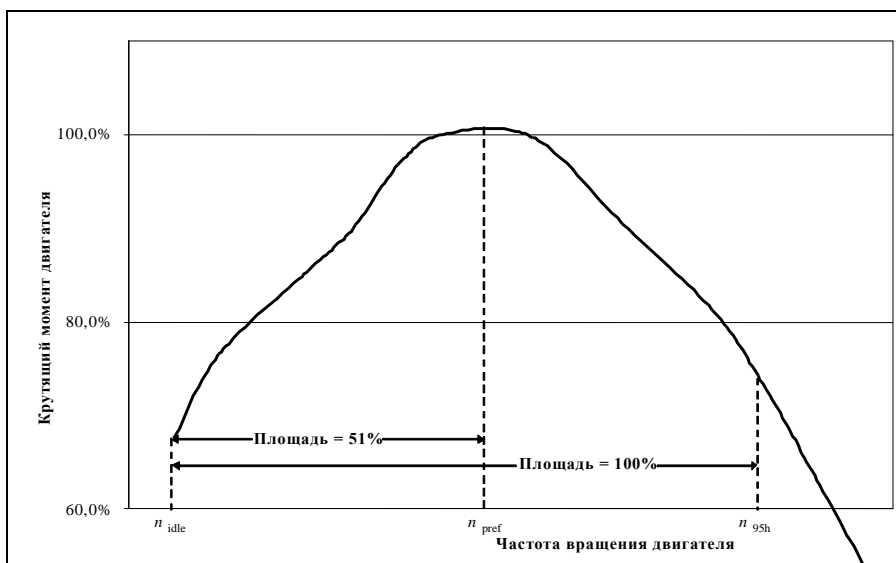


Рис. 5  
Определение  $n_{pref}$



#### 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 частоты вращения, как это указано в пункте 7.4.6, преобразуют в реальные значения с использованием кривой характеристик, построенной в соответствии с пунктом 7.4.3, следующим образом:

$$M_{ref,i} = \frac{M_{nom,i}}{100} \times M_{max,i} + M_{f,i} - M_{r,i} \quad (12),$$

где:

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

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 1a), 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

Работу в условиях исходного цикла определяют по всему циклу испытаний посредством синхронного расчета мгновенных значений мощности двигателя, полученных при исходной частоте вращения и исходном крутящем моменте, как это указано в пунктах 7.4.6 и 7.4.7. Мгновенные значения мощности двигателя интегрируют по всему циклу испытаний для расчета работы в условиях исходного цикла  $W_{ref}$  (кВт·ч). Если вспомогательное оборудование не установлено в соответствии с пунктом 6.3.1, то мгновенные значения мощности корректируют с использованием уравнения 5, содержащегося в пункте 6.3.5.

Аналогичную методологию используют и для получения интегральных значений как исходной, так и фактической мощности двигателя. Если необходимо определить значения параметров между смежными исходными или смежными измеренными величинами, используют метод линейной интерполяции. При интегрировании фактической работы за цикл любые отрицательные значения крутящего момента приравнивают к нулю и учитывают. 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 отрицательную часть при вычислениях приравнивают к нулю. Положительную часть учитывают в интегрированном значении.

#### 7.5 Процедуры, предшествующие испытаниям

##### 7.5.1 Установка измерительного оборудования

Приборы и пробоотборники устанавливают в соответствии с предъявляемыми требованиями. В случае использования системы полного разбавления потока к ней подсоединяют выпускную трубу.

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

Перед началом отбора проб выбросов предпринимают следующие шаги:

- a) в пределах 8 часов до отбора проб выбросов в соответствии с пунктом 9.3.4 проводят проверку на герметизацию;
- b) при отборе проб из партии подсоединяют чистые приспособления для хранения выбросов, например пустые мешки для газа;
- c) все измерительные приборы приводят в действие в соответствии с инструкциями изготовителя и надлежащим инженерно-техническим заключением;
- d) приводят в действие системы разбавления, пробоотборные насосы, охлаждающие вентиляторы, а также систему сбора данных;
- e) если это необходимо, то расход проб регулируют с учетом требуемых уровней при помощи обходного контура;
- f) производят предварительное нагревание или предварительное охлаждение теплообменников пробоотборной системы 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 отработавших газов должен поступать по меньшей мере за 10 минут до начала последовательности испытания;
- i) перед началом любого интервала испытания все устройства электронного интегрирования устанавливаются на нулевое значение или перезагружаются на нуль.

#### 7.5.3 Проверка газоанализаторов

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

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

#### 7.5.4 Подготовка фильтра для отбора проб твердых частиц

Не менее чем за час до начала испытания каждый фильтр помещают в чашку Петри, которая предохраняется от попадания пыли и дает возможность проветривания, и устанавливают в целях стабилизации в камеру для взвешивания. По окончании периода стабилизации каждый фильтр взвешивают и регистрируют массу сухого фильтра. Затем фильтр хранится в закрытой чашке Петри или запечатанном фильтродержателе до того момента, пока он не понадо-

биться для испытания. Этот фильтр следует использовать в течение восьми часов после его извлечения из камеры для взвешивания.

#### 7.5.5 Регулировка системы разбавления

Суммарный расход отработавших газов, проходящих через систему полного разбавления потока, или расход разбавленных отработавших газов, проходящих через систему частичного разбавления потока, регулируют таким образом, чтобы исключить возможность конденсации воды в системе и обеспечить температуру на поверхности фильтра в пределах 315 К (42° С) – 325 К (52° С).

#### 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 производят по ходу испытания.

#### 7.6 Реализация цикла ВСПЦ

Данный пункт также относится к рабочим циклам ЦГД и ЦГСА гибридных транспортных средств. Допускаются 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 из охлаждающей субстанции, циркулирующей в системе охлаждения двигателя, и отбора тепла из системы последующей обработки отработавших газов следует руководствоваться надлежащим техническим заключением. В случае принудительного охлаждения системы последующей обработки охлаждающий воздух направляется на систему последующей обработки только после того, как она остыла до температуры ниже ее каталитической активации. Никакая процедура охлаждения, приводящая к нерепрезентативным выбросам, не допускается.

##### 7.6.2 Испытание в условиях запуска холодного двигателя

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

- а) двигатель запускают, как это рекомендовано в руководстве по эксплуатации, с использованием серийного стартера и должным образом заряженной аккумуляторной батареи либо соответствующего источника электроэнергии; или

- b) двигатель запускают с использованием динамометра. Прокрутку двигателя осуществляют с частотой вращения  $\pm 25\%$  от характерной частоты проворачивания коленчатого вала в условиях эксплуатации. Проворачивание прекращают в течение 1 секунды после того, как двигатель был запущен. Если после 15-секундного проворачивания коленчатого вала двигатель не заводится, то проворачивание прекращают и выясняют причины 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 подготавливают к испытанию на запуск в прогретом состоянии путем прогрева в течение  $10 \pm 1$  минуты.

#### 7.6.4 Испытание в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии

Двигатель запускают в конце периода прогрева, указанного в пункте 7.6.3, с использованием методов запуска, указанных в пункте 7.6.2.

#### 7.6.5 Последовательность проведения испытания

Последовательность проведения испытания в условиях запуска как в холодном, так и в прогретом состоянии начинается с запуска двигателя. После запуска двигателя инициируют 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 рассчитывают методом линейной интерполяции по установочным точкам исходного цикла с шагом 1 Гц. Значения реальной частоты вращения и реального крутящего момента двигателя регистрируют не реже одного раза в секунду на протяжении испытательного цикла (1 Гц), а поступающие сигналы могут пропускаться через электронный фильтр.

ЦГД и ЦГСА реализуют в соответствии с исходными циклами, предусмотренными, 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 устройства 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, касающихся выбросов

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

- a) отбора проб или анализа разбавителя, если используется система с полным разбавлением 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 производят 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 регистрируют, и в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

Если используется система с полным разбавлением потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производят непрерывно в смесительном канале с частотой не менее 2 Гц. Средние значения концентраций определяют путем интегрирования сигналов анализатора на протяжении испытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 с и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потока CVS и отклонениями во времени отбора проб/в цикле 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 определяют до того момента, когда выбросы поступают в смесительный канал, методом интегрирования или посредством накопления фоновых веществ в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируют не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.6.7 Отбор проб твердых частиц

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

Если используется система с частичным разбавлением потока, то насос(ы) пробоотборника следует отрегулировать 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 с полным разбавлением потока, то насос(ы) пробоотборника следует отрегулировать 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). Регистрируют средние значения температуры и давления на входе потока в газовый(е) счетчик(и) или измерительную аппаратуру. Если из-за интенсивных отложений частиц на фильтре поддерживать заданный расход на всем протяжении цикла в пределах  $\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания признают недействительными. В таком случае испытание повторяют с использованием более низкого значения расхода.

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

Если в какой-либо момент в ходе испытания в условиях запуска в холодном состоянии двигатель глохнет, за исключением случая выключения двигателя по команде ЭБУ согласно пункту 7.6.5.1, то испытание признают недействительным. Двигатель подвергают предварительному кондиционированию и снова запускают в соответствии с требованиями пункта 7.6.2, а испытание повторяют.

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 пункту 7.6.5.1, то испытание в условиях запуска в прогретом состоянии признают недействительным. Двигатель прогревают в соответствии с предписаниями пункта 7.6.3, и испытание двигателя в условиях запуска в прогретом состоянии повторяют. В этом случае повторное испытание в условиях запуска холодного двигателя проводить не требуется.

Если в ходе цикла испытания возникают неполадки в работе любого требуемого испытательного оборудования, то испытание признают недействительным и проводят повторное испытание в соответствии с вышеизложенными положениями.

#### 7.7 Реализация цикла ВСУЦ

Данный пункт не применяется к гибридным транспортным средствам.

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

Систему разбавления и двигатель запускают и прогревают в соответствии с пунктом 7.4.1. После прогрева двигателя и систему отбора проб подвергают предварительному кондиционированию путем перевода двигателя в режим 9 (см. пункт 7.2.2, таблица 1) минимум на 10 минут с одновременным 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 устанавливают приблизительно в соответствии с расходом, выбранным для проведения испытания. После предварительного кондиционирования двигатель выключают.



## 7.7.2 Запуск двигателя

Через  $5 \pm 1$  минута после завершения периода предварительного кондиционирования в режиме 9, как это указано в пункте 7.7.1, двигатель запускают в соответствии с процедурой запуска, рекомендованной изготовителем и изложенной в руководстве по эксплуатации, с использованием либо серийного стартера, либо динамометра в соответствии с пунктом 7.6.2.

## 7.7.3 Последовательность проведения испытания

Последовательность проведения испытания начинается после запуска двигателя и в течение одной минуты после выявления того, что характер его функционирования соответствует первому режиму 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 испытаний приводят в действие измерительное оборудование в условиях синхронного начала следующих операций:

- a) отбора проб или анализа разбавителя, если используется система с полным разбавлением 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 производят 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 регистрируют, и в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

Если используется система с полным разбавлением потока, то замер HC и NO<sub>x</sub> производят непрерывно в смесительном канале с частотой не менее 2 Гц. Средние значения концентраций определяют путем интегрирования сигналов анализатора на протяжении испытательного цикла. Время задержки срабатывания системы не должно превышать 20 с и при необходимости должно быть согласовано с колебаниями потока CVS и отклонениями во времени отбора проб/в цикле 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 определяют методом интегрирования или посредством накопления фоновых веществ в мешке. Все другие параметры, подлежащие измерению, регистрируют не реже одного раза в секунду (1 Гц).

#### 7.7.5 Отбор проб твердых частиц

В начале последовательности испытаний систему отбора проб твердых частиц переключают с обходной схемы на режим накопления твердых частиц. Если используется система с частичным разбавлением потока, то насос(ы) пробоотборника следует отрегулировать 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 с полным разбавлением потока, то насос(ы) пробоотборника следует отрегулировать 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). Регистрируют средние значения температуры и давления на входе потока в газовый(е) счетчик(и) или измерительную аппаратуру. Если из-за интенсивных отложений частиц на фильтре поддерживать заданный расход на всем протяжении цикла в пределах  $\pm 2,5\%$  невозможно, то результаты испытания признают недействительными. В таком случае испытание повторяют с использованием более низкого значения расхода.

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

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

Если в ходе цикла испытания возникают неполадки в работе любого требуемого испытательного оборудования, то испытание признают недействительным и проводят повторное испытание в соответствии с вышеизложенными положениями.

### 7.8 Процедуры, применяемые после испытания

#### 7.8.1 Операции, проводимые после испытания

По завершении испытания прекращают измерение массового расхода отработавших газов, объема разбавленных отработавших газов и потока газа, направляемого в накопительные мешки, а также останавливают насос для отбора проб твердых частиц. В случае интегрирующей системы анализатора отбор проб продолжают 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, проводят проверку с целью убедиться в соответствии процедур такого 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 помещают в закрываемые крышкой или в герметически закрывающиеся контейнеры либо фильтродержатели запечатывают, с тем чтобы фильтры для проб были защищены от загрязнения под воздействием окружающей среды. После обеспечения такой защиты фильтры возвращают в камеру для взвешивания. Фильтры выдерживают в течение не менее одного часа и взвешивают в соответствии с пунктом 9.4.5. Регистрируют общую массу фильтров.
- 7.8.4 Проверка дрейфа
- Как только это будет возможно, но не позднее чем через 30 минут после завершения испытательного цикла либо в период стабилизации в прогретом состоянии определяют чувствительность к нулю и чувствительность к калибровке используемого диапазона функционирования газового анализатора. Для целей настоящего пункта цикл испытания определяется следующим образом:
- a) для ВСПЦ, ЦГД, ЦГСА: 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, ЦГСА) (пункт 6.6): последовательность "этап прогрева для стабилизации – запуск в прогретом состоянии";
  - c) для испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии (ВСПЦ, ЦГД, ЦГСА) с многократной регенерацией (пункт 6.6): общее число испытаний в условиях запуска 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 испытания, так и после испытания могут подставляться непосредственно в уравнение 68, 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 считают недействительным либо измеренные концентрации корректируют на дрейф в соответствии с пунктом 8.6.1.

#### 7.8.5 Анализ проб газа из мешка

Как только это будет возможно, осуществляют следующие операции:

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

#### 7.8.6 Расчет работы за цикл

До расчета фактической работы за цикл исключают любые точки, зарегистрированные при запуске двигателя. Фактическую работу за цикл определяют по всему циклу испытания посредством одновременного использования значений фактической частоты вращения и фактического крутящего момента для расчета мгновенных значений мощности двигателя. Мгновенные значения мощности двигателя интегрируют по всему циклу 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 корректируют с использованием уравнения 5, содержащегося в пункте 6.3.5.

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

#### 7.8.7 Подтверждение 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 на этапе торможения (см. пункт 8.6.3).

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

Настоящий раздел не применяется к двигателям, используемым в гибридных транспортных средствах, или к гибридным силовым агрегатам.

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

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

Для сведения к минимуму погрешности, обусловленной задержкой во времени между фактическими 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. Если сигналы фактических значений сдвинуты, то на ту же величину и в ту же сторону сдвигают значения как частоты вращения, так и крутящего момента.

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

$$y = a_1x + a_0 \quad (13),$$

где:

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

$a_1$  – наклон линии регрессии;

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

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

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

Этот анализ выполняют 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) $y$ на $x$	максимум 5% максимальной частоты вращения при испытании	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

	Частота вращения	Крутящий момент	Мощность
Стандартная погрешность оценки (СПО) у на $x$	максимум 1% максимальной частоты вращения при испытании	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 у значение линии регрессии $a_0$	максимум 1% максимальной частоты вращения при испытании	$\pm 20$ 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

Сугубо для целей регрессионного 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 регрессионного анализа

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

## 8. Расчет выбросов

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

Примеры процедур расчета приведены в приложении 6.

Расчет выбросов на молярной основе в соответствии с приложением 7 к гтп № 11 (внедорожная подвижная техника) 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:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (14),$$

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

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \times 1,008 \quad (15)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_f \times 1\,000} \right) \left( 1 - \frac{P_r}{P_b} \right) \quad (16)$$

или

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1}{1 + a \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad (17),$$

при этом

$$k_{iw} = 0,055594 \times W_{ALF} + 0,0080021 \times W_{DEL} + 0,0070046 \times W_{EPS} \quad (18)$$

и

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)} \quad (19),$$

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;
- $c_{CO2}$  – концентрация  $CO_2$  на сухой основе, в %;
- $c_{CO}$  – концентрация  $CO$  на сухой основе, в %.

Уравнения 15 и 16 в принципе идентичны, причем коэффициент 1,008 в уравнениях 15 и 17 представляет собой приближенное значение более точной величины знаменателя в уравнении 16.

#### 8.1.2 Разбавленные отработавшие газы

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (20)$$

или

$$k_{w,e} = \left[ \left( \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (21),$$

при этом

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (22),$$

где:

- $\alpha$  – молярная доля водорода, содержащегося в топливе;



- $c_{CO_2w}$  – концентрация CO<sub>2</sub> на влажной основе, в %;
- $c_{CO_2d}$  – концентрация CO<sub>2</sub> 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

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (23),$$

при этом

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)} \quad (24),$$

где:

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

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

Поскольку выбросы NO<sub>x</sub> зависят от состояния окружающего воздуха, концентрацию NO<sub>x</sub> корректируют 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 шарикам сухого/влажного термометра с использованием общепринятых уравнений.

### 8.2.1 Двигатели с воспламенением от сжатия

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1\,000} + 0,832 \quad (25),$$

где:

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

### 8.2.2 Двигатели с принудительным зажиганием

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (26),$$

где:

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

## 8.3 Поправка на статическое давление фильтра для твердых частиц

Массу фильтра для отбора проб корректируют на взвешивание его в воздухе. Поправка на статическое давление зависит от плотности фильтра для отбора проб, плотности воздуха и плотности калибровочного груза и не учитывается при взвешивании в воздухе самих

ТЧ. Поправку на статическое давление применяют к массе фильтра как нетто, так и брутто.

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

- a) стекловолоконный фильтр с тефлоновым покрытием:  $2\,300 \text{ кг/м}^3$ ,
- b) тефлоновый фильтр мембранного типа:  $2\,144 \text{ кг/м}^3$ ,
- c) тефлоновый фильтр мембранного типа с опорным кольцом из полиметилпентена:  $920 \text{ кг/м}^3$ .

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

Используют следующее уравнение:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left( \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (27),$$

при этом

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

где:

- $m_{\text{uncor}}$  – нескорректированная масса фильтра для твердых частиц, в мг;
- $\rho_a$  – плотность воздуха, в  $\text{кг/м}^3$ ;
- $\rho_w$  – плотность калибровочного груза, в  $\text{кг/м}^3$ ;
- $\rho_f$  – плотность фильтра для отбора проб твердых частиц, в  $\text{кг/м}^3$ ;
- $p_b$  – общее атмосферное давление, в кПа;
- $T_a$  – температура воздуха вокруг весов, в К;
- 28,836 – молярная масса воздуха при исходной влажности (282,5 К), в г/моль;
- 8,3144 – молярная газовая постоянная.

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

$$m_p = m_{f,G} - m_{f,T} \quad (29),$$

где:

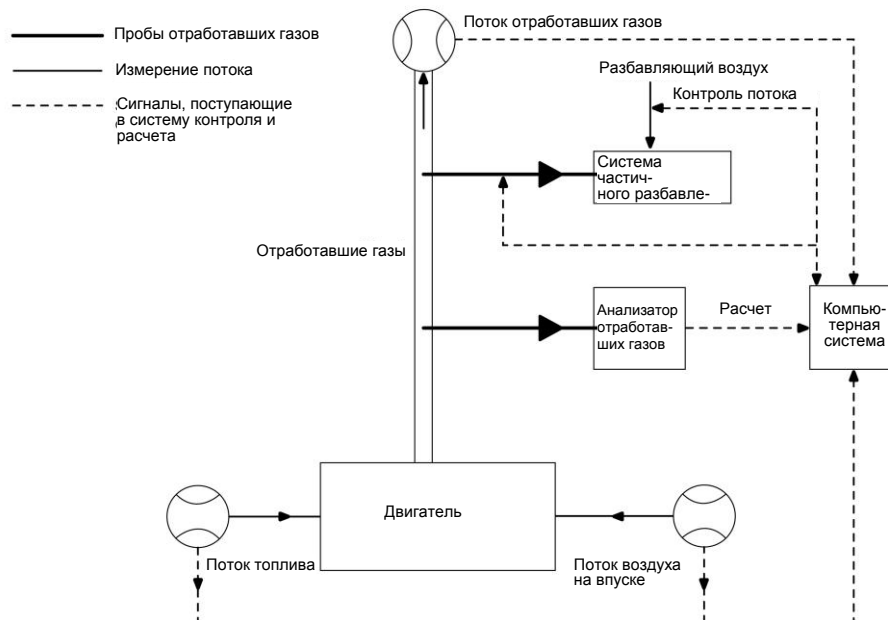
- $m_{f,G}$  – масса-брутто фильтра для твердых частиц с поправкой на статическое давление, в мг;

$m_{гТ}$  – 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 надлежит обращать на время срабатывания различных приборов. Эти различия учитывают 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 проверяют при помощи регрессионного анализа пробы и потока отработавших газов в соответствии с пунктом 9.4.6.1. Полная схема испытания показана на рис. 6.

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



#### 8.4.1 Определение массового расхода отработавших газов

##### 8.4.1.1 Введение

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

##### 8.4.1.2 Время срабатывания

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

Для целей контроля системы частичного разбавления потока требуется более быстрое время срабатывания. В случае систем частичного разбавления потока, работающих в режиме контроля "онлайн", время срабатывания должно составлять  $\leq 0,3$  с. В случае систем частичного разбавления потока с прогностическим алгоритмом управления на основе предварительно записанных параметров испытания время срабатывания системы измерения расхода отработавших газов должно составлять  $\leq 5$  с, а время восстановления –  $\leq 1$  с. Время срабатывания системы указывается изготовителем прибора. Требования в отношении общего времени срабатывания системы измерения расхода отработавших газов и системы частичного разбавления потока указаны в пункте 9.4.6.1.

##### 8.4.1.3 Непосредственный метод измерения

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

- 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, принимают 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 обращают 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 производят по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (30),$$

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 измеряют концентрацию данного газа в пробе отработавших газов.

В целях обеспечения полного смешивания индикаторного газа пробоотборник отработавших газов устанавливают на расстоянии не менее 1 м или на расстоянии, соответствующем 30-кратному диаметру выхлопной трубы, в зависимости от того, какое из этих значений 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 регулируют таким образом, чтобы концентрация индикаторного газа на холостых оборотах двигателя после смешивания была меньше пределов шкалы измерения анализатора индикаторного газа.

Расчет расхода отработавших газов производят по следующей формуле:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (31),$$

где:

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

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

- $c_{\text{mix},i}$  – мгновенное значение концентрации индикаторного газа после смешивания, в  $\text{млн}^{-1}$ ;
- $\rho_e$  – плотность отработавших газов, в  $\text{кг}/\text{м}^3$  (см. таблицу 4);
- $c_b$  – фоновая концентрация индикаторного газа в воздухе на впуске, в  $\text{млн}^{-1}$ .

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

Если фоновая концентрация составляет менее 1% от концентрации индикаторного газа после смешивания ( $c_{\text{mix},i}$ ) в условиях максимального потока отработавших газов, то 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 производят по следующей формуле:

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{maw},i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \times \lambda_i} \right) \quad (32),$$

при этом

$$A/F_{\text{st}} = \frac{138,0 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (33)$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{2} - c_{\text{HCw}} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO2d}}}}{1 + \frac{c_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO2d}}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{\text{CO2d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{\text{CO2d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4} + c_{\text{HCw}} \times 10^{-4})} \quad (34),$$

где:

- $q_{\text{maw},i}$  – мгновенное значение массового расхода воздуха на впуске, в  $\text{кг}/\text{с}$ ;
- $A/F_{\text{st}}$  – стехиометрическое отношение воздуха к топливу, в  $\text{кг}/\text{кг}$ ;
- $\lambda_i$  – мгновенное значение коэффициента избытка воздуха;
- $c_{\text{CO2d}}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе, в %;
- $c_{\text{COd}}$  – концентрация  $\text{CO}$  на сухой основе, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

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

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 производят по следующему уравнению:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times \left( \frac{w_{BET}^2 \times 1,4}{(1,0828 \times w_{BET} + k_{fd} \times k_c) \times k_c} \left( 1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right) \quad (35),$$

при этом

$$k_c = (c_{CO2d} - c_{CO2da}) \times 0,5441 + \frac{c_{COd}}{18,522} + \frac{c_{HCw}}{17,355} \quad (36)$$

и

$$k_{fd} = -0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (37),$$

где:

$q_{mf,i}$  — мгновенный массовый расход топлива, в  $\text{кг/с}$ ;

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

$w_{BET}$  — содержание углерода в топливе, в % от массы;

$w_{ALF}$  — содержание водорода в топливе, в % от массы;

$w_{DEL}$  — содержание азота в топливе, в % от массы;

$w_{EPS}$  — содержание кислорода в топливе, в % от массы;

$c_{CO2d}$  — концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе, в %;

$c_{CO2d,a}$  — концентрация  $\text{CO}_2$  на сухой основе в воздухе на впуске, в %;

$c_{CO}$  — концентрация CO на сухой основе, в  $\text{млн}^{-1}$ ;

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

### 8.4.2 Определение содержания газообразных компонентов

#### 8.4.2.1 Введение

Газообразные компоненты в первичных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряют с помощью систем измерения и отбора проб, описанных в пунк-

те 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 сортов 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 элементного анализа состава топлива.

#### 8.4.2.2 Оценка данных

Для оценки газообразных выбросов значения концентрации первичных выбросов (НС, СО и NO<sub>x</sub>) и массового расхода отработавших газов регистрируют через интервалы не менее 2 Гц и заносят в компьютерную систему. Все остальные данные регистрируют с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируют, и 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 синхронизируют 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 определяют согласно соответственно пунктам 8.4.1.2 и 9.3.5 и регистрируют.

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

Массу загрязняющих веществ (г/испытание) определяют 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 корректируют на сухое/влажное состояние в соответствии с пунктом 8.1.

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

Для расчета используют следующее уравнение:

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



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 Гц;
- $n$  — число замеров.

Таблица 5

**Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов первичных отработавших газов**

Топливо	$\rho_e$	Газ					
		$NO_x$	$CO$	$HC$	$CO_2$	$O_2$	$CH_4$
		$\rho_{\text{gas}} [\text{кг/м}^3]$					
		2,053	1,250	a)	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}^{\text{b)}$					
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

a) в зависимости от топлива

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

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

d) NMHC на основе  $CH_{2,93}$  (применительно к общему количеству HC для  $CH_4$  используют коэффициент  $u_{\text{gas}}$ )

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

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

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

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

Для расчета используют следующее уравнение:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas},i} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{в г/испытание}) \quad (39),$$

где:

$u_{\text{gas},i}$  — мгновенное 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 Гц;

$n$  — число замеров.

Мгновенные значения  $u$  рассчитывают при помощи следующего уравнения:

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

или

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1000) \quad (41),$$

при этом

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414 \quad (42),$$

где:

$M_{\text{gas}}$  — молярная масса компонента газа, в  $\text{г/моль}$  (см. приложение б);

$M_{e,i}$  — мгновенное значение молярной массы отработавших газов, в  $\text{г/моль}$ ;

$\rho_{\text{gas}}$  — плотность компонента газа, в  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_{e,i}$  — мгновенное значение плотности отработавших газов, в  $\text{кг/м}^3$ .

Молярную массу отработавших газов  $M_e$  определяют на основе общего состава топлива  $\text{CH}_a\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$  в предположении его полного сжигания по следующей формуле:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (43),$$

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  $\rho_e$  определяют по следующей формуле:

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_{fw} \times 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{mad,i})} \quad (44),$$

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 18) и рассчитываемый в соответствии с пунктом 8.1.1.

#### 8.4.3 Определение содержания твердых частиц

##### 8.4.3.1 Оценка данных

Массу пробы твердых частиц рассчитывают в соответствии с уравнением 29, содержащимся в пункте 8.3. Для оценки концентрации твердых частиц регистрируют суммарную массу пробы ( $m_{sep}$ ), прошедшей через фильтры за весь испытательный цикл.

С предварительного одобрения органа 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 конструкционными особенностями используемой системы измерения твердых частиц.

##### 8.4.3.2 Расчет массы выбросов

В зависимости от конструкции системы массу твердых частиц (г/испытание) рассчитывают с помощью одного из методов, изложенных в пункте 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

$$m_{PM} = m_p / (r_s \times 1\,000) \quad (45),$$

где:

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

при этом

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (46),$$

где:

- $m_{se}$  – масса пробы, отобранная за цикл, в кг;  
 $m_{ew}$  – суммарный массовый расход 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

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000} \quad (47),$$

где:

- $m_p$  – масса пробы 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.

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

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (48)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (49)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (50),$$

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.

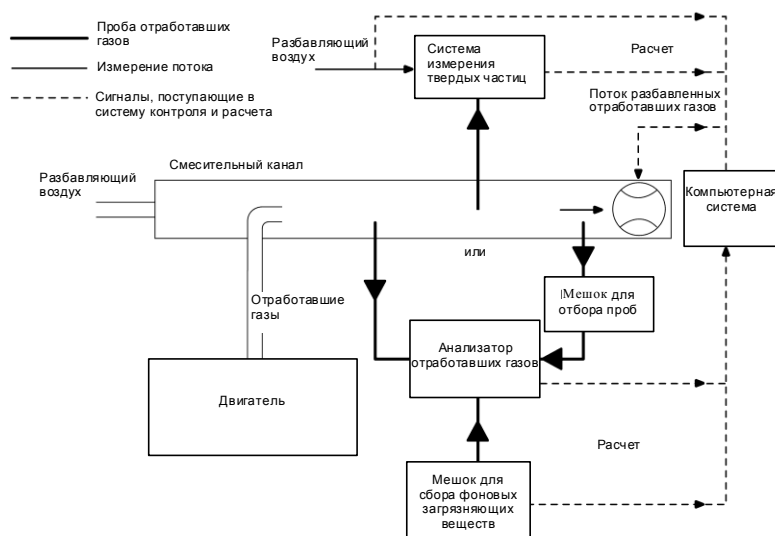
#### 8.5 Измерение в условиях полного разбавления потока (CVS)

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

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

Полная схема испытания показана на рис. 7.

Рис. 7  
**Принципиальная схема системы измерения с полным разбавлением потока**



### 8.5.1 Определение расхода разбавленных отработавших газов

#### 8.5.1.1 Введение

Для расчета выбросов веществ, содержащихся в разбавленных отработавших газах, необходимо знать массовый расход разбавленных отработавших газов. Суммарный расход разбавленных отработавших газов за цикл (кг/испытание) рассчитывают на основе значений, измеренных в течение цикла, и соответствующих данных калибровки устройства измерения расхода ( $V_0$  для PDP,  $K_v$  для CFV,  $C_d$  для SSV) с помощью одного из методов, изложенных в пунктах 8.5.1.2–8.5.1.4. Если суммарный расход пробы твердых частиц ( $m_{sep}$ ) превышает 0,5% суммарного значения массы потока CVS ( $m_{cd}$ ), то поток CVS корректируют по  $m_{sep}$  или же поток твердых частиц, идущий на отбор проб, до его прохождения через устройство измерения возвращают в поток CVS.

#### 8.5.1.2 Система PDP-CVS

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

$$m_{cd} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (51),$$

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 рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{\text{ed},i} = 1,293 \times V_0 \times n_{\text{p},i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (52),$$

где:

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

#### 8.5.1.3 Система CFV-CVS

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

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

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 рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{\text{ed},i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (54),$$

где:

$\Delta t_i$  – временной интервал, в с.

#### 8.5.1.4 Система SSV-CVS

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

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

при этом

$$Q_{ssv} = A_0 d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (56),$$

где:

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

$d_v$  – диаметр сужения SSV, в 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 статическому давлению на входе,  $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$ ;

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

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

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{ssv} \times \Delta t_i \quad (57),$$

где:

$\Delta t_i$  – временной интервал в с.

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

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

## 8.5.2 Определение содержания газообразных компонентов

### 8.5.2.1 Введение

Газообразные компоненты в разбавленных отработавших газах, выбрасываемых двигателем, представленным на испытание, измеряют с помощью методов, описанных в приложении 3. Разбавление отработавших газов производят с помощью отфильтрованного окружающего воздуха, синтетического воздуха или азота. Пропускная способность системы с полным разбавлением потока должна быть достаточной для полного устранения конденсации во-



ды 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

При непрерывном отборе проб значения концентрации выбросов (НС, СО и NO<sub>x</sub>) регистрируют через интервалы не менее 1 Гц и заносят в компьютерную систему, причем при отборе проб в накопительный мешок требуется одна средняя величина на испытание. Массовый расход разбавленных отработавших газов и все остальные данные регистрируют с частотой отбора проб, составляющей не менее 1 Гц. В случае аналоговых анализаторов показания регистрируют, и в процессе оценки калибровочные данные можно применять в режиме "онлайн" или "офлайн".

#### 8.5.2.3 Расчет массы выбросов

##### 8.5.2.3.1 Система с постоянным массовым расходом

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

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}} \quad (\text{в г/испытание}) \quad (58),$$

где:

$u_{\text{gas}}$  — отношение плотности компонента отработавших газов к плотности воздуха;

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

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

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

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

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

Таблица 6  
**Значения коэффициента  $u$  и плотности компонентов разбавленных отработавших газов**

Топливо	$\rho_{de}$	Газ					
		$NO_x$	$CO$	$HC$	$CO_2$	$O_2$	$CH_4$
		$\rho_{gas} [кг/м^3]$					
		2,053	1,250	a)	1,9636	1,4277	0,716
$u_{gas}^{b)}$							
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
СПГ <sup>c)</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000517 <sup>d)</sup>	0,001519	0,001104	0,000553
Пропан	1,293	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,001104	0,000553
Бутан	1,293	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,001104	0,000553
СНГ <sup>e)</sup>	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553

- a) в зависимости от топлива  
b) при  $\lambda = 2$ , сухом воздухе, 273 К, 101,3 кПа  
c)  $u$  с точностью 0,2% по массовому составу: C = 66–76%; H = 22–25%; N = 0–12%  
d) NMHC на основе  $CH_{2,93}$  (применительно к общему количеству HC для  $CH_4$  используют коэффициент  $u_{gas}$ )  
e)  $u$  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:

$$u_{gas} = \frac{M_{gas}}{M_d \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_e \times \left(\frac{1}{D}\right)}, \quad (59)$$

где:

$M_{gas}$  – молярная масса компонента газа, в г/моль  
(см. приложение 6);

$M_e$  – 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 среднюю фоновую концентрацию газообразных загрязняющих веществ в разбавляющем воздухе вычитают из измеренных концентраций. Среднее значение фоновых концентраций можно определить либо с помощью накопительного мешка, либо методом непрерывного измерения с последующим интегрированием. Для расчета используют следующее уравнение:

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \times (1 - (1/D)) \quad (60),$$

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 рассчитывают по следующей формуле:

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

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

b) для газовых двигателей, работающих на ПГ

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (62),$$

где:

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

$c_{\text{HC},e}$  – 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 рассчитывают по следующей формуле:

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (63),$$

где:

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

Если же 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 массу загрязняющих веществ (г/испытание) определяют на основе расчета мгновенных значений массы выбросов и интегрирования этих мгновенных значений по всему циклу. Кроме того, необходимо выполнить фоновую коррекцию, которую производят непосредственно по мгновенным значениям концентрации. Расчет производят по следующей формуле:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n [(m_{\text{ed},i} \times c_{\text{gas},e} \times u_{\text{gas}})] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1-1/D) \times u_{\text{gas}})] \quad (64),$$

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

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

$$m_{\text{PM}} = \frac{m_p}{m_{\text{sep}}} \times \frac{m_{\text{ed}}}{1000} \quad (65),$$

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

$$m_{\text{sep}} = m_{\text{set}} - m_{\text{ssd}} \quad (66),$$

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 массу твердых частиц (г/испытание) рассчитывают по следующей формуле:

$$m_{PM} = \left[ \frac{m_p}{m_{sep}} - \left( \frac{m_b}{m_{sd}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (67),$$

где:

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

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

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

$m_b$  – масса собранных фоновых твердых частиц в разбавляющем воздухе, в мг;

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

## 8.6 Общие расчеты

### 8.6.1 Корректировка на дрейф

Что касается проверки дрейфа, упомянутой в пункте 7.8.4, то скорректированное значение концентрации рассчитывают по следующей формуле:

$$c_{cor} = c_{ref,z} + (c_{ref,s} - c_{ref,z}) \left( \frac{2 \cdot c_{gas} - (c_{pre,z} + c_{post,z})}{(c_{pre,s} + c_{post,s}) - (c_{pre,z} + c_{post,z})} \right) \quad (68),$$

где:

$c_{ref,z}$  – исходная концентрация нулевого газа (равная обычно нулю), в млн<sup>-1</sup>;

$c_{ref,s}$  – исходная концентрация поверочного газа, в млн<sup>-1</sup>;

$c_{pre,z}$  – концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора, до проведения испытания, в млн<sup>-1</sup>;

$c_{pre,s}$  – концентрация поверочного газа, измеренная при помощи анализатора, до проведения испытания, в млн<sup>-1</sup>;

$c_{post,z}$  – концентрация нулевого газа, измеренная при помощи анализатора, после проведения испытания, в млн<sup>-1</sup>;

$c_{post,s}$  – концентрация поверочного газа, измеренная при помощи анализатора, после проведения испытания, в млн<sup>-1</sup>;

$c_{gas}$  – концентрация газа, отобранного в качестве пробы, в млн<sup>-1</sup>.

В соответствии с пунктом 8.3 и/или 8.4 для каждого компонента рассчитывают два набора результатов удельных выбросов на этапе торможения после любой другой необходимой корректировки. Один из этих наборов рассчитывают с использованием concentra-

ций без корректировки, а другой – с использованием концентраций, скорректированных на дрейф, в соответствии с уравнением 68.

В зависимости от системы измерения и метода проведения расчетов нескорректированные результаты выбросов рассчитывают при помощи соответственно уравнений 38, 39, 58, 59 или 64. Для расчета скорректированных значений выбросов показатель  $c_{\text{gas}}$  соответственно в уравнениях 38, 39, 58, 59 или 64 заменяют показателем  $c_{\text{cor}}$  из уравнения 68. Если в соответствующем уравнении используются мгновенные значения концентрации  $c_{\text{gas},i}$ , то в качестве мгновенного значения  $c_{\text{cor},i}$  также применяют скорректированный показатель. В уравнении 64 скорректированное значение используют в отношении как измеренной, так и фоновой концентрации.

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

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

#### 8.6.2 Расчет NMHC и $\text{CH}_4$ с использованием отделителя неметановых фракций

Расчет NMHC и  $\text{CH}_4$  зависит от используемого метода калибровки. Для измерения без NMC (нижняя часть на рис. 11 в приложении 3) FID калибруют 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 концентрации NMHC и  $\text{CH}_4$  рассчитывают по следующим формулам:

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

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC}(w/\text{NMC})} - c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (70)$$

Что касается подпункта б), то концентрации NMHC и  $\text{CH}_4$  рассчитывают по следующим формулам:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC}(w/o\text{NMC})} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC}(w/\text{NMC})} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M} \quad (71)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (72),$$

где:

$c_{HC(w/NMC)}$  – концентрация HC в пробе газа, проходящего через NMC, в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$c_{HC(w/oNMC)}$  – концентрация HC в пробе газа, идущего в обход NMC, в  $\text{млн}^{-1}$ ,

$r_h$  – коэффициент чувствительности 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 70, 71 и 72 этот коэффициент можно опустить.

### 8.6.3 Расчет удельных выбросов

#### 8.6.3.1 Обычные двигатели

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

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

$$e = \frac{m}{W_{\text{act}}} \quad (73),$$

где:

$m$  – масса выбросов данного компонента, в  $\text{г/испытание}$ ,

$W_{\text{act}}$  – фактическая работа за цикл, определяемая в соответствии с пунктом 7.8.6, в  $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ .

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:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{\text{cold}}) + (0,86 \times m_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{act,hot}})} \quad (74),$$

где:

$m_{\text{cold}}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания с запуском в холодном состоянии, в  $\text{г/испытание}$ ;

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

#### 8.6.3.2 Гибридные транспортные средства

Расчет удельных выбросов  $e_{\text{gas}}$  или  $e_{\text{PM}}$  (г/кВт·ч) по каждому отдельному компоненту производят согласно соответственно пунктам А.9.2.7 или А.10.7.

#### 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 умножают на результат удельных выбросов  $e$ , определенный на основании уравнений 73 и 74, уравнений 112 и 113 по пункту А.9.2.7 или уравнений 248 и 249 по пункту А.10.7, либо прибавляют к нему.

## 9. Спецификации и проверка оборудования

В настоящем пункте приводится описание требующихся калибровок и проверок систем измерения, а также проверок влияния на их показания. Калибровки или проверки обычно проводят в рамках всей цепи измерений.

Для обеспечения соответствия допускам, указанным применительно к калибровкам и проверкам, используют установленные международно признанные стандарты.

Измерительные приборы должны соответствовать техническим требованиям, указанным в таблице 7, по всем диапазонам, подлежащим использованию в ходе испытания. Кроме того, должна сохраняться любая документация, поступившая от изготовителей приборов и указывающая, что приборы соответствуют техническим требованиям, перечисленным в таблице 7.

В таблице 8 содержится краткое описание калибровок и проверок, предусмотренных в пункте 9, и указано, когда они должны проводиться.

Общие системы измерения давления, температуры и точки росы должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 8 и таблице 9. Датчики давления должны быть расположены в среде контролируемой температурой либо же должны компенсировать температурные изменения в их предполагаемом рабочем диапазоне. Материалы, используемые для изготовления датчиков, должны быть совместимы с измеряемой жидкостью.



Таблица 7

**Рекомендованные рабочие характеристики измерительного оборудования**

<i>Измерительный прибор</i>	<i>Время восстановления всей системы</i>	<i>Частота обновления регистрируемых значений</i>	<i>Точность</i>	<i>Воспроизводимость</i>
Датчик частоты вращения двигателя	1 с	1 Гц в среднем	2,0% от pt. или 0,5% от max.	1,0% от pt. или 0,25% от max.
Датчик крутящего момента двигателя	1 с	1 Гц в среднем	2,0% от pt. или 1,0% от max.	1,0% от pt. или 0,5% от max.
Измеритель расхода топлива	5 с	1 Гц	2,0% от pt. или 1,5% от max.	1,0% от pt. или 0,75% от max.
Расходомер CVS (CVS с теплообменником)	1 с (5 с)	1 Гц в среднем (1 Гц)	2,0% от pt. или 1,5% от max.	1,0% от pt. или 0,75% от max.
Расходомеры разбавляющего воздуха, всасываемого воздуха, отработавших газов и проб	1 с	1 Гц в среднем с частотой отбора проб 5 Гц	2,5% от pt. или 1,5% от max.	1,25% от pt. или 0,75% от max.
Непрерывно функционирующий анализатор первичного газа	2,5 с	2 Гц	2,0% от pt. или 2,0% от meas.	1,0% от pt. или 1,0% от meas.
Непрерывно функционирующий анализатор разбавленного газа	5 с	1 Гц	2,0% от pt. или 2,0% от meas.	1,0% от pt. или 1,0% от meas.
Анализатор проб газа, отбираемых из партии	данные отсутствуют	данные отсутствуют	2,0% от pt. или 2,0% от meas.	1,0% от pt. или 1,0% от meas.
Аналитические весы	данные отсутствуют	данные отсутствуют	1,0 мкг	0,5 мкг

*Примечание:* Точность и воспроизводимость основываются на абсолютных значениях. "pt." – это общее среднее значение, ожидаемое при соответствующем предельном выбросе; "max." – это пиковое значение, ожидаемое при соответствующем предельном выбросе в рабочем цикле, а не максимальный диапазон работы прибора; "meas." – это реальное среднее значение, измеренное за рабочий цикл.

Таблица 8  
Краткое описание калибровок и проверок

Тип калибровки или проверки	Минимальная частота <sup>a</sup>
9.2: линейность	<p>Частота вращения: при первоначальной установке, в пределах 370 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p> <p>Крутящий момент: при первоначальной установке, в пределах 370 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p> <p>Расход чистого воздуха и разбавленных отработавших газов: при первоначальной установке, в пределах 370 дней до испытаний и после капитального ремонта, если расход не проверяется при помощи пропана или углеродного либо кислородного баланса.</p> <p>Расход первичных отработавших газов: при первоначальной установке, в пределах 185 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p> <p>Газоанализаторы: при первоначальной установке, в пределах 35 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p> <p>Весы для ТЧ: при первоначальной установке, в пределах 370 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p> <p>Давление и температура: при первоначальной установке, в пределах 370 дней до испытаний и после капитального ремонта.</p>
9.3.1.2: точность, воспроизводимость и шум	<p>Точность: не требуется, но рекомендуется для первоначальной установки.</p> <p>Воспроизводимость: не требуется, но рекомендуется для первоначальной установки.</p> <p>Шум: не требуется, но рекомендуется для первоначальной установки.</p>
9.3.4: проверка на просачивание в вакуумном сегменте	Перед каждым лабораторным испытанием в соответствии с пунктом 7.
9.3.6: эффективность конвертера NO <sub>x</sub>	При первоначальной установке, в пределах 35 дней до испытаний и после капитального ремонта.
9.3.7.1: оптимизация чувствительности детектора FID	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.3.7.2: коэффициенты чувствительности на углеводороды	При первоначальной установке, в пределах 185 дней до испытаний и после капитального ремонта.
9.3.7.3: проверка кислородной интерференции	При первоначальной установке, после капитального ремонта и после оптимизации FID в соответствии с пунктом 9.3.7.1.
9.3.8: эффективность отделителя неметановых фракций (NMC)	При первоначальной установке, в пределах 185 дней до испытаний и после капитального ремонта.
9.3.9.1: проверка влияния на показание анализатора CO	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.3.9.2: проверки на сбой анализатора NO <sub>x</sub> в случае анализатора CLD	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.3.9.3: проверка на сбой анализатора NO <sub>x</sub> в случае анализатора NDUV	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.3.9.4: осушитель для проб	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.3.5.6: калибровка приборов для измерения расхода	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.5: калибровка системы CVS	При первоначальной установке и после капитального ремонта.
9.5.5: проверка системы CVS <sup>b</sup>	При первоначальной установке, в пределах 35 дней до испытаний и после капитального ремонта.

- <sup>a</sup> Калибровки и проверки проводятся чаще в соответствии с инструкциями изготовителя системы измерений и квалифицированной инженерной оценкой.
- <sup>b</sup> Проверка CVS не требуется в случае систем, согласованных в пределах  $\pm 2\%$  на основе химического баланса углерода или кислорода во всасываемом воздухе, топливе и разбавленных отработавших газах.

## 9.1 Технические требования к динамометру

### 9.1.1 Работа на валу

Используют динамометр двигателя, имеющий адекватные характеристики для реализации примененного рабочего цикла, включая способность соблюдать надлежащие критерии подтверждения достоверности результатов цикла. Могут использоваться следующие динамометры:

- a) индуктивные тормозные или гидротормозные динамометры;
- b) динамометры переменного тока или постоянного тока;
- c) один или более динамометров.

### 9.1.2 Измерение крутящего момента

Для измерения значений крутящего момента может использоваться датчик нагрузки или рядный измеритель крутящего момента.

При использовании датчика нагрузки крутящий момент сигнализируется на вал двигателя и учитывается момент инерции динамометра. Фактический крутящий момент двигателя – это сумма крутящего момента, считываемого с датчика нагрузки, и момента инерции тормоза, умноженного на угловое ускорение. Система контроля должна производить такой расчет в режиме реального времени.

## 9.2 Требования к линейности

Калибровку всех измерительных приборов и систем производят в соответствии с национальными (международными) стандартами. Измерительные приборы и системы должны отвечать указанным в таблице 9 требованиям, предъявляемым к линейности. В случае газоанализаторов проверку линейности в соответствии с пунктом 9.2.1 проводят в пределах 35 дней до испытаний или всякий раз, когда производятся работы по ремонту или модификации системы, которые могут сказаться на калибровке. В случае других приборов и систем проверку линейности проводят в пределах 370 дней до испытаний.

Таблица 9  
Требования к линейности, предъявляемые к приборам и измерительным системам

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

#### 9.2.1 Проверка линейности

##### 9.2.1.1 Введение

Проверку линейности проводят для каждой системы измерения, перечисленной в таблице 7. Измерительную систему выставляют минимум по десяти исходным величинам либо в соответствии с другими указаниями, и измеренные значения сопоставляют с исходными с использованием линейной регрессии методом наименьших квадратов согласно уравнению 13. Максимальные предельные значения в таблице 9 означают максимальные значения, которые, как ожидается, могут быть получены в ходе испытания.

##### 9.2.1.2 Общие требования

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

##### 9.2.1.3 Процедура

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

- a) прибор устанавливают на нуль путем подачи нулевого сигнала. В случае газоанализаторов чистый синтетический воздух (или азот) подают непосредственно на вход анализатора;
- b) прибор тарируют посредством подачи соответствующего поверочного сигнала. В случае газоанализаторов соответствующий поверочный газ подают непосредственно на вход анализатора;
- c) процедуру установки на нуль, указанную в подпункте а), повторяют;
- d) проверку производят минимум по десяти исходным значениям (включая нуль), которые находятся в пределах шкалы измерения от нуля до максимальной величины, которая, как ожидается, может быть получена в ходе испытаний на выброс. В случае газоанализаторов газ известной концентрации подают непосредственно на вход анализатора;
- e) исходные величины измеряют, и замеренные 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 13 в пункте 7.8.8 производят на основе среднеарифметических значений, полученных в течение указанного выше 30-секундного периода;
- g) параметры, рассчитанные методом линейной регрессии, должны отвечать требованиям таблицы 9 в пункте 9.2;
- h) установку на нуль проверяют еще раз, и при необходимости производят повторную проверку.

### 9.3 Замеры газообразных выбросов и система отбора проб

#### 9.3.1 Технические требования к анализаторам

##### 9.3.1.1 Общие положения

Диапазон измерений и время срабатывания анализаторов должны соответствовать точности, требуемой для измерения концентраций компонентов отработавших газов в условиях переходного и устойчивого состояний.

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

Могут использоваться анализаторы с алгоритмами корректировки, являющимися функциями других измеренных газообразных компонентов, и с характеристиками топлива, предусмотренными для испытания конкретного двигателя. Любой алгоритм корректировки должен обеспечивать только корректировку смещения без какого-либо увеличения (т.е. без искажения).

##### 9.3.1.2 Проверка на точность, воспроизводимость и шум

Основой для определения точности и воспроизводимости для конкретного прибора, а также шума, издаваемого при его функционировании, служат рабочие характеристики, указанные в таблице 7.

Проводить проверку на точность и воспроизводимость нового прибора или на издаваемый при его функционировании шум не требуется, однако, возможно, было бы полезно рассмотреть вопрос об использовании таких проверок для определения технических требований к новому прибору, контроля его рабочих характеристик после доставки или для выявления и устранения неисправностей в уже эксплуатируемом приборе.

#### 9.3.1.3 Время восстановления

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

#### 9.3.1.4 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. Он должен отвечать требованиям пункта 9.3.9.4.

Допускается использование следующих осушителей газа:

- a) сушилка с осмотической мембраной, отвечающая техническим требованиям относительно температуры, изложенным в пункте 9.3.2.2. Осуществляют наблюдение за точкой росы ( $T_{\text{dew}}$ ) и абсолютным давлением ( $p_{\text{total}}$ ) на выходе из сушилки с осмотической мембраной;
- b) термальный охладитель, отвечающий требованиям проверки на предмет снижения эффективности по  $\text{NO}_2$ , указанной в пункте 9.3.9.4.

Использование химических осушителей для удаления воды из пробы не допускается.

### 9.3.2 Газоанализаторы

#### 9.3.2.1 Введение

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

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

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

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

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

#### 9.3.2.4 Анализ содержания углеводородов (HC)

Для анализа содержания углеводородов в качестве анализатора используют нагреваемый плазменно-ионизационный детектор (HFID) с датчиком, клапанами, системой трубопроводов и т.п., нагреваемый таким образом, чтобы поддерживать температуру газа на уровне  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В случае двигателей, работающих на ПГ, и двигателей с принудительным зажиганием в качестве анализатора углеводородов может использоваться, в зависимости от применяемого метода, ненагреваемый плазменно-ионизационный детектор (FID) (см. пункт А.3.1.3 приложения 3).

#### 9.3.2.5 Анализ содержания неметановых углеводородов (NMHC)

Фракцию неметановых углеводородов определяют 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  $\text{CH}_4$  FID может быть калиброван и тарирован с использованием калибровочного газа  $\text{CH}_4$ .

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

Для измерения  $\text{NO}_x$  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 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 используют хемилюминесцентный детектор (CLD) или нагреваемый хемилюминесцентный детектор (HCLD) с конвертером  $\text{NO}_2/\text{NO}$ . В случае измерения на влажной основе используют детектор HCLD с конвертером при температуре, поддерживаемой на уровне свыше  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ), и при условии соблюдения критериев проверки на сбой по воде (см. пункт 9.3.9.2.2). Как для CLD, так и для HCLD температура стенки канала отбора проб должна поддерживаться в пределах  $328 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C} - 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) вплоть до конвертера в случае замеров на сухой основе и до анализатора – в случае замеров на влажной основе.

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

Для измерения концентрации  $\text{NO}_x$  используют недисперсионный ультрафиолетовый (NDUV) анализатор. Если анализатор NDUV измеряет только  $\text{NO}$ , то перед анализатором NDUV устанавливают конвертер  $\text{NO}_2/\text{NO}$ . Температуру анализатора поддерживают на таком уровне, чтобы исключалась возможность образования водного конденсата, если перед конвертером  $\text{NO}_2/\text{NO}$  (в случае его использования) или перед анализатором не установлен осушитель для проб.

#### 9.3.2.7 Измерение отношения воздуха к топливу

В качестве оборудования для измерения отношения воздуха к топливу с целью определения расхода отработавших газов, как указано в пункте 8.4.1.6, используют широкополосный датчик состава сме-

си или кислородный датчик циркониевого типа. Датчик устанавливается непосредственно на выхлопной трубе в том месте, где температура отработавших газов достаточно высока для устранения конденсации влаги.

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

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

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

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

Для того чтобы датчик удовлетворял указанным выше пределам погрешности его калибруют в соответствии с указаниями изготовителя прибора.

### 9.3.3 Газы

Используют газы с неистекшим сроком годности.

#### 9.3.3.1 Химически чистые газы

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

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

Очищенный азот

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

Очищенный кислород

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

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)

( $40 \pm 1\%$  водорода, остальное гелий)

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

Очищенный 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: объемная доля 18–21%).

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

Очищенный азот

(Примеси:  $\leq 0,5 \text{ млн}^{-1} \text{ C1}$ ,  $\leq 1 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}$ ,  $\leq 10 \text{ млн}^{-1} \text{ CO}_2$ ,  $\leq 0,02 \text{ млн}^{-1} \text{ NO}$ )

Очищенный кислород

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

Смесь водорода и гелия (топливная горелка FID)



( $40 \pm 1\%$  водорода, остальное гелий)

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

Очищенный синтетический воздух

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

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

Если могут быть представлены доказательства указанного выше предельного содержания 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 с нижеследующим химическим составом. Другие комбинации газов допускаются при условии, что эти газы не вступают между собой в реакцию. Срок истечения годности калибровочных газов, указанный изготовителем, регистрируют.

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

CO и очищенный азот;

NO и очищенный азот;

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

CO<sub>2</sub> и очищенный азот;

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

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

Реальная концентрация калибровочного и поверочного газа должна находиться в пределах  $\pm 1\%$  номинального значения и соответствовать национальным или международным стандартам. Все концентрации калибровочного газа указывают в единицах объема (% 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 очищенный N<sub>2</sub> или очищенный синтетический воздух. Могут использоваться газосепараторы критического потока, газосепараторы с капиллярной трубкой или газосепараторы с измерителем количества тепла. При необходимости делают поправки на вязкость (если они не делаются внутренним программным обеспечением газосепаратора) для надлежащего обеспечения правильного разделения газов. Точность, обеспечиваемая газовым сепаратором, должна быть такой, чтобы концентрацию смешанных калибровочных газов можно было определять с погрешностью, не превышающей  $\pm 2\%$ . Данная погрешность означает, что содержание первичных газов смеси должно быть известно с точностью не менее  $\pm 1\%$  в соответствии с национальными или международными стандартами на газ.

Система газового сепаратора должна соответствовать требованиям проверки на линейность, изложенным в таблице 9 пункта 9.2. В факультативном порядке смеситель можно проверить при помощи прибора, который по своему характеру является линейным, например CLD с использованием газа NO. Чувствительность прибора регулируют с помощью поверочного газа, направляемого непосредственно в прибор. Газовый сепаратор проверяют при заданных параметрах настройки, и номинальное значение сопоставляют с концентрацией, замеренной прибором.

#### 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 определяют 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 10 с учетом того, что оставшуюся газовую фракцию должен составлять очищенный азот.

Таблица 10

#### 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 на просачивание в вакуумном сегменте

При первоначальной установке системы отбора проб, после капитального ремонта, например замены фильтра предварительной очистки, и за 8 часов до начала каждой последовательности испытания проводят проверку на предмет отсутствия значительного просачивания в вакуумном сегменте с использованием одного из испытаний на просачивание, описанных в настоящем пункте. Данной проверке не подвергается ни один из элементов полного потока системы разбавления CVS.

Просачивание может быть обнаружено посредством либо выявления небольшого количества расхода при нулевом расходе, либо фиксирования возрастающего давления в отводной системе, либо установления факта разбавления известной концентрации поверочного газа при его прохождении через вакуумную сторону системы отбора проб.

##### 9.3.4.1 Испытание на просачивание в малом объеме

Пробоотборник отсоединяют от системы выпуска, а его входное отверстие закрывают пробкой. Включают насос анализатора. После первоначального периода стабилизации и при отсутствии утечки все расходомеры будут показывать приблизительно нулевое значе-

ние. Если этого не происходит, то проводят проверку пробоотборных магистралей и устраняют неполадку.

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.

#### 9.3.4.2 Испытание на просачивание с распадом вакуума

Газы из системы откачивают до вакуумного давления не менее 20 кПа (абсолютное давление – 80 кПа) и выявляют интенсивность просачивания в системе как свидетельство распада вакуума. Для проведения этого испытания должно быть известно, что объем вакуумного сегмента системы отбора проб составляет в пределах  $\pm 10\%$  ее реального объема. После первоначального периода стабилизации скорость нарастания давления  $\Delta p$  (кПа/мин.) в системе не должна превышать:

$$\Delta p = p / V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (75),$$

где:

$V_s$  – объем системы, в л,

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

#### 9.3.4.3 Испытание на просачивание разбавленного поверочного газа

Газоанализатор подготавливают таким же образом, как и в случае испытаний на выбросы. Поверочный газ подают на вход анализатора, и предпринимают меры с целью убедиться, что концентрация поверочного газа измеряется с предполагаемой точностью измерения и точностью повторения. Избыточный поверочный газ направляют либо в концевую часть пробоотборника, либо через открытую часть переходного трубопровода при отсоединенном пробоотборнике, либо через трехходовый клапан, установленный между пробником и переходным трубопроводом.

Необходимо убедиться, что измеренная концентрация избыточного поверочного газа не выходит за пределы  $\pm 0,5\%$  концентрации поверочного газа. Если измеренное значение ниже предполагаемого, то имеет место просачивание, а если измеренное значение выше предполагаемого, то данное обстоятельство может свидетельствовать о проблемах, связанных с поверочным газом или самим анализатором. Если измеренное значение выше предполагаемого, то это еще не является свидетельством просачивания.

#### 9.3.5 Проверка времени срабатывания аналитической системы

Настройка системы на проверку времени срабатывания является точно такой же, как и в случае измерений в ходе фактического испытания (т.е. давление, показатели расхода, регулировка фильтров анализаторов и все другие параметры, влияющих на время срабатывания). Время срабатывания определяют 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).

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

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

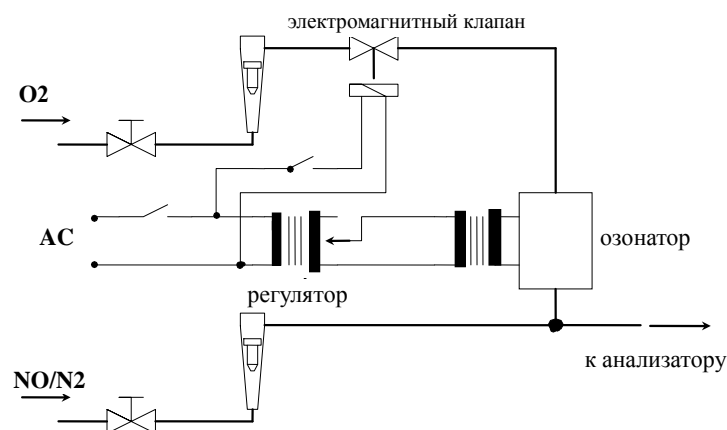
Для всех компонентов, на которые распространяются ограничения (CO, NO<sub>x</sub>, HC или NMHC), и всех используемых диапазонов измерений время срабатывания системы должно составлять  $\leq 10$  с, а время восстановления (в соответствии с пунктом 9.3.1.7) –  $\leq 2,5$  с. При использовании NMC для измерения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

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

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

## 9.3.6.2 Калибровка

Детекторы CLD и HCLD калибруют по наиболее часто используемому рабочему диапазону в соответствии с техническими требованиями 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 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 регистрируют.

## 9.3.6.3 Расчет

Эффективность конвертера в процентах рассчитывают по следующей формуле:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100 \quad (76),$$

где:

- a* – концентрация NO<sub>x</sub> в соответствии с пунктом 9.3.6.6,
- b* – концентрация NO<sub>x</sub> в соответствии с пунктом 9.3.6.7,
- c* – концентрация NO в соответствии с пунктом 9.3.6.4,
- d* – концентрация NO в соответствии с пунктом 9.3.6.5.

## 9.3.6.4 Дополнительная подача кислорода

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

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

## 9.3.6.5 Включение озонатора

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

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

Анализатор NO переключают 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*) регистрируют (анализатор отрегулирован на режим измерения NO<sub>x</sub>).

## 9.3.6.7 Отключение озонатора

Затем озонатор отключают. Газовая смесь, указанная в пункте 9.3.6.6, проходит через конвертер в детектор. Показания концен-

трации (b) регистрируют (анализатор отрегулирован на режим измерения  $\text{NO}_x$ ).

#### 9.3.6.8 Режим измерения NO

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

#### 9.3.6.9 Периодичность проверки

Эффективность конвертера проверяют не реже одного раза в месяц.

#### 9.3.6.10 Требуемая эффективность

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

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

#### 9.3.7 Регулировка FID

##### 9.3.7.1 Оптимизация чувствительности детектора

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

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

В факультативном порядке оптимизацию можно провести с использованием процедур, изложенных в нормативном документе SAE № 770141.

#### 9.3.7.2 Коэффициенты чувствительности на углеводороды

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

Коэффициенты чувствительности определяют 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 баллоне и выражается в  $\text{млн}^{-1} \text{C1}$ .

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

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

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

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

#### 9.3.7.3 Проверка кислородной интерференции

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

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

- a) Анализатор устанавливают на нуль.
- b) В случае двигателей с принудительным зажиганием анализатор тарируют с помощью 0-процентной смеси кислорода. Приборы для проверки двигателей с воспламенением от сжатия тарируют с помощью смеси, содержащей 21% кислорода.
- c) Чувствительность на нулевую концентрацию проверяют еще раз. Если она изменилась более чем на 0,5% полной шкалы, то операции a) и b), указанные в настоящем пункте, повторяют.

- d) Для проверки кислородной интерференции вводят 5-процентную и 10-процентную смеси газов.
- e) Чувствительность на нулевую концентрацию проверяют еще раз. Если она изменилась более чем на  $\pm 1\%$  полной шкалы, то испытание повторяют.
- f) Показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  рассчитывают для каждой смеси, используемой при операции d), по следующей формуле:

$$E_{O_2} = (c_{\text{ref,d}} - c) \times 100 / c_{\text{ref,d}} \quad (77),$$

при этом чувствительность анализатора рассчитывают по следующей формуле:

$$c = \frac{c_{\text{ref,b}} \times c_{\text{FS,b}}}{c_{\text{m,b}}} \times \frac{c_{\text{m,d}}}{c_{\text{FS,d}}} \quad (78),$$

где:

- $c_{\text{ref,b}}$  – исходная концентрация НС при операции b), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ;
- $c_{\text{ref,d}}$  – исходная концентрация НС при операции d), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ;
- $c_{\text{FS,b}}$  – концентрация НС по полной шкале при операции b), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ;
- $c_{\text{FS,d}}$  – концентрация НС по полной шкале при операции d), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ;
- $c_{\text{m,b}}$  – измеренная концентрация НС при операции b), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ ;
- $c_{\text{m,d}}$  – измеренная концентрация НС при операции d), в  $\text{млн}^{-1} \text{С}$ .
- g) До начала испытания показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  должен быть меньше  $\pm 1,5\%$  для всех газов, требуемых для проверки кислородной интерференции.
- h) Если показатель кислородной интерференции  $E_{O_2}$  больше  $\pm 1,5\%$ , то можно произвести корректировку посредством ступенчатого регулирования расхода воздуха несколько выше и несколько ниже диапазона значений, указанных в спецификациях изготовителя, а также расхода топлива и расхода проб.
- i) Проверку кислородной интерференции проводят для каждой новой регулировки.

#### 9.3.8 Эффективность отделителя неметановых фракций (NMC)

NMC применяется для удаления из отбираемой пробы газа углеводородов, не содержащих метан, путем окисления всех углеводородов, за исключением метана. В идеале преобразование метана должно составлять 0%, а остальных углеводородов, представленных этаном, – 100%. Для точного измерения NMHC определяют



два показателя эффективности, которые используются для расчета массового расхода выбросов NMHC (см. пункт 8.6.2).

Рекомендуется оптимизировать отделитель неметановых фракций посредством корректировки его температуры для обеспечения  $E_M < 0,15$  и  $E_E > 0,98$ , как это определено в пунктах 9.3.8.1 и 9.3.8.2, когда это применимо. Если корректировка температуры NMC не приводит к получению этих значений, то рекомендуется заменить каталитический материал.

#### 9.3.8.1 Эффективность по метану

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

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

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

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/o NMC)}}} \quad (80),$$

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, проводят 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  $\text{CO}$ . Поэтому поверочный газ, содержащий  $\text{CO}_2$  и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100% полной шкалы в 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  $\text{CO}$ , которую предполагается выявить в ходе испытания.

Процедуры определения воздействия  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  могут также осуществляться раздельно. 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 снижают 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  $\text{H}_2\text{O}$  уменьшают посредством умножения значения выявленного воздействия на соотношение предполагаемой максимальной концентрации  $\text{H}_2\text{O}$  и фактического значения, используемого в ходе осуществления этой процедуры. Сумма обоих уменьшенных значений воздействия должна соответствовать допускам, указанным в настоящем пункте.

#### 9.3.9.2 Проверки на сбой анализатора $\text{NO}_x$ в случае хемилюминесцентного детектора (CLD)

К двум газам, которые отрицательно влияют на работу анализаторов CLD (и HCLD), относятся  $\text{CO}_2$  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  $\text{H}_2\text{O}$  и/или  $\text{CO}_2$ , то оценку сбоя производят в рабочем режиме оборудования с применением компенсационных алгоритмов.

##### 9.3.9.2.1 Проверка на сбой по $\text{CO}_2$

Поверочный газ, содержащий  $\text{CO}_2$  и имеющий концентрацию, соответствующую 80–100% полной шкалы в максимальном рабочем диапазоне, пропускают через анализатор NDIR, и полученное значение для  $\text{CO}_2$  регистрируют в качестве *A*. Затем этот газ разбавляют приблизительно на 50% поверочным газом, содержащим  $\text{NO}$ , и пропускают через NDIR и CLD, при этом полученные значения для  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}$  регистрируют в качестве *B* и *C*, соответственно. После этого подачу  $\text{CO}_2$  прекращают, и через (H)CLD пропускают только поверочный газ, содержащий только  $\text{NO}$ , причем значение для  $\text{NO}$  регистрируют в качестве *D*.

Сбой (в %) рассчитывают по следующей формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100 \quad (81),$$

где:

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

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

#### 9.3.9.2.2 Проверка на сбой по воде

Этот метод проверки применяется только к измерениям концентрации влажного газа. При расчете вероятности сбоя, вызываемого водой, учитывают разбавление поверочного газа, содержащего NO, водяным паром и уровень концентрации водяного пара в смеси, которая, как ожидается, будет достигнута в ходе испытания.

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

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

$$H = 100 \times (G / p_b) \quad (82)$$

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

$$D_e = D \times (1 - H / 100) \quad (83)$$

и регистрируют в качестве *D<sub>e</sub>*. Для отработавших газов дизельного двигателя максимальную концентрацию водяных паров в отработавших газах (в %), ожидаемую в ходе испытания, определяют – при предположении, что соотношение H/C в топливе составляет 1,8/1, – на основе максимальной концентрации CO<sub>2</sub> в отработавших газах (*A*) по следующей формуле:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (84)$$

и регистрируют в качестве  $H_m$ .

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

$$E_{H_2O} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H) \quad (85),$$

где:

$D_e$  – предполагаемая концентрация разбавленного  $NO$ , в  $млн^{-1}$ ;

$C$  – измеренная концентрация разбавленного  $NO$ , в  $млн^{-1}$ ;

$H_m$  – максимальная концентрация водяных паров, в %;

$H$  – реальная концентрация водяных паров, в %.

#### 9.3.9.2.3 Максимально допустимый сбой

Суммарный сбой по  $CO_2$  и по воде не должен превышать 2% концентрации  $NO_x$ , которую предполагается выявить в ходе испытания.

#### 9.3.9.3 Проверка на сбой анализатора $NO_x$ в случае недисперсионного ультрафиолетового (NDUV) анализатора

Углеводороды и  $H_2O$  могут позитивно воздействовать на анализатор NDUV, вызывая такую же реакцию, как и в случае  $NO_x$ . Если в анализаторе NDUV используются компенсационные алгоритмы, предполагающие измерение содержания других газов для проверки этого воздействия, то такие измерения проводят одновременно для контроля алгоритмов при проверке воздействия на анализатор.

#### 9.3.9.3.1 Процедура

Анализатор NDUV включают, приводят в действие, устанавливают на нуль и тарируют в соответствии с инструкциями изготовителя прибора. Для проведения данной проверки рекомендуется взять пробу отработавших газов из двигателя. Для определения содержания  $NO_x$  в отработавших газах используют CLD. В качестве исходного значения используют время срабатывания CLD. Кроме того, при помощи анализатора FID измеряют содержание HC в отработавших газах. Время срабатывания FID используется в качестве исходного значения содержания углеводорода.

Перед любым осушителем для проб, если он используется в ходе испытания, в анализатор NDUV вводят пробу отработавших газов из двигателя. Отводят 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 производят запись (в течение 30 секунд) полученных данных и рассчитывают средние арифметические значения для всех трех анализаторов.

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

$$E_{\text{HC/H}_2\text{O}} = (c_{\text{NO}_x, \text{CLD}} - c_{\text{NO}_x, \text{NDUV}}) \times \left( \frac{c_{\text{HC}, e}}{c_{\text{HC}, m}} \right) \quad (86),$$

где:

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

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

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

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

#### 9.3.9.3.2 Максимально допустимый сбой

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

#### 9.3.9.4 Осушитель 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 надлежит продемонстрировать, что при наибольшей предполагаемой концентрации водяных паров  $H_m$  (см. пункт 9.3.9.2.2) осушитель для проб позволяет поддерживать влажность в 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 вытеснять  $\text{NO}_2$  из пробы. Если осушитель для проб используется 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  $\text{NO}_2$ .

Для проверки эффективности осушителя для проб применяют нижеследующую процедуру.

В пробоотборник или в трубные соединения избыточного потока системы отбора проб газа в избытке подают калибровочный газ, содержащий  $\text{NO}_2$ , в котором концентрация  $\text{NO}_2$  близка к предполагаемой максимальной концентрации в ходе испытания. Отводят время для стабилизации чувствительности к общему объему  $\text{NO}_x$  с учетом задержек с прокачкой и времени срабатывания прибора. Производят расчет среднего значения всех данных о  $\text{NO}_x$ , собранных за 30 с, которое регистрируется в качестве  $c_{\text{NO}_x\text{ref}}$ , и подачу калибровочного газа  $\text{NO}_2$  прекращают.

Систему отбора проб насыщают посредством направления избыточного количества газов, выходящих из генератора, при точке росы, установленной на уровне  $50\text{ }^\circ\text{C}$ , в пробоотборник или трубные соединения избыточного потока системы отбора проб газа. Через систему отбора проб и осушитель отбирают пробы из выходного потока генератора при установленной точке росы в течение не менее 10 минут до тех пор, пока осушитель не войдет в режим постоянной скорости отбора воды.

Систему отбора проб немедленно переключают обратно на использование избыточного калибровочного газа  $\text{NO}_2$  для определения  $c_{\text{NO}_x\text{ref}}$ . Допускается стабилизация чувствительности к общему объему  $\text{NO}_x$  с учетом задержек с прокачкой и времени срабатывания прибора. Производят расчет среднего значения всех данных о  $\text{NO}_x$ , собранных за 30 с, которое регистрируется в качестве  $c_{\text{NO}_x\text{meas}}$ .

$c_{\text{NO}_x\text{meas}}$  корректируют по  $c_{\text{NO}_x\text{dry}}$  на основе остаточного водяного пара, прошедшего через осушитель для проб при температуре и давлении на выходе из осушителя.

Если  $c_{\text{NO}_x\text{dry}}$  меньше 95% от  $c_{\text{NO}_x\text{ref}}$ , то охладитель ремонтируют или заменяют.

#### 9.3.10 Отбор проб первичных газообразных выбросов, если это применимо

Пробоотборники для газообразных выбросов устанавливают 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 ( $70\text{ }^\circ\text{C}$ ).

В случае многоцилиндрового двигателя, имеющего разветвленный выпускной коллектор, вход пробоотборника располагают 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 коллекторов, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять коллекторы на участке до пробоотборника. Если на практике это сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем выбросов  $\text{CO}_2$ . Для расчета выбросов веществ, содержащихся в отработавших газах, используют суммарный массовый расход отработавших газов.

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

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

Пробы фоновых концентраций отбирают на входе в смесительный канал в пробоотборный мешок и вычитают 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). Систему разбавления регулируют таким образом, чтобы:

- a) полностью устранить конденсацию воды в системах разбавления и отбора проб;
- b) поддерживать температуру разбавленных отработавших газов на уровне  $315 \text{ K}$  ( $42^\circ \text{C}$ ) –  $325 \text{ K}$  ( $52^\circ \text{C}$ ) в пределах 20 см перед фильтродержателем(ями) или после него (них);
- c) температура разбавителя составляла  $293 \text{ K}$  –  $325 \text{ K}$  ( $20^\circ \text{C}$  –  $42^\circ \text{C}$ ) в непосредственной близости от входа в смесительный канал; Договаривающиеся стороны могут установить для дви-

гателей, подлежащих официальному утверждению по типу конструкции либо 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(ей) составляло 0,5–5 секунд;
- f) в случае системы с полным разбавлением потока общее время прохождения через систему от точки ввода разбавителя до фильтродержателя(ей) составляло 1–5 секунд, а время прохождения через вторичную систему разбавления, если она используется, от точки ввода разбавителя до фильтродержателя(ей) составляло не менее 0,5 секунды.

Допускается осушение разбавителя до его поступления 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 устанавливают в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.10, регламентирующие порядок установки, применяются также к отбору проб твердых частиц. Пробоотборная магистраль должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.

В случае многоцилиндрового двигателя, имеющего разветвленный выпускной коллектор, вход пробоотборника располагают 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 коллекторов, например V-образных двигателей, рекомендуется объединять коллекторы на участке до пробоотборника. Если на практике это сделать невозможно, то разрешается отбирать пробы из группы с самым высоким уровнем выбросов твердых частиц. Для расчета выбросов частиц, содержащихся в отработавших газах, используют суммарный массовый расход отработавших газов на выходе коллектора.

##### 9.4.3.2 Система полного разбавления потока

Пробоотборник для твердых частиц устанавливают в непосредственной близости, но на достаточном удалении от пробоотборника для газообразных выбросов во избежание создания помех. В этой связи положения пункта 9.3.11, регламентирующие порядок установки, применяются также к отбору проб твердых частиц. Пробоотборная магистраль должна соответствовать требованиям, изложенным в приложении 3.



- 9.4.4 Фильтры для отбора проб твердых частиц
- Отбор проб разбавленных отработавших газов производят с помощью фильтра, который отвечает требованиям пунктов 9.4.4.1–9.4.4.3, в ходе всей последовательности проведения испытания.
- 9.4.4.1 Технические требования к фильтрам
- Фильтры всех типов должны иметь коэффициент улавливания частиц DOP (диоктилфталата) диаметром 0,3 мкм не менее 99%. Фильтр должен:
- либо быть изготовлен из стекловолокна с фторуглеродным покрытием (PTFE),
  - либо иметь мембрану 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 эффективным диаметром (диаметром фильтрующего элемента) не менее 38 мм.
- 9.4.4.3 Скорость прохождения через фильтрующую поверхность
- Скорость прохождения через фильтрующую поверхность должна составлять 0,90–1,00 м/с, причем превышать этот предел может менее 5% регистрируемых значений потока. Если общая масса ТЧ на фильтре превышает 400 мкг, то скорость прохождения через фильтрующую поверхность может быть уменьшена до 0,50 м/с. Эту скорость рассчитывают посредством деления объемного расхода пробы при соответствующих значениях давления перед фильтром и температуры фильтрующей поверхности на значение экспонируемой зоны фильтра.
- 9.4.5 Технические требования к камере для взвешивания и аналитическим весам
- В окружающей среде камеры (или помещения) не должно быть никаких внешних загрязнителей (как, например, пыль, аэрозоль или полувolatile материалы), которые могут загрязнять фильтры для твердых частиц. В помещении для взвешивания должно быть обеспечено соответствие установленным техническим требованиям, по крайней мере за 60 мин. до взвешивания фильтров.
- 9.4.5.1 Условия в камере для взвешивания
- Температуру в камере (или помещении), где проводится кондиционирование и взвешивание фильтров для твердых частиц, поддерживают 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 поддерживают на уровне 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 температуру в месте стабилизации поддерживают 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 регистрируют.
- 9.4.5.2 Взвешивание эталонных фильтров

В течение 80 часов взвешивают 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 делают поправку на статическое давление.

Если вес любого из эталонных фильтров изменяется между взвешиваниями фильтров для отбора проб более чем на 10 мкг либо на  $\pm 10\%$  от предполагаемой общей массы ТЧ, в зависимости от того, какое из этих значений выше, то все фильтры для отбора проб отбраковывают и испытание на измерение выбросов повторяют.

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

#### 9.4.5.3 Аналитические весы

Аналитические весы, используемые для определения веса фильтра, должны удовлетворять критерию проверки линейности, указанному в таблице 9 пункта 9.2. Это означает, что их погрешность должна составлять не более 0,5 мкг, а разрешение – не менее 1 мкг (1 деление = 1 мкг).

Для обеспечения тщательного взвешивания фильтра весы устанавливают следующим образом:

- a) их устанавливают на платформе с виброизоляцией для изолирования от внешнего шума и вибрации;
- b) их защищают от конвекционного потока воздуха заземленным экраном для рассеяния статического заряда.

#### 9.4.5.4 Устранение воздействия статического электричества

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

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

- a) весы заземляют;
- b) если пробы ТЧ отбираются вручную, то используют пинцеты из нержавеющей стали;
- c) пинцеты заземляют при помощи заземляющей перемычки, либо оператор использует 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, подвергаются 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 используют точный расходомер, соответствующий международным и/или национальным стандартам. Калибровка дифференциального измерения расхода указана в пункте 9.4.6.2.

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

Система частичного разбавления потока должна быть сконструирована таким образом, чтобы из потока отработавших газов двигателя можно было извлечь пропорциональную пробу первичных отработавших газов в целях учета колебаний расхода отработавших газов. В этой связи 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 определяют методом, указанным в пункте 9.4.6.6. Если общее время перехода для системы измерения потока отработавших газов (см. пункт 8.4.1.2) и системы частичного разбавления потока составляет  $\leq 0,3$  с, то используют контроль в режиме "онлайн". Если время перехода превышает 0,3 с, то используют прогностический алгоритм управления на основе предварительно записанных параметров испытания. В этом случае комбинированное время восстановления должно составлять  $\leq 1$  с, а комбинированное время задержки –  $\leq 10$  с.

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

- а) коэффициент смешанной корреляции  $r^2$  линейной регрессии на отрезке между  $q_{mp,i}$  и  $q_{mew,i}$  составляет не менее 0,95;
- б) стандартная погрешность оценки  $q_{mp,i}$  по  $q_{mew,i}$  не превышает 5% от максимального значения  $q_{mp}$ ;

- с) отрезок  $q_{mp}$ , отсекаемый линией регрессии, не превышает  $\pm 2\%$  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 проводят 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  $q_{mew,i}$  используют данные, полученные в ходе фактического испытания, при этом  $q_{mew,i}$  синхронизируется по  $t_{50,F}$  относительно  $q_{mp,i}$  (без учета  $t_{50,P}$  в полученном сдвиге). Это означает, что сдвиг по времени между  $q_{mew}$  и  $q_{mp}$  представляет собой разницу между временем перехода каждого из этих параметров, которое было определено в соответствии с пунктом 9.4.6.6.

#### 9.4.6.2 Технические требования к дифференциальному измерению расхода

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

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (87)$$

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:

- 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;
- 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;
- 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);
- абсолютная точность  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  находится в пределах  $\pm 2\%$  полной шкалы, максимальная погрешность разности  $q_{mdew}$  и  $q_{mdw}$  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 расхода калибруют 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  $q_{mdw}$  подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ ; разность показаний двух расходомеров калибруют не менее чем по 5 установочным 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 подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdew}$ , и его точность проверяют по значению, используемому в ходе испытания. Затем это калиброванное устройство подсоединяют последовательно с расходомером для измерения  $q_{mdw}$ , и его точность проверяют не менее чем по 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) отсоединяют от выхлопной трубы, и к нему подсоединяют калиброванное устройство измерения расхода с соответствующим диапазоном измерения  $q_{mp}$ . Значение  $q_{mdew}$  устанавливают по значению, используемому в ходе испытания, а значение  $q_{mdw}$  последовательно устанавливают 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 направляют в отводящий патрубок ТТ, через который проходят отработавшие газы. Этим индикаторным газом может быть один из компонентов отработавших газов, например  $CO_2$  или  $NO_x$ . После разбавления в смесительном канале этот компонент, служащий в качестве индикаторного газа, измеряют. Данное измерение проводят для 5 коэффициентов разбавления в пределах от 3 до 50. Точность расхода пробы определяют исходя из коэффициента разбавления  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (88)$$

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

#### 9.4.6.4 Проверка расхода углерода

Для выявления проблем, связанных с измерением и регулировкой, и для проверки надлежащей работы системы частичного разбавления потока настоятельно рекомендуется производить проверку расхода углерода на фактических отработавших газах. Проверку расхода углерода проводят по крайней мере при каждой установке нового двигателя либо в случае существенных изменений 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  $\text{CO}_2$  составляет не менее 5%. Система отбора проб частично разбавленного потока должна работать при коэффициенте разбавления примерно 15 к 1.

Если проводится проверка расхода углерода, то применяют процедуру, указанную в приложении 5. Значения расхода углерода рассчитывают по формулам 106–108, приведенным в приложении 5. Разброс всех значений расхода углерода должен составлять не более 3%.

#### 9.4.6.5 Проверка перед испытанием

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

Точность расходомеров проверяют с помощью того же метода, который используется для калибровки (см. пункт 9.4.6.2), не менее чем по двум точкам, включая значения расхода  $q_{mdw}$ , которые соответствуют коэффициентам разбавления в пределах от 5 до 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 более продолжительного периода времени, то предварительную проверку можно не проводить.

#### 9.4.6.6 Определение времени перехода

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

Отдельный эталонный расходомер с диапазоном измерений, соответствующим расходу пробы, устанавливают последовательно с пробоотборником и подсоединяют непосредственно к нему. Время перехода этого расходомера должно составлять менее 100 мс для той 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, подвергают ступенчатому изменению от самого низкого до расхода, составляющего 90% мак-

симального 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. Величину ступенчатого наращивания расхода отработавших газов и показания расходомера регистрируют с частотой отбора проб, составляющей не менее 10 Гц.

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

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

## 9.5 Калибровка системы CVS

### 9.5.1 Общие положения

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

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

В процессе калибровки поддерживают 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) рассчитывают в стандартных единицах ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Затем расход воздуха преобразуют в расход насоса ( $V_0$ ) в  $\text{м}^3/\text{об}$  при абсолютной температуре и абсолютном давлении на входе в насос по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (89),$$

где:

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

$T$  – 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:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (90),$$

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 производят подбор методом наименьших квадратов:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (91)$$

$D_0$  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  $K_v$  наносят на график в виде функции давления на входе в трубку Вентури. При критическом расходе (закупорке)  $K_v$  будет иметь относительно постоянную величину. По мере снижения давления (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 ( $q_{vCVS}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум 8 регулировок) рассчитывают в стандартных единицах ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Коэффициент калибровки рассчитывают на основе калибровочных данных для каждого значения регулировки по следующей формуле:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{p_p} \quad (92),$$

где:

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

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

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

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

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

Калибровка SSV основана на уравнении расхода через трубку Вентури для дозвуковых потоков. Как явствует из уравнения 56 (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 газа ( $Q_{SSV}$ ) при каждом значении регулировки ограничителя (минимум 16 регулировок) рассчитывают в стандартных единицах ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на основе показаний расходомера с использованием метода, предписанного изготовителем. Коэффициент расхода рассчитывают по калибровочным данным для каждого значения регулировки по следующей формуле:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_V^2 \times p_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (93),$$

где:

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

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

$d_V$  – диаметр сужения SSV, в 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  $C_d$  наносят на график в виде функции числа Рейнольдса  $Re$  на сужении SSV.  $Re$  на сужении SSV рассчитывают при помощи следующего уравнения:

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_V \times \mu} \quad (94),$$

при этом

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (95),$$

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 газа при стандартных условиях (101,3 кПа, 273 К), в  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$d_V$  – диаметр сужения SSV, в м;

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

$b$  –  $1,458 \times 10^6$  (эмпирическая константа), кг/мс  $\text{К}^{0,5}$ ;

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

Поскольку в уравнении  $Re$  параметр  $Q_{SSV}$  представляет собой аргумент, расчеты начинают с произвольно выбранной величины  $Q_{SSV}$

или  $C_d$  калибровочной трубки Вентури и повторяют до тех пор, пока результаты расчета  $Q_{SSV}$  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 Проверка всей системы

Суммарную погрешность системы отбора проб CVS и аналитической системы определяют путем введения известной массы загрязняющего газа в систему во время ее работы в нормальном режиме. Загрязняющее вещество подвергают анализу, и его массу рассчитывают в соответствии с пунктом 8.5.2.3, за исключением случая пропана, когда для HC вместо 0,000480 используется коэффициент  $u$ , принимаемый равным 0,000507. При этом используют один из нижеисследующих двух методов.

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

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

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

##### 9.5.5.2 Измерение с помощью гравиметра

Массу небольшого баллона, заполненного оксидом углерода или пропаном, определяют с точностью до  $\pm 0,01$  г. В течение приблизительно 5-10 минут система CVS работает в нормальном режиме испытания на выбросы отработавших газов; в это время в систему вводят оксид углерода или пропан. Количество выделенного чистого газа определяют посредством дифференциального взвешивания. Пробу газа анализируют с помощью обычного оборудования (мешок для отбора проб или метод интегрирования), и производят 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
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

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

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

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

<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>	<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>	<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>
<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
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
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



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

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
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	1 000	44,3	0,0
901	0,0	5,8	951	45,9	24,2	1 001	52,6	m
902	2,5	27,9	952	46,5	24,7	1 002	43,4	m
903	12,4	29,0	953	46,7	24,7	1 003	50,6	0,0
904	19,4	30,1	954	46,8	28,2	1 004	57,8	m
905	29,3	31,2	955	47,2	31,2	1 005	51,6	m
906	37,1	10,4	956	47,6	29,6	1 006	44,8	m
907	40,6	4,9	957	48,2	31,2	1 007	48,6	0,0
908	35,8	0,0	958	48,6	33,5	1 008	52,4	m
909	30,9	7,6	959	48,8	m	1 009	45,4	m
910	35,4	13,8	960	47,6	m	1 010	37,2	m
911	36,5	11,1	961	46,3	m	1 011	26,3	m
912	40,8	48,5	962	45,2	m	1 012	17,9	m
913	49,8	3,7	963	43,5	m	1 013	16,2	1,9
914	41,2	0,0	964	41,4	m	1 014	17,8	7,5
915	32,7	29,7	965	40,3	m	1 015	25,2	18,0
916	39,4	52,1	966	39,4	m	1 016	39,7	6,5
917	48,8	22,7	967	38,0	m	1 017	38,6	0,0
918	41,6	0,0	968	36,3	m	1 018	37,4	5,4
919	34,5	46,6	969	35,3	5,8	1 019	43,4	9,7
920	39,7	84,4	970	35,4	30,2	1 020	46,9	15,7
921	44,7	83,2	971	36,6	55,6	1 021	52,5	13,1
922	49,5	78,9	972	38,6	48,5	1 022	56,2	6,3
923	52,3	83,8	973	39,9	41,8	1 023	44,0	0,0
924	53,4	77,7	974	40,3	38,2	1 024	31,8	20,9
925	52,1	69,6	975	40,8	35,0	1 025	38,7	36,3
926	47,9	63,6	976	41,9	32,4	1 026	47,7	47,5
927	46,4	55,2	977	43,2	26,4	1 027	54,5	22,0
928	46,5	53,6	978	43,5	m	1 028	41,3	0,0
929	46,4	62,3	979	42,9	m	1 029	28,1	26,8
930	46,1	58,2	980	41,5	m	1 030	31,6	49,2
931	46,2	61,8	981	40,9	m	1 031	34,5	39,5
932	47,3	62,3	982	40,5	m	1 032	36,4	24,0
933	49,3	57,1	983	39,5	m	1 033	36,7	m
934	52,6	58,1	984	38,3	m	1 034	35,5	m
935	56,3	56,0	985	36,9	m	1 035	33,8	m
936	59,9	27,2	986	35,4	m	1 036	33,7	19,8
937	45,8	0,0	987	34,5	m	1 037	35,3	35,1
938	31,8	28,8	988	33,9	m	1 038	38,0	33,9

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1 039	40,1	34,5	1 089	46,3	24,0	1 139	51,7	0,0
1 040	42,2	40,4	1 090	47,8	20,6	1 140	59,2	m
1 041	45,2	44,0	1 091	47,2	3,8	1 141	47,2	m
1 042	48,3	35,9	1 092	45,6	4,4	1 142	35,1	0,0
1 043	50,1	29,6	1 093	44,6	4,1	1 143	23,1	m
1 044	52,3	38,5	1 094	44,1	m	1 144	13,1	m
1 045	55,3	57,7	1 095	42,9	m	1 145	5,0	m
1 046	57,0	50,7	1 096	40,9	m	1 146	0,0	0,0
1 047	57,7	25,2	1 097	39,2	m	1 147	0,0	0,0
1 048	42,9	0,0	1 098	37,0	m	1 148	0,0	0,0
1 049	28,2	15,7	1 099	35,1	2,0	1 149	0,0	0,0
1 050	29,2	30,5	1 100	35,6	43,3	1 150	0,0	0,0
1 051	31,1	52,6	1 101	38,7	47,6	1 151	0,0	0,0
1 052	33,4	60,7	1 102	41,3	40,4	1 152	0,0	0,0
1 053	35,0	61,4	1 103	42,6	45,7	1 153	0,0	0,0
1 054	35,3	18,2	1 104	43,9	43,3	1 154	0,0	0,0
1 055	35,2	14,9	1 105	46,9	41,2	1 155	0,0	0,0
1 056	34,9	11,7	1 106	52,4	40,1	1 156	0,0	0,0
1 057	34,5	12,9	1 107	56,3	39,3	1 157	0,0	0,0
1 058	34,1	15,5	1 108	57,4	25,5	1 158	0,0	0,0
1 059	33,5	m	1 109	57,2	25,4	1 159	0,0	0,0
1 060	31,8	m	1 110	57,0	25,4	1 160	0,0	0,0
1 061	30,1	m	1 111	56,8	25,3	1 161	0,0	0,0
1 062	29,6	10,3	1 112	56,3	25,3	1 162	0,0	0,0
1 063	30,0	26,5	1 113	55,6	25,2	1 163	0,0	0,0
1 064	31,0	18,8	1 114	56,2	25,2	1 164	0,0	0,0
1 065	31,5	26,5	1 115	58,0	12,4	1 165	0,0	0,0
1 066	31,7	m	1 116	43,4	0,0	1 166	0,0	0,0
1 067	31,5	m	1 117	28,8	26,2	1 167	0,0	0,0
1 068	30,6	m	1 118	30,9	49,9	1 168	0,0	0,0
1 069	30,0	m	1 119	32,3	40,5	1 169	0,0	0,0
1 070	30,0	m	1 120	32,5	12,4	1 170	0,0	0,0
1 071	29,4	m	1 121	32,4	12,2	1 171	0,0	0,0
1 072	44,3	0,0	1 122	32,1	6,4	1 172	0,0	0,0
1 073	59,2	m	1 123	31,0	12,4	1 173	0,0	0,0
1 074	58,3	m	1 124	30,1	18,5	1 174	0,0	0,0
1 075	57,1	m	1 125	30,4	35,6	1 175	0,0	0,0
1 076	55,4	m	1 126	31,2	30,1	1 176	0,0	0,0
1 077	53,5	m	1 127	31,5	30,8	1 177	0,0	0,0
1 078	51,5	m	1 128	31,5	26,9	1 178	0,0	0,0
1 079	49,7	m	1 129	31,7	33,9	1 179	0,0	0,0
1 080	47,9	m	1 130	32,0	29,9	1 180	0,0	0,0
1 081	46,4	m	1 131	32,1	m	1 181	0,0	0,0
1 082	45,5	m	1 132	31,4	m	1 182	0,0	0,0
1 083	45,2	m	1 133	30,3	m	1 183	0,0	0,0
1 084	44,3	m	1 134	29,8	m	1 184	0,0	0,0
1 085	43,6	m	1 135	44,3	0,0	1 185	0,0	0,0
1 086	43,1	m	1 136	58,9	m	1 186	0,0	0,0
1 087	42,5	25,6	1 137	52,1	m	1 187	0,0	0,0
1 088	43,3	25,7	1 138	44,1	m	1 188	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	%	%
1 189	0,0	0,0	1 239	58,5	85,4	1 289	61,9	76,1
1 190	0,0	0,0	1 240	59,5	85,6	1 290	65,6	73,7
1 191	0,0	0,0	1 241	61,0	86,6	1 291	69,9	79,3
1 192	0,0	0,0	1 242	62,6	86,8	1 292	74,1	81,3
1 193	0,0	0,0	1 243	64,1	87,6	1 293	78,3	83,2
1 194	0,0	0,0	1 244	65,4	87,5	1 294	82,6	86,0
1 195	0,0	0,0	1 245	66,7	87,8	1 295	87,0	89,5
1 196	0,0	20,4	1 246	68,1	43,5	1 296	91,2	90,8
1 197	12,6	41,2	1 247	55,2	0,0	1 297	95,3	45,9
1 198	27,3	20,4	1 248	42,3	37,2	1 298	81,0	0,0
1 199	40,4	7,6	1 249	43,0	73,6	1 299	66,6	38,2
1 200	46,1	m	1 250	43,5	65,1	1 300	67,9	75,5
1 201	44,6	m	1 251	43,8	53,1	1 301	68,4	80,5
1 202	42,7	14,7	1 252	43,9	54,6	1 302	69,0	85,5
1 203	42,9	7,3	1 253	43,9	41,2	1 303	70,0	85,2
1 204	36,1	0,0	1 254	43,8	34,8	1 304	71,6	85,9
1 205	29,3	15,0	1 255	43,6	30,3	1 305	73,3	86,2
1 206	43,8	22,6	1 256	43,3	21,9	1 306	74,8	86,5
1 207	54,9	9,9	1 257	42,8	19,9	1 307	76,3	42,9
1 208	44,9	0,0	1 258	42,3	m	1 308	63,3	0,0
1 209	34,9	47,4	1 259	41,4	m	1 309	50,4	21,2
1 210	42,7	82,7	1 260	40,2	m	1 310	50,6	42,3
1 211	52,0	81,2	1 261	38,7	m	1 311	50,6	53,7
1 212	61,8	82,7	1 262	37,1	m	1 312	50,4	90,1
1 213	71,3	39,1	1 263	35,6	m	1 313	50,5	97,1
1 214	58,1	0,0	1 264	34,2	m	1 314	51,0	100,0
1 215	44,9	42,5	1 265	32,9	m	1 315	51,9	100,0
1 216	46,3	83,3	1 266	31,8	m	1 316	52,6	100,0
1 217	46,8	74,1	1 267	30,7	m	1 317	52,8	32,4
1 218	48,1	75,7	1 268	29,6	m	1 318	47,7	0,0
1 219	50,5	75,8	1 269	40,4	0,0	1 319	42,6	27,4
1 220	53,6	76,7	1 270	51,2	m	1 320	42,1	53,5
1 221	56,9	77,1	1 271	49,6	m	1 321	41,8	44,5
1 222	60,2	78,7	1 272	48,0	m	1 322	41,4	41,1
1 223	63,7	78,0	1 273	46,4	m	1 323	41,0	21,0
1 224	67,2	79,6	1 274	45,0	m	1 324	40,3	0,0
1 225	70,7	80,9	1 275	43,6	m	1 325	39,3	1,0
1 226	74,1	81,1	1 276	42,3	m	1 326	38,3	15,2
1 227	77,5	83,6	1 277	41,0	m	1 327	37,6	57,8
1 228	80,8	85,6	1 278	39,6	m	1 328	37,3	73,2
1 229	84,1	81,6	1 279	38,3	m	1 329	37,3	59,8
1 230	87,4	88,3	1 280	37,1	m	1 330	37,4	52,2
1 231	90,5	91,9	1 281	35,9	m	1 331	37,4	16,9
1 232	93,5	94,1	1 282	34,6	m	1 332	37,1	34,3
1 233	96,8	96,6	1 283	33,0	m	1 333	36,7	51,9
1 234	100,0	m	1 284	31,1	m	1 334	36,2	25,3
1 235	96,0	m	1 285	29,2	m	1 335	35,6	m
1 236	81,9	m	1 286	43,3	0,0	1 336	34,6	m
1 237	68,1	m	1 287	57,4	32,8	1 337	33,2	m
1 238	58,1	84,7	1 288	59,9	65,4	1 338	31,6	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	%	%
1 339	30,1	m	1 389	50,4	50,2	1 439	36,3	98,8
1 340	28,8	m	1 390	53,0	26,1	1 440	37,7	100,0
1 341	28,0	29,5	1 391	59,5	0,0	1 441	39,2	100,0
1 342	28,6	100,0	1 392	66,2	38,4	1 442	40,9	100,0
1 343	28,8	97,3	1 393	66,4	76,7	1 443	42,4	99,5
1 344	28,8	73,4	1 394	67,6	100,0	1 444	43,8	98,7
1 345	29,6	56,9	1 395	68,4	76,6	1 445	45,4	97,3
1 346	30,3	91,7	1 396	68,2	47,2	1 446	47,0	96,6
1 347	31,0	90,5	1 397	69,0	81,4	1 447	47,8	96,2
1 348	31,8	81,7	1 398	69,7	40,6	1 448	48,8	96,3
1 349	32,6	79,5	1 399	54,7	0,0	1 449	50,5	95,1
1 350	33,5	86,9	1 400	39,8	19,9	1 450	51,0	95,9
1 351	34,6	100,0	1 401	36,3	40,0	1 451	52,0	94,3
1 352	35,6	78,7	1 402	36,7	59,4	1 452	52,6	94,6
1 353	36,4	50,5	1 403	36,6	77,5	1 453	53,0	65,5
1 354	37,0	57,0	1 404	36,8	94,3	1 454	53,2	0,0
1 355	37,3	69,1	1 405	36,8	100,0	1 455	53,2	m
1 356	37,6	49,5	1 406	36,4	100,0	1 456	52,6	m
1 357	37,8	44,4	1 407	36,3	79,7	1 457	52,1	m
1 358	37,8	43,4	1 408	36,7	49,5	1 458	51,8	m
1 359	37,8	34,8	1 409	36,6	39,3	1 459	51,3	m
1 360	37,6	24,0	1 410	37,3	62,8	1 460	50,7	m
1 361	37,2	m	1 411	38,1	73,4	1 461	50,7	m
1 362	36,3	m	1 412	39,0	72,9	1 462	49,8	m
1 363	35,1	m	1 413	40,2	72,0	1 463	49,4	m
1 364	33,7	m	1 414	41,5	71,2	1 464	49,3	m
1 365	32,4	m	1 415	42,9	77,3	1 465	49,1	m
1 366	31,1	m	1 416	44,4	76,6	1 466	49,1	m
1 367	29,9	m	1 417	45,4	43,1	1 467	49,1	8,3
1 368	28,7	m	1 418	45,3	53,9	1 468	48,9	16,8
1 369	29,0	58,6	1 419	45,1	64,8	1 469	48,8	21,3
1 370	29,7	88,5	1 420	46,5	74,2	1 470	49,1	22,1
1 371	31,0	86,3	1 421	47,7	75,2	1 471	49,4	26,3
1 372	31,8	43,4	1 422	48,1	75,5	1 472	49,8	39,2
1 373	31,7	m	1 423	48,6	75,8	1 473	50,4	83,4
1 374	29,9	m	1 424	48,9	76,3	1 474	51,4	90,6
1 375	40,2	0,0	1 425	49,9	75,5	1 475	52,3	93,8
1 376	50,4	m	1 426	50,4	75,2	1 476	53,3	94,0
1 377	47,9	m	1 427	51,1	74,6	1 477	54,2	94,1
1 378	45,0	m	1 428	51,9	75,0	1 478	54,9	94,3
1 379	43,0	m	1 429	52,7	37,2	1 479	55,7	94,6
1 380	40,6	m	1 430	41,6	0,0	1 480	56,1	94,9
1 381	55,5	0,0	1 431	30,4	36,6	1 481	56,3	86,2
1 382	70,4	41,7	1 432	30,5	73,2	1 482	56,2	64,1
1 383	73,4	83,2	1 433	30,3	81,6	1 483	56,0	46,1
1 384	74,0	83,7	1 434	30,4	89,3	1 484	56,2	33,4
1 385	74,9	41,7	1 435	31,5	90,4	1 485	56,5	23,6
1 386	60,0	0,0	1 436	32,7	88,5	1 486	56,3	18,6
1 387	45,1	41,6	1 437	33,7	97,2	1 487	55,7	16,2
1 388	47,7	84,2	1 438	35,2	99,7	1 488	56,0	15,9

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1 489	55,9	21,8	1 539	57,0	59,5	1 589	56,8	42,9
1 490	55,8	20,9	1 540	56,7	57,0	1 590	56,5	42,8
1 491	55,4	18,4	1 541	56,7	69,8	1 591	56,7	43,2
1 492	55,7	25,1	1 542	56,8	58,5	1 592	56,5	42,8
1 493	56,0	27,7	1 543	56,8	47,2	1 593	56,9	42,2
1 494	55,8	22,4	1 544	57,0	38,5	1 594	56,5	43,1
1 495	56,1	20,0	1 545	57,0	32,8	1 595	56,5	42,9
1 496	55,7	17,4	1 546	56,8	30,2	1 596	56,7	42,7
1 497	55,9	20,9	1 547	57,0	27,0	1 597	56,6	41,5
1 498	56,0	22,9	1 548	56,9	26,2	1 598	56,9	41,8
1 499	56,0	21,1	1 549	56,7	26,2	1 599	56,6	41,9
1 500	55,1	19,2	1 550	57,0	26,6	1 600	56,7	42,6
1 501	55,6	24,2	1 551	56,7	27,8	1 601	56,7	42,6
1 502	55,4	25,6	1 552	56,7	29,7	1 602	56,7	41,5
1 503	55,7	24,7	1 553	56,8	32,1	1 603	56,7	42,2
1 504	55,9	24,0	1 554	56,5	34,9	1 604	56,5	42,2
1 505	55,4	23,5	1 555	56,6	34,9	1 605	56,8	41,9
1 506	55,7	30,9	1 556	56,3	35,8	1 606	56,5	42,0
1 507	55,4	42,5	1 557	56,6	36,6	1 607	56,7	42,1
1 508	55,3	25,8	1 558	56,2	37,6	1 608	56,4	41,9
1 509	55,4	1,3	1 559	56,6	38,2	1 609	56,7	42,9
1 510	55,0	m	1 560	56,2	37,9	1 610	56,7	41,8
1 511	54,4	m	1 561	56,6	37,5	1 611	56,7	41,9
1 512	54,2	m	1 562	56,4	36,7	1 612	56,8	42,0
1 513	53,5	m	1 563	56,5	34,8	1 613	56,7	41,5
1 514	52,4	m	1 564	56,5	35,8	1 614	56,6	41,9
1 515	51,8	m	1 565	56,5	36,2	1 615	56,8	41,6
1 516	50,7	m	1 566	56,5	36,7	1 616	56,6	41,6
1 517	49,9	m	1 567	56,7	37,8	1 617	56,9	42,0
1 518	49,1	m	1 568	56,7	37,8	1 618	56,7	40,7
1 519	47,7	m	1 569	56,6	36,6	1 619	56,7	39,3
1 520	47,3	m	1 570	56,8	36,1	1 620	56,5	41,4
1 521	46,9	m	1 571	56,5	36,8	1 621	56,4	44,9
1 522	46,9	m	1 572	56,9	35,9	1 622	56,8	45,2
1 523	47,2	m	1 573	56,7	35,0	1 623	56,6	43,6
1 524	47,8	m	1 574	56,5	36,0	1 624	56,8	42,2
1 525	48,2	0,0	1 575	56,4	36,5	1 625	56,5	42,3
1 526	48,8	23,0	1 576	56,5	38,0	1 626	56,5	44,4
1 527	49,1	67,9	1 577	56,5	39,9	1 627	56,9	45,1
1 528	49,4	73,7	1 578	56,4	42,1	1 628	56,4	45,0
1 529	49,8	75,0	1 579	56,5	47,0	1 629	56,7	46,3
1 530	50,4	75,8	1 580	56,4	48,0	1 630	56,7	45,5
1 531	51,4	73,9	1 581	56,1	49,1	1 631	56,8	45,0
1 532	52,3	72,2	1 582	56,4	48,9	1 632	56,7	44,9
1 533	53,3	71,2	1 583	56,4	48,2	1 633	56,6	45,2
1 534	54,6	71,2	1 584	56,5	48,3	1 634	56,8	46,0
1 535	55,4	68,7	1 585	56,5	47,9	1 635	56,5	46,6
1 536	56,7	67,0	1 586	56,6	46,8	1 636	56,6	48,3
1 537	57,2	64,6	1 587	56,6	46,2	1 637	56,4	48,6
1 538	57,3	61,9	1 588	56,5	44,4	1 638	56,6	50,3

Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент	Время	Приведенная частота вращения	Приведенный крутящий момент
с	%	%	с	%	%	с	%	%
1 639	56,3	51,9	1 689	57,6	8,9	1 739	56,1	46,8
1 640	56,5	54,1	1 690	57,5	8,0	1 740	56,1	45,8
1 641	56,3	54,9	1 691	57,5	5,8	1 741	56,2	46,0
1 642	56,4	55,0	1 692	57,3	5,8	1 742	56,3	45,9
1 643	56,4	56,2	1 693	57,6	5,5	1 743	56,3	45,9
1 644	56,2	58,6	1 694	57,3	4,5	1 744	56,2	44,6
1 645	56,2	59,1	1 695	57,2	3,2	1 745	56,2	46,0
1 646	56,2	62,5	1 696	57,2	3,1	1 746	56,4	46,2
1 647	56,4	62,8	1 697	57,3	4,9	1 747	55,8	m
1 648	56,0	64,7	1 698	57,3	4,2	1 748	55,5	m
1 649	56,4	65,6	1 699	56,9	5,5	1 749	55,0	m
1 650	56,2	67,7	1 700	57,1	5,1	1 750	54,1	m
1 651	55,9	68,9	1 701	57,0	5,2	1 751	54,0	m
1 652	56,1	68,9	1 702	56,9	5,5	1 752	53,3	m
1 653	55,8	69,5	1 703	56,6	5,4	1 753	52,6	m
1 654	56,0	69,8	1 704	57,1	6,1	1 754	51,8	m
1 655	56,2	69,3	1 705	56,7	5,7	1 755	50,7	m
1 656	56,2	69,8	1 706	56,8	5,8	1 756	49,9	m
1 657	56,4	69,2	1 707	57,0	6,1	1 757	49,1	m
1 658	56,3	68,7	1 708	56,7	5,9	1 758	47,7	m
1 659	56,2	69,4	1 709	57,0	6,6	1 759	46,8	m
1 660	56,2	69,5	1 710	56,9	6,4	1 760	45,7	m
1 661	56,2	70,0	1 711	56,7	6,7	1 761	44,8	m
1 662	56,4	69,7	1 712	56,9	6,9	1 762	43,9	m
1 663	56,2	70,2	1 713	56,8	5,6	1 763	42,9	m
1 664	56,4	70,5	1 714	56,6	5,1	1 764	41,5	m
1 665	56,1	70,5	1 715	56,6	6,5	1 765	39,5	m
1 666	56,5	69,7	1 716	56,5	10,0	1 766	36,7	m
1 667	56,2	69,3	1 717	56,6	12,4	1 767	33,8	m
1 668	56,5	70,9	1 718	56,5	14,5	1 768	31,0	m
1 669	56,4	70,8	1 719	56,6	16,3	1 769	40,0	0,0
1 670	56,3	71,1	1 720	56,3	18,1	1 770	49,1	m
1 671	56,4	71,0	1 721	56,6	20,7	1 771	46,2	m
1 672	56,7	68,6	1 722	56,1	22,6	1 772	43,1	m
1 673	56,8	68,6	1 723	56,3	25,8	1 773	39,9	m
1 674	56,6	68,0	1 724	56,4	27,7	1 774	36,6	m
1 675	56,8	65,1	1 725	56,0	29,7	1 775	33,6	m
1 676	56,9	60,9	1 726	56,1	32,6	1 776	30,5	m
1 677	57,1	57,4	1 727	55,9	34,9	1 777	42,8	0,0
1 678	57,1	54,3	1 728	55,9	36,4	1 778	55,2	m
1 679	57,0	48,6	1 729	56,0	39,2	1 779	49,9	m
1 680	57,4	44,1	1 730	55,9	41,4	1 780	44,0	m
1 681	57,4	40,2	1 731	55,5	44,2	1 781	37,6	m
1 682	57,6	36,9	1 732	55,9	46,4	1 782	47,2	0,0
1 683	57,5	34,2	1 733	55,8	48,3	1 783	56,8	m
1 684	57,4	31,1	1 734	55,6	49,1	1 784	47,5	m
1 685	57,5	25,9	1 735	55,8	49,3	1 785	42,9	m
1 686	57,5	20,7	1 736	55,9	47,7	1 786	31,6	m
1 687	57,6	16,4	1 737	55,9	47,4	1 787	25,8	m
1 688	57,6	12,4	1 738	55,8	46,9	1 788	19,9	m

---

<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>	<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>	<i>Время</i>	<i>Приведенная частота вращения</i>	<i>Приведенный крутящий момент</i>
<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>с</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
1 789	14,0	m						
1 790	8,1	m						
1 791	2,2	m						
1 792	0,0	0,0						
1 793	0,0	0,0						
1 794	0,0	0,0						
1 795	0,0	0,0						
1 796	0,0	0,0						
1 797	0,0	0,0						
1 798	0,0	0,0						
1 799	0,0	0,0						
1 800	0,0	0,0						

---

m – прокручивание двигателя на динамометре.



b) Программа задания режима работы транспортного средства в ходе испытания  
ВСЦТС

$P$  – 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 автомоби- ля		Уклон дороги		Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги	
	км/ч			%		км/ч			%
1	0		$+5,02E-06 \times P^2 - 6,80E-03 \times P + 0,77$		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	$-1,40E-06 \times P^2 + 2,31E-03 \times P - 0,81$		
8	5,57			...	48	0	$+2,22E-06 \times P^2 - 2,19E-03 \times P - 0,86$		
9	8,18			...	49	0	$+5,84E-06 \times P^2 - 6,68E-03 \times P - 0,91$		
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	$+1,67E-06 \times P^2 - 2,27E-03 \times P + 0,26$			67	39,65			...
28	21,68	$-1,67E-06 \times P^2 + 2,27E-03 \times P - 0,26$			68	41,23			...
29	21,21	$-5,02E-06 \times P^2 + 6,80E-03 \times P - 0,77$			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	$+3,10E-06 \times P^2 - 3,89E-03 \times P - 0,76$		
37	13,35			...	77	45,16	$+3,54E-07 \times P^2 - 1,10E-03 \times P - 0,61$		
38	13,75			...	78	45,64	$-2,39E-06 \times P^2 + 1,69E-03 \times P - 0,47$		
39	13,82			...	79	46,16			...
40	13,41			...	80	46,99			...

Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %	Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %
	км/ч				км/ч		
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	$+2,18E-06 \times P^2 - 1,58E-03 \times P + 1,27$	
92	49,51		...	139	0	$+5,31E-06 \times P^2 - 5,52E-03 \times P + 1,80$	
93	49,74		...	140	0	$+8,44E-06 \times P^2 - 9,46E-03 \times P + 2,33$	
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	$-1,91E-06 \times P^2 + 1,91E-03 \times P - 0,06$		169	4,24		...
123	48,63	$-1,43E-06 \times P^2 + 2,13E-03 \times P + 0,34$		170	4,05		...
124	44,83	$-9,50E-07 \times P^2 + 2,35E-03 \times P + 0,74$		171	3,98		...
125	40,3		...	172	3,91		...
126	35,65		...	173	3,86		...
127	30,23		...	174	4,17		...

Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %	Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %
	км/ч				км/ч		
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	$+2,81E-06 \times P^2 - 3,15E-03 \times P + 0,78$		227	0,73		...
181	17,49	$-2,81E-06 \times P^2 + 3,15E-03 \times P - 0,78$		228	0		...
182	15,18	$-8,44E-06 \times P^2 + 9,46E-03 \times P - 2,33$		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	$+6,51E-06 \times P^2 - 6,76E-03 \times P + 1,50$	
196	1,53		...	243	0	$+1,30E-05 \times P^2 - 1,35E-02 \times P + 3,00$	
197	1,3		...	244	0	$+1,95E-05 \times P^2 - 2,03E-02 \times P + 4,49$	
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	$+6,51E-06 \times P^2 - 6,76E-03 \times P + 1,50$	
217	0	$-5,63E-06 \times P^2 + 6,31E-03 \times P - 1,56$		264	25,18	$-6,51E-06 \times P^2 + 6,76E-03 \times P - 1,50$	
218	0	$-2,81E-06 \times P^2 + 3,15E-03 \times P - 0,78$		265	23,94	$-1,95E-05 \times P^2 + 2,03E-02 \times P - 4,49$	
219	0	$+0,00E+00 \times P^2 + 0,00E+00 \times P + 0,00$		266	22,35		...
220	0		...	267	21,28		...
221	0		...	268	20,86		...

Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %	Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %
	км/ч				км/ч		
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	$-1,30E-05 \times P^2 + 1,35E-02 \times P - 3,00$	...	328	20,01		...
282	0	$-6,51E-06 \times P^2 + 6,76E-03 \times P - 1,50$	...	329	20,3	$+5,21E-06 \times P^2 - 5,86E-03 \times P - 0,21$	...
283	0,5	$+0,00E+00 \times P^2 + 0,00E+00 \times P + 0,00$	...	330	19,53	$-5,21E-06 \times P^2 + 5,86E-03 \times P + 0,21$	...
284	0,57		...	331	17,92	$-1,56E-05 \times P^2 + 1,76E-02 \times P + 0,62$	...
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	$-6,53E-06 \times P^2 + 7,62E-03 \times P + 1,11$	...
300	0		...	347	0	$+2,58E-06 \times P^2 - 2,34E-03 \times P + 1,60$	...
301	0		...	348	0	$+1,17E-05 \times P^2 - 1,23E-02 \times P + 2,08$	...
302	0		...	349	0		...
303	0		...	350	0		...
304	0		...	351	0		...
305	0	$+5,21E-06 \times P^2 - 5,86E-03 \times P - 0,21$	...	352	0		...
306	0	$+1,04E-05 \times P^2 - 1,17E-02 \times P - 0,42$	...	353	0		...
307	0	$+1,56E-05 \times P^2 - 1,76E-02 \times P - 0,62$	...	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	Скорость автомобиля		Уклон дороги	Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
363	19,04		...	410	44,62		...
364	20,96		...	411	44,41	$+8,17E-06 \times P^2 - 8,13E-03 \times P + 2,32$	
365	22,94		...	412	43,96	$+3,39E-06 \times P^2 - 2,94E-03 \times P + 1,18$	
366	25,05		...	413	43,41	$-1,39E-06 \times P^2 + 2,25E-03 \times P + 0,04$	
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	$+6,91E-06 \times P^2 - 7,10E-03 \times P + 0,94$		424	31,41		...
378	39,29	$+2,13E-06 \times P^2 - 1,91E-03 \times P - 0,20$		425	29,18		...
379	37,23	$-2,65E-06 \times P^2 + 3,28E-03 \times P - 1,33$		426	26,41		...
380	34,14		...	427	23,4		...
381	30,18		...	428	20,9		...
382	25,71		...	429	19,59	$+8,47E-07 \times P^2 - 6,08E-04 \times P + 0,36$	
383	21,58		...	430	19,36	$+3,09E-06 \times P^2 - 3,47E-03 \times P + 0,69$	
384	18,5		...	431	19,79	$+5,33E-06 \times P^2 - 6,33E-03 \times P + 1,01$	
385	16,56		...	432	20,43		...
386	15,39		...	433	20,71		...
387	14,77	$+2,55E-06 \times P^2 - 2,25E-03 \times P + 0,26$		434	20,56		...
388	14,58	$+7,75E-06 \times P^2 - 7,79E-03 \times P + 1,86$		435	19,96		...
389	14,72	$+1,30E-05 \times P^2 - 1,33E-02 \times P + 3,46$		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	$+5,50E-07 \times P^2 - 1,13E-03 \times P - 0,13$	
401	31,36		...	448	32,66	$-4,23E-06 \times P^2 + 4,06E-03 \times P - 1,26$	
402	33,51		...	449	31,73	$-9,01E-06 \times P^2 + 9,25E-03 \times P - 2,40$	
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	Скорость автомобиля		Уклон дороги	Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
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	$-1,66E-06 \times P^2 + 1,67E-03 \times P - 0,86$		510	29,04		...
464	1,13	$+5,69E-06 \times P^2 - 5,91E-03 \times P + 0,68$		511	29,43		...
465	2,2	$+1,30E-05 \times P^2 - 1,35E-02 \times P + 2,23$		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	$-3,04E-07 \times P^2 + 2,73E-04 \times P + 0,09$	
482	38,08		...	529	39,29	$-5,09E-06 \times P^2 + 5,46E-03 \times P - 1,04$	
483	39,11		...	530	38,59	$-9,87E-06 \times P^2 + 1,07E-02 \times P - 2,18$	
484	40,16		...	531	37,63		...
485	41,18		...	532	36,22		...
486	41,75		...	533	34,11		...
487	41,87	$+8,26E-06 \times P^2 - 8,29E-03 \times P + 1,09$		534	31,16		...
488	41,43	$+3,47E-06 \times P^2 - 3,10E-03 \times P - 0,05$		535	27,49		...
489	39,99	$-1,31E-06 \times P^2 + 2,09E-03 \times P - 1,19$		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	$-5,09E-06 \times P^2 + 5,46E-03 \times P - 1,04$	
496	22,81	$+6,20E-07 \times P^2 - 2,47E-04 \times P - 0,38$		543	8,16	$-1,63E-07 \times P^2 + 4,68E-05 \times P + 0,17$	
497	22,53	$+2,55E-06 \times P^2 - 2,58E-03 \times P + 0,43$		544	8,95	$+4,76E-06 \times P^2 - 5,37E-03 \times P + 1,39$	
498	22,62	$+4,48E-06 \times P^2 - 4,92E-03 \times P + 1,23$		545	11,3	$+4,90E-06 \times P^2 - 5,60E-03 \times P + 1,47$	
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	Скорость автомобиля		Уклон дороги	Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
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	$+1,21E-07 \times P^2 - 4,06E-04 \times P + 0,33$		611	40,49		...
565	30,05	$-4,66E-06 \times P^2 + 4,79E-03 \times P - 0,81$		612	40,8		...
566	29,44	$-9,44E-06 \times P^2 + 9,98E-03 \times P - 1,95$		613	41,66		...
567	28,6		...	614	42,48		...
568	27,63		...	615	42,78	$+1,21E-07 \times P^2 - 4,06E-04 \times P + 0,33$	
569	26,66		...	616	42,39	$-4,66E-06 \times P^2 + 4,79E-03 \times P - 0,81$	
570	26,03	$-4,66E-06 \times P^2 + 4,79E-03 \times P - 0,81$		617	40,78	$-9,44E-06 \times P^2 + 9,98E-03 \times P - 1,95$	
571	25,85	$+1,21E-07 \times P^2 - 4,06E-04 \times P + 0,33$		618	37,72		...
572	26,14	$+4,90E-06 \times P^2 - 5,60E-03 \times P + 1,47$		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	$-4,66E-06 \times P^2 + 4,79E-03 \times P - 0,81$	
578	31,33		...	625	9,46	$+1,21E-07 \times P^2 - 4,06E-04 \times P + 0,33$	
579	31,65		...	626	10,21	$+4,90E-06 \times P^2 - 5,60E-03 \times P + 1,47$	
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	$+1,21E-07 \times P^2 - 4,06E-04 \times P + 0,33$	
593	39,11		...	640	24,69	$-4,66E-06 \times P^2 + 4,79E-03 \times P - 0,81$	
594	38,8		...	641	21,85	$-9,44E-06 \times P^2 + 9,98E-03 \times P - 1,95$	
595	38,31		...	642	17,45		...
596	37,73		...	643	12,34		...
597	37,24		...	644	7,59		...

Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %	Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %
	км/ч				км/ч		
645	4		...	692	66,12	$+2,39E-06 \times P^2 - 2,55E-03 \times P + 0,23$	
646	1,76		...	693	65,01	$-2,39E-06 \times P^2 + 2,55E-03 \times P - 0,23$	
647	0		...	694	62,22	$-7,18E-06 \times P^2 + 7,64E-03 \times P - 0,70$	
648	0		...	695	57,44		...
649	0		...	696	51,47		...
650	0		...	697	45,98		...
651	0		...	698	41,72		...
652	0	$-3,90E-06 \times P^2 + 4,11E-03 \times P - 1,07$		699	38,22		...
653	0	$+1,64E-06 \times P^2 - 1,77E-03 \times P - 0,19$		700	34,65		...
654	0	$+7,18E-06 \times P^2 - 7,64E-03 \times P + 0,70$		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	Скорость		Уклон дороги	Время	Скорость		Уклон дороги
	автомоби-	ля			автомоби-	ля	
с	км/ч		%	с	км/ч		%
739	0	-2,53E-06×P <sup>2</sup> +2,43E-03×P +0,05		786	14,71	...	
740	0	+2,12E-06×P <sup>2</sup> -2,78E-03×P +0,81		787	11,71	...	
741	0	+6,77E-06×P <sup>2</sup> -7,99E-03×P +1,56		788	7,81	...	
742	0	...		789	5,25	-2,26E-06×P <sup>2</sup> +2,66E-03×P -0,52	
743	0	...		790	4,62	+2,26E-06×P <sup>2</sup> -2,66E-03×P +0,52	
744	0	...		791	5,62	+6,77E-06×P <sup>2</sup> -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 <sup>2</sup> -2,66E-03×P +0,52	
782	18,31	+2,26E-06×P <sup>2</sup> -2,66E-03×P +0,52		829	47,23	-2,26E-06×P <sup>2</sup> +2,66E-03×P -0,52	
783	18,05	-2,26E-06×P <sup>2</sup> +2,66E-03×P -0,52		830	46,66	-6,77E-06×P <sup>2</sup> +7,99E-03×P -1,56	
784	17,39	-6,77E-06×P <sup>2</sup> +7,99E-03×P -1,56		831	46,08	...	
785	16,35	...		832	45,45	...	

Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %	Время с	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги %
	км/ч				км/ч		
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	$-2,26E-06 \times P^2 + 2,66E-03 \times P - 0,52$		897	0		...
851	32,52	$+2,26E-06 \times P^2 - 2,66E-03 \times P + 0,52$		898	0		...
852	32,7	$+6,77E-06 \times P^2 - 7,99E-03 \times P + 1,56$		899	0	$-3,61E-06 \times P^2 + 4,12E-03 \times P - 0,93$	
853	33,48		...	900	0	$-4,47E-07 \times P^2 + 2,44E-04 \times P - 0,31$	
854	34,97		...	901	0	$+2,71E-06 \times P^2 - 3,63E-03 \times P + 0,32$	
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	$+2,26E-06 \times P^2 - 2,66E-03 \times P + 0,52$		915	23,65		...
869	52,19	$-2,26E-06 \times P^2 + 2,66E-03 \times P - 0,52$		916	25,72		...
870	51,82	$-6,77E-06 \times P^2 + 7,99E-03 \times P - 1,56$		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	Скорость автомобиля		Уклон дороги	Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
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	$+2,08E-06 \times P^2 - 2,00E-03 \times P + 0,46$	
932	40,8		...	979	56,33	$+1,44E-06 \times P^2 - 3,72E-04 \times P + 0,61$	
933	41,71		...	980	55,38	$+8,03E-07 \times P^2 + 1,26E-03 \times P + 0,75$	
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		...	1 000	32,68		...
954	58,82		...	1 001	29,82		...
955	59,09		...	1 002	26,97		...
956	59,38		...	1 003	24,03		...
957	59,72		...	1 004	21,67		...
958	60,04		...	1 005	20,34		...
959	60,13	$+2,08E-06 \times P^2 - 2,00E-03 \times P + 0,46$		1 006	18,9		...
960	59,33	$+1,44E-06 \times P^2 - 3,72E-04 \times P + 0,61$		1 007	16,21		...
961	58,52	$+8,03E-07 \times P^2 + 1,26E-03 \times P + 0,75$		1 008	13,84		...
962	57,82		...	1 009	12,25		...
963	56,68		...	1 010	10,4		...
964	55,36		...	1 011	7,94		...
965	54,63		...	1 012	6,05	$+1,48E-07 \times P^2 + 2,76E-04 \times P + 0,25$	
966	54,04		...	1 013	5,67	$-5,06E-07 \times P^2 - 7,04E-04 \times P - 0,26$	
967	53,15		...	1 014	6,03	$-1,16E-06 \times P^2 - 1,68E-03 \times P - 0,77$	
968	52,02	$+1,44E-06 \times P^2 - 3,72E-04 \times P + 0,61$		1 015	7,68		...
969	51,37	$+2,08E-06 \times P^2 - 2,00E-03 \times P + 0,46$		1 016	10,97		...
970	51,41	$+2,71E-06 \times P^2 - 3,63E-03 \times P + 0,32$		1 017	14,72		...
971	52,2		...	1 018	17,32		...
972	53,52		...	1 019	18,59		...
973	54,34		...	1 020	19,35		...

Скорость автомоби- ля			Скорость автомоби- ля		
Время	Уклон дороги		Время	Уклон дороги	
с	км/ч	%	с	км/ч	%
1 021	20,54	...	1 068	48,32	...
1 022	21,33	...	1 069	47,97	...
1 023	22,06	...	1 070	47,92	$-1,80E-06 \times P^2 - 5,59E-05 \times P - 0,62$
1 024	23,39	...	1 071	47,54	$-2,43E-06 \times P^2 + 1,57E-03 \times P - 0,48$
1 025	25,52	...	1 072	46,79	$-3,07E-06 \times P^2 + 3,20E-03 \times P - 0,34$
1 026	28,28	...	1 073	46,13	...
1 027	30,38	...	1 074	45,73	...
1 028	31,22	...	1 075	45,17	...
1 029	32,22	...	1 076	44,43	...
1 030	33,78	...	1 077	43,59	...
1 031	35,08	...	1 078	42,68	...
1 032	35,91	...	1 079	41,89	...
1 033	36,06	...	1 080	41,09	...
1 034	35,5	...	1 081	40,38	...
1 035	34,76	...	1 082	39,99	...
1 036	34,7	...	1 083	39,84	...
1 037	35,41	...	1 084	39,46	...
1 038	36,65	...	1 085	39,15	...
1 039	37,57	...	1 086	38,9	...
1 040	38,51	...	1 087	38,67	...
1 041	39,88	...	1 088	39,03	...
1 042	41,25	...	1 089	40,37	...
1 043	42,07	...	1 090	41,03	...
1 044	43,03	...	1 091	40,76	...
1 045	44,4	...	1 092	40,02	...
1 046	45,14	...	1 093	39,6	...
1 047	45,44	...	1 094	39,37	...
1 048	46,13	...	1 095	38,84	...
1 049	46,79	...	1 096	37,93	...
1 050	47,45	...	1 097	37,19	...
1 051	48,68	...	1 098	36,21	$-2,43E-06 \times P^2 + 1,57E-03 \times P - 0,48$
1 052	50,13	...	1 099	35,32	$-1,80E-06 \times P^2 - 5,59E-05 \times P - 0,62$
1 053	51,16	...	1 100	35,56	$-1,16E-06 \times P^2 - 1,68E-03 \times P - 0,77$
1 054	51,37	...	1 101	36,96	...
1 055	51,3	...	1 102	38,12	...
1 056	51,15	...	1 103	38,71	...
1 057	50,88	...	1 104	39,26	...
1 058	50,63	...	1 105	40,64	...
1 059	50,2	...	1 106	43,09	...
1 060	49,12	...	1 107	44,83	...
1 061	48,02	...	1 108	45,33	...
1 062	47,7	...	1 109	45,24	...
1 063	47,93	...	1 110	45,14	...
1 064	48,57	...	1 111	45,06	...
1 065	48,88	...	1 112	44,82	...
1 066	49,03	...	1 113	44,53	...
1 067	48,94	...	1 114	44,77	...

Время	Скорость		Уклон дороги	Время	Скорость		Уклон дороги
	с	автомоби- ля			с	автомоби- ля	
	км/ч	%		с	км/ч	%	
1 115	45,6	...		1 162	0	...	
1 116	46,28	...		1 163	0	...	
1 117	47,18	...		1 164	0	...	
1 118	48,49	...		1 165	0	...	
1 119	49,42	...		1 166	0	...	
1 120	49,56	...		1 167	0	...	
1 121	49,47	...		1 168	0	...	
1 122	49,28	...		1 169	0	...	
1 123	48,58	...		1 170	0	...	
1 124	48,03	...		1 171	0	...	
1 125	48,2	...		1 172	0	...	
1 126	48,72	...		1 173	0	...	
1 127	48,91	...		1 174	0	...	
1 128	48,93	...		1 175	0	$-7,73E-07 \times P^2 + 5,68E-04 \times P + 0,07$	
1 129	49,05	...		1 176	0	$+1,53E-06 \times P^2 - 2,06E-03 \times P + 0,47$	
1 130	49,23	...		1 177	0	$+3,82E-06 \times P^2 - 4,70E-03 \times P + 0,87$	
1 131	49,28	$-1,80E-06 \times P^2 - 5,59E-05 \times P - 0,62$		1 178	0	...	
1 132	48,84	$-2,43E-06 \times P^2 + 1,57E-03 \times P - 0,48$		1 179	0	...	
1 133	48,12	$-3,07E-06 \times P^2 + 3,20E-03 \times P - 0,34$		1 180	0	...	
1 134	47,8	...		1 181	0	...	
1 135	47,42	...		1 182	0	...	
1 136	45,98	...		1 183	0	...	
1 137	42,96	...		1 184	0	...	
1 138	39,38	...		1 185	0	...	
1 139	35,82	...		1 186	0	...	
1 140	31,85	...		1 187	0	...	
1 141	26,87	...		1 188	0	...	
1 142	21,41	...		1 189	0	...	
1 143	16,41	...		1 190	0	...	
1 144	12,56	...		1 191	0	...	
1 145	10,41	...		1 192	0	...	
1 146	9,07	...		1 193	0	...	
1 147	7,69	...		1 194	0	...	
1 148	6,28	...		1 195	0	...	
1 149	5,08	...		1 196	1,54	...	
1 150	4,32	...		1 197	4,85	...	
1 151	3,32	...		1 198	9,06	...	
1 152	1,92	...		1 199	11,8	...	
1 153	1,07	...		1 200	12,42	...	
1 154	0,66	...		1 201	12,07	...	
1 155	0	...		1 202	11,64	...	
1 156	0	...		1 203	11,69	...	
1 157	0	...		1 204	12,91	...	
1 158	0	...		1 205	15,58	...	
1 159	0	...		1 206	18,69	...	
1 160	0	...		1 207	21,04	...	
1 161	0	...		1 208	22,62	...	

Время	Скорость	Уклон дороги	Время	Скорость	Уклон дороги
	автомоби- ля			автомоби- ля	
с	км/ч	%	с	км/ч	%
1 209	24,34	...	1 256	75,37	...
1 210	26,74	...	1 257	75,01	+7,07E-06×P <sup>2</sup> -7,30E-03×P +1,19
1 211	29,62	...	1 258	74,55	+1,03E-05×P <sup>2</sup> -9,91E-03×P +1,51
1 212	32,65	...	1 259	73,8	+1,36E-05×P <sup>2</sup> -1,25E-02×P +1,83
1 213	35,57	...	1 260	72,71	...
1 214	38,07	...	1 261	71,39	...
1 215	39,71	...	1 262	70,02	...
1 216	40,36	...	1 263	68,71	...
1 217	40,6	...	1 264	67,52	...
1 218	41,15	...	1 265	66,44	...
1 219	42,23	...	1 266	65,45	...
1 220	43,61	...	1 267	64,49	...
1 221	45,08	...	1 268	63,54	...
1 222	46,58	...	1 269	62,6	...
1 223	48,13	...	1 270	61,67	...
1 224	49,7	...	1 271	60,69	...
1 225	51,27	...	1 272	59,64	...
1 226	52,8	...	1 273	58,6	...
1 227	54,3	...	1 274	57,64	...
1 228	55,8	...	1 275	56,79	...
1 229	57,29	...	1 276	55,95	...
1 230	58,73	...	1 277	55,09	...
1 231	60,12	...	1 278	54,2	...
1 232	61,5	...	1 279	53,33	...
1 233	62,94	...	1 280	52,52	...
1 234	64,39	...	1 281	51,75	...
1 235	65,52	...	1 282	50,92	...
1 236	66,07	...	1 283	49,9	...
1 237	66,19	...	1 284	48,68	...
1 238	66,19	...	1 285	47,41	...
1 239	66,43	...	1 286	46,5	+1,06E-05×P <sup>2</sup> -1,01E-02×P +1,57
1 240	67,07	...	1 287	46,22	+7,62E-06×P <sup>2</sup> -7,70E-03×P +1,30
1 241	68,04	...	1 288	46,44	+4,65E-06×P <sup>2</sup> -5,29E-03×P +1,03
1 242	69,12	...	1 289	47,35	...
1 243	70,08	...	1 290	49,01	...
1 244	70,91	...	1 291	50,93	...
1 245	71,73	...	1 292	52,79	...
1 246	72,66	...	1 293	54,66	...
1 247	73,67	...	1 294	56,6	...
1 248	74,55	...	1 295	58,55	...
1 249	75,18	...	1 296	60,47	...
1 250	75,59	...	1 297	62,28	...
1 251	75,82	...	1 298	63,9	...
1 252	75,9	...	1 299	65,2	...
1 253	75,92	...	1 300	66,02	...
1 254	75,87	...	1 301	66,39	...
1 255	75,68	...	1 302	66,74	...

Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги	Время	Скорость автомобиля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
1 303	67,43		...	1 350	66,97		...
1 304	68,44		...	1 351	67,85		...
1 305	69,52		...	1 352	68,74		...
1 306	70,53		...	1 353	69,45		...
1 307	71,47		...	1 354	69,92		...
1 308	72,32		...	1 355	70,24		...
1 309	72,89		...	1 356	70,49		...
1 310	73,07		...	1 357	70,63		...
1 311	73,03	$+2,39E-06 \times P^2 - 3,13E-03 \times P + 0,89$		1 358	70,68		...
1 312	72,94	$+1,26E-07 \times P^2 - 9,74E-04 \times P + 0,74$		1 359	70,65		...
1 313	73,01	$-2,14E-06 \times P^2 + 1,18E-03 \times P + 0,60$		1 360	70,49	$+1,12E-06 \times P^2 - 1,42E-03 \times P + 0,92$	
1 314	73,44	...		1 361	70,09	$+4,37E-06 \times P^2 - 4,03E-03 \times P + 1,24$	
1 315	74,19	...		1 362	69,35	$+7,62E-06 \times P^2 - 6,64E-03 \times P + 1,56$	
1 316	74,81	...		1 363	68,27	...	
1 317	75,01	...		1 364	67,09	...	
1 318	74,99	...		1 365	65,96	...	
1 319	74,79	...		1 366	64,87	...	
1 320	74,41	...		1 367	63,79	...	
1 321	74,07	...		1 368	62,82	$+4,37E-06 \times P^2 - 4,03E-03 \times P + 1,24$	
1 322	73,77	...		1 369	63,03	$+1,12E-06 \times P^2 - 1,42E-03 \times P + 0,92$	
1 323	73,38	...		1 370	63,62	$-2,14E-06 \times P^2 + 1,18E-03 \times P + 0,60$	
1 324	72,79	...		1 371	64,8	...	
1 325	71,95	...		1 372	65,5	...	
1 326	71,06	...		1 373	65,33	$+1,12E-06 \times P^2 - 1,42E-03 \times P + 0,92$	
1 327	70,45	...		1 374	63,83	$+4,37E-06 \times P^2 - 4,03E-03 \times P + 1,24$	
1 328	70,23	...		1 375	62,44	$+7,62E-06 \times P^2 - 6,64E-03 \times P + 1,56$	
1 329	70,24	...		1 376	61,2	...	
1 330	70,32	...		1 377	59,58	...	
1 331	70,3	...		1 378	57,68	...	
1 332	70,05	...		1 379	56,4	...	
1 333	69,66	...		1 380	54,82	...	
1 334	69,26	$+1,12E-06 \times P^2 - 1,42E-03 \times P + 0,92$		1 381	52,77	$+6,78E-06 \times P^2 - 6,35E-03 \times P + 2,06$	
1 335	68,73	$+4,37E-06 \times P^2 - 4,03E-03 \times P + 1,24$		1 382	52,22	$+5,95E-06 \times P^2 - 6,07E-03 \times P + 2,56$	
1 336	67,88	$+7,62E-06 \times P^2 - 6,64E-03 \times P + 1,56$		1 383	52,48	$+5,11E-06 \times P^2 - 5,78E-03 \times P + 3,06$	
1 337	66,68	...		1 384	52,74	...	
1 338	65,29	...		1 385	53,14	...	
1 339	63,95	...		1 386	53,03	...	
1 340	62,84	$+4,37E-06 \times P^2 - 4,03E-03 \times P + 1,24$		1 387	52,55	...	
1 341	62,21	$+1,12E-06 \times P^2 - 1,42E-03 \times P + 0,92$		1 388	52,19	...	
1 342	62,04	$-2,14E-06 \times P^2 + 1,18E-03 \times P + 0,60$		1 389	51,09	...	
1 343	62,26	...		1 390	49,88	...	
1 344	62,87	...		1 391	49,37	...	
1 345	63,55	...		1 392	49,26	...	
1 346	64,12	...		1 393	49,37	...	
1 347	64,73	...		1 394	49,88	...	
1 348	65,45	...		1 395	50,25	...	
1 349	66,18	...		1 396	50,17	...	

Скорость автомоби- ля			Скорость автомоби- ля		
Время	Скорость	Уклон дороги	Время	Скорость	Уклон дороги
с	км/ч	%	с	км/ч	%
1 397	50,5	...	1 444	75,81	...
1 398	50,83	...	1 445	77,24	...
1 399	51,23	...	1 446	78,63	...
1 400	51,67	...	1 447	79,32	...
1 401	51,53	...	1 448	80,2	...
1 402	50,17	...	1 449	81,67	...
1 403	49,99	...	1 450	82,11	...
1 404	50,32	...	1 451	82,91	...
1 405	51,05	...	1 452	83,43	...
1 406	51,45	...	1 453	83,79	...
1 407	52	...	1 454	83,5	...
1 408	52,3	...	1 455	84,01	...
1 409	52,22	...	1 456	83,43	...
1 410	52,66	...	1 457	82,99	...
1 411	53,18	...	1 458	82,77	...
1 412	53,8	...	1 459	82,33	...
1 413	54,53	...	1 460	81,78	...
1 414	55,37	...	1 461	81,81	...
1 415	56,29	...	1 462	81,05	...
1 416	57,31	...	1 463	80,72	$-6,93E-06 \times P^2 + 5,24E-03 \times P - 1,21$
1 417	57,94	...	1 464	80,61	$-1,05E-05 \times P^2 + 8,45E-03 \times P - 1,74$
1 418	57,86	...	1 465	80,46	$-1,42E-05 \times P^2 + 1,17E-02 \times P - 2,27$
1 419	57,75	...	1 466	80,42	...
1 420	58,67	...	1 467	80,42	...
1 421	59,4	...	1 468	80,24	...
1 422	59,69	...	1 469	80,13	...
1 423	60,02	...	1 470	80,39	...
1 424	60,21	...	1 471	80,72	...
1 425	60,83	...	1 472	81,01	...
1 426	61,16	...	1 473	81,52	...
1 427	61,6	...	1 474	82,4	...
1 428	62,15	...	1 475	83,21	...
1 429	62,7	$+2,30E-06 \times P^2 - 3,18E-03 \times P + 1,81$	1 476	84,05	...
1 430	63,65	$-5,04E-07 \times P^2 - 5,74E-04 \times P + 0,57$	1 477	84,85	...
1 431	64,27	$-3,31E-06 \times P^2 + 2,03E-03 \times P - 0,68$	1 478	85,42	...
1 432	64,31	...	1 479	86,18	...
1 433	64,13	...	1 480	86,45	...
1 434	64,27	...	1 481	86,64	...
1 435	65,22	...	1 482	86,57	...
1 436	66,25	...	1 483	86,43	...
1 437	67,09	...	1 484	86,58	...
1 438	68,37	...	1 485	86,8	...
1 439	69,36	...	1 486	86,65	...
1 440	70,57	...	1 487	86,14	...
1 441	71,89	...	1 488	86,36	...
1 442	73,35	...	1 489	86,32	...
1 443	74,64	...	1 490	86,25	...



Время	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги	Время	Скорость автомоби- ля		Уклон дороги
	с	км/ч			с	км/ч	
1 491	85,92	...	...	1 538	87,54	...	...
1 492	86,14	...	...	1 539	87,25	...	...
1 493	86,36	...	...	1 540	87,04	...	...
1 494	86,25	...	...	1 541	86,98	...	...
1 495	86,5	...	...	1 542	87,05	...	...
1 496	86,14	...	...	1 543	87,1	...	...
1 497	86,29	...	...	1 544	87,25	...	...
1 498	86,4	...	...	1 545	87,25	...	...
1 499	86,36	...	...	1 546	87,07	...	...
1 500	85,63	...	...	1 547	87,29	...	...
1 501	86,03	...	...	1 548	87,14	...	...
1 502	85,92	...	...	1 549	87,03	...	...
1 503	86,14	...	...	1 550	87,25	...	...
1 504	86,32	...	...	1 551	87,03	...	...
1 505	85,92	...	...	1 552	87,03	...	...
1 506	86,11	...	...	1 553	87,07	...	...
1 507	85,91	...	...	1 554	86,81	...	...
1 508	85,83	...	...	1 555	86,92	...	...
1 509	85,86	$-1,09E-05 \times P^2 + 9,06E-03 \times P - 1,95$	...	1 556	86,66	...	...
1 510	85,5	$-7,66E-06 \times P^2 + 6,45E-03 \times P - 1,63$	...	1 557	86,92	...	...
1 511	84,97	$-4,41E-06 \times P^2 + 3,84E-03 \times P - 1,31$	...	1 558	86,59	...	...
1 512	84,8	...	...	1 559	86,92	...	...
1 513	84,2	...	...	1 560	86,59	...	...
1 514	83,26	...	...	1 561	86,88	...	...
1 515	82,77	...	...	1 562	86,7	...	...
1 516	81,78	...	...	1 563	86,81	...	...
1 517	81,16	...	...	1 564	86,81	...	...
1 518	80,42	...	...	1 565	86,81	...	...
1 519	79,21	...	...	1 566	86,81	...	...
1 520	78,83	...	...	1 567	86,99	...	...
1 521	78,52	$-5,24E-06 \times P^2 + 4,57E-03 \times P - 1,18$	...	1 568	87,03	...	...
1 522	78,52	$-6,08E-06 \times P^2 + 5,30E-03 \times P - 1,06$	...	1 569	86,92	...	...
1 523	78,81	$-6,91E-06 \times P^2 + 6,04E-03 \times P - 0,93$	...	1 570	87,1	...	...
1 524	79,26	...	...	1 571	86,85	...	...
1 525	79,61	...	...	1 572	87,14	...	...
1 526	80,15	...	...	1 573	86,96	...	...
1 527	80,39	...	...	1 574	86,85	...	...
1 528	80,72	...	...	1 575	86,77	...	...
1 529	81,01	...	...	1 576	86,81	...	...
1 530	81,52	...	...	1 577	86,85	...	...
1 531	82,4	...	...	1 578	86,74	...	...
1 532	83,21	...	...	1 579	86,81	...	...
1 533	84,05	...	...	1 580	86,7	...	...
1 534	85,15	...	...	1 581	86,52	...	...
1 535	85,92	...	...	1 582	86,7	...	...
1 536	86,98	...	...	1 583	86,74	...	...
1 537	87,45	...	...	1 584	86,81	...	...

Скорость автомоби- ля			Скорость автомоби- ля		
Время	Скорость	Уклон дороги	Время	Скорость	Уклон дороги
с	км/ч	%	с	км/ч	%
1 585	86,85	...	1 632	86,99	...
1 586	86,92	...	1 633	86,92	...
1 587	86,88	...	1 634	87,1	...
1 588	86,85	...	1 635	86,85	...
1 589	87,1	...	1 636	86,92	...
1 590	86,81	...	1 637	86,77	...
1 591	86,99	...	1 638	86,88	...
1 592	86,81	...	1 639	86,63	...
1 593	87,14	...	1 640	86,85	...
1 594	86,81	...	1 641	86,63	...
1 595	86,85	...	1 642	86,77	$-6,00E-06 \times P^2 + 5,11E-03 \times P - 0,41$
1 596	87,03	...	1 643	86,77	$-5,09E-06 \times P^2 + 4,19E-03 \times P + 0,10$
1 597	86,92	...	1 644	86,55	$-4,18E-06 \times P^2 + 3,26E-03 \times P + 0,61$
1 598	87,14	...	1 645	86,59	...
1 599	86,92	...	1 646	86,55	...
1 600	87,03	...	1 647	86,7	...
1 601	86,99	...	1 648	86,44	...
1 602	86,96	...	1 649	86,7	...
1 603	87,03	...	1 650	86,55	...
1 604	86,85	...	1 651	86,33	...
1 605	87,1	...	1 652	86,48	...
1 606	86,81	...	1 653	86,19	...
1 607	87,03	...	1 654	86,37	...
1 608	86,77	...	1 655	86,59	...
1 609	86,99	...	1 656	86,55	...
1 610	86,96	...	1 657	86,7	...
1 611	86,96	...	1 658	86,63	...
1 612	87,07	...	1 659	86,55	...
1 613	86,96	...	1 660	86,59	...
1 614	86,92	...	1 661	86,55	...
1 615	87,07	...	1 662	86,7	...
1 616	86,92	...	1 663	86,55	...
1 617	87,14	...	1 664	86,7	...
1 618	86,96	...	1 665	86,52	...
1 619	87,03	...	1 666	86,85	...
1 620	86,85	...	1 667	86,55	...
1 621	86,77	...	1 668	86,81	...
1 622	87,1	...	1 669	86,74	...
1 623	86,92	...	1 670	86,63	...
1 624	87,07	...	1 671	86,77	...
1 625	86,85	...	1 672	87,03	...
1 626	86,81	...	1 673	87,07	...
1 627	87,14	...	1 674	86,92	...
1 628	86,77	...	1 675	87,07	...
1 629	87,03	...	1 676	87,18	...
1 630	86,96	...	1 677	87,32	...
1 631	87,1	...	1 678	87,36	...

Скорость автомоби- ля			Скорость автомоби- ля		
Время	Скорость	Уклон дороги	Время	Скорость	Уклон дороги
с	км/ч	%	с	км/ч	%
1 679	87,29	...	1 726	86,48	$-7,56E-06 \times P^2 + 6,56E-03 \times P - 0,83$
1 680	87,58	$-6,58E-06 \times P^2 + 5,65E-03 \times P - 0,51$	1 727	86,33	...
1 681	87,61	$-8,97E-06 \times P^2 + 8,04E-03 \times P - 1,64$	1 728	86,3	...
1 682	87,76	$-1,14E-05 \times P^2 + 1,04E-02 \times P - 2,77$	1 729	86,44	...
1 683	87,65	...	1 730	86,33	...
1 684	87,61	...	1 731	86	...
1 685	87,65	...	1 732	86,33	...
1 686	87,65	...	1 733	86,22	...
1 687	87,76	...	1 734	86,08	...
1 688	87,76	...	1 735	86,22	...
1 689	87,8	...	1 736	86,33	...
1 690	87,72	...	1 737	86,33	...
1 691	87,69	...	1 738	86,26	...
1 692	87,54	...	1 739	86,48	...
1 693	87,76	...	1 740	86,48	...
1 694	87,5	...	1 741	86,55	...
1 695	87,43	...	1 742	86,66	...
1 696	87,47	...	1 743	86,66	...
1 697	87,5	...	1 744	86,59	...
1 698	87,5	...	1 745	86,55	...
1 699	87,18	...	1 746	86,74	$-4,31E-06 \times P^2 + 3,96E-03 \times P - 0,51$
1 700	87,36	...	1 747	86,21	$-1,06E-06 \times P^2 + 1,35E-03 \times P - 0,19$
1 701	87,29	...	1 748	85,96	$+2,19E-06 \times P^2 - 1,26E-03 \times P + 0,13$
1 702	87,18	...	1 749	85,5	...
1 703	86,92	...	1 750	84,77	...
1 704	87,36	...	1 751	84,65	...
1 705	87,03	...	1 752	84,1	...
1 706	87,07	...	1 753	83,46	...
1 707	87,29	...	1 754	82,77	...
1 708	86,99	...	1 755	81,78	...
1 709	87,25	...	1 756	81,16	...
1 710	87,14	...	1 757	80,42	...
1 711	86,96	...	1 758	79,21	...
1 712	87,14	...	1 759	78,48	...
1 713	87,07	...	1 760	77,49	...
1 714	86,92	...	1 761	76,69	...
1 715	86,88	...	1 762	75,92	...
1 716	86,85	...	1 763	75,08	...
1 717	86,92	...	1 764	73,87	...
1 718	86,81	...	1 765	72,15	...
1 719	86,88	...	1 766	69,69	...
1 720	86,66	...	1 767	67,17	...
1 721	86,92	...	1 768	64,75	...
1 722	86,48	...	1 769	62,55	...
1 723	86,66	...	1 770	60,32	...
1 724	86,74	$-1,01E-05 \times P^2 + 9,14E-03 \times P - 2,12$	1 771	58,45	...
1 725	86,37	$-8,83E-06 \times P^2 + 7,85E-03 \times P - 1,47$	1 772	56,43	...

---

<i>Время</i>	<i>Скорость автомоби- ля</i>	<i>Уклон дороги</i>	<i>Время</i>	<i>Скорость автомоби- ля</i>	<i>Уклон дороги</i>
<i>с</i>	<i>км/ч</i>	<i>%</i>	<i>с</i>	<i>км/ч</i>	<i>%</i>
1 773	54,35	...	1 787	19,01	...
1 774	52,22	...	1 788	15,05	...
1 775	50,25	...	1 789	12,09	...
1 776	48,23	...	1 790	9,49	...
1 777	46,51	...	1 791	6,81	...
1 778	44,35	...	1 792	4,28	...
1 779	41,97	...	1 793	2,09	...
1 780	39,33	...	1 794	0,88	...
1 781	36,48	...	1 795	0,88	...
1 782	33,8	...	1 796	0	...
1 783	31,09	...	1 797	0	...
1 784	28,24	...	1 798	0	...
1 785	26,81	...	1 799	0	...
1 786	23,33	...	1 800	0	...

---

## Приложение 2

### Эталонные сорта топлива

#### А.2.1 Эталонное дизельное топливо Европы

Параметр	Единица измерения	Пределы <sup>1</sup>		Метод испытания <sup>3</sup>
		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 измерения	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
Массовая доля серы	млн <sup>-1</sup>	ASTM D 2785	7	15
Объемная доля ароматических веществ	% объема	ASTM D 1319	27	-

## A.2.3 Эталонное дизельное топливо Японии

Параметр	Единица измерения	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

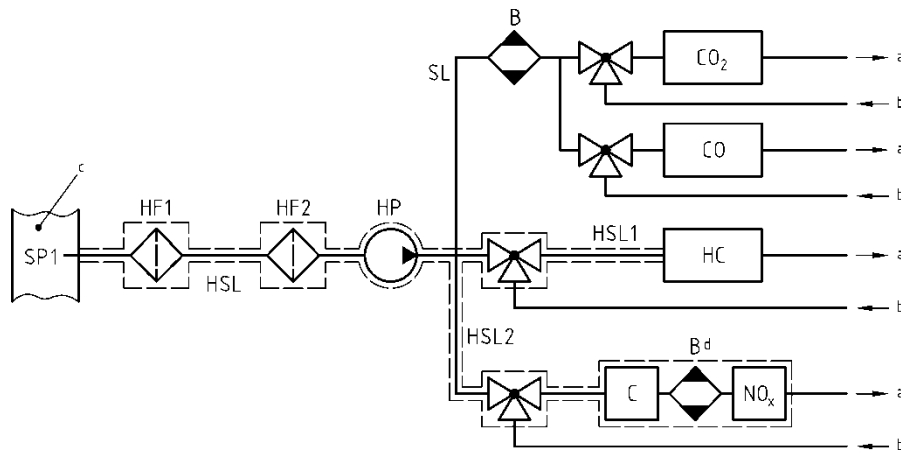
Описываемая ниже аналитическая система для определения выбросов газообразных веществ в первичных (рис. 9) или разбавленных (рис. 10) отработавших газах основана на использовании:

- 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 происходило никакой конденсации компонентов отработавших газов (включая воду и серную кислоту).

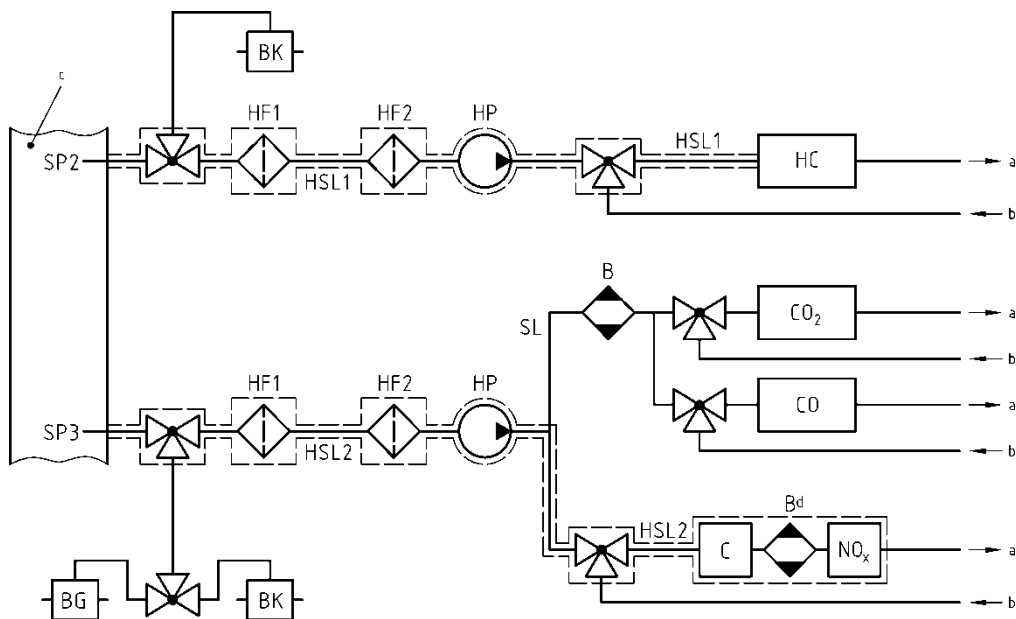


Рис. 9  
**Принципиальная схема системы анализа первичных отработавших газов для измерения содержания  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{HC}$**



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

Рис. 10  
**Принципиальная схема системы анализа разбавленных отработавших газов для измерения содержания  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{HC}$**



a – в атмосферу b – нулевой, поверочный газ c – смесительный канал d – факультативно

#### A.3.1.3 Компоненты, показанные на рис. 9 и 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 заменяют 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  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ), измеряемую в каждой отдельно контролируемой подогреваемой секции, при температуре отработавших газов в пробоотборнике не более  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- d) поддерживать температуру стенок на уровне более  $453 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C}$ ) при температуре отработавших газов в пробоотборнике выше  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- e) поддерживать температуру газа в пределах  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) 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  $328 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C} - 200 \text{ °C}$ ) 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 подогревают до температуры HSL.

#### SL Пробоотборная магистраль для CO и CO<sub>2</sub>

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. Температуру HFID поддерживают в диапазоне  $453 \text{ K} - 473 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C} - 200 \text{ °C}$ ).

#### 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 температуру поддерживают 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 осушителя 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.

ВG Мешок для отбора проб (факультативно; только рис. 10)

Для измерения концентраций проб.

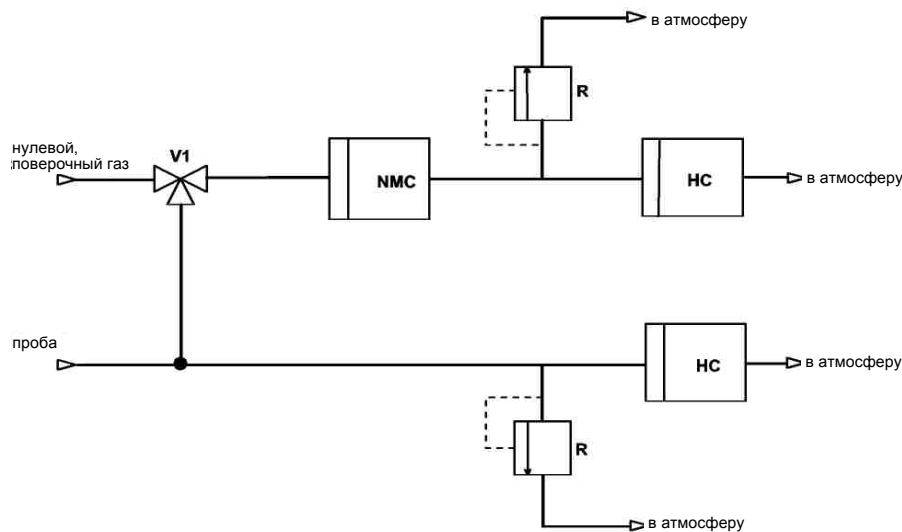
#### A.3.1.4 Метод отделения неметановых фракций (NMC)

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. Относительную чувствительность FID к CH<sub>4</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> определяют в соответствии с пунктом 9.3.8.

Рис. 11

**Принципиальная схема системы анализа на содержание метана с помощью NMC**



**A.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>. Температуру HFID поддерживают 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.

**A.3.2 Система разбавления и отбора проб твердых частиц**

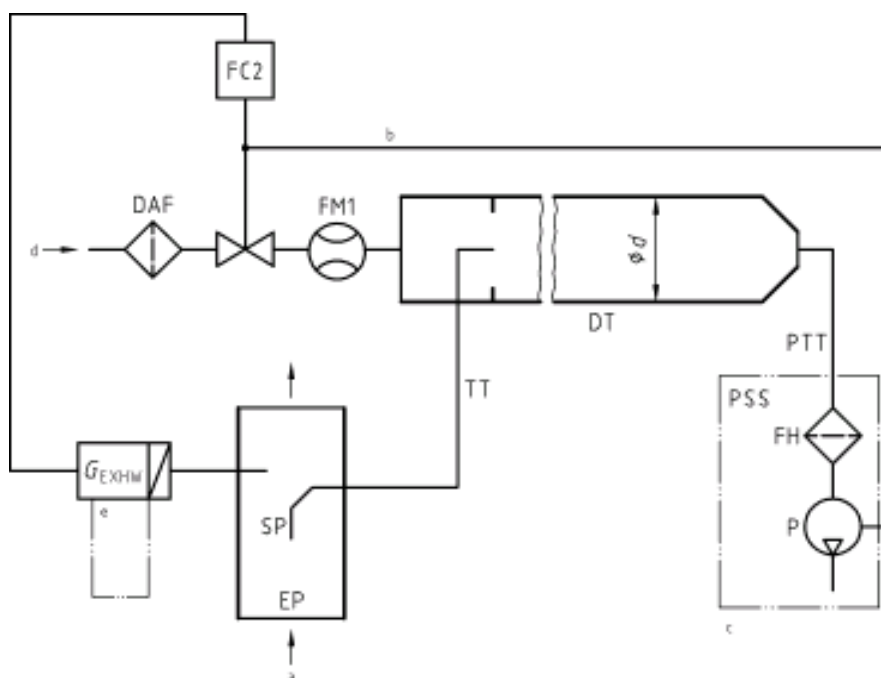
**A.3.2.1 Описание системы частичного разбавления потока**

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). Общий поток, проходящий через канал, корректируется 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)**

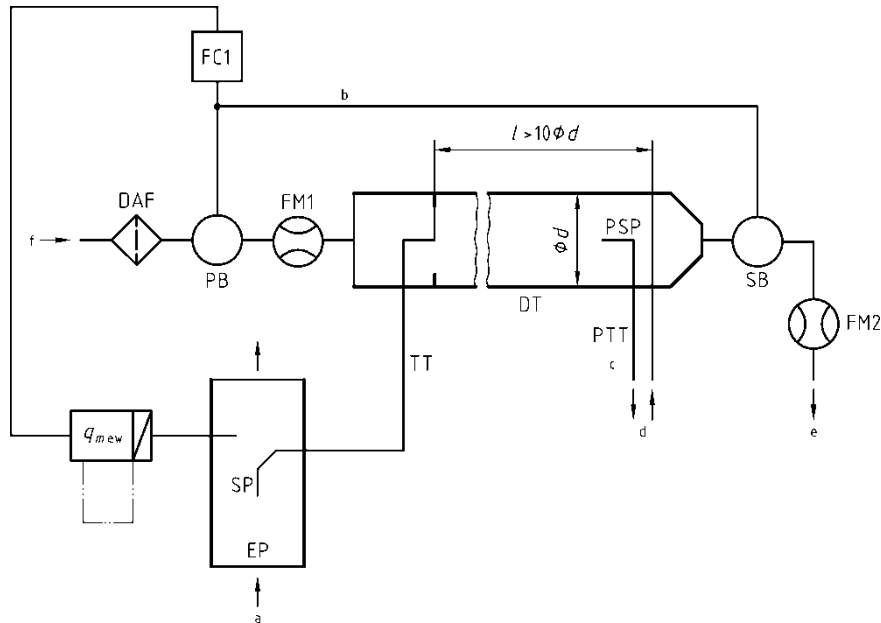


a – отработавшие газы b – факультативно c – более подробно см. рис. 16

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. Общий поток, проходящий через канал, корректируется 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 разбавляющего воздуха измеряется с помощью расходомера FM1, а суммарный расход – с помощью расходомера FM2. Коэффициент

коэффициент разбавления рассчитывается по этим двум показателям расхода. Пробы твердых частиц отбираются из ДТ 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 РВ или SB с – более подробно см. рис. 16 d – в систему отбора проб твердых частиц e – в атмосферу

#### A.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 6 диаметрам трубы до наконечника пробоотборника и 3 диаметрам трубы за ним, рекомендуется использовать прямую трубу.

##### SP Пробоотборник

Пробоотборник должен быть одного из следующих типов:

- патрубок с открытым торцом, обращенным навстречу потоку и расположенным на осевой линии выхлопной трубы;
- патрубок с открытым торцом, обращенным по направлению потока и расположенным на осевой линии выхлопной трубы;
- пробоотборник с несколькими отверстиями, соответствующий описанию SP в пункте A.3.1.3;

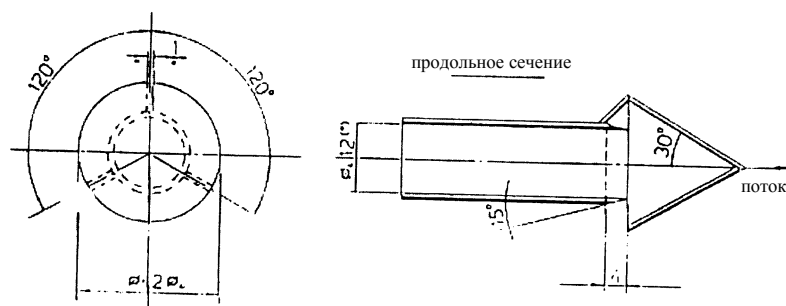
- d) пробоотборник с коническим наконечником, обращенным навстречу потоку и расположенным на осевой линии выхлопной трубы, как показано на рис. 14.

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 устанавливают 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

- a) его длина не должна превышать 0,26 м, если изолировано 80% его общей длины, измеряемой от конечной точки пробоотборника до зоны разбавления;

или

- b) 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 должен быть не меньше диаметра пробоотборника, однако 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 РВ 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) фильтруют 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 смесительного 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 K (52 °C);
- 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 ДТ на расстоянии, равном приблизительно 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.

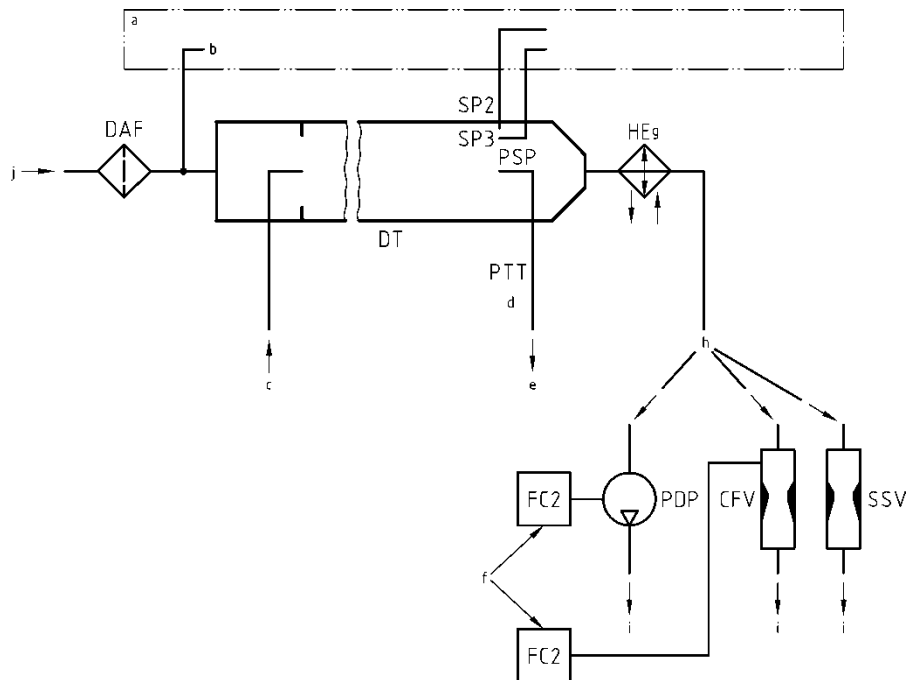
#### А.3.2.3 Описание системы полного разбавления потока

Описанная ниже система разбавления основана на разбавлении всего потока первичных отработавших газов в смесительном канале ДТ в соответствии с концепцией CVS (отбор проб постоянного объема); эта система показана на рис. 15.

Расход разбавленных отработавших газов измеряют 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 пробу разбавленных отработавших газов подают 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 турбоагрегата 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 двигателя 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 проб 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 направляют по потоку в точку, где они вводятся в смесительный канал, и тщательно перемешивают. 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 °C) – 325 К (52 °C).

#### DAF Фильтр разбавителя

Разбавитель (окружающий воздух, синтетический воздух или азот) фильтруют 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 поступают в смесительный канал;
- b) должен иметь внутренний диаметр не менее 8 мм;
- c) может подогреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °C) путем прямого нагревания или с помощью предварительно нагретого разбавляющего воздуха при условии, что температура воздуха не превышает 325 К (52 °C) до подачи отработавших газов в смесительный канал;
- d) может иметь изоляцию.

#### A.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 ча-

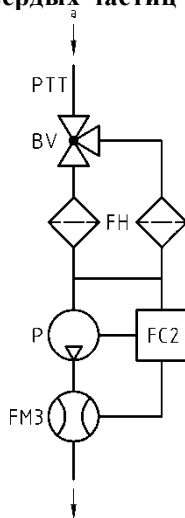
стичного отбора проб в условиях частичного или полного разбавления потока, когда через фильтры пропускается только часть разбавленных отработавших газов, система разбавления и система отбора проб обычно составляют отдельные блоки.

В случае системы частичного разбавления потока проба разбавленных отработавших газов отбирается из смешительного канала DT и пропускается через пробоотборник твердых частиц PSP и патрубок отвода твердых частиц PTT с помощью насоса для перекачки проб P, как показано на рис. 16. Проба проходит через фильтродержатель(и) FH, в котором(ых) закреплены фильтры для осаждения твердых частиц. Расход пробы контролируется регулятором расхода FC3.

В случае системы полного разбавления потока используют систему отбора проб твердых частиц в условиях двойного разбавления, как показано на рис. 17. Проба разбавленных отработавших газов направляется из смешительного канала DT через пробоотборник твердых частиц PSP и патрубок отвода твердых частиц PTT во вторичный смешительный 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

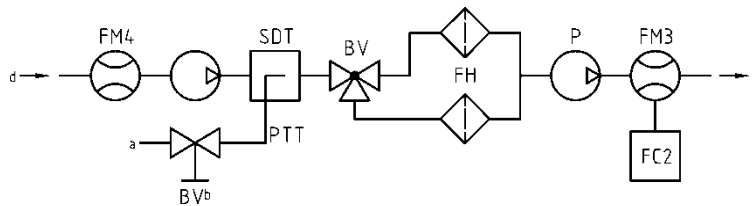
#### Схема системы отбора проб твердых частиц



а — из смешительного 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:

- не должен вступать во взаимодействие с ТЧ;
- может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С);
- может иметь изоляцию.

SDT Вторичный смесительный канал (только рис. 17)

Вторичный смесительный канал:

- должен иметь достаточную длину и диаметр, с тем чтобы он соответствовал требованиям о времени прохождения, указанном в пункте 9.4.2 f);
- может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52°С);
- может иметь изоляцию.

FH Фильтродержатель

Фильтродержатель:

- должен образовывать отходящий (от центра) угол конуса, равный 12,5° на переходе от линии, соответствующей диаметру отвода, до линии, соответствующей рабочему диаметру лицевой части фильтра;
- может нагреваться до температуры стенок не более 325 К (52 °С);
- может иметь изоляцию.

Использование устройства замены (автоматической) фильтров допускается, если предназначенные для отбора проб фильтры не вступают между собой в реакцию.

Фильтры мембранного типа на основе политетрафторэтилена (PTFE) устанавливают в фильтродержателе в специальном кассетном устройстве.

В случае использования пробоотборника с открытым торцом, обращенным навстречу потоку, непосредственно перед фильтродержателем устанавливают 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

#### A.4.1 Среднее значение и стандартное отклонение

Среднеарифметическое значение рассчитывают по следующей формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (96)$$

Стандартное отклонение рассчитывают по следующей формуле:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (97)$$

#### A.4.2 Регрессионный анализ

Наклон линии регрессии рассчитывают по следующей формуле:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (98)$$

Отсекаемое на оси у значение линии регрессии рассчитывают с помощью следующего уравнения:

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x}) \quad (99)$$

Стандартную погрешность оценки (СПО) рассчитывают по следующей формуле:

$$SEE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}}{n-2} \quad (100)$$

Коэффициент смешанной корреляции рассчитывают по следующей формуле:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (101)$$

#### A.4.3 Определение эквивалентности системы

Определение эквивалентности системы в соответствии с пунктом 5.1.1 производят на основе корреляционного анализа 7 (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 проверяют на основе 10-процентного уровня значимости критериев  $F$  и  $t$ . Критические значения  $F$  и  $t$  для 7–10 пар проб приведены в таблице 11. Если значения  $F$  и  $t$ , рассчитанные с помощью нижеприведенных уравнений 102 и 103, больше критических значений  $F$  и  $t$ , то рассматриваемая система неэквивалентна.

Используют нижеследующую процедуру. Нижние индексы  $R$  и  $C$  указывают на эталонную и рассматриваемую системы, соответственно.

- a) Проводят не менее 7 испытаний с использованием рассматриваемой и эталонной систем, работающих параллельно. Число испытаний обозначается как  $n_R$  и  $n_C$ .
- b) Рассчитывают средние значения  $\bar{x}_R$  и  $\bar{x}_C$  и стандартные отклонения  $s_R$  и  $s_C$ .
- c) Рассчитывают значение  $F$  с помощью следующего уравнения:

$$F = \frac{s_{\text{major}}^2}{s_{\text{minor}}^2} \quad (102)$$

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

- d) Рассчитывают значение  $t$  с помощью следующего уравнения:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \quad (103)$$

- e) Сопоставляют рассчитанные значения  $F$  и  $t$  с критическими значениями  $F$  и  $t$ , соответствующими номерам испытаний, указанным в таблице 11. Если выбираются более крупные размеры выборки, то определяют 10-процентный уровень значимости (90-процентный доверительный уровень) по статистическим таблицам.

- f) Определяют степени свободы ( $df$ ) следующим образом:

$$\text{для критерия } F: \quad df = n_R - 1 / n_C - 1 \quad (104)$$

для критерия  $t$ :  $df = n_C + n_R - 2$  (105)

- g) Определяют эквивалентность 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 11

**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

#### A.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 отработавшие газы в виде  $\text{CO}_2$ . Этот факт и положен в основу системы проверки методом замеров  $\text{CO}_2$ .

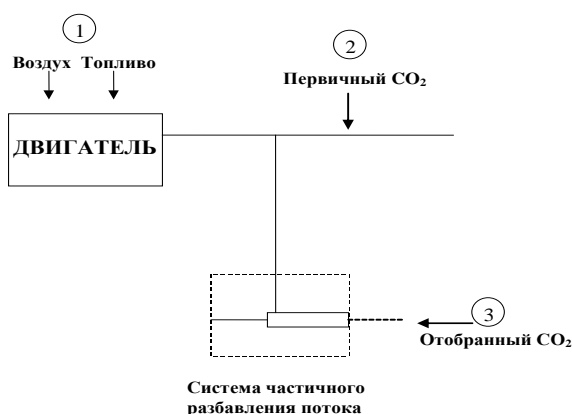
Расход углерода в системах измерения параметров отработавших газов определяется на основе расхода топлива. Расход углерода в различных точках отбора проб в системах отбора проб выбросов и твердых частиц определяется на основе концентрации  $\text{CO}_2$  и показателей расхода газов в этих точках.

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 проверяют расход углерода. Ниже приводятся конкретные формулы определения расхода углерода в каждой из точек 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  $\text{CH}_a\text{O}_e$  определяют по формуле:

$$q_{mCf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\varepsilon} \times q_{mf} \quad (106),$$

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 определяют на основе концентрации первичного  $\text{CO}_2$  и массового расхода отработавших газов:

$$q_{mCe} = \left( \frac{c_{\text{CO}_2,r} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_{re}} \quad (107),$$

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 полученную величину пересчитывают 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 определяют на основе концентрации разбавленного  $\text{CO}_2$ , массового расхода отработавших газов и расхода проб:

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{\text{CO}_2,d} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (108),$$

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 полученную величину пересчитывают на влажную основу в соответствии с пунктом 8.1.

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

Молярную массу отработавших газов рассчитывают 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 Н·м, отмеченного на построенной кривой, при 1 178 мин<sup>-1</sup>

$$\text{фактический крутящий момент} = \frac{82 \times 700}{100} = 574\ \text{Н}\cdot\text{м}.$$

А.6.2 Базовые данные для стехиометрических расчетов

Атомная масса водорода	1,00794 г/моль
Атомная масса углерода	12,011 г/моль
Атомная масса серы	32,065 г/моль
Атомная масса азота	14,0067 г/моль
Атомная масса кислорода	15,9994 г/моль
Атомная масса аргона	39,9 г/моль
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 производят на основе молярного объема, составляющего, по допущению Авогадро, 22,414 л/моль.

#### A.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)	$q_{maw,i}$ (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)

$$\text{Уравнение 18: } k_{fw} = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$$

$$\text{Уравнение 15: } k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$



$$\begin{aligned} \text{Уравнение 14: } c_{\text{CO},i} (\text{на влажной основе}) &= 40 \times 0,9331 = 37,3 \text{ млн}^{-1} \\ c_{\text{NOx},i} (\text{на влажной основе}) &= 500 \times 0,9331 = 466,6 \text{ млн}^{-1} \end{aligned}$$

Этап 2. Поправка на температуру и влажность для  $\text{NO}_x$  (пункт 8.2.1)

$$\text{Уравнение 25: } k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1000} + 0,832 = 0,9576$$

Этап 3. Расчет мгновенных значений выбросов в каждом отдельном режиме цикла (пункт 8.4.2.3):

$$m_{\text{HC},i} = 10 \times 3 \times 0,155 = 4,650$$

$$m_{\text{CO},i} = 37,3 \times 0,155 = 5,782$$

$$m_{\text{NOx},i} = 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 = 69,26$$

Этап 4. Расчет массы выбросов за цикл методом интегрирования мгновенных значений выбросов и значений  $u$ , взятых из таблицы 5 (пункт 8.4.2.3)

Нижеследующий расчет приведен для цикла ВСУЦ (1 800 с) и на основе допущения, что в каждом режиме цикла концентрация выбросов одинакова.

$$\begin{aligned} \text{Уравнение 38: } m_{\text{HC}} &= 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 = 4,01 \text{ г/испытание} \\ m_{\text{CO}} &= 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 = 10,05 \text{ г/испытание} \\ m_{\text{NOx}} &= 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 = 197,72 \text{ г/испытание} \end{aligned}$$

Этап 5. Расчет удельных выбросов (пункт 8.6.3)

$$\text{Уравнение 73: } e_{\text{HC}} = 4,01 / 40 = 0,10 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$e_{\text{CO}} = 10,05 / 40 = 0,25 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$e_{\text{NOx}} = 197,72 / 4 = 4,94 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

#### A.6.4 Выбросы твердых частиц (дизельное топливо)

$p_b$ (кПа)	$W_{\text{act}}$ (кВт·ч)	$q_{\text{тев},i}$ (кг/с)	$q_{\text{mf},i}$ (кг/с)	$q_{\text{mdw},i}$ (кг/с)	$q_{\text{mdew},i}$ (кг/с)	$m_{\text{uncor}}$ (мг)	$m_{\text{sep}}$ (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)

$$\text{Уравнение 50: } r_{d,i} = \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} = 4$$

$$\text{Уравнение 49: } q_{\text{medf},i} = 0,155 \times 4 = 0,620 \text{ кг/с}$$

$$\text{Уравнение 48: } m_{\text{edf}} = \sum_{i=1}^{1800} 0,620 = 1\,116 \text{ кг/испытание}$$

Этап 2: Корректировка массы твердых частиц на статическое давление (пункт 8.3)

$$\text{Уравнение 28: } \rho_a = \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} = 1,164 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Уравнение 27: } m_f = 1,7000 \times \frac{(1 - 1,164 / 8\,000)}{(1 - 1,164 / 2\,300)} = 1,7006 \text{ мг}$$

Этап 3: Расчет массы выбросов твердых частиц (пункт 8.4.3.5.2)

$$\text{Уравнение 47: } m_{\text{PM}} = \frac{1,7006}{1,515} \times \frac{1,116}{1,000} = 1,253 \text{ г/испытание}$$

Этап 4: Расчет удельных выбросов (пункт 8.6.3)

$$\text{Уравнение 73: } e_{\text{PM}} = 1,253 / 40 = 0,031 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

## 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 патрубок Воздушный фильтр Глушитель шума всасывания Ограничитель скорости	Да Да Да Да Да или оборудование испытательной камеры Да или оборудование испытательной камеры Да или оборудование испытательной камеры Да
2	Подогревающее устройство впускного коллектора	Да, по возможности оно должно быть отрегулировано на оптимальный режим работы
3	Система выпуска отработавших 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 Да
6	Оборудование для впрыска топлива Фильтр предварительной очистки Фильтр Насос	Да Да Да

Номер	Вспомогательное оборудование	Устанавливается для проведения испытания на выбросы
	Трубопровод высокого давления 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 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 Генератор 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 отработавшими газами Охладитель наддувочного воздуха Насос или вентилятор охладителя (с приводом от двигателя) Устройство регулировки расхода охлаждающей жидкости	Да Да или система испытательной камеры Нет Да
11	Устройство для ограничения выброса загрязняющих веществ (система последующей обработки отработавших газов)	Да
12	Оборудование для запуска двигателя	Да или система испытательной камеры
13	Масляный насос	Да

## **Приложение 8**

**Зарезервировано**

## Приложение 9

### **Процедура испытания для двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода АПМ**

A.9.1 Настоящее приложение содержит требования и общее описание, касающиеся испытания двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода АПМ.

A.9.2 Процедура испытания

A.9.2.1 Метод АПМ

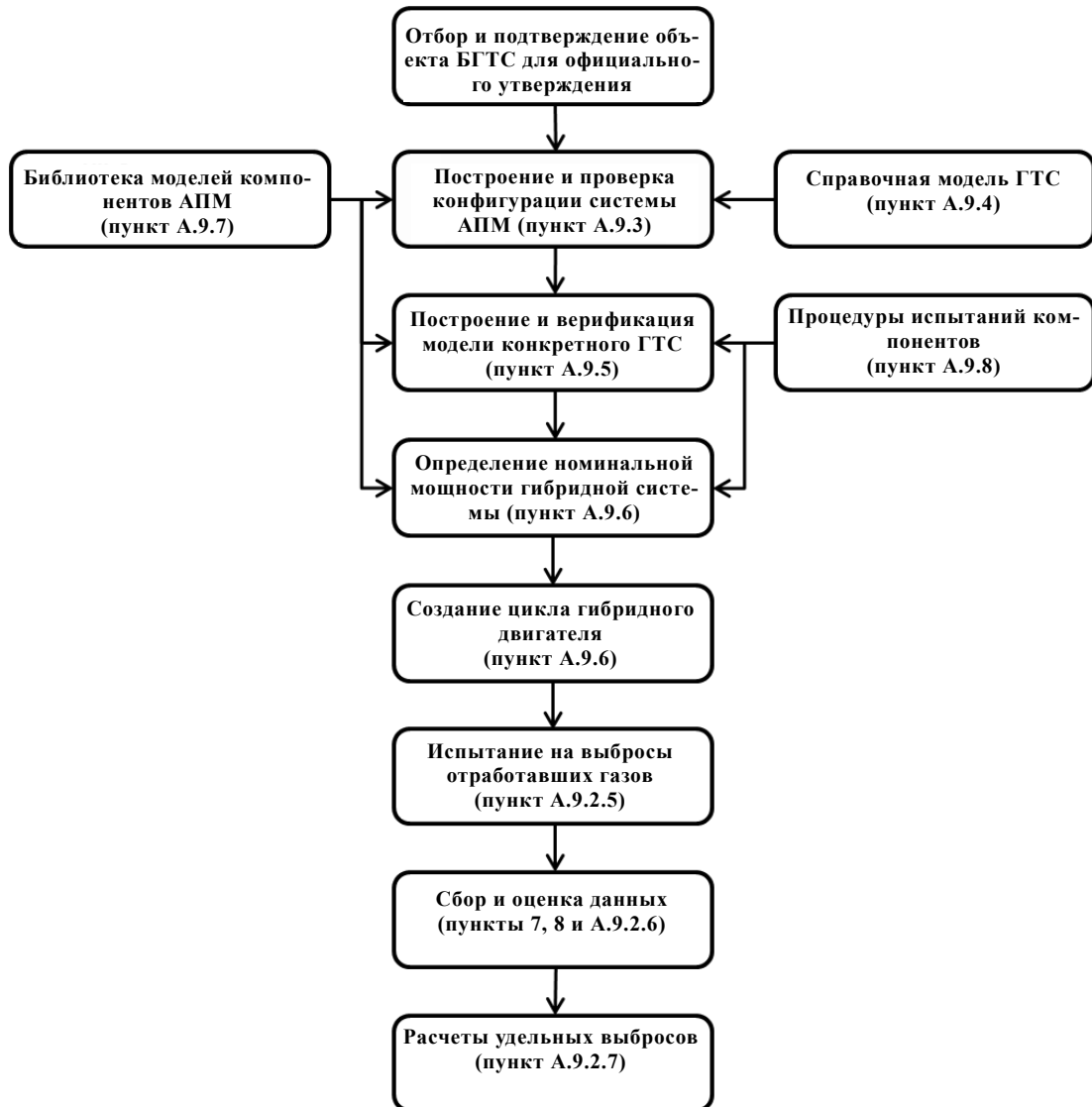
Метод АПМ подразумевает следование общим руководящим указаниям в отношении осуществления определенных этапов процесса, определенных ниже и отраженных на схеме, представленной на рис. 19. Детальное описание каждого этапа приводится в соответствующих пунктах. В случае необходимости допускаются некоторые отклонения от этих указаний, однако конкретные требования являются обязательными.

Для метода АПМ процедура включает следующие этапы:

- a) отбор и подтверждение объекта БГТС для официального утверждения;
- b) построение конфигурации системы АПМ;
- c) проверка работы системы АПМ;
- d) построение и верификация модели ГТС;
- e) определение процедур испытаний компонентов;
- f) определение номинальной мощности гибридной системы;
- g) создание цикла гибридного двигателя;
- h) испытание на выбросы отработавших газов;
- i) сбор и оценка данных;
- j) расчеты удельных выбросов.

Рис. 19

## Схема испытания по методу 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

Справочную модель ГТС заменяют моделью конкретного ГТС для официального утверждения, которая представляет конкретное большегрузное гибридное транспортное средство/конкретный силовой агрегат; 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 установления номинальной мощности гибридной системы определяют мощность 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 Испытание на выбросы отработавших газов

Испытание на выбросы отработавших газов проводят в соответствии с пунктами 6 и 7.

#### A.6.2.6 Сбор и оценка данных

##### A.9.2.6.1 Данные, касающиеся выбросов

Вес данные, касающиеся выбросов загрязняющих веществ в ходе испытательного прогона на выброс отработавших газом двигателем, регистрируют в соответствии с пунктом 7.6.6.

Если используется метод прогнозируемых температур согласно пункту A.9.6.2.18, то регистрируют значения температуры тех элементов, которые оказывают влияние на управление гибридной системой.

##### A.9.2.6.2 Расчет работы гибридной системы

Показатель работы гибридной системы определяют по всему испытательному циклу посредством синхронного использования значений частоты вращения и крутящего момента для гибридной системы, полученных на ступице колеса (выходные сигналы модели шасси ГТС согласно пункту A.9.7.3) в ходе действительного смоделированного прогона по методу АПМ, предусмотренного в пункте A.9.6.4, для расчета мгновенных значений мощности гибридной системы. Мгновенные значения мощности интегрируют за весь цикл испытания для расчета работы гибридной системы на основе значения  $W_{ice\_HILS}$  (кВт·ч), полученного в ходе смоделирования прогона по методу АПМ. Такое интегрирование производят с частотой не ниже 5 Гц (рекомендуется 10 Гц) и с включением только положительных значений мощности в соответствии с пунктом A.9.7.3 (уравнение 146).

Работу гибридной системы ( $W_{sys}$ ) рассчитывают следующим образом:

a) для случаев, когда  $W_{act} < W_{ice\_HILS}$ :

$$W_{sys} = W_{sys\_HILS} \times \frac{W_{act}}{W_{ice\_HILS}} \times \left( \frac{1}{0,95} \right)^2 \quad (109)$$

b) для случаев, когда  $W_{act} \geq W_{ice\_HILS}$

$$W_{sys} = W_{sys\_HILS} \times \left( \frac{1}{0,95} \right)^2 \quad (110),$$

где:



- $W_{\text{sys}}$  – работа гибридной системы, в кВт·ч;
- $W_{\text{sys\_HILS}}$  – показатель работы гибридной системы, полученный в ходе окончательного смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч;
- $W_{\text{act}}$  – фактическая работа двигателя в ходе испытания по ЦГД, в кВт·ч;
- $W_{\text{ice\_HILS}}$  – показатель работы двигателя, полученный в ходе окончательного смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч.

Все параметры регистрируют.

#### A.9.2.6.3 Подтверждение достоверности прогнозируемого температурного профиля

Если используется метод прогнозируемых температур согласно пункту А.9.6.2.18, то применительно к каждому отдельному значению температуры тех элементов, которые оказывают влияние на управление гибридной системой, должно быть подтверждено, что данное значение температуры, используемое в ходе прогона по методу АПМ, эквивалентно температуре соответствующего элемента во время фактического испытания по ЦГД.

Используют метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим следующий вид:

$$y = a_1x + a_0 \quad (111),$$

где:

$y$  – прогнозируемое значение температуры элемента, в °С;

$a_1$  – наклон линии регрессии;

$x$  – замеренное контрольное значение температуры элемента, в °С;

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

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

Этот анализ выполняют с частотой не менее 1 Гц. Для того чтобы регрессия была признана достоверной, должны соблюдаться критерии, указанные в таблице 12.

Таблица 12

#### Допуски для температурных профилей

	Температура элемента
Стандартная погрешность оценки (СПО) $y$ на $x$	максимум 5% максимальной замеренной температуры элемента
Наклон линии регрессии, $a_1$	0,95–1,03
Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$	минимум 0,970
Отсекаемое на оси $y$ значение линии регрессии, $a_0$	максимум 10% минимальной замеренной температуры элемента

### А.9.2.7 Расчет удельных выбросов для гибридных систем

Удельные выбросы  $e_{\text{gas}}$  или  $e_{\text{PM}}$  (г/кВт·ч) рассчитывают для каждого отдельного компонента следующим образом:

$$e = \frac{m}{W_{\text{sys}}} \quad (112),$$

где:

- $e$  – удельные выбросы, в г/кВт·ч;
- $m$  – масса выбросов данного компонента, в г/испытание;
- $W_{\text{sys}}$  – работа за цикл, определенная в соответствии с положениями пункта А.9.2.6.2, в 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 прогретом состоянии в соответствии со следующим уравнением:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{\text{cold}}) + (0,86 \times m_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{sys,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{sys,hot}})} \quad (113),$$

где:

- $m_{\text{cold}}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии, в г/испытание;
- $m_{\text{hot}}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии, в г/испытание;
- $W_{\text{sys,cold}}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии, в кВт·ч;
- $W_{\text{sys,hot}}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии, в 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 112 и 113, либо прибавляют к нему.

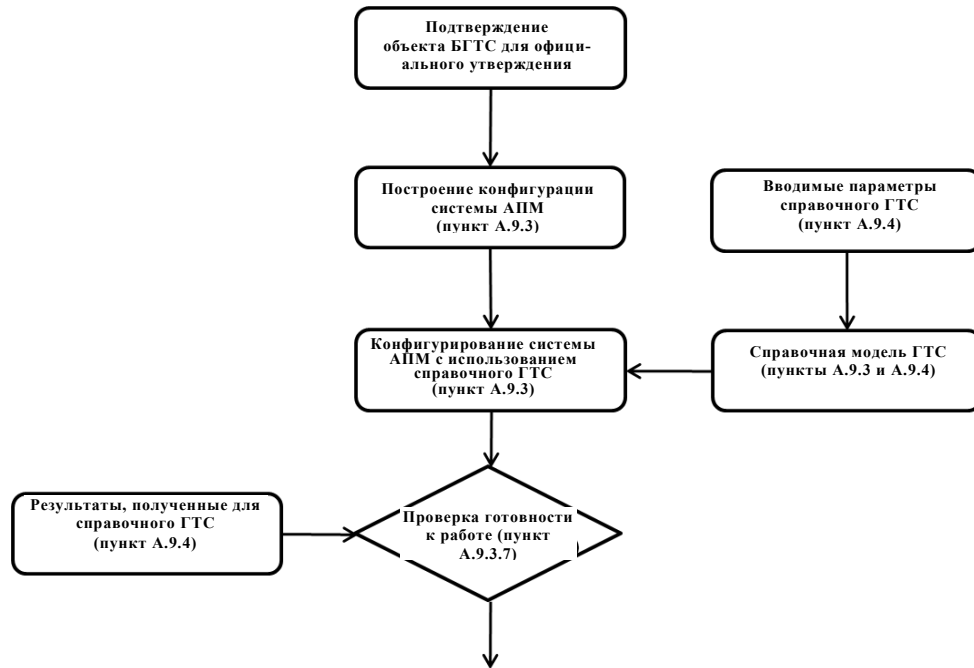
## А.9.3 Построение и верификация конфигурации системы АПМ

### А.9.3.1 Общие вводные положения

Процедура построения и верификации конфигурации системы АПМ показана на схеме, приведенной на рис. 20 ниже, и включает различные шаги, которые должны быть выполнены в ходе процедуры АПМ.

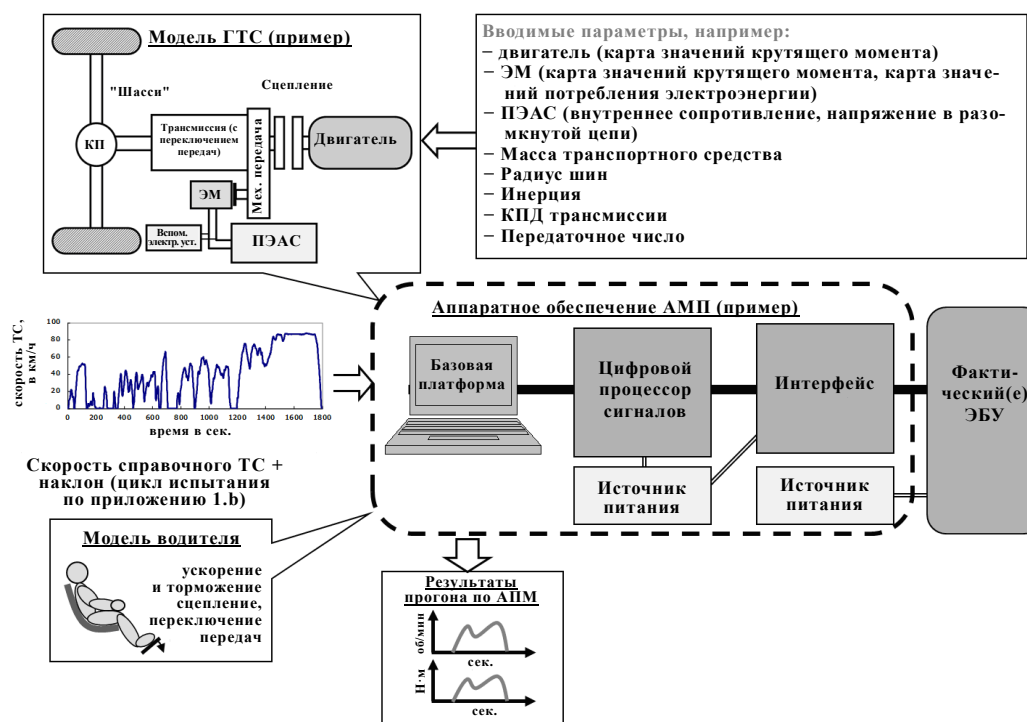
Рис. 20

## Схема процедуры построения и верификации системы АПМ



Как показано на рис. 21, 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(е) ЭБУ испытуемого автотранспортного средства (далее называемый(е) "фактическим(и) ЭБУ") и его (их) источник питания и необходимый(е) интерфейс(ы). Конфигурация системы АПМ определяется согласно положениям пунктов А.9.3.2–А.9.3.6 и считается действительной в случае соответствия критериям, изложенным в пункте А.9.3.7. В рамках данного процесса применяют справочную модель ГТС (в соответствии с пунктом А.9.4) и библиотеку компонентов АПМ (в соответствии с пунктом А.9.7).

Рис. 21  
Общая конфигурация системы АПМ



#### A.9.3.2 Аппаратное обеспечение АПМ

Аппаратное обеспечение АПМ включает все физические системы, составляющие систему АПМ, но исключает фактический(е) ЭБУ.

Аппаратное обеспечение АПМ должно иметь типы сигналов и количество каналов, требуемые для создания интерфейса между аппаратным обеспечением АПМ и фактическим(и) ЭБУ; его проверяют и калибруют в соответствии с процедурами, изложенными в пункте А.9.3.7, и с использованием справочной модели ГТС, предусмотренной в пункте А.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 А.9.3.5 и в отношении функционирования модели ГТС и фактического(их) ЭБУ. Следует обеспечить функциональное подключение модели ГТС и модели водителя к аппаратному обеспечению АПМ. Кроме того, в модели интерфейса могут быть определены конкретные сигналы, например сигналы АБС, 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.

#### A.9.3.4 Фактический(е) 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.

#### A.9.3.4.1 Ключевые функции гибридной системы

К числу ключевых функций гибридной системы относятся по крайней мере регулирование потребления энергии и распределение питания между преобразователями энергии гибридного силового агрегата и ПЭАС.

#### A.9.3.5 Модель транспортного средства

Модель транспортного средства должна быть репрезентативной в отношении всех соответствующих физических характеристик (большегрузного) гибридного транспортного средства/силового агрегата, 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:

- a) справочную модель ГТС согласно определению в пункте А.9.4 используют для прогона в режиме ПМ, при этом система АПМ используется для подтверждения показателей системы АМП;
- b) модель конкретного ГТС согласно пункту А.9.5 квалифицируют в качестве зачетной репрезентативной модели конкретного силового агрегата 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.

#### A.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 акселератора и педали тормоза, а также сигналы положения сцепления и выбранной передачи 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 прогона в режиме ПМ с использованием справочной модели ГТС (в соответствии с пунктом А.9.4) на системе АПМ.

По имеющимся справочным значениям (в соответствии с пунктом А.9.4.4) определяют линейную регрессию рассчитанных выходных значений, полученных в ходе прогона справочной модели ГТС в режиме ПМ. При этом используют метод наименьших квадратов с наиболее подходящим уравнением, имеющим следующий вид:

$$y = a_1x + a_0 \quad (114),$$

где:

$y$  – фактическое значение сигнала АМП;

$x$  – измеренное справочное значение сигнала;

$a_1$  – наклон линии регрессии;

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

Для того чтобы конфигурация системы АПМ была признана достоверной, должны соблюдаться критерии, указанные в таблице 13.

В том случае, если языком программирования для модели ГТС не является Matlab®/Simulink®, подтверждение рассчитанных значений конфигурации системы АПМ осуществляют при помощи проверки модели конкретного ГТС в соответствии с положениями пункта А.9.5.

Таблица 13

#### Допуски при операционной проверке конфигурации системы АПМ

Параметры проверки	Критерии		
	наклон, $a_1$	отсекаемое на оси $y$ значение линии регрессии, $a_0$	коэффициент смешанной корреляции, $r^2$
Скорость транспортного средства	0,9995–1,0005	±0,05% от максимального значения либо меньше	минимум 0,995
Частота вращения ДВС			
Крутящий момент ДВС			
Частота вращения ЭМ			
Крутящий момент ЭМ			
Напряжение электрической ПЭАС			
Сила тока электрической ПЭАС			
СЗ электрической ПЭАС			

### 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) конфигу-

рации системы АПМ (в соответствии с пунктом 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 гибридного силового агрегата, состоящую из следующих компонентов, показанных на рис. 22, и включает свой алгоритм управления:

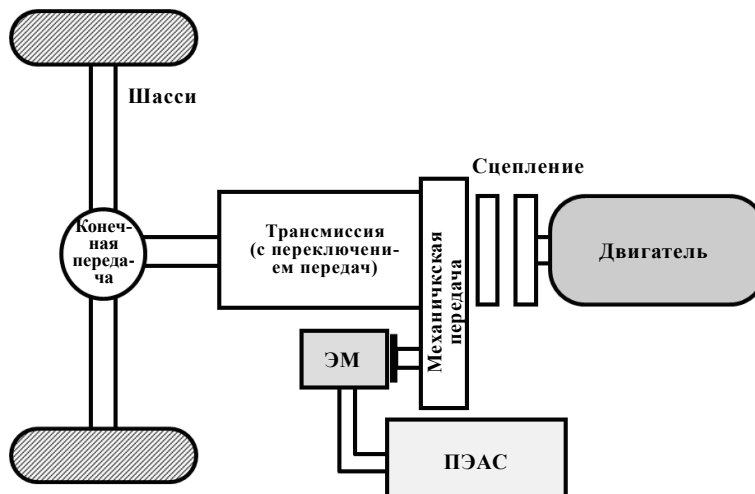
- a) двигатель внутреннего сгорания;
- b) сцепление;
- c) аккумулятор;
- d) электромотор;
- e) механическая передача (для соединения ЭМ со сцеплением и коробкой передач);
- f) коробка передач;
- g) конечная передача;
- h) шасси, включая колеса и раму.

Справочная модель ГТС является частью библиотеки АПМ и размещена по адресу [http://www.unecese.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob\\_registry.html](http://www.unecese.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob_registry.html) (содержится в добавлении к гтп № 4).

Справочная модель ГТС имеет следующее название: "reference\_hybrid\_vehicle\_model.mdl"; файлы с ее параметрами, а также выходные данные прогона в режиме ПМ размещены в следующей директории библиотеки АПМ: "<root>HILS\_GTR\Vehicles\ReferenceHybridVehicleModel" (и во всех ее поддиректориях).

Рис. 22

#### Топология силового агрегата справочной модели ГТС



#### A.9.4.3 Вводимые параметры справочной модели ГТС

Все компоненты вводимых 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 электромашины : "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, электромашины, сцепления и т. д. определены в просмотрных таблицах, а также хранятся в указанном файле.

#### A.9.4.4 Выходные параметры справочного ГТС

Для проведения прогона в режиме ПМ с использованием справочной модели ГТС отводится часть испытательного цикла, определенная в приложении 1.b, которая охватывает первые 140 секунд. Полученные данные прогона в режиме ПМ с использованием системы АПМ регистрируют 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 прогона в режиме ПМ округляют до такого же значащего разряда числа, который указан в файле со справочными выходными данными, и они должны удовлетворять критериям, предусмотренным в таблице 13.

#### 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 фактического гибридного силового агрегата, которую используют в конфигурации системы АПМ согласно пункту А.9.3.

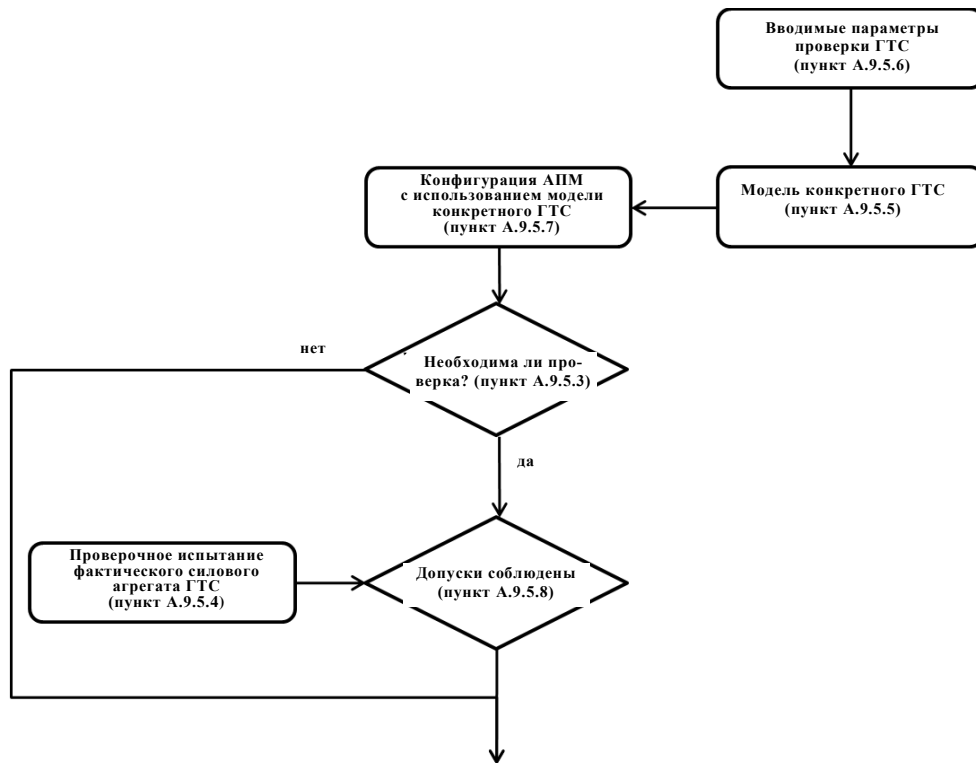


### A.9.5.2 Общая процедура

На схеме, приведенной на рис. 23, показаны различные этапы проверки модели конкретного ГТС.

Рис. 23

#### Схема алгоритма построения и проверки модели конкретного ГТС



### A.9.5.3 Случаи, требующие проверки модели конкретного ГТС и системы АПМ

Предметом проверки являются функционирование и точность смоделированного прогона модели конкретного ГТС. Такую проверку проводят при необходимости подтвердить эквивалентность конфигурации системы АПМ или модели конкретного ГТС испытываемому гибричному силовому агрегату.

Данная проверка в соответствии с пунктами А.9.5.4-А.9.5.8 проводится при наличии любого из следующих условий:

- осуществляют первый испытательный прогон с использованием системы АПМ, включая фактический(е) ЭБУ;
- изменена конструкция системы ГТС;
- внесены структурные изменения в модели компонентов;
- компоненты модели используют иным образом (например, переход от механической к автоматической трансмиссии);

- e) внесены изменения в модель интерфейса, оказывающие соответствующее влияние на функционирование гибридной системы;
- f) 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 – с учетом необходимости проведения проверки – подлежат официальному утверждению органом по официальному утверждению типа или по сертификации. Любые внесенные изменения, сказывающиеся на вышеупомянутых критериях проверки, доводят до сведения органа по официальному утверждению типа или по сертификации, при этом должны быть предоставлены соответствующие обоснования, подкрепленные всеми необходимыми техническими данными (например, после внесения изменений в аппаратное обеспечение системы АПМ либо изменения показателей времени задержки ответа или постоянных времени, используемых в моделях). Технические данные должны быть основаны на расчетах, моделировании, оценках, описании моделей, результатах экспериментов и т.д.

#### A.9.5.4 Фактическое испытание гибридного силового агрегата

##### A.9.5.4.1 Технические требования к испытываемому гибричному силовому агрегату и отбор гибридного силового агрегата для испытания

Испытанию подвергают базовый гибридный силовой агрегат. Если к существующему семейству в соответствии с пунктом 5.3.2 добавляют гибридный силовой агрегат в новой конфигурации, который становится новым базовым силовым агрегатом, то подтверждение достоверности модели АПМ не требуется.

##### A.9.5.4.2 Процедура испытания

Проверочное испытание с использованием испытываемого гибридного силового агрегата (далее называемое "фактическим испытанием силового агрегата"), которое служит стандартной процедурой проверки системы АПМ, проводят с использованием одного из методов испытания, описанных в пунктах А.9.5.4.2.1 и А.9.5.4.2.2.

##### A.9.5.4.2.1 Испытание силового агрегата на динамометрическом стенде

Испытание проводят в соответствии с положениями пунктов А.10.3 и А.10.5 для определения параметров измерения, указанных в пункте А.9.5.4.4.

Положения, касающиеся измерения выбросов отработавших газов, могут опускаться.

##### A.9.5.4.2.2 Испытание шасси на динамометрическом стенде

###### A.9.5.4.2.2.1 Общие вводные положения

С целью реализации цикла испытания, указанного в приложении 1.b, испытание шасси проводят на динамометрическом стенде с соответствующими характеристиками.

Динамометр должен обеспечивать возможность проведения (автоматизированной) процедуры испытания методом выбега для определения и установления точных значений сопротивления движению в следующем порядке:

- a) динамометр обеспечивает разгон транспортного средства до скорости, превышающей наибольшую скорость в рамках испытательного цикла или максимальную скорость транспортного средства, причем выбирается самая низкая скорость;
- b) осуществляют прогон с выбегом;
- c) рассчитывают коэффициенты сопротивления движению  $Dyno_{measured}$  и вычитают их из коэффициентов  $Dyno_{target}$ ;
- d) производят корректировку параметра  $Dyno_{settings}$ ;
- e) осуществляют проверочный прогон с выбегом.

Должна обеспечиваться автоматическая корректировка параметра  $Dyno_{settings}$  динамометра посредством повторения указанных выше шагов a)–e), пока максимальное отклонение кривой сопротивления движению  $Dyno_{measured}$  от кривой сопротивления движению  $Dyno_{target}$  для всех отдельных значений скорости в пределах испытательного диапазона не будет составлять менее  $\pm 5\%$ .

Коэффициентам сопротивления движению  $Dyno_{target}$  присваивают обозначения А, В и С и рассчитывают соответствующее сопротивление движению следующим образом:

$$F_{roadload} = A + B \times v + C \times v^2 \quad (115),$$

где:

- $F_{roadload}$  – обеспечиваемое динамометром сопротивление движению, в Н;
- $Dyno_{measured}$  – коэффициенты  $A_m$ ,  $B_m$  и  $C_m$  динамометрического стенда, рассчитанные по результатам прогона на динамометре методом выбега;
- $Dyno_{settings}$  – коэффициенты  $A_{set}$ ,  $B_{set}$  и  $C_{set}$ , задающие имитируемое динамометром сопротивление движению;
- $Dyno_{target}$  – целевые коэффициенты  $A_{target}$ ,  $B_{target}$  и  $C_{target}$  динамометрического стенда в соответствии с пунктами А.9.5.4.2.2.2–А.9.5.4.2.2.6.

Перед началом процедуры испытания на динамометре методом выбега динамометр калибруют и проверяют в соответствии со спецификациями изготовителя динамометра. Динамометрический стенд и транспортное средство предварительно кондиционируют с соблюдением проверенной инженерно-технической практики для стабилизации паразитных потерь.

Все измерительные приборы должны отвечать установленным требованиям линейности, изложенными в пункте А.9.8.2.

Все модификации или сигналы, требуемые для прогона гибридного транспортного средства на динамометрическом стенде, документи-

руют и сообщают органу по официальному утверждению типа или по сертификации.

#### A.9.5.4.2.2.2 Испытательная масса транспортного средства

Испытательную массу транспортного средства ( $m_{\text{vehicle}}$ ) рассчитывают с использованием номинальной мощности гибридной системы ( $P_{\text{rated}}$ ), как это указано изготовителем для фактического испытания гибридного силового агрегата, следующим образом:

$$m_{\text{vehicle}} = 15,1 \times P_{\text{rated}}^{1,31} \quad (116),$$

где:

$m_{\text{vehicle}}$  – испытательная масса транспортного средства, в кг;

$P_{\text{rated}}$  – номинальной мощности гибридной системы, в кВт.

#### A.9.5.4.2.2.3 Коэффициенты сопротивления воздуха

Площадь фронтальной поверхности транспортного средства ( $A_{\text{front}}$ , м<sup>2</sup>) рассчитывают как функцию испытательной массы транспортного средства согласно пункту A.9.5.4.2.2.2, с помощью следующих уравнений:

a) при  $m_{\text{vehicle}} \leq 18\,050$  кг:

$$A_{\text{front}} = -1,69 \times 10^{-8} \times m_{\text{vehicle}}^2 + 6,33 \times 10^{-4} \times m_{\text{vehicle}} + 1,67 \quad (117)$$

или

b) при  $m_{\text{vehicle}} > 18\,050$  кг:

$$A_{\text{front}} = 7,59 \text{ м}^2 \quad (118)$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного средства ( $C_{\text{drag}}$ , -) рассчитывают следующим образом:

$$C_{\text{drag}} = \frac{3,6^2 \times (0,00299 \times A_{\text{front}} - 0,000832) \times g}{0,5 \times \rho_a \times A_{\text{front}}} \quad (119),$$

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.9.5.4.2.2.4 Коэффициент сопротивления качению

Коэффициент сопротивления качению ( $f_{\text{roll}}$ , -) рассчитывают следующим образом:

$$f_{\text{roll}} = 0,00513 + \frac{17,6}{m_{\text{vehicle}}} \quad (120),$$

где:

$m_{\text{vehicle}}$  – испытательная масса транспортного средства согласно пункту A.9.5.4.2.2.2, в кг.

#### A.9.5.4.2.2.5 Инерция вращающихся частей

Момент инерции, на который отрегулирован динамометрический стенд для имитирования инерции транспортного средства, соответствует испытательной массе транспортного средства согласно пункту А.9.5.4.2.2.2. При регулировке нагрузки на динамометрическом стенде никакой корректировки для учета инерционных нагрузок на ось не проводят.

#### А.9.5.4.2.2.6 Регулировка динамометрического стенда

Сопrotивление движению при определенной скорости транспортного средства  $v$  рассчитывают с использованием уравнения 115.

Коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $C$  являются следующими:

$$A = m_{vehicle} \times g \times f_{roll} \quad (121)$$

$$B = 0 \quad (122)$$

$$C = \frac{1}{2} \times \rho_a \times C_{drag} \times A_{front} \quad (123),$$

где:

- $v$  – скорость транспортного средства, в м/с;
- $m_{vehicle}$  – испытательная масса транспортного средства в соответствии с уравнением 116, в кг;
- $f_{roll}$  – коэффициент сопротивления качению, полученный с использованием уравнения 120;
- $g$  – ускорение свободного падения, указанное согласно пункту А.9.5.4.2.2.3, в м/с<sup>2</sup>;
- $\rho_a$  – плотность окружающего воздуха, указанная согласно пункту А.9.5.4.2.2.3, в кг/м<sup>3</sup>;
- $A_{front}$  – площадь фронтальной поверхности транспортного средства, полученная с использованием уравнения 117 или 118, в м<sup>2</sup>;
- $C_{drag}$  – коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного средства, полученный с использованием уравнения 119.

#### А.9.5.4.2.2.7 Режим имитирования сопротивления движению на динамометре

Динамометр работает в режиме, при котором имитируются инерция транспортного средства и кривая сопротивления движению, определяемая коэффициентами  $Dyno_{setting}$ .

Динамометр должен правильно воссоздавать уклоны дороги, определенные в соответствии с циклом испытания по приложению 1.b, с тем чтобы коэффициент  $A$  удовлетворял следующему уравнению:

$$A = m_{vehicle} \times g \times f_{roll} \times \cos(\alpha_{road}) + m_{vehicle} \times g \times \sin(\alpha_{road}) \quad (124)$$

$$\alpha_{road} = \text{atan}(\alpha_{road}/100) \quad (125),$$

где:

- $\alpha_{road}$  – уклон дороги, в радианах;
- $\alpha_{road\_pct}$  – уклон дороги, указанный в приложении 1.b, в %.

## A.9.5.4.3 Условия испытания

## A.9.5.4.3.1 Испытательный прогон

Испытание проводят как контролируемый по времени прогон посредством осуществления полного цикла испытания, определенного в приложении 1.b, с использованием номинальной мощности гибридной системы в соответствии с техническими характеристиками изготовителя.

## A.9.5.4.3.2 Различные параметры настройки системы

Должны быть выполнены следующие условия, если это применимо:

- a) уклон дороги как параметр не вводят в ЭБУ (нахождение на ровной поверхности), либо датчик угла наклона должен быть отключен;
- b) температура окружающей среды при проведении испытания должна составлять 20 °C–30 °C;
- c) для поддержания температуры окружающей среды и обеспечения воздушного потока, воссоздающего условия движения по дороге, используют достаточно мощные системы вентиляции;
- d) тормозные системы непрерывного действия не используют либо, по возможности, отключают;
- e) все вспомогательные системы или системы отбора мощности должны быть выключены, либо измеряют потребляемую ими мощность. Если измерение провести невозможно, то объем потребляемой мощности определяют на основе расчетов, моделирования, оценок, результатов экспериментов и т.д. В качестве альтернативы для систем с напряжением 12/24 В можно использовать внешний источник питания;
- f) перед началом испытания испытуемый силовой агрегат может быть включен, но без перевода его в ездовой режим, с тем чтобы обеспечивалась возможность передачи и регистрации данных. В начале же испытания испытуемый силовой агрегат переводят в полностью ездовой режим;
- g) барабан(ы) динамометрического стенда должны быть чистыми и сухими. Нагрузка на ведомую ось должна быть достаточной для предотвращения пробуксовывания шины на барабане(ах) динамометрического стенда. В целях обеспечения достаточной нагрузки на ось допускается применение дополнительного балласта или систем крепления;
- h) если в ходе испытательного цикла за счет торможения невозможно добиться требуемого замедления в пределах допустимых погрешностей согласно пункту A.9.5.4.3.3 (например, в случае большегрузного транспортного средства, у которого на барабан(ы) динамометрического стенда приходится одна ось), то замедление транспортного средства может задаваться динамометром. Как следствие, в периоды такого замедления

возможно изменение применяемого значения уклона дороги, указанного согласно приложению 1.b;

i) предварительное кондиционирование испытуемых систем:

для циклов запуска в холодном состоянии – системы выдерживают до стабилизации их температуры на уровне 20 °C–30 °C;

для циклов запуска в прогретом состоянии – системы подвергают предварительному кондиционированию путем прогона по полному испытательному циклу согласно приложению 1.b с последующим 10-минутным периодом стабилизации (в прогретом состоянии).

#### A.9.5.4.3.3 Подтверждение скорости транспортного средства

Допустимые погрешности значений скорости и времени в ходе фактического испытания силового агрегата должны находиться – в любой момент в ходе каждого режима прогона – в пределах  $\pm 4,0$  км/ч по скорости и  $\pm 2,0$  секунд по времени, как показано на выделенном цветом участке рис. 24. Кроме того, если отклонения находятся в пределах допусков по соответствующим установочным позициям, приведенным в левом столбце таблицы 14, их считают удовлетворительными с точки зрения допустимой погрешности. Расхождения по времени в ходе операций по переключению передач, указанные в пункте A.9.5.8.1, в общее совокупное время не включают. Помимо этого, настоящее положение, касающееся временной погрешности, не применяют в случае, если запрашиваемые значения ускорения и скорости не получены в ходе периодов, когда педаль акселератора находится в полностью выжатом положении (гибридный силовой агрегат должен продемонстрировать максимальные рабочие показатели).

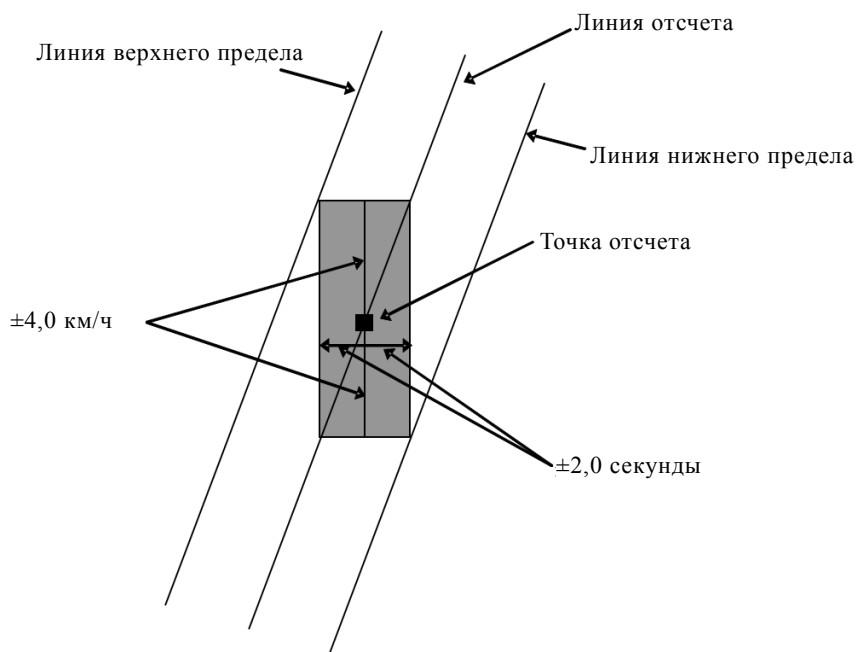
Таблица 14

#### Допуски отклонений по скорости транспортного средства при испытании на динамометрическом стенде

<i>Установочная позиция</i>	<i>Допуск</i>
1. Допустимый временной диапазон для одного отклонения	максимум $\pm 2,0$ секунды
2. Допустимый временной диапазон для общего совокупного значения (в абсолютном выражении) отклонений	максимум 2,0 секунды
3. Допустимый скоростной диапазон для одного отклонения	максимум $\pm 4,0$ км/ч

Рис. 24

**Допуски отклонений по скорости и времени в ходе испытания на динамометрическом стенде**



**A.9.5.4.3.4 Анализ данных, полученных в ходе испытания**

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.

**A.9.5.4.4 Параметры измерения**

В порядке обеспечения возможности проверки для всех соответствующих компонентов регистрируют по крайней мере следующие параметры с использованием специализированного оборудования и измерительных приборов (предпочтительно) или данных ЭБУ (например, с использованием сигналов CAN):

- a) целевая и фактическая скорость транспортного средства (км/ч);
- b) объем водительских манипуляций с транспортным средством (обычно сигналы управления акселератором, тормозом, сцеплением и переключением 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;



- с) частота вращения двигателя ( $\text{мин}^{-1}$ ) и значения команд двигателя (-, %, Н·м в соответствующих случаях) или, в качестве альтернативы, значение впрыска топлива (например, мг/такт);
- д) частота вращения электромотора ( $\text{мин}^{-1}$ ), значение команды крутящего момента (-, %, Н·м в соответствующих случаях) (или их соответствующие физически эквивалентные сигналы для преобразователей неэлектрической энергии);
- е) мощность (кВт), напряжение (В) и ток (А) (перезаряжаемой) энергоаккумулирующей системы (или их соответствующие физически эквивалентные сигналы для неэлектрической ПЭАС).

Точность измерительных приборов должна удовлетворять положениям пунктов 9.2 и А.9.8.2.

Замеры всех сигналов производят с частотой 5 Гц или выше.

Зарегистрированные для д) и е) сигналы CAN подвергают последующей обработке с учетом фактической частоты вращения и значения (команды) CAN (например, объем впрыска топлива), а также построенной в соответствии с пунктом А.9.8 карты характеристик конкретного компонента для получения проверочного значения посредством применения интерполяционной формулы Эрмита (в соответствии с добавлением 1 к приложению 9).

Все полученные таким образом зарегистрированные и обработанные данные используют в качестве фактически замеренных данных (далее называемых "фактически замеренными проверочными значениями") для проверки системы АПМ.

#### А.9.5.5 Модель конкретного ГТС

Модель конкретного ГТС для официального утверждения определяют согласно пункту А.9.3.5 б), а ее вводимые параметры – согласно пункту А.9.5.6.

#### А.9.5.6 Вводимые параметры для проверки модели конкретного ГТС

##### А.9.5.6.1 Общие вводные положения

Вводимые параметры для соответствующих компонентов модели конкретного ГТС определяют согласно пунктам А.9.5.6.2–А.9.5.6.16.

##### А.9.5.6.2 Характеристики двигателя

В качестве параметров крутящего момента двигателя используют табличные данные, полученные согласно пункту А.9.8.3. Однако при этом могут быть добавлены значения, которые являются эквивалентными минимальной частоте вращения двигателя или более низкими.

##### А.9.5.6.3 Характеристики электромашин

В качестве параметров крутящего момента и потребления электроэнергии электромашин используют табличные данные, полученные согласно пункту А.9.8.4. Однако при этом могут быть добавлены значения характеристик для частоты вращения  $0 \text{ мин}^{-1}$ .

- A.9.5.6.4 Характеристики аккумулятора  
В качестве параметров модели аккумулятора используют вводимые данные, полученные согласно пункту A.9.8.5.
- A.9.5.6.5 Характеристики конденсатора  
В качестве параметров модели конденсатора используют данные, полученные согласно пункту A.9.8.6.
- A.9.5.6.6 Испытательная масса транспортного средства  
Испытательную массу транспортного средства определяют так же, как и в случае фактического испытания гибридного силового агрегата согласно пункту A.9.5.4.2.2.2.
- A.9.5.6.7 Коэффициенты сопротивления воздуха  
Коэффициенты сопротивления воздуха определяют так же, как и в случае фактического испытания гибридного силового агрегата согласно пункту A.9.5.4.2.2.3.
- A.9.5.6.8 Коэффициент сопротивления качению  
Коэффициенты сопротивления качению определяют так же, как и в случае фактического испытания гибридного силового агрегата согласно пункту A.9.5.4.2.2.4.
- A.9.5.6.9 Радиус колес  
За радиус колес принимают значение, указанное изготовителем, которое используют при фактическом испытании гибридного силового агрегата.
- A.9.5.6.10 Передаточное число конечной передачи  
За передаточное число конечной передачи принимают значение, указанное изготовителем, которое является репрезентативным для гибридного силового агрегата, подлежащего фактическому испытанию.
- A.9.5.6.11 КПД трансмиссии  
За КПД трансмиссии принимают значение, указанное изготовителем для трансмиссии гибридной гибридного силового агрегата, подлежащего 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 механической трансмиссии 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 роботизированной трансмиссии (РТ) или автоматической коробки передач (АК): положения передач выбирают в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии в ходе смоделированного прогона 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 гибридного силового агрегата, подлежащего фактическому испытанию.

#### A.9.5.6.16 Прочие вводимые параметры

За все прочие вводимые параметры принимают указанные изготовителем значения, которые являются репрезентативными для гибридного силового агрегата, подлежащего фактическому испытанию.

#### A.9.5.7 Прогон модели конкретного ГТС по методу АПМ для целей проверки

##### A.9.5.7.1 Способ прогона по методу АПМ

Систему АПМ используют согласно пункту А.9.3, при этом включают модель конкретного ГТС для официального утверждения вместе с ее проверочными параметрами (в соответствии с пунктом А.9.5.6) в целях осуществления смоделированного прогона согласно пункту А.9.5.7.2 и фиксируют рассчитанные данные АПМ, имеющие отношение к пункту А.9.5.4.4. Полученные таким образом данные являются данными смоделированного прогона по методу АПМ для проверки системы АПМ (далее называемые "значениями смоделированного прогона АПМ").

Значения вспомогательной нагрузки, измеренные в ходе фактического испытания гибридного силового агрегата, могут быть использованы в качестве вводимого параметра для моделей вспомогательной нагрузки (как механических, так и электрических).

##### A.9.5.7.2 Условия прогона

Испытательный прогон по методу АПМ проводят в виде одного или двух прогонов, которые позволяют проанализировать следующие два режима работы (см. рис. 25):

- a) отведенная часть испытательного цикла охватывает первые 140 секунд испытательного цикла, определенного в приложении 1.b, для которых дорожный уклон рассчитывают при указанной изготовителем номинальной мощности конкретной гибридной системы, которую также используют для фактического испытания силового агрегата. Выходными значениями модели водителя являются значения, зафиксированные в ходе фактического испытания гибридного силового агрегата.

та (пункт А.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 уклона рассчитывают при указанной изготовителем номинальной мощности гибридной системы, которую также используют для фактического испытания гибридного силового агрегата. 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 изготовитель заявляет, что полученные таким образом режимы работы ЦГД различаются применительно к циклам с запуском холодного двигателя и с запуском двигателя в прогретом состоянии (например, в силу применения особой процедуры запуска холодного двигателя), то проводят проверку с использованием метода прогнозируемых температур в соответствии с пунктами А.9.6.2.18 и А.9.2.6.3. В этом случае должно быть подтверждено, что прогнозируемый температурный профиль тех элементов, которые оказывают влияние на управление гибридной системой, эквивалентен значениям температуры соответствующих элементов, замеренным в ходе испытательного прогона по ЦГД на выбросы отработавших газов.

В целях воссоздания фактических условий испытания гибридного силового агрегата (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 компонентов, параметрам интерфейса и т.д. модели конкретного ГТС.

Рис. 25

Схема алгоритма проверочного испытания системы АПМ в ходе прогона 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 испытательного цикла

Корреляцию между фактически замеренными проверочными значениями (в качестве исходных значений) и значениями смоделированного прогона по методу АПМ проверяют в рамках отведенной части испытательного цикла согласно пункту А.9.5.7.2 а). В таблице 15 приведены требования в отношении допустимых расхождений между этими значениями по различным критериям.

Для целей регрессионного анализа могут быть опущены следующие точки, соответствующие:

- а) периоду переключения передач;
- б) 1,0 секунде до и после периода переключения передач.

Период переключения передач определяют на основе фактически замеренных значений как:

- 1) в случае систем (раздельного) переключения передач с обязательным выключением и включением сцепления – период с момента перевода сцепления из выключенного состояния во включенное;

или

- 2) в случае систем (раздельного) переключения передач без обязательного выключения/включения сцепления – период с момента выключения одной передачи и включения другой передачи.

При расчете работы двигателя исключение испытательных точек не допускается.

Таблица 15

**Допустимые расхождения (для отведенной части испытательного цикла) между фактически замеренными значениями и значениями смоделированного прогона по методу АПМ для проверки модели конкретного ГТС**

	Транспортное средство	Двигатель		Электромотор (или эквивалент)		Перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство
	Скорость	Крутящий момент	Мощность	Крутящий момент	Мощность	Мощность
Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$	>0,97	>0,88	>0,88	>0,88	>0,88	>0,88

А.9.5.8.2 Общая проверка применительно к полному испытательному циклу

А.9.5.8.2.1 Проверочные параметры и допуски

Корреляцию между фактически замеренными проверочными значениями и значениями смоделированного прогона по методу АПМ проверяют в рамках полного испытательного цикла (согласно пункту А.9.5.7.2 b)).

Для целей регрессионного анализа могут быть опущены следующие точки, соответствующие:

- a) периоду переключения передач;
- b) 1,0 секунде до и после периода переключения передач.

Период переключения передач определяют на основе фактически замеренных значений как:

- a) в случае систем переключения передач с обязательным выключением и включением сцепления – период с момента перевода сцепления из выключенного состояния во включенное;

или

- b) в случае систем переключения передач без обязательного выключения/включения сцепления – период с момента выключения одной передачи и включения другой передачи.

При расчете работы двигателя исключение испытательных точек не допускается.

Для того чтобы модель конкретного ГТС была признана достоверной, должны соблюдаться критерии, указанные в таблице 16, а также изложенные в пункте А.9.5.8.1.

Таблица 16  
**Допустимые расхождения (для полного испытательного цикла) между фактически замеренными проверочными значениями и значениями смоделированного прогона по методу АПМ**

	<i>Транспортное средство</i>	<i>Двигатель</i>	<i>Полезная работа двигателя</i>
	<i>Скорость</i>	<i>Крутящий момент</i>	$\frac{W_{ice\_HILS}}{W_{ice\_test}}$
Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$	минимум 0,97	минимум 0,88	
Коэффициент конверсии			0,97 – 1,03

где:

$W_{ice\_HILS}$  – показатель работы двигателя в ходе смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч;

$W_{ice\_test}$  – показатель работы двигателя в ходе фактического испытания силового агрегата, в кВт·ч.

#### А.9.5.8.2.2 Метод расчета проверочных параметров

Крутящий момент, мощность и полезную работу двигателя в зависимости от указанных ниже испытательных данных рассчитывают соответственно с помощью следующих методов:

а) фактически замеренные проверочные значения согласно пункту А.9.5.4:

с помощью методов, которые являются технически обоснованными, например путем расчета значений исходя из режима работы гибридной системы (частоты вращения, крутящего момента на валу), полученных в ходе фактического испытания гибридного силового агрегата, с использованием напряжения и тока на входе/выходе электронного регулятора (высокой мощности) электромашин, либо путем расчета значений с использованием данных, полученных в ходе процедур испытания компонентов согласно пункту А.9.8;

б) значения смоделированного прогона по методу АПМ согласно пункту А.9.5.7:

путем расчета значений исходя из режима работы двигателя (частоты вращения, крутящего момента), полученных в ходе смоделированного прогона по методу АПМ.

#### А.9.5.8.2.3 Допустимое значение чистого изменения энергии для ПЭАС

Значения чистого изменения энергии в ходе фактического испытания гибридного силового агрегата и чистого изменения энергии в ходе смоделированного прогона по методу АПМ должны удовлетворять следующему уравнению:

$$|\Delta E_{HILS} - \Delta E_{test}| / W_{iceHILS} < 0,01 \quad (126),$$

где:

$\Delta E_{\text{HILS}}$  – чистое изменение энергии ПЭАС в ходе смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч;

$\Delta E_{\text{test}}$  – чистое изменение энергии ПЭАС в ходе фактического испытания силового агрегата, в кВт·ч;

$W_{\text{ice\_HILS}}$  – полезная работа двигателя в ходе смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч.

При этом чистое изменение энергии ПЭАС рассчитывают следующим образом:

a) для аккумулятора:

$$\Delta E = \Delta Ah \times V_{\text{nominal}} \quad (127),$$

где:

$\Delta Ah$  – разница в уровне электроэнергии, полученная путем интегрирования величины тока аккумулятора, в А·ч,

$V_{\text{nominal}}$  – номинальное напряжение, в В;

b) для конденсатора:

$$\Delta E = 0,5 \times C_{\text{cap}} \times (U_{\text{final}}^2 - U_{\text{init}}^2) \quad (128),$$

где:

$C_{\text{cap}}$  – номинальная емкость конденсатора, в Ф,

$U_{\text{init}}$  – первоначальное напряжение на момент начала испытания, в В,

$U_{\text{final}}$  – окончательное напряжение на момент завершения испытания, в В;

c) для маховика:

$$\Delta E = 0,5 \times J_{\text{flywheel}} \times \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \times (n_{\text{final}}^2 - n_{\text{init}}^2) \quad (129),$$

где:

$J_{\text{flywheel}}$  – инерция маховика, в кг·м<sup>2</sup>,

$n_{\text{init}}$  – первоначальная частота вращения на момент начала испытания, в мин<sup>-1</sup>,

$n_{\text{final}}$  – окончательная частота вращения на момент завершения испытания, в мин<sup>-1</sup>;

d) прочие ПЭАС:

для случаев а)–с), изложенных в настоящем пункте, чистое изменение энергии рассчитывают с использованием физически эквивалентного(ых) сигнала(ов). 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 (в плане как частоты вращения, так и крутящего момента) проверку



считают достоверной при условии соблюдения критериев в отношении скорости транспортного средства, полезной работы двигателя и длительности работы двигателя (тех же критериев, что и в случае полезной работы двигателя).

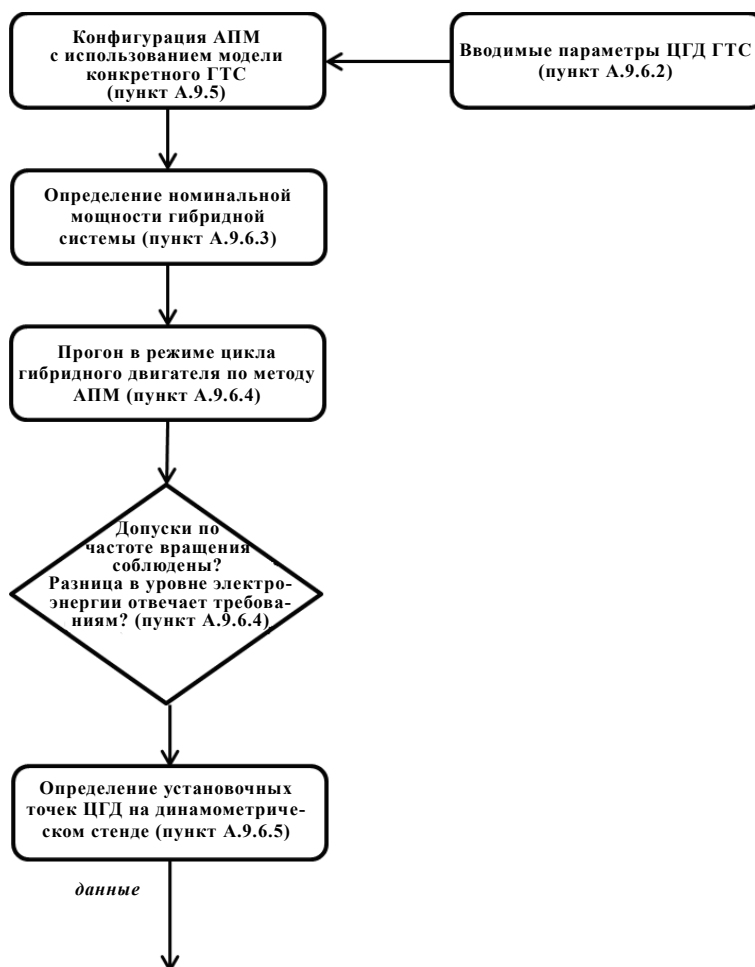
#### A.9.6 Создание цикла гибридного двигателя

##### 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 А.9.6.2–А.9.6.5. На рис. 26 приведена схема, отражающая требуемые шаги для осуществления этого процесса.

Рис. 26

#### Схема шагов по созданию цикла гибридного двигателя



#### A.9.6.2 Вводимые параметры для прогона модели конкретного ГТС в режиме ЦГД

##### A.9.6.2.1 Общие вводные положения

Вводимые параметры для модели конкретного ГТС определяют согласно пунктам А.9.6.2.2–А.9.6.2.19 в качестве репрезентативных для типового большегрузного транспортного средства с конкрет-

ным гибридным силовым агрегатом, подлежащего официальному утверждению. Все значения вводимых 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. Однако при этом могут быть добавлены значения, которые являются эквивалентными минимальной частоте вращения двигателя или более низкими.

#### A.9.6.2.3 Характеристики электромашин

В качестве параметров крутящего момента и потребления электроэнергии электромашин используют табличные данные, полученные согласно пункту A.9.8.4. Вместе с тем, могут быть добавлены значения соответствующих характеристик для частоты вращения  $0 \text{ мин}^{-1}$ .

#### A.9.6.2.4 Характеристики аккумулятора

В качестве параметров модели аккумулятора используют данные, полученные согласно пункту A.9.8.5.

#### 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

Испытательную массу транспортного средства рассчитывают как функцию номинальной мощности системы (заявленной изготовителем) с использованием уравнения 116.

#### A.9.6.2.7 Площадь фронтальной поверхности транспортного средства и коэффициент сопротивления воздуха

Площадь фронтальной поверхности транспортного средства рассчитывают с помощью уравнений 117 и 118, применяя значение испытательной массы транспортного средства, полученное согласно пункту A.9.6.2.6.

Коэффициент сопротивления воздуха рассчитывают с помощью уравнения 119 и значения испытательной массы транспортного средства, полученного согласно пункту A.9.6.2.6.

#### A.9.6.2.8 Коэффициент сопротивления качению

Коэффициент сопротивления качению рассчитывают с помощью уравнения 120, применяя значение испытательной массы транспортного средства, полученное согласно пункту A.9.6.2.6.

#### A.9.6.2.9 Радиус колес

За радиус колес принимают значение 0,40 м либо значение, указанное изготовителем. Если используют значение, указанное изготовителем, то радиус колеса должен соответствовать наихудшему сценарию с точки зрения выбросов отработавших газов.

#### A.9.6.2.10 Передаточное число и КПД конечной передачи

Коэффициент полезного действия должен составлять 0,95.

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:

$$r_{fg} = \frac{60 \times 2 \times \pi \times r_{wheel}}{1000 \times v_{max}} \times \frac{0,566 \times (0,45 \times n_{lo} + 0,45 \times n_{pref} + 0,1 \times n_{hi} - n_{idle}) \times 2,0327 + n_{idle}}{r_{gear\_high}} \quad (130),$$

где:

$r_{gear\_high}$  — передаточное число самой высокой передачи трансмиссии,

$r_{wheel}$  — динамический радиус шины согласно пункту А.9.6.2.9, в м,

$v_{max}$  — максимальная скорость транспортного средства с фиксированным значением 87 км/ч,

$n_{lo}, n_{hi}, n_{idle}, n_{pref}$  — исходные значения частоты вращения двигателя 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 наихудшего сценария выбросов отработавших газов;
- с) для последовательного ГТС в качестве передаточного числа заднего моста используют передаточное число, указанное изготовителем, которое является репрезентативным для наихудшего сценария выбросов отработавших газов.

#### A.9.6.2.11 КПД трансмиссии

В случае параллельного ГТС коэффициент полезного действия каждой передачи должен составлять 0,95.

В случае же последовательного ГТС используют следующие значения:

для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию, КПД 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.

#### A.9.6.2.12 Передаточное число трансмиссии

Передаточные числа трансмиссии (с переключением передач) соответствуют значениям, указанным изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.

#### A.9.6.2.13 Инерция передачи трансмиссии

Инерция каждой передачи трансмиссии (с переключением передач) соответствует значению, указанному изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.

#### A.9.6.2.14 Максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением

За максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением и синхронизатором, принимают расчетное значение, указанное изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.

#### A.9.6.2.15 Период переключения передач

Значение периода переключения передач в случае механической трансмиссии устанавливают на уровне одной (1,0) секунды.

#### A.9.6.2.16 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 ГТС, перечисленных ниже:

- a) в случае параллельного ГТС с трансмиссией с ручным переключением передач: положения передач определяют исходя из метода переключения согласно пункту A.9.7.4.3 и включают в модель водителя;
- b) в случае параллельного ГТС с трансмиссией с роботизированным переключением передач или автоматическим переключением передач: положения передач генерируют в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии в ходе смоделированного прогона по методу АПМ;
- c) в случае последовательного ГТС: если применяется трансмиссия с переключением передач, то положения передач определяют в соответствии с методом переключения фактического ЭБУ трансмиссии.

#### A.9.6.2.17 Инерция вращающихся секций

В зависимости от условий, указанных ниже, используют различные значения инерции ( $J$ , в кг/м<sup>2</sup>) вращающихся секций:

в случае параллельного ГТС:

- a) инерцию секции на участке от вторичного вала трансмиссии (с переключением передач) до колес включительно рассчитывают с использованием значений массы транспортного средства в снаряженном состоянии  $m_{vehicle,0}$  и радиуса колеса  $r_{wheel}$  (согласно пункту A.9.6.2.9) следующим образом:

$$J_{drivetrain} = 0,07 \times m_{vehicle,0} \times r_{wheel}^2 \quad (131)$$

Массу транспортного средства в снаряженном состоянии  $m_{vehicle,0}$  рассчитывают как функцию испытательной массы транспортного средства с помощью следующих уравнений:

1) при  $m_{vehicle} \leq 35\,240$  кг:

$$m_{vehicle,0} = -7,38 \times 10^{-6} \times m_{vehicle}^2 + 0,604 \times m_{vehicle} \quad (132)$$

или

2) при  $m_{vehicle} > 35\,240$  кг:

$$m_{vehicle,0} = 12\,120 \text{ кг} \quad (133)$$

За инерцию колес принимают общую инерцию привода. Значение всех инерционных параметров на участке от вторичного вала трансмиссии до колес включительно устанавливают на нуль;

- b) за инерцию секции, начинающейся от двигателя и заканчивающейся вторичным валом трансмиссии (с переключением передач), принимают значение(я), указанное(ые) изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию;

в случае последовательного ГТС:

за инерцию генератора(ов), электромотора(ов) в ступице колеса или главного(ых) электромотора(ов) принимают значения, указанные изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.

#### A.9.6.2.18 Вводимые данные о прогнозируемых температурах

Если используется метод прогнозируемых температур, то прогнозируемый температурный профиль тех элементов, которые оказывают влияние на управление гибридной системой, определяют по вводимым параметрам для системы программного интерфейса.

#### A.9.6.2.19 Прочие вводимые параметры

В ходе прогона по методу АПМ для создания цикла гибридного двигателя все вспомогательные нагрузки (как механические, так и электрические) снимают или устанавливают на нулевое значение.

За все прочие вводимые параметры принимают значения, указанные изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.

#### A.9.6.3 Определение номинальной мощности гибридной системы

Номинальную мощность гибридной системы определяют нижеследующим образом.

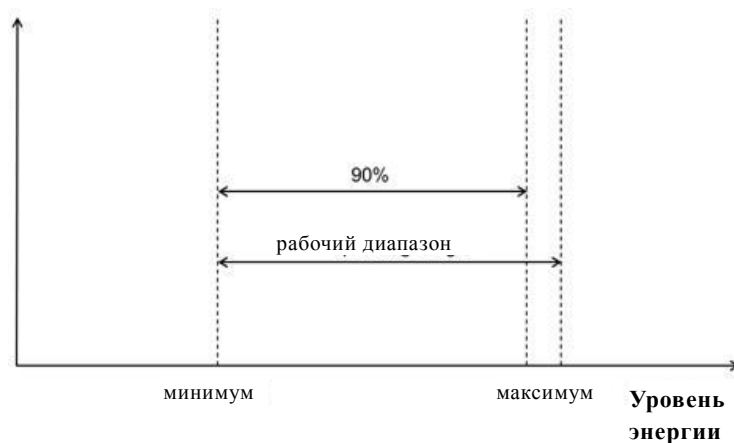
- a) Исходный уровень энергии ПЭАС в начале испытания должен составлять не менее 90% рабочего диапазона (в пределах от минимального до максимального уровней энергии ПЭАС, указанных изготовителем для целей бортового применения).

Перед началом испытания надлежит обеспечить, чтобы все компоненты гибридной системы работали в пределах указанного для них изготовителем нормального рабочего диапазо-

на, причем соответствующие функции ограничения (например, ограничение мощности, тепловые пределы и т.д.) отключают.

Рис. 27

### Исходный уровень энергии ПЭАС в начале испытания



- b) Запрос водителя на ускорение при полной нагрузке – при соответствующей первоначальной скорости и неизменном уклоне дороги, указанных в таблице 17 – устанавливают на максимум. Испытательный прогон прекращают через 30 секунд после того, как скорость транспортного средства больше не превышает предельных значений, уже зафиксированных в ходе испытания.
- c) Регистрируют значения частоты вращения и крутящего момента для гибридной системы, полученные на ступице колеса (выходные сигналы модели шасси АПМ согласно пункту А.9.7.3), при частоте сигнала 100 Гц для расчета  $P_{\text{sys\_HILS}}$  на основе угловой скорости колес и крутящего момента (передаваемого через вал) на ступице колеса.
- d) Повторяют этапы а), b) и c) применительно ко всем испытательным прогонам, указанным в таблице 17. Обо всех отклонениях от условий таблицы 17 сообщают органу по официальному утверждению типа или по сертификации с предоставлением соответствующего обоснования.

В начале испытательного прогона на ускорение при полной нагрузке обеспечивают соблюдение всех предписаний подпункта а).

Таблица 17

### Условия для определения номинальной мощности гибридной системы

Уклон дороги (%)	Первоначальная скорость транспортного средства (км/ч)		
	0	30	60
0	испытание #1	испытание #4	испытание #7
2	испытание #2	испытание #5	испытание #8
6	испытание #3	испытание #6	испытание #9

- e) По каждому испытательному прогону на основе зарегистрированных сигналов рассчитывают мощность гибридной системы следующим образом:

$$P_{sys} = P_{sys\_HILS} \times \left( \frac{1}{0,95} \right)^2 \quad (134),$$

где:

$P_{sys}$  – мощность гибридной системы, в кВт;

$P_{sys\_HILS}$  – рассчитанная мощность гибридной системы в соответствии с пунктом А.9.6.3 с), в кВт.

- f) Номинальная мощность гибридной системы соответствует наиболее высокой зафиксированной мощности, при которой коэффициент вариации  $COV$  составляет менее 2%:

$$P_{rated} = \max(P_{sys}(COV < 0,02)) \quad (135)$$

Применительно к результатам каждого испытательного прогона вектор мощности  $P_{\mu}(t)$  рассчитывают как скользящее среднее 20 последовательных выборок  $P_{sys}$  при частоте сигнала 100 Гц, с тем чтобы эффективное значение  $P_{\mu}(t)$  соответствовало сигналу частотой 5 Гц.

Стандартное отклонение  $\sigma(t)$  рассчитывают с использованием сигналов частотой 100 Гц и 5 Гц:

$$\sigma(t) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - P_{\mu}(t))^2} \quad (136),$$

где:

$x_i$  – число  $N$  выборок при частоте сигнала 100 Гц, служивших для расчета соответствующих значений  $P_{\mu}(t)$  за интервал времени  $t$ , в кВт;

$N$  – 20 выборок, используемых для целей усреднения.

Получаем результирующие сигналы величины мощности и ковариации с эффективной 5-герцевой трассировкой, которые используют для определения номинальной мощности гибридной системы.

Ковариацию  $COV(t)$  рассчитывают как отношение стандартного отклонения  $\sigma(t)$  к среднему значению мощности  $P_{\mu}(t)$  за каждый интервал времени  $t$ .

$$COV(t) = \sigma(t)/P_{\mu}(t) \quad (137)$$

Если определенная номинальная мощность гибридной системы отличается от соответствующего показателя, указанного изготовителем, более чем на  $\pm 3\%$ , то повторяют проверку по методу АПМ согласно пункту А.9.5, но уже с использованием не указанного изготовителем, а определенного по методу АПМ значения номинальной мощности гибридной системы.

Если различие между определенным значением номинальной мощности гибридной системы и соответствующим показателем, указанным изготовителем, не превышает  $\pm 3\%$ , то используют указанное значение номинальной мощности гибридной системы.

#### A.9.6.4 Прогон в рамках цикла гибридного двигателя по методу АПМ

##### A.9.6.4.1 Общие вводные положения

Прогон по методу АПМ осуществляют согласно пунктам А.9.6.4.2–А.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 прогона по методу АПМ, подлежащие регистрации

Регистрации с частотой 5 Гц или выше (рекомендовано 10 Гц) подлежат по крайней мере следующие вводимые и рассчитанные сигналы системы АПМ:

- a) целевая 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 ПЭАС другого типа);
- c) частота вращения гибридной системы ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий момент гибридной системы ( $\text{Н}\cdot\text{м}$ ), мощность гибридной системы (кВт) на ступице колеса (согласно пунктам А.9.2.6.2 и А.9.7.3);
- d) частота вращения двигателя ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий момент двигателя ( $\text{Н}\cdot\text{м}$ ) и мощность двигателя (кВт);
- e) частота(ы) вращения электромашин ( $\text{мин}^{-1}$ ), крутящий(е) момент(ы) электромашин ( $\text{Н}\cdot\text{м}$ ) и механическая(ие) мощность(и) электромашин (кВт), а также ток (А), напряжение и электрическая мощность (кВт) регулятора (высокой мощности) электромашин (электромашин) (или их физически эквивалентные сигналы в случае силового агрегата неэлектрического ГТС);
- f) объем водительских манипуляций с транспортным средством (обычно сигналы управления акселератором, тормозом, сцеплением и переключением передач и другие сигналы).

##### A.9.6.4.3 Корректировки для целей прогона по методу АПМ

В целях соблюдения допусков, определенных в пунктах А.9.6.4.4 и А.9.6.4.5, при прогоне 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 или цикла с запуском двигателя в прогретом состоянии к параметрам компонентов, интерфейса и т.д. применяют следующие первоначальные температурные условия:

- a) для цикла с запуском двигателя в холодном состоянии – 25 °С;
- b) 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 прогона модели по методу АПМ, либо условий, указанных изготовителем для режима работы в прогретом состоянии.

#### A.9.6.4.4 Подтверждение скорости транспортного средства

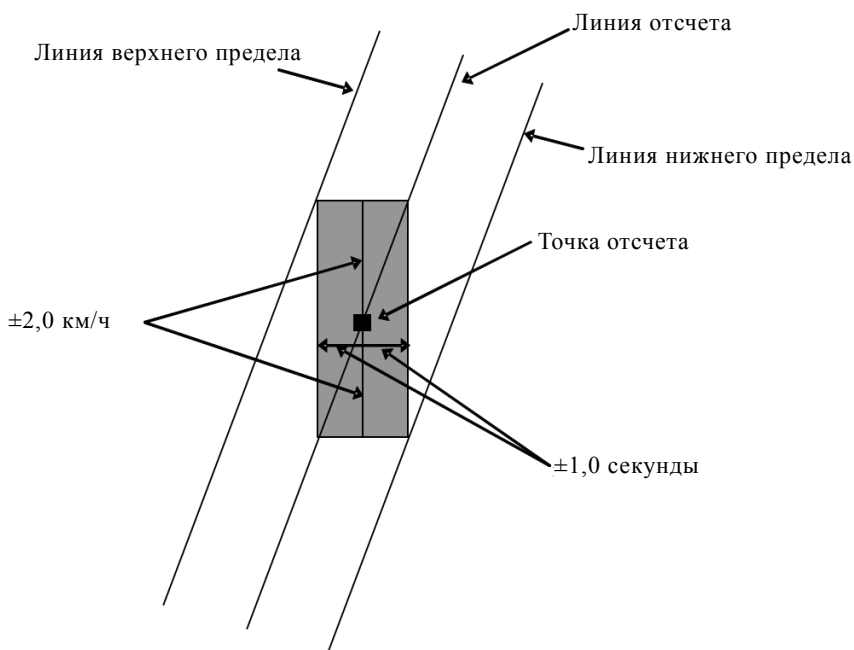
Допустимые погрешности значений скорости и времени в ходе смоделированного прогона должны находиться, в любой момент в ходе каждого режима прогона, в пределах  $\pm 2,0$  км/ч по скорости и  $\pm 1,0$  секунд по времени, как показано на выделенном цветом участке рис. 28. Кроме того, если отклонения находятся в пределах допусков по соответствующим установочным позициям, приведенным в левом столбце таблицы 18, 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 применяют в случае, если запрашиваемые значения ускорения и скорости не получены в ходе периодов, когда педаль акселератора находится в полностью выжатом положении (гибридный силовой агрегат должен продемонстрировать максимальные рабочие показатели).

Таблица 18

#### 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	$< 2,0$ секунд
3. Допустимый скоростной диапазон для одного отклонения	$< \pm 2,0$ км/ч

Рис. 28  
Допуски отклонений по скорости и времени в ходе смоделированного прогона по методу АПМ



#### А.9.6.4.5 Подтверждение значения чистого изменения энергии ПЭАС

Первоначальное значение электроэнергии, содержащейся в ПЭАС, устанавливают таким образом, чтобы отношение чистого изменения энергии ПЭАС к (полезной) работе двигателя удовлетворяло следующему уравнению:

$$|\Delta E / W_{ice\_HILS}| < 0,03 \quad (138),$$

где:

$\Delta E$  — чистое изменение энергии ПЭАС, определенное согласно пункту А.9.5.8.2.3 а)–d), в кВт·ч;

$W_{ice\_HILS}$  — работа двигателя в ходе смоделированного прогона по методу АПМ, в кВт·ч.

#### А.9.6.5 Установочные точки цикла гибридного двигателя на динамометрическом стенде

##### А.9.6.5.1 Отклонение от установочных точек ЦГД на динамометрическом стенде

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.

Если двигатель не в состоянии следовать циклу, то с предварительного одобрения органа по официальному утверждению типа или по сертификации допускается сглаживание сигналов, имеющих частоту

ту 5 Гц или выше, до частоты дискретизации 1 Гц. В этом случае изготовитель должен указать органу по официальному утверждению типа или по сертификации причину, по которой двигатель не может надлежащим образом работать при частоте сигналов 5 Гц или выше, и представить технические подробности процедуры сглаживания, подкрепленные доказательством того, что это не скажется негативно на уровне выбросов.

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 командным запросом 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/wp29globregistry.html>.

Параметры моделей компонентов подразделяются на три (3) категории: регулируемые параметры, указанные изготовителем параметры и настраиваемые параметры. К регулируемым относятся параметры, которые определяют в соответствии с пунктами A.9.5.6, A.9.6.2, A.9.8 и A.10.5.2. Указанные изготовителем параметры – это параметры модели, которые относятся конкретно к транспортному средству и для определения которых не требуется отдельной процедуры испытания. К настраиваемым относятся параметры, которые могут служить для корректировки показателей работы модели компонента в условиях смоделированного прогона комплектной системы транспортного средства.

A.9.7.2 Модель вспомогательной системы

A.9.7.2.1 Модель вспомогательной электрической системы

Вспомогательную электрическую систему применительно к вспомогательным устройствам как высокого, так и низкого напряжения моделируют как регулируемую потерю электрической мощности  $P_{el,aux}$ . Ток разряда устройства накопления электроэнергии  $i_{aux}$  определяют следующим образом:

$$i_{el,aux} = P_{el,aux}/u \quad (139),$$

где:

$P_{el,aux}$  – расход электроэнергии вспомогательной системой, в Вт;

$u$  – электрическое напряжение шины постоянного тока, в В;

$i_{el,aux}$  – вспомогательный ток, в А.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 19.

Таблица 19

**Параметры и интерфейс модели вспомогательной электрической системы**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Сигнал команды	$P_{el,aux}$	Вт	Сигнал управления расхода электроэнергии вспомогательной системой	aux_pwrElecReq_W
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.

$$M_{mech,aux} = P_{mech,aux} / \omega \quad (140),$$

где:

$P_{mech,aux}$  – потребление энергии механической вспомогательной системой, в Вт;

$\omega$  – частота вращения вала, в рад/с;

$M_{mech,aux}$  – крутящий момент вспомогательной системы, в Н·м.

Инерционная нагрузка вспомогательной системы  $J_{aux}$  является частью модели и оказывает влияние на инерцию силового агрегата.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 20.

Таблица 20

**Параметры и интерфейс модели механической вспомогательной системы**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{aux}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
Сигнал команды	$P_{mech,aux}$	Вт	Сигнал управления потребления энергии вспомогательной системой	aux_pwrMechReq_W
Сигнал датчика	$M_{aux}$	Н·м	Крутящий момент на выходе вспомогательной системы	aux_tqAct_A

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{aux}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{aux}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 21

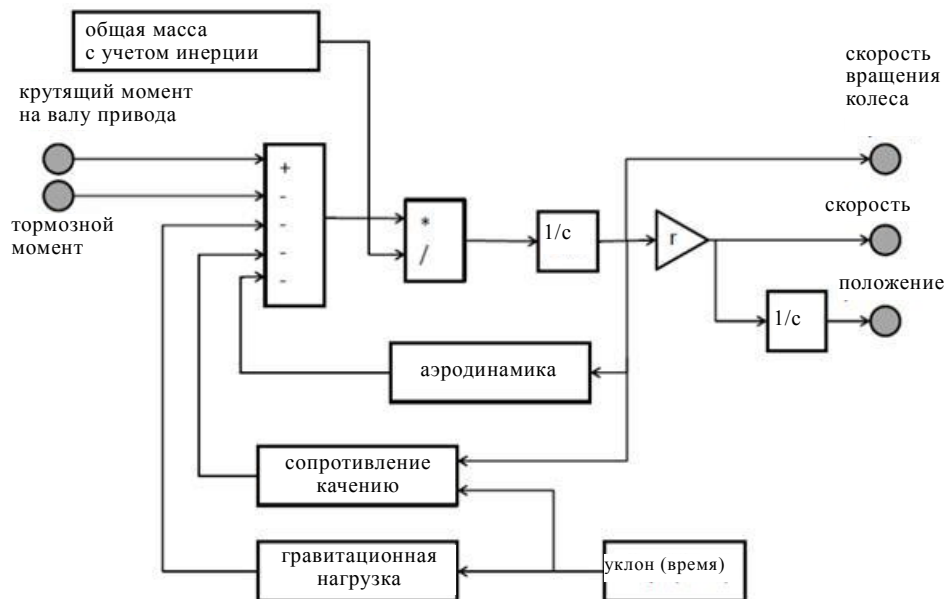
**Параметры модели механической вспомогательной системы**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{aux}$	Изготовитель	-

## А.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. 29.

Рис. 29

**Схема модели шасси (транспортного средства)**

Крутящему моменту на валу привода  $M_{drive}$  противодействует тормозной момент в результате трения  $M_{fric\_brake}$ . Механизм передачи тормозного момента моделируют как систему первого порядка следующим образом:

$$\dot{M}_{fric\_brake} = -\frac{1}{\tau_1} (M_{fric\_brake} - M_{fric\_brake,des}) \quad (141),$$

где:

- $M_{fric\_brake}$  – тормозной момент в результате трения, в Н·м;  
 $M_{fric\_brake,des}$  – требуемый тормозной момент в результате трения, в Н·м;  
 $\tau_1$  – временная константа ответа механизма передачи тормозного момента в результате трения, в с.

От общего крутящего момента на валу привода отнимают значения крутящего момента, приходящегося на аэродинамическое сопротивление  $M_{aero}$ , сопротивление качению  $M_{roll}$  и силу тяжести  $M_{grav}$ , с тем чтобы получить результирующий крутящий момент ускорения с помощью следующего дифференциального уравнения:

$$J_{tot}\dot{\omega}_{wheel} = M_{drive} - M_{fric\_brake} - M_{aero} - M_{roll} - M_{grav} \quad (142),$$

где:

- $J_{tot}$  – общая инерция транспортного средства, в кг·м<sup>2</sup>;  
 $\dot{\omega}_{wheel}$  – вращательное ускорение колеса, в рад/с<sup>2</sup>.

Общую инерцию транспортного средства  $J_{tot}$  рассчитывают с использованием массы транспортного средства  $m_{vehicle}$  и значений инерции компонентов силового агрегата следующим образом:

$$J_{tot} = m_{vehicle} \times r_{wheel}^2 + J_{powertrain} + J_{wheel} \quad (143),$$

где:

- $m_{vehicle}$  – масса транспортного средства, в кг;  
 $J_{powertrain}$  – сумма всех инерций силового агрегата, в кг·м<sup>2</sup>;  
 $J_{wheel}$  – инерция колес, в кг/м<sup>2</sup>;  
 $r_{wheel}$  – радиус колес, в м.

Скорость транспортного средства  $v_{vehicle}$  определяют на основе угловой скорости колес  $\omega_{wheel}$  и радиуса колес  $r_{wheel}$  следующим образом:

$$v_{vehicle} = \omega_{wheel} \times r_{wheel} \quad (144)$$

Крутящий момент, приходящийся на аэродинамическое сопротивление, рассчитывают следующим образом:

$$M_{aero} = 0,5 \times \rho_a \times C_{drag} \times A_{front} \times v_{vehicle}^2 \times r_{wheel} \quad (145),$$

где:

- $\rho_a$  – плотность воздуха, в кг/м<sup>3</sup>;  
 $C_{drag}$  – коэффициент сопротивления воздуха;  
 $A_{front}$  – общая фронтальная поверхность транспортного средства, в м<sup>2</sup>;  
 $v_{vehicle}$  – скорость транспортного средства, в м/с.

Крутящий момент, приходящийся на сопротивление качению, и гравитационный момент рассчитывают следующим образом:

$$M_{roll} = f_{roll} \times m_{vehicle} \times g \times \cos(\alpha_{road}) \times r_{wheel} \quad (146)$$

$$M_{grav} = m_{vehicle} \times g \times \sin(\alpha_{road}) \times r_{wheel} \quad (147),$$

где:

- $f_{\text{roll}}$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой;  
 $g$  – постоянная ускорения свободного падения, в м/с<sup>2</sup>;  
 $\alpha_{\text{road}}$  – уклон дороги, в радианах.

Полезную работу гибридной системы определяют путем интегрирования выходных данных модели шасси следующим образом:

$$W_{\text{sys}} = \int_0^T \max(0, M_{\text{drive}}) \times \omega_{\text{wheel}} dt \quad (148)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 22.

Таблица 22

**Параметры и интерфейс модели шасси**

Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
Параметр	$m_{\text{vehicle}}$	кг	Масса транспортного средства	dat.vehicle.mass.value
	$A_{\text{front}}$	м <sup>2</sup>	Фронтальная поверхность транспортного средства	dat.aero.af.value
	$C_{\text{drag}}$	-	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
	$f_{\text{roll}}$	-	Коэффициент сопротивления качению	dat.wheel.rollingres.value
	$\tau_1$		Временная константа тормозного привода	dat.brakeactuator.timeconstant.value
Сигнал команды	$M_{\text{brake}}$	Н·м	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
	$M_{\text{drive}}$	Н·м	Фактический крутящий момент на ступице колеса	chassis_tqSysAct_Nm
	$\alpha_{\text{road}}$	рад	Уклон дороги	chassis_slopRoad rad
Мех. на входе [Н·м]	$M_{\text{drive}}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{\text{powertrain}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{\text{wheel}}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 23  
**Параметры модели шасси**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$m_{\text{vehicle}}$	Регулируемый	A.9.5.4.2.2.2, A.9.5.6.6, A.9.6.2.6, A.10.5.2.1
$A_{\text{front}}$	Регулируемый	A.9.5.4.2.2.3, A.9.5.6.7, A.9.6.2.7, A.10.5.2.2
$C_{\text{drag}}$	Регулируемый	A.9.5.4.2.2.3, A.9.5.6.7, A.9.6.2.7, A.10.5.2.2
$r_{\text{wheel}}$	Регулируемый	A.9.5.6.9, A.9.6.2.9, A.10.5.2.4
$J_{\text{wheel}}$	Регулируемый	A.9.5.6.5, A.9.6.2.7, A.10.5.2.12
$f_{\text{roll}}$	Регулируемый	A.9.5.4.2.2.4, A.9.5.6.8, A.9.6.2.8, A.10.5.2.3
$\tau_l$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,1 секунды

#### A.9.7.4 Модели 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. В стандартизированной библиотеке АПМ имеются три различные модели.

##### A.9.7.4.1 Выходные данные модели водителя на базе зарегистрированных результатов испытания

Для прогона модели транспортного средства в режиме без обратной связи можно использовать выходные данные модели водителя, зарегистрированные в ходе фактического испытания силового агрегата. Поэтому сигналы нажатия на педаль акселератора, на педаль тормоза и – если на испытание представлено транспортное средство с механической трансмиссией (и переключением передач) – на педаль сцепления, а также положения передач заносят в набор данных как функцию от времени.

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 24.

Таблица 24  
**Параметры и интерфейс модели водителя**

Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
Сигнал команды	$pedal_{\text{brake}}$	0-1	Запрашиваемое положение педали тормоза	Drv_BrkPedl_Rt
	$pedal_{\text{accelerator}}$	0-1	Запрашиваемое положение педали акселератора	Drv_AccPedl_Rt
	$pedal_{\text{clutch}}$	0-1	Запрашиваемое положение педали сцепления	Drv_CluPedl_Rt
	-	-	Запрос на переключение передачи	Drv_nrGearReq



A.9.7.4.2 Модель водителя для транспортных средств без трансмиссии с переключением передач либо оборудованных автоматической или роботизированной механической трансмиссией

Модель водителя представлена так называемым ПИД-регулятором. Выходные данные модели зависят от разницы между справочной заданной скоростью в ходе испытательного цикла и зарегистрированной фактической скоростью транспортного средства. Если скорость транспортного средства ниже требуемой скорости, то для уменьшения отклонения приводится в действие педаль акселератора, а если скорость транспортного средства выше требуемой скорости, то приводится в действие педаль тормоза. На случай транспортных средств, не способных развить требуемую скорость (например, если их расчетная скорость ниже, чем требуемая скорость), для предотвращения перезагрузки интегрирующего устройства предусмотрена функция устранения ошибок. Если справочная скорость является нулевой, то моделью всегда предусматривается приведение в действие педали тормоза, с тем чтобы избежать движения транспортного средства под действием момента силы тяжести.

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 25.

Таблица 25

**Параметры и интерфейс модели водителя**

Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
Параметр	$K_P$ $K_I$ $K_D$	- - -	Параметры ПИД-регулятора	dat.controller.p.value dat.controller.i.value dat.controller.d.value
	$K_K$	-	Функция устранения ошибок	dat.controller.k.value
Сигнал команды	$pedal_{brake}$	0-1	Запрашиваемое положение педали тормоза	Drv_BrkPedl_Rt
	$pedal_{accelerator}$	0-1	Запрашиваемое положение педали акселератора	Drv_AccPedl_Rt
	-	м/с	Справочная заданная скорость	Drivecycle_RefSpeed_mps
Сигнал датчика	$v_{vehicle}$	м/с	Фактическая скорость транспортного средства	Chassis_vVehAct_mps

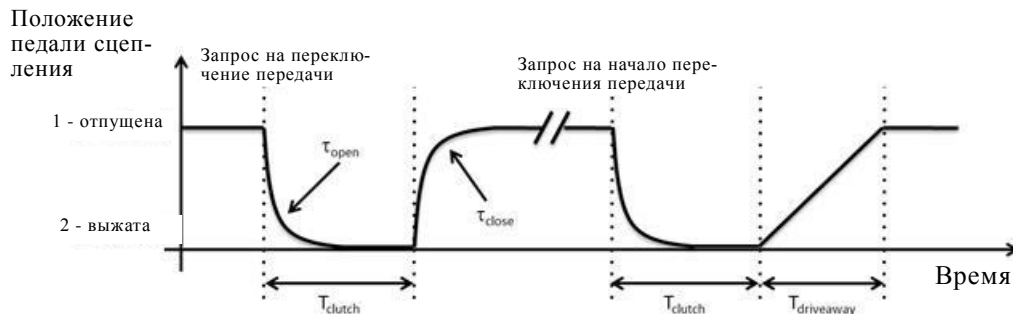
Таблица 26  
**Параметры модели водителя**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$K_P, K_I, K_D$	Настраиваемый	-
$K_K$	Настраиваемый	-

**А.9.7.4.3** Модель водителя для транспортных средств оборудованных механической трансмиссией

Модель водителя включает ПИД-регулятор, описанный в пункте А.9.7.4.2, модуль включения сцепления и схему переключения передач, указанную в пункте А.9.7.4.3.1. Логический модуль переключения передач запрашивает переход на ту или иную передачу в зависимости от фактических условий эксплуатации транспортного средства. Это влечет за собой отпускание педали акселератора и одновременное приведение в действие педали сцепления. Педаль акселератора полностью отпускают и оставляют в таком положении до тех пор, пока привод не синхронизируется на следующей передаче, но в любом случае не менее чем на заданное время работы сцепления. Приведение водителем в действие педали сцепления (включение и выключение) моделируют с использованием передаточной функции первого порядка. Для трогания с места задают работу сцепления в линейном режиме, который можно записать в виде отдельных параметров (см. рис. 30).

**Рис. 30**  
**Работа педалью сцепления (пример)**



Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 27.

Таблица 27  
**Параметры и интерфейс модели водителя**

Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
Параметр	$K_P$ $K_I$ $K_D$	- - -	Параметры ПИД-регулятора	dat.controller.p.value dat.controller.i.value dat.controller.d.value
	$K_K$	-	Функция устранения ошибок	dat.controller.k.value
	$T_{clutch}$	с	Заданное время работы сцепления	dat.clutchtime.value
	$\tau_{open}$	с	Константа времени включения	dat.clutchtime.open.value
	$\tau_{close}$	с	Константа времени выключения	dat.clutchtime.close.value
	$T_{driveaway}$	с	Время выключения при трогании с места	dat.clutchtime.driveaway.value
Сигнал команды	$pedal_{brake}$	0-1	Запрашиваемое положение педали тормоза	Drv_BrkPedl_Rt
	$pedal_{accelerator}$	0-1	Запрашиваемое положение педали акселератора	Drv_AccPedl_Rt
	-	м/с	Справочная заданная скорость	Drivecycle_RefSpeed_mps
	-	-	Запрос на переключение передачи	Drv_nrGearReq
	$pedal_{clutch}$	0-1	Запрашиваемое положение педали сцепления	Drv_CluPedl_Rt
Сигнал датчика	$v_{vehicle}$	м/с	Фактическая скорость транспортного средства	Chassis_vVehAct_mps
	$\omega_{in}$	рад/с	Входная угловая скорость трансмиссии	Transm_nInAct_radps
	-	-	Фактически включенная передача	Transm_nrGearAct
	-	булев	Сцепление в выключенном состоянии или нет	Clu_flgConnected_B

Таблица 28  
**Параметры модели водителя**

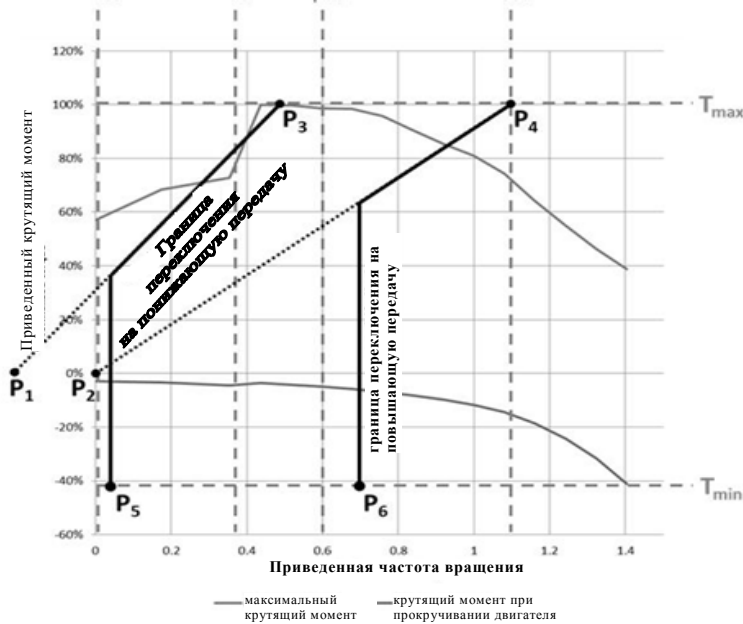
Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$K_P, K_I, K_D$	Настраиваемый	-
$K_K$	Настраиваемый	-
$T_{clutch}$	Регулируемый	А.9.5.6.12, А.9.6.2.14, А.10.5.2.9
$\tau_{open}$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,01
$\tau_{close}$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,02
$T_{driveaway}$	Настраиваемый	По умолчанию: 2

#### А.9.7.4.3.1 Метод переключения передач для механических трансмиссий

Метод переключения передач для (механической) трансмиссии имеется в виде модуля отдельного компонента и, следовательно, может быть интегрирован в другие модели водителя, отличные от описанной в пункте А.9.7.4.3. Помимо приведенных ниже конкретных параметров, метод переключения передач также зависит от параметров транспортного средства и водителя, которые подлежат указанию в файле параметров (данные по соответствующему компоненту согласно таблице 30).

Используемый метод переключения передач основывается на определении соответствующих пороговых значений (как функции частоты вращения и крутящего момента двигателя) для переключения на более высокую или более низкую передачи. Такие значения, вместе с кривой крутящего момента при полной нагрузке и кривой крутящего момента в результате трения, описывают допустимый рабочий диапазон системы. Пересечение границы переключения на более высокую передачу влечет за собой выбор повышающей передачи, а пересечение границы переключения на более низкую передачу – выбор понижающей передачи (см. рис. 31 ниже).

Рис. 31  
 Схема переключения передач (пример)



Пороговые значения перехода на другую передачу, указанные в таблице 29, рассчитывают на основе данных, полученных по кривой крутящего момента ДВС при полной нагрузке и кривой крутящего момента ДВС в результате трения (построенным согласно пункту А.9.8.3), следующим образом:

- характеристические точки  $P_1$ – $P_6$ , показанные на рис. 31, определяются парами координат, указанными в таблице 29;
- наклон  $k_1$  линии, соединяющей  $P_1$  и  $P_3$ , а также наклон  $k_2$  линии, соединяющей  $P_2$  и  $P_4$ , рассчитывают следующим образом:

$$k_1 = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \quad (149)$$

$$k_2 = \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} \quad (150)$$

- вектор скорости, определяющий границу переключения на понижающую передачу, включает три значения:

$$[x_5, \quad x_5, \quad x_3];$$

- вектор крутящего момента, определяющий границу переключения на понижающую передачу, включает три значения:

$$[y_5, \quad k_1 \times (x_5 - \frac{n_{idle}}{2}), \quad y_3];$$

- вектор скорости, определяющий границу переключения на повышающую передачу, включает три значения:

$$[x_6, \quad x_6, \quad x_4];$$

- вектор крутящего момента, определяющий границу переключения на повышающую передачу, включает три значения:

$$[y_6, \quad k_2 \times (x_6 - n_{idle}), \quad y_4].$$

Таблица 29  
**Пары координат, определяющие схему переключения передач**

Точка	<i>x</i> -координата (частота вращения двигателя, мин <sup>-1</sup> )	<i>y</i> -координата (крутящий момент двигателя, Н·м)
P <sub>1</sub>	$x_1 = \frac{n_{idle}}{2}$	$y_1 = 0$
P <sub>2</sub>	$x_2 = n_{idle}$	$y_2 = 0$
P <sub>3</sub>	$x_3 = \frac{n_{lo} + n_{pref}}{2}$	$y_3 = T_{max}$
P <sub>4</sub>	$x_4 = n_{95h}$	$y_4 = T_{max}$
P <sub>5</sub>	$x_5 = 0,85 \times n_{idle} + 0,15 \times n_{lo}$	$y_5 = T_{min}$
P <sub>6</sub>	$x_6 = 0,80 \times n_{pref} + 0,20 \times n_{95h}$	$y_6 = T_{min}$

Где в приведенной выше таблице:

$T_{max}$  – общий максимальный (положительный) крутящий момент двигателя, в Н·м;

$T_{min}$  – общий минимальный (отрицательный) крутящий момент двигателя, в Н·м;

$n_{idle}$ ,  $n_{lo}$ ,  $n_{pref}$ ,  $n_{95h}$  – справочные значения частоты вращения, определенные согласно пункту 7.4.6, в мин<sup>-1</sup>

Во время ездового цикла и во время приведения в действие сцепления в ходе маневра по переключению передачи ( $T_{clutch}$ ) учитывают также внутреннюю нагрузку, с тем чтобы выявить, когда транспортное средство начнет трогаться с места, и включить первую передачу вовремя ( $T_{startgear}$ ), до того как справочная скорость ездового цикла 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 получения запроса на переключение передачи происходит задержка с формированием запроса на переключение последующей передачи на период в 3 секунды и до тех пор, пока привод не подсоединен ко всем тяговым двигателям и вновь полностью не синхронизирован ( $D_{t_{syncindi}}$ ). В случае превышения определенных установленных ограничений по частоте вращения ведущего вала коробки передач (если она окажется ниже, чем частота вращения холостого хода ДВС или выше, чем приведенная частота вращения ДВС, умноженная на 1,2 (т.е. 1,2 x (номинальная частота вращения – частота вращения холостого хода) + частота вращения холостого хода)) эти временные ограничения не учитывают и происходит принудительное переключение на следующую передачу.

После завершения маневра по переключению передачи фрикционная муфта выжатого водителем сцепления должна вновь полностью войти в зацепление. Это имеет особенно важное значение при замедлении транспортного средства. Если замедление происходит с определенной скорости до полной остановки, то фрикционная муфта выжатого водителем сцепления должна вновь входить в за-

цепление после каждого переключения на более низкую передачу. В противном случае алгоритм переключения передач не будет работать надлежащим образом, что приведет к внутренней ошибке при моделировании. При необходимости избежать последовательного переключения с одной понижающей передачи на другую (до включения нейтральной передачи) при очень резком торможении в продолжение всего периода замедления – вплоть до полной остановки транспортного средства – приводимое водителем в действие фрикционное сцепление должно быть полностью выжато. Как только скорость транспортного средства достигнет нулевого значения, включают нейтральную передачу и фрикционная муфта выжатого водителем сцепления должна вновь входить в зацепление, с тем чтобы транспортное средство могло тронуться с места по поступлению команды на возобновление ездового цикла.

При полностью выжатой педали акселератора граница переключения на более высокую передачу не переходится. В этом случае переключение на более высокую передачу инициируется при частоте вращения ведущего вала коробки передач, превышающей номинальную частоту вращения ДВС (т.е. когда превышена точка максимальной мощности).

Применительно к очень многоступенчатым трансмиссиям во избежание нереалистичного, слишком частого переключения на более высокую передачу может быть задействована функция пропуска передачи ( $SG_{\text{пг}}$ ). В этом случае выбирают наивысшую передачу, для которой фактическая рабочая точка соответствует частоте вращения ведущего вала коробки передач выше границы переключения на понижающую передачу, но ниже границы переключения на повышающую передачу.

Применительно к очень многоступенчатым трансмиссиям во избежание нереалистичного, слишком частого переключения на более высокую передачу также предусмотрена функция автоматического выявления передачи для трогания с места ( $ASG_{\text{пг}}$ ). В случае ее активации для трогания с места выбирают наивысшую передачу, при которой частота вращения ведущего вала коробки передач превышает частоту вращения холостого хода ДВС, когда транспортное средство движется со скоростью 2 м/с, и при которой обеспечивается ускорение транспортного средства 1,6 м/с<sup>2</sup>. В случае ее дезактивации трогание с места производится на первой (1<sup>й</sup>) передаче.

Сигнал признака  $Dt_{\text{syncindi}}$  служит для указания полностью синхронизированного и подсоединенного привода. Его используют для инициирования предстоящего переключения на другую передачу. Надлежит обеспечивать, чтобы этот сигнал включался только тогда, когда все части привода вращаются с абсолютно синхронной скоростью. В противном случае алгоритм переключения передач не будет работать надлежащим образом, что приведет к внутренней ошибке при моделировании.

В целях правильного включения передачи для трогания с места фактическая скорость транспортного средства должна равняться нулю (транспортное средство не движется накатом; необходимо приведение в действие тормоза). В противном случае до включения передачи для трогания с места возможна задержка по времени.

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 30, где "усфп" означает "установлено согласно соответствующему файлу параметров/соответствующим положениям". В отношении всех позиций в колонке "Описание", отмеченных звездочкой (\*), после таблицы приводятся дополнительные пояснения.

Таблица 30

**Параметры и интерфейс метода переключения передач**

Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
Параметр	$T_{clutch}$	с	Водитель "усфп"	dat.vecto.clutchtime.value
	-	кг	Шасси "усфп"	dat.vecto.vehicle.mass.value
	-	м		dat.vecto.wheel.radius.value
	-	кг·м <sup>2</sup>		dat.vecto.wheel.inertia.value
	-	-		dat.vecto.wheel.rollingres.value
	-	м <sup>2</sup>		dat.vecto.aero.af.value
	-	-		dat.vecto.aero.cd.value
	-	-		Конечная передача "усфп"
	-	-	Трансмиссия "усфп" * <sup>1</sup>	dat.vecto.gear.number.vec
	-	-		dat.vecto.gear.ratio.vec
	-	-		dat.vecto.gear.ency.vec
	-	рад/с	Двигатель "усфп" * <sup>2</sup> * <sup>3</sup> * <sup>4</sup>	dat.vecto.ICE.maxtorque_speed.vec
	-	Н·м		dat.vecto.ICE.maxtorque_torque.vec
	-	Н·м		dat.vecto.ICE.maxtorque_friction.vec
	-	рад/с		dat.vecto.ICE.ratedspeed.value
	-	рад/с	Вектор скорости, определяющий границу переключения на понижающую передачу	dat.vecto.downshift_speed.vec
	-	Н·м	Вектор крутящего момента, определяющий границу переключения на понижающую передачу	dat.vecto.downshift_torque.vec
	-	рад/с	Вектор скорости, определяющий границу переключения на повышающую передачу	dat.vecto.upshift_speed.vec
	-	Н·м	Вектор крутящего момента, определяющий границу переключения на повышающую передачу	dat.vecto.upshift_torque.vec



Тип/шина	Обозначение	Единица изменения	Описание	Ссылка
	$SG_{ng}$	булев	Функция пропуска передач при разгоне активирована или нет По умолчанию: 0	dat.vecto.skipgears.value
	$T_{startgear}$	с	Время включения первой передачи для трогания с места	dat.vecto.startgearengaged.value
	$ASG_{ng}$	булев	Функция автоматического выявления передачи для трогания с места активирована или нет По умолчанию: 0	dat.vecto.startgearactive.value
Сигнал команды	-	-	Запрашиваемая передача	nrGearReq
Сигнал датчика	$v_{vehicle}$	м/с	Фактическая скорость транспортного средства	Chassis_vVehAct_mps
	$\omega_{in}$	рад/с	Скорость вращения ведущего вала трансмиссии	Transm_nInAct_radps
	-	-	Фактически включенная передача	Transm_nrGearAct
	$Dt_{syncindi}$	булев	Сцепление в выключенном состоянии или нет и привод синхронизирован или нет	Clu_flgConnected_B
	-	-	Фактическое положение педали акселератора	Drv_AccPedl_rat

\*<sup>1</sup> Не требуется построения карты для установления КПД каждой передачи трансмиссии, а нужно лишь одно значение по каждой передаче, поскольку для создания цикла ЦГД определяют постоянный показатель КПД (в соответствии с пунктом А.9.6.2.11). Поскольку при проверке модели (в соответствии с пунктом А.9.5.6.14) схему переключения передач для механической трансмиссии не используют, то не требуется и построение карты КПД для каждой передачи, так как в этом случае в модель вводят метод переключения передач, применяемый в ходе фактического испытания силового агрегата.

\*<sup>2</sup> Начальной точкой вектора частоты вращения двигателя, определяющего кривую крутящего момента при полной нагрузке и кривую крутящего момента в результате трения, должно быть значение частоты вращения холостого хода двигателя. В противном случае алгоритм переключения передач не будет работать надлежащим образом.

\*<sup>3</sup> Вектор, определяющий кривую момента трения в двигателе, должен включать значения отрицательного крутящего момента (в соответствии с пунктом А.9.8.3).

\*<sup>4</sup> Значение номинальной частоты вращения двигателя, используемое для параметризации схемы переключения передач для механической трансмиссии, соответствует наибольшей частоте вращения двигателя при его максимальной мощности. В противном случае алгоритм переключения передач не будет работать надлежащим образом.

#### А.9.7.5 Модели электрических компонентов

##### А.9.7.5.1 Модель преобразователя постоянного тока

Преобразователь постоянного тока представляет собой устройство, которое изменяет имеющийся уровень напряжения на требуемый уровень напряжения. Модель такого преобразователя, как правило, является репрезентативной и отражает работу нескольких различных преобразователей, таких как понижающие, повышающие и комбинированные преобразователи. Поскольку преобразователи постоянного тока по сравнению с другими динамическими процессами в силовом агрегате срабатывают быстрее, используют простую статическую модель:

$$u_{out} = x_{DCDC} \times u_{in} \quad (151),$$

где:

$u_{in}$  – уровень напряжения на входе, в В,

$u_{out}$  – уровень напряжения на выходе, в 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:

$$x_{DCDC} = u_{req}/u_{in} \quad (152)$$

Потери преобразователя постоянного тока определяют как текущие потери с использованием карты КПД согласно следующему уравнению:

$$i_{in} = x_{DCDC} \times i_{out} \times \eta_{DCDC}(u_{in}, i_{in}) \quad (153),$$

где:

$\eta_{DCDC}$  – КПД преобразователя постоянного тока,

$i_{in}$  – ток на входе преобразователя постоянного тока, в А,

$i_{out}$  – ток на выходе преобразователя постоянного тока, в А.

Параметры и интерфейс модели, содержащейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 31.

Таблица 31

**Параметры и интерфейс модели преобразователя постоянного тока**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$\eta_{\text{DCDC}}$	-	КПД	dat.elecefficiency. efficiency.map
Сигнал команды	$u_{\text{req}}$	В	Требуемое напряжение на выходе	dcdc_uReq_V
Сигнал датчика	$u_{\text{out}}$	В	Фактическое напряжение на выходе	dcdc_uAct_V
Электр. на входе [В]	$u_{\text{in}}$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. на выходе [В]	$u_{\text{out}}$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [А]	$i_{\text{out}}$	А	Ток	phys_current_A
Электр. ос на выходе [А]	$i_{\text{in}}$	А	Ток	phys_current_A

Таблица 32

**Параметры модели преобразователя постоянного тока**

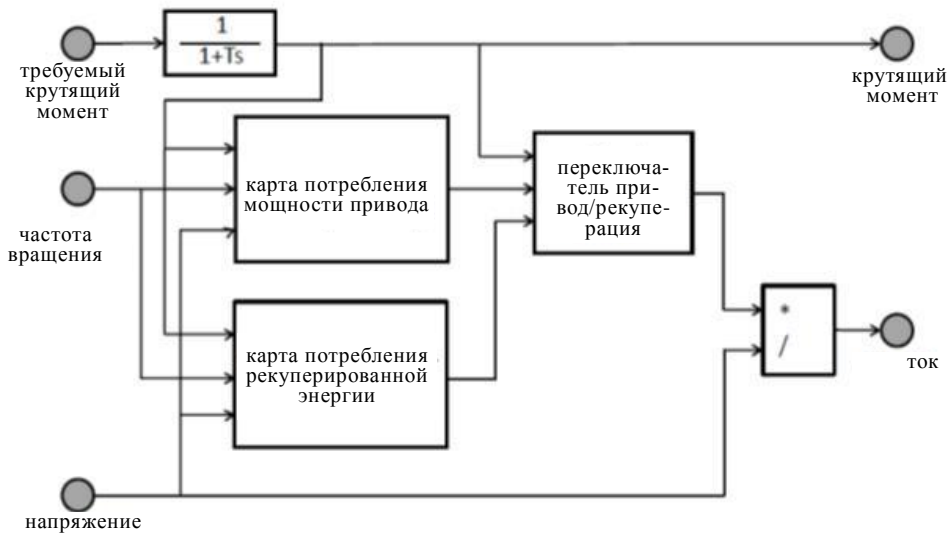
Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$\eta_{\text{DCDC}}$	Изготовитель	-

## A.9.7.6 Модели устройств преобразования энергии

## A.9.7.6.1 Модель системы электромашин

Как правило, электромашину можно разделить на три части: статор, ротор и силовая электроника. Ротор является вращающейся частью электромашин. Электромашину моделируют с использованием карт, представляющих соотношение ее механической энергии и электрической энергии (постоянного тока) (см. рис. 32).

Рис. 32  
Схема модели электромашин



Динамическую систему электромашин моделируют как систему первого порядка:

$$\dot{M}_{em} = -\frac{1}{\tau_1} \times (M_{em} - M_{em,des}) \quad (154),$$

где:

$M_{em}$  – крутящий момент электромашин, в Н·м;

$M_{em,des}$  – требуемый крутящий момент электромашин, в Н·м;

$\tau_1$  – временная константа ответа электромашин.

Мощность системы электромашин  $P_{el,em}$  отражают в виде карты как функцию ее угловой скорости  $\omega_{em}$ , крутящего момента  $M_{em}$  и уровня напряжения  $u$  шины постоянного тока. Для диапазонов значений положительного и отрицательного крутящих моментов соответственно составляют две отдельные карты.

$$P_{el,em} = f(M_{em}, \omega_{em}, u) \quad (155)$$

КПД системы электромашин рассчитывают следующим образом:

$$\eta_{em} = \frac{M_{em} \times \omega_{em}}{P_{el,em}} \quad (156)$$

Силу тока  $i_{em}$  системы электромашин рассчитывают следующим образом:

$$i_{em} = \frac{P_{el,em}}{u} \quad (157)$$

Модель электромашин предусматривает простую термодинамическую модель, основанную на ее потерях мощности  $P_{loss,em}$ , которая может использоваться для определения ее температуры  $T_{em}$  следующим образом:

$$P_{loss,em} = P_{el,em} - M_{em} \times \omega_{em} \quad (158)$$

$$\dot{T}_{em} = \frac{1}{\tau_{em,heat}} \times (P_{loss,em} - (T_{em} - T_{em,cool})/R_{em,th}) \quad (159),$$

где:

- $T_{em}$  – температура системы электромашин, в К;
- $\tau_{em,heat}$  – теплоемкость для термальной массы электромашин, в Дж/К;
- $T_{em,cool}$  – температура охлаждения системы электромашин, в К;
- $R_{em,th}$  – сопротивление теплопередаче между электромашинной и охлаждающей субстанцией, в К/Вт.

Крутящим моментом или угловой скоростью системы электромашин управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) или ПИ-регулятора следующим образом:

$$M_{em,des} = K_P \times (\omega_{ref} - \omega_{em}) + K_I \times \int (\omega_{ref} - \omega_{em}) dt \quad (160),$$

где:

- $K_P$  – пропорциональный коэффициент усиления регулятора частоты вращения;
- $K_I$  – интегральный коэффициент усиления регулятора частоты вращения.

Крутящий момент электромашин ограничивают следующим образом:

$$M_{min}(\omega_{em}) \leq M_{em,des} \leq M_{max}(\omega_{em}) \quad (161),$$

где:

- $M_{min}, M_{max}$  – максимальный и минимальный крутящие моменты как функция частоты вращения, в Н·м.

Модель электромашин также включает инерционную нагрузку  $J_{em}$ , которую прибавляют к общей инерции силового агрегата.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 33.

Таблица 33

**Параметры и интерфейс модели электромашин**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{em}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_1$	с	Временная константа	dat.timeconstant.value
	$M_{max}$	Н·м	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque.torque.vec
	$M_{min}$	Н·м	Минимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.mintorque.torque.vec
	$K_P$ $K_I$	– –	Регулятор (ПИ) частоты вращения	dat.controller.p.value dat.controller.p.value

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
	$P_{el,em}$	Вт	Карта мощности = $f(\text{частота вращения, крутящий момент, напряжение})$	dat.elecpowmap.motor. elecpowmap dat.elecpowmap.generator. elecpowmap
Факультативные параметры	$\tau_{em,heat}$	Дж/К	Теплоемкость	dat.cm.value
	$R_{th}$	К/Вт	Сопротивление теплопередаче	dat.Rth.value
	–	–	Свойства охлаждающей жидкости	dat.coolingFluid
Сигнал команды	$\omega_{ref}$	рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	ElecMac_nReq_radps
	–	булев	Переключатель регулятора частоты вращения/ крутящего момента	ElecMac_flgReqSwitch_B
	$M_{em,des}$	Н·м	Запрашиваемый крутящий момент	ElecMac_tqReq_Nm
Сигнал датчика	$M_{em}$	Н·м	Фактический крутящий момент машины	ElecMac_tqAct_Nm
	$\omega_{em}$	рад/с	Фактическая угловая скорость машины	ElecMac_nAct_radps
	$i$	А	Ток	ElecMac_iAct_A
	$T_{em}$	К	Температура машины	ElecMac_tAct_K
Электр. на входе [В]	$u$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на выходе [А]	$i$	А	Ток	phys_current_A
Мех. на выходе [Nm]	$M_{em}$	Н·м	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

Таблица 34  
**Параметры модели электромашинны**

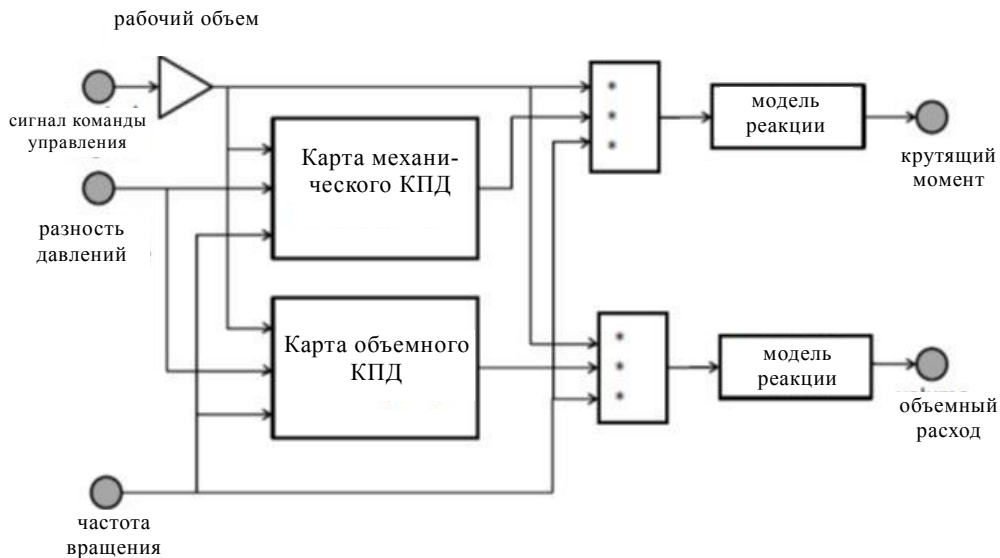
Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{em}$	Изготовитель	-
$\tau_1$	Настраиваемый	-
$M_{max}$	Регулируемый	A.9.8.4
$M_{min}$	Регулируемый	A.9.8.4
$K_p, K_I$	Настраиваемый	-
$P_{el,em}$	Регулируемый	A.9.8.4

### А.9.7.6.2 Модель гидравлического насоса/мотора

Как правило, гидравлический насос/мотор преобразует энергию, накопленную в гидравлическом аккумуляторе, в механическую энергию, как схематически показано на рис. 33.

Рис. 33

#### Схема модели гидравлического насоса/мотора



Крутящий момент насоса/мотора моделируют следующим образом:

$$M_{pm} = x \times D_{pm} \times (p_{acc} - p_{res}) \times \eta_{pm} \quad (162),$$

где:

- $M_{pm}$  – крутящий момент насоса/мотора, в Н·м;
- $x$  – сигнал команды управления насосом/мотором (между 0 и 1);
- $D_{pm}$  – рабочий объем насоса/мотора, в м<sup>3</sup>;
- $p_{acc}$  – давление в аккумуляторе высокого давления, в Па;
- $p_{res}$  – давление в поддоне/резервуаре низкого давления, в Па;
- $\eta_{pm}$  – механический КПД насоса/мотора.

Механический КПД определяют на основе замеров и картографируют как функцию сигнала команды управления  $x$ , разницы давлений для насоса/мотора и его угловой скорости следующим образом:

$$\eta_{pm} = f(x, p_{acc}, p_{res}, \omega_{pm}) \quad (163),$$

где:

- $\omega_{pm}$  – угловая скорость насоса/мотора, в рад/с.

Объемный расход  $Q_{pm}$  насоса/мотора рассчитывают следующим образом:

$$Q_{pm} = x \times D_{pm} \times \omega_{pm} \times \eta_{vpm} \quad (164)$$

Объемный КПД определяют на основе замеров и картографируют как функцию сигнала команды управления  $x$ , разницы давлений для насоса/мотора и его угловой скорости следующим образом:

$$\eta_{vpm} = f(x, p_{acc}, p_{res}, \omega_{pm}) \quad (165)$$

Динамическую систему гидравлического насоса/мотора моделируют как систему первого порядка согласно следующему соотношению:

$$\dot{x}_{pm} = -\frac{1}{\tau_1} \times (x_{pm} - u_{pm,des}) \quad (166),$$

где:

$x_{pm}$  – крутящий момент насоса/мотора на выходе или объемный расход, в Н·м или м<sup>3</sup>/с;

$u_{pm,des}$  – крутящий момент насоса/мотора на входе или объемный расход, в Н·м или м<sup>3</sup>/с;

$\tau_1$  – временная константа ответа насоса/мотора, в с.

Крутящим моментом или угловой скоростью системы насоса/мотора управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) или ПИ-регулятора следующим образом:

$$M_{pm,des} = K_p \times (\omega_{ref} - \omega_{pm}) + K_i \times \int (\omega_{ref} - \omega_{pm}) dt \quad (167),$$

где:

$K_p$  – пропорциональный коэффициент усиления регулятора частоты вращения;

$K_i$  – интегральный коэффициент усиления регулятора частоты вращения.

Крутящий момент гидравлического насоса/мотора ограничивают следующим образом:

$$M_{pm,des} \leq M_{max}(\omega_{pm}) \quad (168),$$

где:

$M_{max}$  – максимальный крутящий момент как функция частоты вращения, в Н·м.

Модель гидравлического насоса/мотора также включает инерционную нагрузку  $J_{pm}$ , которую прибавляют к общей инерции силового агрегата.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 35.



Таблица 35

## Параметры и интерфейс модели гидравлического насоса/мотора

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{pm}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_1$	с	Временная константа	dat.timeconstant.value
	$M_{max}$	Н·м	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque
	D	м <sup>3</sup>	Рабочий объем	dat.displacement.value
	$\eta_v$	-	Объемный КПД	dat.volefficiency. efficiency.map
	$\eta_m$	-	Механический КПД	dat.mechefficiency. efficiency.map
	$K_p$ $K_I$	- -	ПИ-регулятор	dat.controller.p.value dat.controller.i.value
Сигнал команды	$\omega_{ref}$	рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	Hpm_nReq_radps
	-	булев	Переключатель регулятора частоты вращения/крутящего момента	Hpm_flgReqSwitch_B
	$M_{pm,des}$	Н·м	Запрашиваемый крутящий момент	Hpm_tqReq_Nm
Сигнал датчика	$M_{pm}$	Н·м	Фактический крутящий момент машины	Hpm_tqAct_Nm
	$\omega_{pm}$	рад/с	Фактическая угловая скорость машины	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
	$p_{res}$	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

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{pm}$	Н·м	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

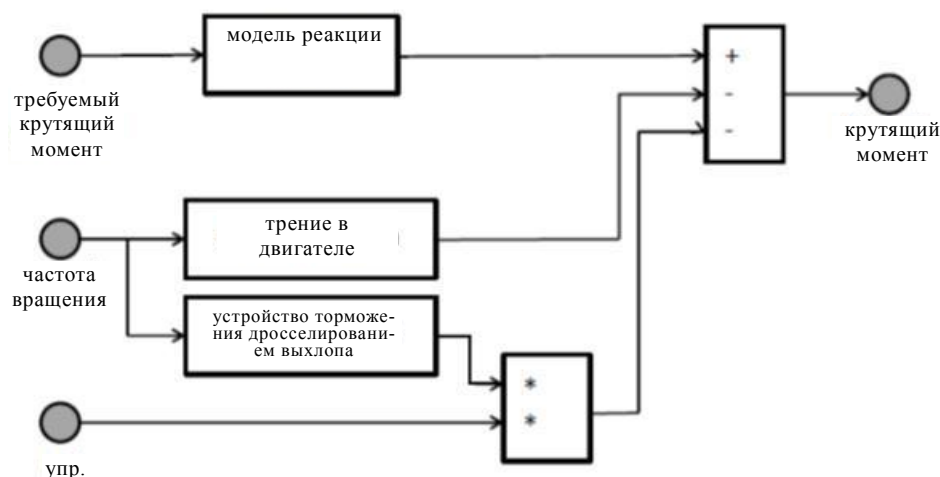
Таблица 36  
**Параметры модели гидравлического насоса/мотора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{pm}$	Изготовитель	-
$\tau_1$	Изготовитель	-
$M_{max}$	Изготовитель	-
$D$	Изготовитель	-
$\eta_v$	Изготовитель	-
$\eta_m$	Изготовитель	-
$K_p, K_I$	Настраиваемый	-

#### A.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 для нарастания крутящего момента. Схема модели двигателя внутреннего сгорания приведена на рис. 34.

Рис. 34  
**Схема модели двигателя внутреннего сгорания**



Модель двигателя внутреннего сгорания включает трение в двигателе и устройство торможения дросселированием выхлопа; оба эти 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. или непрерывного сигнала между 0 и 1. Модель ДВС также включает стартерный мотор, работу которого моделируют с использованием постоянного крутящего момента  $M_{start}$ . Запуск и остановку двигателя внутреннего сгорания производят с помощью контрольного сигнала.

Реакцию нарастания крутящего момента моделируют с использованием двух моделей первого порядка. Первая модель учитывает практически прямолинейное нарастание крутящего момента, что соответствует быстрой динамике, следующим образом:

$$\dot{M}_{ice,1} = -\frac{1}{\tau_{ice,1}} \times (M_{ice,1} - M_{ice,des1}(\omega_{ice})) \quad (169),$$

где:

- $M_{ice,1}$  – быстрая динамика нарастания крутящего момента двигателя, в Н·м;
- $M_{ice,des1}$  – быстрая динамика нарастания требуемого крутящего момента двигателя, в Н·м;
- $T_{ice,1}$  – временная константа для модели реакции быстрого нарастания крутящего момента двигателя, в с;
- $\omega_{ice}$  – угловая скорость двигателя, в рад/с.

Вторая модель первого порядка учитывает менее быструю динамику, обусловленную воздействием турбонагнетателя и повышением давления наддува, следующим образом:

$$\dot{M}_{ice,2} = -\frac{1}{\tau_{ice,2}(\omega_{ice})} \times (M_{ice,2} - M_{ice,des2}(\omega_{ice})) \quad (170),$$

где:

- $M_{ice,2}$  – замедленная динамика нарастания крутящего момента двигателя, в Н·м;
- $M_{ice,des2}$  – замедленная динамика нарастания требуемого крутящего момента двигателя, в Н·м;
- $\tau_{ice,2}$  – зависящая от скорости временная константа для модели реакции замедленного нарастания крутящего момента двигателя, в с.

Как зависящая от скорости временная константа, так и разделение крутящего момента на динамический и непосредственный картографируются как функция скорости.

Суммарный крутящий момент двигателя  $M_{ice}$  рассчитывают следующим образом:

$$M_{ice} = M_{ice,1} + M_{ice,2} \quad (171)$$

Модель двигателя внутреннего сгорания предусматривает термодинамическую модель, которая может использоваться для имитации прогрева двигателя до его нормальной стабилизированной рабочей температуры при запуске в холодном состоянии согласно следующему уравнению:

$$T_{ice,oil} = \max(T_{ice,oil,heatup} = f(P_{ice,loss}), T_{ice,oil,hot}) \quad (172),$$

где:

$T_{ice,oil}$  – температура масла ДВС, в К;

$P_{ice,loss}$  – потери мощности ДВС, в Вт.

Поскольку в модели не предусматривается ни регулировочная характеристика расхода топлива, ни карта КПД, то для оценки потерь мощности используют упрощенный подход:  $P_{ice,loss} = (\omega_{ice} \times M_{ice})$ . Применительно к работе в прогретом состоянии функция адаптации может иметь вид  $T_{ice,oil,heatup} = f(P_{ice,loss})$ .

$T_{ice,oil,heatup}$  – температура масла ДВС в момент запуска (в холодном состоянии), в К;

$T_{ice,oil,hot}$  – температура масла ДВС в нормальном прогретом рабочем состоянии, в К.

Крутящим моментом и угловой скоростью двигателя внутреннего сгорания управляют при помощи соответственно регулятора с открытым контуром (с прямой связью) или ПИ-регулятора. Применительно к обоим регуляторам требуемый крутящий момент двигателя может соответствовать либо указанному крутящему моменту, либо крутящему моменту коленчатого вала. Выбор задается параметром  $M_{des,type}$ . Уравнение ПИ-регулятора записывают следующим образом:

$$M_{ice,des} = K_p \times (\omega_{ref} - \omega_{ice}) + K_i \times \int (\omega_{ref} - \omega_{ice}) dt \quad (173),$$

где:

$K_p$  – пропорциональный коэффициент усиления регулятора частоты вращения;

$K_i$  – интегральный коэффициент усиления регулятора частоты вращения.

Крутящий момент двигателя внутреннего сгорания ограничивают следующим образом:

$$M_{ice,des} \leq M_{max}(\omega_{ice}) \quad (174),$$

где:

$M_{max}$  – максимальный крутящий момент как функция частоты вращения, в Н·м.

Модель двигателя внутреннего сгорания также включает инерционную нагрузку  $J_{ice}$ , которую прибавляют к общей инерции силового агрегата.

Полезную работу двигателя определяют путем интегрирования выходных данных модели двигателя следующим образом:

$$W_{ice,HILS} = \int_0^T \max(0, M_{ice}) \times \omega_{ice} dt \quad (175)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 37.

Таблица 37

**Параметры и интерфейс модели двигателя внутреннего сгорания**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{ice}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$\tau_{ice,1}$	-	Временная константа	dat.boost.insttorque.timeconstant.T1.value
	$\tau_{ice,2}$	-	Временная константа = f(частота вращения)	dat.boost.timeconstant.T2.value
	$M_{fric}$	Н·м	Момент трения в двигателе	dat.friction.friction.vec
	$M_{exh}$	Н·м	Тормозной момент устройства торможения дросселированием выхлопа	dat.exhaustbrake.brake.vec
	$M_{max}$	Н·м	Максимальный крутящий момент = f(частота вращения)	dat.maxtorque.torque.vec
	$K_p$ $K_i$	- -	ПИ-регулятор	dat.controller.p.value dat.controller.i.value
	$M_{start}$	Н·м	Крутящий момент стартерного мотора	dat.startertorque.value
	$M_{des,type}$	-	Выбор типа требуемого крутящего момента: (0) указанный (1) коленчатого вала	dat.torquereqtype.value
Факультативные параметры		-	Свойства масла	dat.oil
		-	Свойства охлаждающей субстанции	dat.cf
Сигнал команды	$\omega_{ref}$	рад/с	Запрашиваемая угловая скорость	Eng_nReq_radps
	-	булев	Переключатель управления частотой вращения/крутящим моментом	Eng_flgReqSwitch_B
	$M_{ice,des}$	Н·м	Запрашиваемый крутящий момент	Eng_tqReq_Nm
		булев	Вкл./выкл. устройства торможения дросселированием выхлопа, непрерывный сигнал между 0 и 1	Eng_flgExhaustBrake_B
		булев	Двигатель включен или выключен	Eng_flgOnOff_B

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
		булев	Стартерный мотор включен или выключен	Eng_flgStrtReq_B
		булев	Отсечка топлива	Eng_flgFuelCut_B
Сигнал датчика	$M_{ice}$	Н·м	Крутящий момент коленчатого вала	Eng_tqCrkSftAct_Nm
	$M_{ice}+M_{fric}+M_{exh}$	Н·м	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
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{ice}$	Н·м	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

Таблица 38  
**Параметры модели двигателя внутреннего сгорания**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{ice}$	Изготовитель	-
$\tau_{ice,1}$	Регулируемый	A.9.8.3
$\tau_{ice,2}$	Регулируемый	A.9.8.3
$M_{fric}$	Регулируемый	A.9.8.3
$M_{exh}$	Регулируемый	A.9.8.3
$M_{max}$	Регулируемый	A.9.8.3
$K_p, K_I$	Настраиваемый	-
$M_{start}$	Изготовитель	-
$M_{des,type}$	Изготовитель	-

#### A.9.7.7 Модели механических компонентов

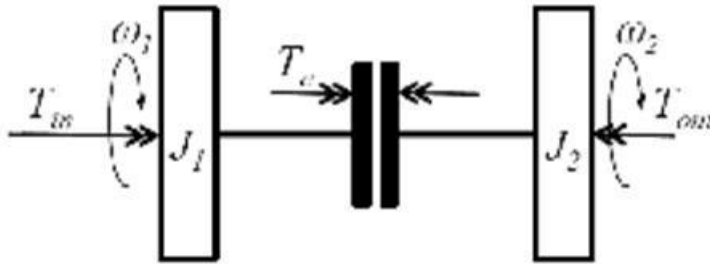
##### A.9.7.7.1 Модель сцепления

Модель сцепления переносит входной крутящий момент первичного диска сцепления на вторичный диск сцепления с использованием трех режимов работы:

- 1) во включенном состоянии;
- 2) в состоянии пробуксовки; и
- 3) в выключенном состоянии.

На рис. 35 приведена схема модели сцепления.

Рис. 35  
Схема модели сцепления



Модель сцепления определяют в соответствии со следующими (дифференциальными) уравнениями движения:

$$J_{cl,1} \times \dot{\omega}_{cl,1} = M_{cl1,in} - M_{cl} \quad (176)$$

$$J_{cl,2} \times \dot{\omega}_{cl,2} = M_{cl} - M_{cl2,out} \quad (177)$$

Для случая пробуксовки сцепления определяют следующее соотношение:

$$M_{cl} = u_{cl} \times M_{cl,maxtorque} \times \tanh(c \times (\omega_1 - \omega_2)) \quad (178)$$

$$\omega_1 = \omega_2|_{t=0} + \int_0^t (M_{cl1,in}(t) - M_{cl}(t)) dt \quad (179),$$

где:

$M_{cl,maxtorque}$  — максимальный крутящий момент, передаваемый через сцепление, в Н·м;

$u_{cl}$  — контрольный сигнал включения сцепления между 0 и 1;

$c$  — константа настройки для гиперболической функции *тангенс(...)*.

Когда разность значений  $\omega_1 - \omega_2$  ниже пороговой величины  $slip_{limit}$ , а положение педали сцепления превышает пороговую величину  $pedal_{limit}$ , сцепление больше не пробуксовывает и считается находящимся в выключенном (заблокированном) состоянии.

Для работы сцепления во включенном и выключенном состоянии применяют следующие отношения:

1) сцепление во включенном состоянии:

$$M_{cl} = 0 \quad (180)$$

2) сцепление в выключенном состоянии:

$$M_{cl2,out} = M_{cl1,in} \quad (181)$$

Привод педали сцепления представляют как систему первого порядка следующим образом:

$$\dot{u}_{cl} = -\frac{1}{\tau_1} \times (u_{cl} - u_{pedal}) \quad (182),$$

где:

$u_{cl}$  — положение привода управления сцеплением между 0 и 1;

$u$  — положение педали сцепления между 0 и 1;

$\tau_1$  – константа времени работы сцепления, в с.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 39.

Таблица 39

**Параметры и интерфейс модели сцепления**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_1$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.in.inertia.value
	$J_2$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.out.inertia.value
	$M_{cl,maxtorque}$	Н·м	Максимальный крутящий момент сцепления	dat.maxtorque.value
	$c$	-	Константа настройки	dat.tanh.value
	$slip_{limit}$	рад/с	Пробуксовка сцепления, пороговое значение угловой скорости	dat.speedtolerance.value
	$pedal_{limit}$	-	Пробуксовка сцепления; пороговая величина, определяющая положение педали	dat.clutchthreshold.value
	$\tau_1$	с	Константа времени работы привода управления сцеплением	dat.actuator.timeconstant.value
Сигнал команды	$u$	0–1	Запрашиваемое положение педали сцепления	Clu_ratReq_Rt
Сигнал датчика		булев	Сцепление в выключенном состоянии или нет	Clu_flgConnected_B
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_1$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_2$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps



Таблица 40  
**Параметры модели сцепления**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_1$	Изготовитель	А.9.5.6.15, А.9.6.2.17, А.10.5.2.12
$J_2$	Изготовитель	А.9.5.6.15, А.9.6.2.17, А.10.5.2.12
$M_{cl,maxtorque}$	Изготовитель	А.9.5.6.12, А.9.6.2.14, А.10.5.2.9
$c$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,2
$slip_{limit}$	Настраиваемый	По умолчанию: 1
$pedal_{limit}$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,8
$\tau_1$	Изготовитель	-

#### А.9.7.7.2 Модель бесступенчатой трансмиссии

Модель бесступенчатой трансмиссии (вариатора) представляет собой механическую трансмиссию, которая допускает любое передаточное число между определенным верхним и нижним пределами. Модель вариатора должна соответствовать следующему уравнению:

$$M_{CVT,out} = r_{CVT} \times M_{CVT,in} \times \eta_{CVT} \quad (183),$$

где:

$M_{CVT,in}$  – крутящий момент вариатора на ведущем валу, в Н·м;

$M_{CVT,out}$  – крутящий момент вариатора на ведомом валу, в Н·м;

$r_{CVT}$  – передаточное число вариатора;

$\eta_{CVT}$  – КПД вариатора.

КПД вариатора определяют как функцию крутящего момента на ведущем валу, скорости на ведомом валу и передаточного числа:

$$\eta_{CVT} = f(r_{CVT}, M_{CVT,in}, \omega_{CVT,out}) \quad (184)$$

Модель вариатора предполагает нулевую "пробуксовку", с тем чтобы можно было использовать следующее соотношение для скоростей:

$$\omega_{CVT,in} = r_{CVT} \times \omega_{CVT,out} \quad (185)$$

Передаточное число вариатора контролируют посредством заданного значения команды с использованием моделирования уравнением первого порядка для включения изменения передаточного числа вариатора согласно следующему соотношению:

$$\frac{d}{dt} r_{CVT} = \frac{1}{\tau_{CVT}} \times (-r_{CVT} + r_{CVT,des}) \quad (186),$$

где:

$\tau_{CVT}$  – временная константа вариатора, в с;

$r_{CVT,des}$  – заданное передаточное число вариатора.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 41.

Таблица 41  
**Параметры и интерфейс модели вариатора**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$\tau_{CVT}$	—	Временная константа	dat.timeconstant.value
	$\eta_{CVT}$	—	КПД	dat.mechefficiency.efficiency.map
Сигнал команды	$r_{des}$	—	Запрашиваемое передаточное число вариатора	CVT_ratGearReq
Сигнал датчика	$r_{CVT}$	—	Фактическое передаточное число вариатора	CVT_ratGearAct_Rt
	$\omega_{out}$	рад/с	Скорость на ведомом валу	CVT_nOutAct_radps
	$\omega_{in}$	рад/с	Скорость на ведущем валу	CVT_nInAct_radps
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <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

Таблица 42  
**Параметры модели вариатора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$\tau_{CVT}$	Изготовитель	-
$\eta_{CVT}$	Изготовитель	-

#### A.9.7.7.3 Модель конечной передачи

Конечную передачу трансмиссии с набором шестерней и фиксированными значениями передач моделируют в соответствии со следующим уравнением:

$$\omega_{fg,out} = \omega_{fg,in} / r_{fg} \quad (187)$$

Потери по передачам считают потерями крутящего момента и отражают через показатель КПД:

$$M_{out} = M_{in} \times \eta_{fg}(\omega_{fg,in}, M_{in}) \times r_{fg} \quad (188)$$

как функцию угловой скорости и крутящего момента, представленную на карте.

Инерцию конечной передачи учитывают следующим образом:

$$J_{out} = J_{in} \times r_{fg}^2 + J_{fg} \quad (189)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 43.

Таблица 43

**Параметры и интерфейс модели конечной передачи**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{fg}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$r_{fg}$	-	Передаточное число	dat.ratio.value
	$\eta_{fg}$	-	КПД	dat.mechefficiency.map
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{fg,out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{fg,in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 44

**Параметры модели конечной передачи**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{fg}$	Изготовитель	-
$r_{fg}$	Регулируемый	А.9.5.6.10, А.9.6.2.10
$\eta_{fg}$	Изготовитель	-

**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:

$$M_{out} = \eta_{out} \times r_{out} \times (\eta_{in,1} \times r_{in,1} \times M_{in,1} + \eta_{in,2} \times r_{in,2} \times M_{in,2}) \quad (190),$$

где:

- $M_{in,1}$  – крутящий момент на ведущем валу 1, в Н·м;
- $M_{in,2}$  – крутящий момент на ведущем валу 2, в Н·м;
- $M_{out}$  – крутящий момент на ведомом валу, в Н·м;
- $r_{in,1}$  – 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.

Показатели КПД определяют с использованием просмотревых таблиц (карт) зависимости крутящего момента от угловой скорости.

Инерцию каждой комбинации вала/передачи определяют и добавляют к общей инерции силового агрегата.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 45.

Таблица 45

**Параметры и интерфейс модели механического соединения**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_1$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.in1.inertia.value
	$r_{in,1}$	-	Передаточное число	dat.in1.ratio.value
	$\eta_{in,1}$	-	КПД	dat.in1.mechefficiency.map
	$J_2$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.in2.inertia.value
	$r_{in,2}$	-	Передаточное число	dat.in2.ratio.value
	$\eta_{in,2}$	-	КПД	dat.in2.mechefficiency.map
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.out.inertia.value
	$r_{out}$	-	Передаточное число	dat.out.ratio.value
	$\eta_{out}$	-	КПД	dat.out.mechefficiency.map
Мех. на входе 1 [Н·м]	$M_{in,1}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in,1}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на входе 2 [Н·м]	$M_{in,2}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in,2}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
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

Таблица 46  
**Параметры модели механического соединения**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_1$	Изготовитель	-
$r_{in,1}$	Изготовитель	-
$\eta_{in,1}$	Изготовитель	-
$J_2$	Изготовитель	-
$r_{in,2}$	Изготовитель	-
$\eta_{in,2}$	Изготовитель	-
$J_{out}$	Изготовитель	-
$r_{out}$	Изготовитель	-
$\eta_{out}$	Изготовитель	-

#### А.9.7.7.5 Модель замедлителя

Модель замедлителя представляют простым уменьшением крутящего момента как показано ниже:

$$M_{retarder,out} = M_{retarder,in} - u \times M_{retarder,max}(\omega_{retarder}) \quad (191),$$

где:

- $u$  — сигнал команды замедлителя между 0 и 1;
- $M_{retarder,max}$  — (в зависимости от скорости) максимальный тормозной момент замедлителя, в Н·м;
- $\omega_{retarder}$  — угловая скорость замедлителя, в рад/с;
- $M_{retarder,in}$  — крутящий момент замедлителя на ведущем валу, в Н·м;
- $M_{retarder,out}$  — крутящий момент замедлителя на ведомом валу, в Н·м.

Модель также включает инерционную нагрузку  $J_{retarder}$ , которую прибавляют к общей инерции силового агрегата.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 47.

Таблица 47  
**Параметры и интерфейс модели замедлителя**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$M_{\text{retarder,max}}$	Н·м	Карта тормозного момента замедлителя	dat.braketorque.torque.vec
	$J_{\text{retarder}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
Сигнал команды	$u$	–	Сигнал команды замедлителя между 0 и 1	Ret_flgOnOff
Сигнал датчика	$M_{\text{loss}}$	Н·м	Тормозной момент замедлителя	Ret_tqBrkAct_Nm
Мех. на входе [Н·м]	$M_{\text{in}}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{\text{in}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{\text{out}}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{\text{out}}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{\text{in}}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{\text{out}}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 48  
**Параметры модели замедлителя**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$M_{\text{retarder,max}}$	Изготовитель	-
$J_{\text{retarder}}$	Изготовитель	-

#### А.9.7.7.6 Модель прямозубной цилиндрической зубчатой передачи

Прямозубную цилиндрическую трансмиссию или ступенчатую трансмиссию с набором шестерней и фиксированным передаточным числом моделируют в соответствии со следующим уравнением:

$$\omega_{\text{spur,out}} = \omega_{\text{spur,in}}/r_{\text{spur}} \quad (192)$$

Потери по передачам считают потерями крутящего момента и отражают через показатель КПД как функцию угловой скорости и крутящего момента:

$$M_{\text{out}} = M_{\text{in}} \times \eta_{\text{spur}}(\omega_{\text{spur,in}}, M_{\text{in}}) \times r_{\text{spur}} \quad (193)$$

Инерцию передачи учитывают следующим образом:

$$J_{\text{spur,out}} = J_{\text{spur,in}} \times r_{\text{spur}}^2 + J_{\text{spur}} \quad (194)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 49.

Таблица 49

**Параметры и интерфейс модели ступенчатой трансмиссии с фиксированными передачами**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{spur}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.in.inertia.value
	$r_{spur}$	—	Передаточное число	dat.in.ratio.value
	$\eta_{spur}$	—	КПД	dat.in.mechefficiency.efficiency.map
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_{spur,out}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{spur,in}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 50

**Параметры модели прямозубной цилиндрической зубчатой передачи**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{spur}$	Изготовитель	-
$r_{spur}$	Изготовитель	-
$\eta_{spur}$	Изготовитель	-

**A.9.7.7.7 Модель гидротрансформатора**

Гидротрансформатор представляет собой гидравлическую передачу, которая передает входную мощность со своего лопастного колеса или крыльчатки насоса на турбинное колесо ведомого вала, создавая напор рабочей жидкости. Гидротрансформатор, оснащенный статором, многократно усиливает крутящий момент в режиме пробуксовки.

Гидротрансформатор передает крутящий момент с ведущего на ведомый вал с использованием двух режимов работы: в состоянии пробуксовки и в выключенном состоянии.

Модель гидротрансформатора определяют в соответствии со следующими (дифференциальными) уравнениями движения:

$$J_p \times \dot{\omega}_p = M_{in} - M_p \quad (195)$$

$$J_t \times \dot{\omega}_t = M_t - M_{out} \quad (196),$$

где:

- $J_p$  – инерция насоса, в кг·м<sup>2</sup>;
- $J_t$  – инерция турбины, в кг·м<sup>2</sup>;
- $\omega_p$  – угловая скорость вращения вала насоса, в рад/с;
- $\omega_t$  – угловая скорость вращения турбины, в рад/с;
- $M_{in}$  – крутящий момент на ведущем валу, в Н·м;
- $M_{out}$  – крутящий момент на ведомом валу, в Н·м;
- $M_p$  – крутящий момент насоса, в Н·м;
- $M_t$  – крутящий момент турбины, в Н·м.

Крутящий момент насоса картографируют как функцию отношения угловых скоростей следующим образом:

$$M_p = f_{pump}(\omega_t/\omega_p) \times (\omega_p/\omega_{ref})^2 \quad (197),$$

где:

- $\omega_{ref}$  – отображаемая справочная скорость, в рад/с;
- $f_{pump}$  – отображаемый крутящий момент насоса как функция отношения угловых скоростей ( $\omega_t/\omega_p$ ) при постоянной отображаемой скорости  $\omega_{ref}$ , в Н·м.

Крутящий момент турбины определяют как коэффициент усиления крутящего момента насоса следующим образом:

$$M_t = f_{amp}(\omega_t/\omega_p) \times M_p \quad (198)$$

где:

- $f_{amp}$  – отображаемый коэффициент усиления крутящего момента как функция отношения угловых скоростей ( $\omega_t/\omega_p$ ).

Для работы в выключенном состоянии применяют следующие отношения:

$$M_{out} = M_{in} - M_{tc,loss}(\omega_p) \quad (199)$$

$$\omega_t = \omega_p \quad (200),$$

где:

- $M_{tc,loss}$  – потери крутящего момента в заблокированном состоянии, в Н·м

Для переключения с режима пробуксовки на режим выключения и обратно используют сцепление. Сцепление моделируют аналогично тому, как это предусмотрено в пункте А.9.7.7.1. При переходе с работы в состоянии пробуксовки в выключенное состояние уравнение 197 преобразуется и приобретает следующий вид:

$$M_p = f_{pump}(\omega_t/\omega_p) \times (\omega_p/\omega_{ref})^2 + u_{lu} \times M_{lu,maxtorque} \times \tanh(c \times (\omega_p - \omega_t)) \quad (201),$$



где:

- $M_{lu,maxtorque}$  – максимальный крутящий момент, передаваемый через сцепление, в Н·м;
- $u_{lu}$  – контрольный сигнал включения сцепления между 0 и 1;
- $c$  – константа настройки для гиперболической функции *тангенс*(...).

Когда разность значений  $\omega_p - \omega_t$  ниже пороговой величины  $slip_{limit}$ , а положение привода управления сцеплением превышает пороговую величину  $u_{limit}$ , сцепление больше не пробуксовывает и считается находящимся в заблокированном (выключенном) состоянии.

Привод устройства блокировки представляют как систему первого порядка следующим образом:

$$\dot{u}_{lu} = -\frac{1}{\tau_1} \times (u_{lu} - u) \quad (202),$$

где:

- $u_{lu}$  – положение привода устройства блокировки между 0 и 1;
- $u$  – требуемое положение привода устройства блокировки между 0 и 1;
- $\tau_1$  – временная константа, в с.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 51.

Таблица 51

**Параметры и интерфейс модели гидротрансформатора**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_p$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.in.value
	$J_t$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.out.value
	$M_{lu,maxtorque}$	Н·м	Максимальный крутящий момент сцепления	dat.clutch.maxtorque.value
	$c$	-	Константа настройки	dat.clutch.tanh.value
	$slip_{limit}$	рад/с	Пробуксовка сцепления, пороговое значение угловой скорости	dat.clutch.speedtolerance.value
	$u_{limit}$	-	Пробуксовка сцепления; пороговая величина, определяющая положение педали	dat.clutch.threshold.value
	$\tau_1$	с	Константа времени работы привода	dat.clutch.actuator.timeconstant.value

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
	$\omega_{ref}$	рад/с	Справочная скорость	dat.characteristics.refspeed.value
	$\omega_v/\omega_p$	-	Отношение угловых скоростей	dat.characteristics.speedratio.vec
	$f_{pump}$	Н·м		dat.characteristics.inputtorque.vec
	$f_{amp}$	-		dat.characteristics.torqueratio.vec
	-	рад/с	Вектор скорости, определяющий потерю крутящего момента	dat.characteristics.loss.torque.vec
Сигнал команды	$u$	булев	Сигнал блокировки гидротрансформатора	TC_flgLockUp_B
Сигнал датчика	$\omega_p$	рад/с	Скорость вращения вала насоса	TC_nPumpAct_radps
	$M_p$	Н·м	Крутящий момент насоса	TC_tqPumpAct_Nm
	$\omega_t$	рад/с	Скорость вращения турбины	TC_nTurbineAct_radps
	$M_t$	Н·м	Крутящий момент турбины	TC_tqTurbineAct_Nm
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на входе [рад/с]	$\omega_t$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_p$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

Таблица 52  
**Параметры модели гидротрансформатора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_1$	Изготовитель	-
$J_2$	Изготовитель	-
$M_{lu,maxtorque}$	Изготовитель	-
$c$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,2
$slip_{limit}$	Настраиваемый	По умолчанию: 3
$u_{limit}$	Настраиваемый	По умолчанию: 0,8
$f_{pump}$	Изготовитель	-
$f_{amp}$	Изготовитель	-
$M_{loss}$	Изготовитель	-

#### А.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:

$$\omega_{tr,in} = \omega_{tr,out} \times r_{gear} \quad (203)$$

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:

$$M_{out} = \begin{cases} M_{in} \times r_{gear} \times \eta_{gear}, & \text{для } M_{in} \leq 0 \\ M_{in} \times r_{gear} / \eta_{gear}, & \text{для } M_{in} > 0 \end{cases} \quad (204)$$

Общая инерция коробки передач зависит от выбора действующей передачи и определяется следующим уравнением:

$$J_{gear,out} = J_{gear,in} \times r_{gear}^2 + J_{gear,out} \quad (205)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 53.

Имеющаяся в стандартизированной библиотеке АПМ модель включает модель сцепления, которая служит для обеспечения возможности передачи нулевого крутящего момента при переключении передач. Возможны и другие решения. Продолжительность времени, в течение которого передача крутящего момента трансмиссией не осуществляется, определяют как время прерывания подачи крутящего момента  $t_{interrupt}$ . В случае данной модели некоторые из параметров, перечисленных в таблице 53, непосредственно связаны с моделью сцепления, описанной в пункте А.9.7.7.1.

Таблица 53

#### Параметры и интерфейс модели трансмиссии с переключением передач

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$nr_{gears}$	-	Количество передач	dat.nofgear.value
	$gear_{num}$	-	Передаточные числа (вектор)	dat.gear.number.vec
	$J_{gearbox}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция (вектор)	dat.gear.inertia.vec
	$r_{gear}$	-	Передаточное число (вектор)	dat.gear.ratio.vec
	$\eta_{gear}$	-	КПД передачи (карта)	dat.gear.mechefficiency.map
Параметры, относящиеся к сцеплению	$t_{interrupt}$	с	Время переключения	dat.torqueinterrupt.value
	-	Н·м	Максимальный крутящий момент	dat.maxtorque.value

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
	$c$	-	Константа настройки	dat.tanh.value
	-	рад/с	Пробуксовка сцепления, пороговое значение угловой скорости	dat.speedtolerance.value
Сигнал команды		-	Запрашиваемое передаточное число	Transm_nrGearReq
Сигнал датчика		-	Фактическое передаточное число	Transm_nrGearAct
		булев	Включенная передача	Transm_flgConnected_B
	$\omega_{out}$	рад/с	Скорость на ведомом валу	Transm_nOutAct_radps
	$\omega_{in}$	рад/с	Скорость на ведущем валу	Transm_nInAct_radps
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. на выходе [Н·м]	$M_{out}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{out}$	кг·м <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

Таблица 54

**Параметры модели трансмиссии с переключением передач**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$t_{interrupt}$	Изготовитель	A.9.5.6.13, A.9.6.2.15, A.10.5.2.10
$gear_{num}$	Изготовитель	Пример: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
$nr_{gear}$	Изготовитель	-
$J_{gearbox}$	Изготовитель	-
$r_{gear}$	Изготовитель	-
$\eta_{gear}$	Регулируемый	A.9.5.6.11, A.9.6.2.11, A.10.5.2.6
dat.maxtorque.value	Настраиваемый	-
dat.tanh.value	Настраиваемый	-
dat.speedtolerance.value	Настраиваемый	-

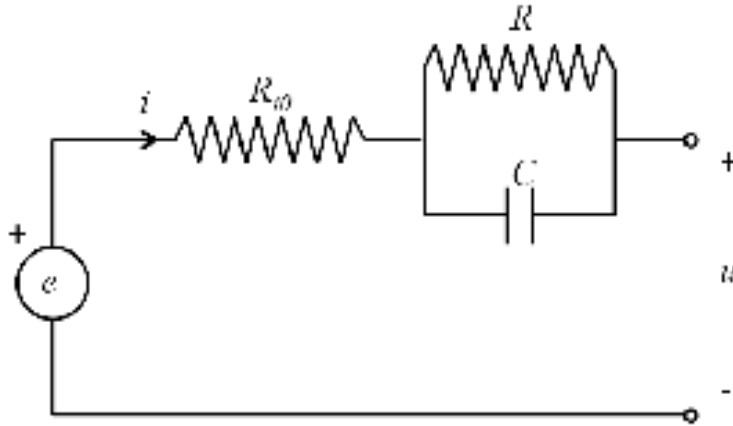
## A.9.7.8 Перезаряжаемые энергоаккумулирующие системы

## A.9.7.8.1 Модель аккумулятора

Модель аккумулятора основана на схеме с использованием резисторной и емкостной цепей, как показано на рис. 36.

Рис. 36

## Схема резисторно-емкостной модели аккумулятора



Напряжение аккумулятора должно удовлетворять следующему:

$$u = e - R_{i0} \times i - u_{RC} \quad (206),$$

при:

$$\frac{d}{dt} u_{RC} = -\frac{1}{R \times C} \times u_{RC} + \frac{1}{C} \times i \quad (207)$$

Напряжение в разомкнутой 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. Показатели сопротивления  $R_{i0}$  и  $R$  и емкостное сопротивление  $C$  предполагают зависимость от направления тока.

Степень заряженности аккумулятора  $SOC$  ( $C3$ ) определяют следующим образом:

$$SOC = SOC(0) - \int_0^t \frac{i}{3600 \times CAP} dt \quad (208),$$

где:

$SOC(0)$  – начальная степень заряженности в начале испытания;

$CAP$  – емкость аккумулятора, в А•ч.

Размер аккумулятора можно изменять, присоединяя к нему дополнительные элементы.

Модель аккумулятора предусматривает термодинамическую модель, к которой могут применяться те же методы моделирования, что и к системе электромашин, в соответствии со следующим:

$$P_{loss,bat} = R_{i0} \times i^2 + R \times i_R^2 = R_{i0} \times i^2 + \frac{u_{RC}^2}{R} \quad (209)$$

Потери энергии преобразуют в теплоту, влияющую на температуру аккумулятора, которую рассчитывают следующим образом:

$$\dot{T}_{bat} = \frac{1}{\tau_{bat,heat}} \times (P_{loss,bat} - (T_{bat} - T_{bat,cool})/R_{bat,th}) \quad (210),$$

где:

$T_{bat}$  – температура аккумулятора, в К;

$T_{bat,heat}$  – теплоемкость для термальной массы аккумулятора, в Дж/К;

$T_{bat,cool}$  – температура охлаждения аккумулятора, в К;

$R_{bat,th}$  – сопротивление теплопередаче между аккумулятором и охлаждающей жидкостью, в К/Вт.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 55.

Таблица 55

**Параметры и интерфейс модели аккумулятора**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$n_s$	-	Число элементов, соединенных последовательно	dat.ns.value
	$n_p$	-	Число элементов, соединенных параллельно	dat.np.value
	$CAP$ $C3$	А•ч	Емкость элемента	dat.capacity.value
	$SOC(0)$ $C3(0)$	-	Начальная степень заряженности	dat.initialSOC.value
	$e$	В	Напряжение в разомкнутой цепи =f(C3)	dat.ocv.ocv.vec
	$R_{i0}$	Ом	Сопротивление элемента =f(C3)	dat.resi.charge.R0.vec dat.resi.discharge.R0.vec
	$R$	Ом	Сопротивление элемента =f(C3)	dat.resi.charge.R.vec dat.resi.discharge.R.vec
	$C$	Ф	Сопротивление элемента =f(C3)	dat.resi.charge.C.vec dat.resi.discharge.C.vec
Факультативные параметры	$\tau_{bat,heat}$	Дж/К	Теплоемкость	dat.cm.value
	$R_{th}$	К/Вт	Сопротивление теплопередаче	dat.Rth.value
	-	-	Свойства охлаждающей жидкости	dat.coolingFluid
Сигнал датчика	$i$	А	Фактический ток	REESS_iAct_A
	$u$	В	Фактическое напряжение нагрузки	REESS_uAct_V
	$SOC$ $C3$	-	Степень заряженности	REESS_socAct_Rt
	$T_{bat}$	К	Температура аккумулятора	REESS_tAct_K
Электр. на выходе [В]	$u$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [А]	$i$	А	Ток	phys_current_A

Таблица 56  
**Параметры модели аккумулятора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$n_s$	Изготовитель	-
$n_p$	Изготовитель	-
$SAP$	Регулируемый	A.9.5.6.4, A.9.6.2.4, A.9.8.5
$SOC(0)$	Изготовитель	-
$e$	Регулируемый	A.9.5.6.4, A.9.6.2.4, A.9.8.5
$R_{i0}$	Регулируемый	A.9.5.6.4, A.9.6.2.4, A.9.8.5
$R$	Регулируемый	A.9.5.6.4, A.9.6.2.4, A.9.8.5
$C$	Регулируемый	A.9.5.6.4, A.9.6.2.4, A.9.8.5

#### A.9.7.8.2 Модель конденсатора

Схема модели конденсатора показана на рис. 37.

Рис. 37  
**Схема модели конденсатора**



Модель конденсатора должна удовлетворять следующему:

$$u = u_C - R_i \times i \quad (211),$$

где  $u_C$  – напряжение на конденсаторе, а  $R_i$  – внутреннее сопротивление. Напряжение на конденсаторе определяют в соответствии со следующим уравнением:

$$u_C = -\frac{1}{C} \times \int i dt \quad (212),$$

где  $C$  – емкость.

В случае системы конденсатора степень заряженности прямо пропорциональна напряжению на конденсаторе:

$$SOC_{cap} = \frac{u_C - V_{C,min}}{V_{C,max} - V_{C,min}} \quad (213),$$

где:

$V_{C,min}$  и  $V_{C,max}$  – соответственно минимальное и максимальное напряжение на конденсаторе, в В.

Размер конденсатора можно изменять, присоединяя к нему последовательно или параллельно дополнительные емкости.

Модель конденсатора предусматривает термодинамическую модель, аналогичную модели аккумулятора.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 57.

Таблица 57  
**Параметры и интерфейс модели конденсатора**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$n_s$	-	Число ячеек, соединенных последовательно	dat.ns.value
	$n_p$	-	Число ячеек, соединенных параллельно	dat.np.value
	$C$	Ф	Емкость	dat.C.value
	$R_i$	Ом	Сопротивление ячейки	dat.R.value
	$u_C(0)$	В	Первоначальное напряжение на конденсаторе	dat.initialVoltage.value
	$V_{C,min}$	В	Минимальное напряжение на конденсаторе	dat.Vmin.value
	$V_{C,max}$	В	Максимальное напряжение на конденсаторе	dat.Vmax.value
Сигнал датчика	$i$	А	Фактический ток	REESS_iAct_A
	$u$	В	Фактическое напряжение нагрузки	REESS_uAct_V
	$SOC_{C3}$	-	Степень заряженности	REESS_socAct_Rt
	$T_{capacitor}$	К	Температура конденсатора	REESS_tAct_K
Электр. на выходе [В]	$u$	В	Напряжение	phys_voltage_V
Электр. ос на входе [А]	$i$	А	Ток	phys_current_A

Таблица 58  
**Параметры модели конденсатора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$n_s$	Изготовитель	-
$n_p$	Изготовитель	-
$V_{min}$	Регулируемый	A.9.5.6.5, A.9.6.2.5, A.9.8.6
$V_{max}$	Регулируемый	A.9.5.6.5, A.9.6.2.5, A.9.8.6
$u_C(0)$	Изготовитель	-
$R_i$	Регулируемый	A.9.5.6.5, A.9.6.2.5, A.9.8.6
$C$	Регулируемый	A.9.5.6.5, A.9.6.2.5, A.9.8.6



### А.9.7.8.3 Модель маховика

Модель маховика представляет собой вращающийся предмет определенной массы, используемый для хранения и передачи кинетической энергии. Кинетическая энергия маховика определяется следующим образом:

$$E_{flywheel} = J_{flywheel} \times \omega_{flywheel}^2 \quad (214),$$

где:

$E_{flywheel}$  – кинетическая энергия маховика, в Дж;

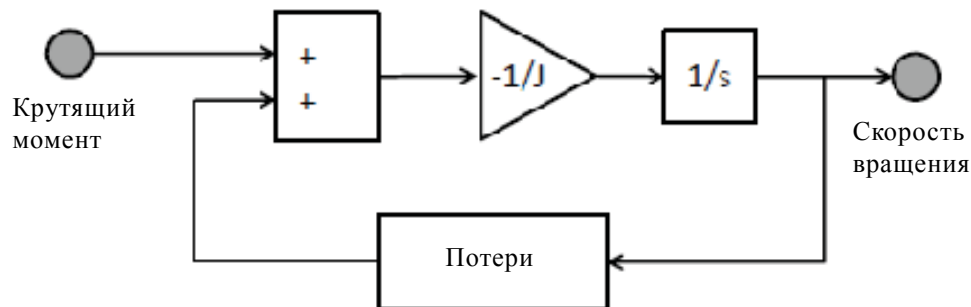
$J_{flywheel}$  – инерция маховика, в кг·м<sup>2</sup>;

$\omega_{flywheel}$  – скорость маховика, в рад/с.

Схема базовой модели маховика показана на рис. 38.

Рис. 38

Схема модели маховика



Модель маховика определяют в соответствии со следующим дифференциальным уравнением:

$$J_{flywheel} \times \frac{d}{dt} \omega_{flywheel} = -M_{flywheel,in} - M_{flywheel,loss}(\omega_{flywheel}) \quad (215),$$

где:

$M_{flywheel,in}$  – крутящий момент маховика на ведущем валу, в Н·м;

$M_{flywheel,loss}$  – (в зависимости от скорости) потери крутящего момента маховика, в Н·м.

Такие потери могут быть определены на основе измерений и моделей с использованием карт.

Скорость вращения маховика ограничена нижним и верхним пороговыми значениями, соответственно  $\omega_{flywheel\_low}$  и  $\omega_{flywheel\_high}$ :

$$\omega_{flywheel\_low} \leq \omega_{flywheel} \leq \omega_{flywheel\_high} \quad (216)$$

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 59.

Таблица 59  
**Параметры и интерфейс модели маховика**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$J_{fly}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	dat.inertia.value
	$M_{loss}$	Н·м	Карта потерь крутящего момента	dat.loss.torqueloss.vec
	$\omega_{flywheel\_low}$	рад/с	Нижний предел скорости	dat.speedlimit.lower.value
	$\omega_{flywheel\_high}$	рад/с	Верхний предел скорости	dat.speedlimit.upper.value
Сигнал датчика	$\omega_{fly}$	рад/с	Скорость вращения маховика	Flywheel_nAct_radps
Мех. на входе [Н·м]	$M_{in}$	Н·м	Крутящий момент	phys_torque_Nm
	$J_{in}$	кг·м <sup>2</sup>	Инерция	phys_inertia_kgm2
Мех. ос на выходе [рад/с]	$\omega_{fly}$	рад/с	Угловая скорость	phys_speed_radps

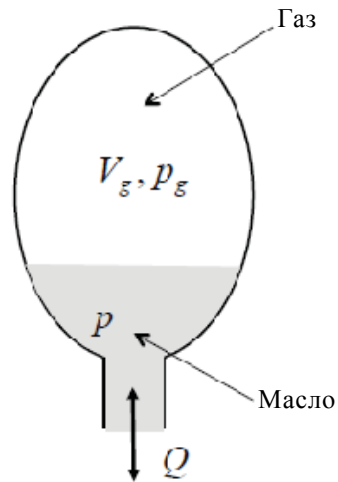
Таблица 60  
**Параметры модели маховика**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$J_{fly}$	Изготовитель	-
$M_{loss}$	Изготовитель	-
$\omega_{flywheel\_low}$	Изготовитель	-
$\omega_{flywheel\_high}$	Изготовитель	-

#### 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 представляют с использованием одного и того же подхода к моделированию, основа которого показана на рис. 39.

Рис. 39  
Схема модели аккумулятора



Модель аккумулятора представляют в соответствии со следующими уравнениями с учетом закона идеального газа, равенства значений давления газа и жидкости и отсутствия потерь в аккумуляторе:

$$\frac{d}{dt} V_{gas} = -Q \quad (217)$$

Процесс моделируют как обратимый адиабатический процесс, предполагающий отсутствие переноса энергии между газом и окружающей средой:

$$p_{gas} \times V_{gas}^\gamma = constant \quad (218),$$

где:

$p_{gas}$  – давление газа, в Па;

$V_{gas}$  – объем газа, в м<sup>3</sup>;

$\gamma$  – адиабатический индекс.

Константу (*constant*) определяют по параметрам предварительной зарядки аккумулятора:

$$p_{gas,pre} \times V_{gas,pre}^\gamma = constant \quad (219),$$

где:

$p_{gas,pre}$  – давление предварительной зарядки газа, в Па;

$V_{gas,pre}$  – объем предварительной зарядки газа, в м<sup>3</sup>;

$\gamma$  – адиабатический индекс.

Работа, произведенная в результате обусловленных этим адиабатическим процессом изменений давления и объема газа, равняется:

$$W = \frac{-p_{gas,pre} \times V_{gas,pre}^\gamma \times (V_{gas}^{1-\gamma} - V_{gas,pre}^{1-\gamma})}{(1-\gamma) \times 3600000} \quad (220),$$

при этом соответствующую степень заряженности определяют следующим образом:

$$SOC_{acc} = \frac{W}{C_{acc}} \quad (221),$$

где:

$C_{acc}$  – (максимальная) энергоемкость гидравлического аккумулятора, в кВт·ч.

Параметры и интерфейс модели, имеющейся в стандартизированной библиотеке АПМ, определены в таблице 61.

Таблица 61

**Параметры и интерфейс модели аккумулятора**

Тип/шина	Обозначение	Единица измерения	Описание	Ссылка
Параметр	$p_{gas,pre}$	Па	Давление предварительной зарядки газа	dat.pressure.precharge.value
	$\gamma$	-	Адиабатический индекс	dat.gas.adiabaticindex.value
	$V_{gas}$	м <sup>3</sup>	Объем предварительной зарядки	dat.vol.pressure.value
	$C_{acc}$	кВт·ч	Емкость аккумулятора	dat.capacity.value
	$V_{gas}(0)$	м <sup>3</sup>	Первоначальный объем	dat.vol.initial.value
Сигнал датчика	$p$	Па	Давление	Acc_presAct_Pa
	$V_g$	-	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

Таблица 62

**Параметры модели аккумулятора**

Параметр	Спецификация	Ссылка на соответствующий пункт
$p_{gas,pre}$	Изготовитель	-
$\gamma$	Изготовитель	-
$V_{gas,pre}$	Изготовитель	-
$V_{gas}(0)$	Изготовитель	-
$C_{acc}$	Изготовитель	-

#### А.9.7.9 Положения, касающиеся моделей с использованием конкретных компонентов ИОО

Изготовитель может использовать альтернативные модели компонентов силового агрегата, 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 силового агрегата, указанных в пунктах А.9.7.2–А.9.7.8, должно сообщаться, и они должны утверждаться органом по официаль-

ному 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 с использованием моделей компонентов 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 моделей компонентов системы АПМ, применяемой для расчета условий функционирования (гибридного) 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;
- б) имеющаяся для конкретного компонента процедура испытания не является безопасной или репрезентативной;
- в) имеющаяся процедура испытания не подходит для модели конкретного компонента, используемой изготовителем.

Данные процедуры, характерные для того или иного изготовителя, соответствуют целям процедур испытания указанных здесь компонентов для определения репрезентативных данных в целях использования надлежащей модели в системе АПМ. Технические подробности таких применяемых изготовителем процедур испытания компонентов сообщают и передают на утверждение органу по официальному утверждению типа или по сертификации вместе со всей соответствующей 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.

А.9.8.2 Спецификация оборудования

Для проведения испытаний 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 63 и проверенные в соответствии с пунктом 9.2.

Таблица 63

**Предъявляемые к приборам требования в отношении линейности**

Система измерения	$ x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $ (для максимального значения проверки)	Наклон, $a_1$	Стандартная погрешность, СП	Коэффициент смешанной корреляции, $r^2$
Частота вращения	$\leq 0,05\%$ макс.	0,98–1,02	$\leq 2\%$ макс.	$\geq 0,990$
Крутящий момент	$\leq 1\%$ макс.	0,98–1,02	$\leq 2\%$ макс.	$\geq 0,990$
Значения температуры	$\leq 1\%$ макс.	0,99–1,01	$\leq 1\%$ макс.	$\geq 0,998$
Ток	$\leq 1\%$ макс.	0,98–1,02	$\leq 1\%$ макс.	$\geq 0,998$
Напряжение	$\leq 1\%$ макс.	0,98–1,02	$\leq 1\%$ макс.	$\geq 0,998$
Мощность	$\leq 2\%$ макс.	0,98–1,02	$\leq 2\%$ макс.	$\geq 0,990$

**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 вводимых параметров для модели двигателя в рамках системы АПМ. Измерения и преобразование данных производят в соответствии с пунктами А.9.8.3.1–А.9.8.3.7.

**А.9.8.3.1 Условия и оборудование для проведения испытаний**

Условия испытаний и применяемое оборудование должны удовлетворять положениям соответственно пунктов 6 и 9.

**А.9.8.3.2 Прогрев двигателя**

Двигатель прогревают в соответствии с пунктом 7.4.1.

**А.9.8.3.3 Определение диапазона частот вращения для построения карты характеристик**

Диапазон частот вращения для построения карты характеристик определяют в соответствии с пунктом 7.4.2.

**А.9.8.3.4 Построение карты характеристик положительного крутящего момента двигателя**

После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом А.9.8.3.2 строят карту его характеристик крутящего момента с соблюдением следующей процедуры:

- а) 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 вы-

б) бранным) 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 умножают на соответствующее передаточное число;
- c) крутящий момент двигателя как функцию значения частоты вращения и команды измеряют в общей сложности как минимум по 100 позициям, частоту вращения двигателя – как минимум по 10 позициям в диапазоне согласно пункту А.9.8.3.3, а значения команды для двигателя – как минимум по 10 позициям в диапазоне значений команды оператора от 100% до 0%. Точки измерения могут быть равномерно распределены, и их определяют на основе квалифицированной инженерной оценки.

#### А.9.8.3.5 Измерение момента трения двигателя и характеристик тормозного момента вспомогательной системы торможения

После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом А.9.8.3.2 измеряют момент трения двигателя и характеристики тормозного момента вспомогательной системы торможения следующим образом:

- a) 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 диапазоне от максимального до минимального значений частоты вращения для построения карты характеристик согласно пункту А.9.8.3.3. Точки измерения могут быть равномерно распределены, и их определяют на основе квалифицированной инженерной оценки;
- b) момент трения двигателя, включая тормозной момент вспомогательной системы торможения, измеряют посредством повторения последовательности, указанной в пункте А.9.8.3.5 а), при всех включенных вспомогательных системах торможения (например, устройства торможения дроселированием выхлопа, моторного тормоза и т.д.), работающих в режиме максимального командного запроса оператора. Данное положение не применяют, если в ходе фактического испытательного прогона силового агрегата для проверки системы АПМ согласно пункту А.9.5.4 использование вспомогательных систем торможения не предусмотрено.

#### А.9.8.3.6 Измерение реакции нарастания положительного крутящего момента двигателя

После стабилизации двигателя в соответствии с пунктом А.9.8.3.2 измеряют характеристики реакции нарастания крутящего момента

двигателя нижеследующим образом (проиллюстрировано на рис. 40).

Значения частоты вращения А, В и С двигателя рассчитывают следующим образом:

$$\text{частота вращения А} = n_{10} + 25\% * (n_{hi} - n_{10})$$

$$\text{частота вращения В} = n_{10} + 50\% * (n_{hi} - n_{10})$$

$$\text{частота вращения С} = n_{10} + 75\% * (n_{hi} - n_{10})$$

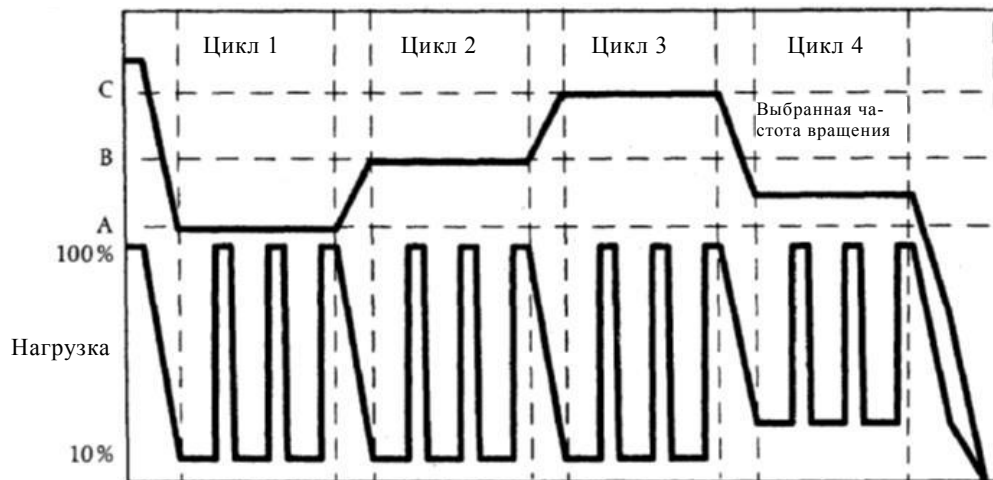
- a) Двигатель работает на частоте вращения А и при значении команды оператора, равном 10%, в течение  $20 \pm 2$  секунд. Заданную частоту вращения поддерживают в пределах допустимого отклонения  $\pm 20 \text{ мин}^{-1}$ , а предписанный крутящий момент – в пределах допустимого отклонения  $\pm 2\%$  максимального крутящего момента для частоты вращения, используемой в ходе испытания.
- b) Значение команды оператора быстро переводят на 100% и затем поддерживают на этом уровне в течение  $10 \pm 1$  с. Прилагают необходимую динамометрическую нагрузку для поддержания частоты вращения двигателя в диапазоне  $\pm 150 \text{ мин}^{-1}$  в течение первых 3 секунд и в диапазоне  $\pm 20 \text{ мин}^{-1}$  в течение оставшейся части сегмента.
- c) Последовательные операции a) и b) повторяют два раза.
- d) По завершении третьего шага повышения нагрузки в течение  $20 \pm 2$  с производят регулировку двигателя на частоту вращения В при 10-процентной нагрузке.
- e) При работе двигателя на частоте вращения В выполняют последовательные операции a)–c).
- f) По завершении третьего шага повышения нагрузки в течение  $20 \pm 2$  с производят регулировку двигателя на частоту вращения С при 10-процентной нагрузке.
- g) При работе двигателя на частоте вращения С выполняют последовательные операции a)–c).
- h) При работе двигателя на определенных частотах вращения по выбору изготовителя дополнительно выполняют последовательные операции a)–c).



Рис. 40

### Испытание на реакцию нарастания положительного крутящего момента двигателя

Частота вращения



#### 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, которые требуются для получения действительных и репрезентативных условий в ходе прогона с использованием системы АПМ. 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 максимальном крутящем моменте двигателя для крутящего момента включают как минимум 10 точек с зависимостью от значения частоты вращения двигателя и 100% значения команды оператора.

В таблицу с данными о моменте трения двигателя для крутящего момента включают как минимум 10 точек с зависимостью 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 точек с зависимостью от значения частоты вращения двигателя и 0% значения команды оператора для двигателя и 100% значения команды оператора для вспомогательной(ых) системы (систем) торможения. По каждой заданной частоте вращения вводимые данные рассчитывают путем вычитания значений, определенных согласно пункту А.9.8.3.5 а), из значений, определенных согласно пункту А.9.8.3.5 б). Если в ходе фактического испытательного прогона силового агрегата для проверки системы АПМ согласно пункту А.9.5.4 использование вспомогательной(ых) системы (систем)

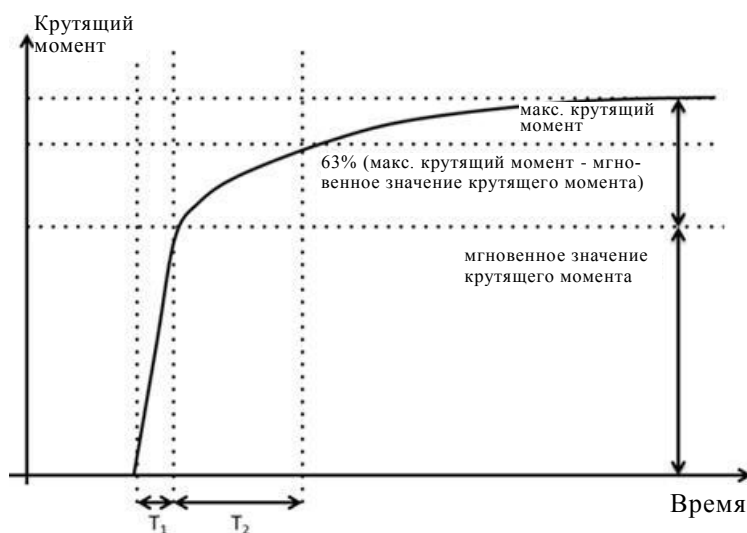
торможения не предусмотрено, то все значения устанавливают на нуль.

Таблицы с данными о реакции нарастания крутящего момента двигателя с зависимостью от частоты вращения двигателя составляют в соответствии с пунктом А.9.8.3.6 для каждой заданной частоты вращения с соблюдением следующего (проиллюстрировано на рис. 41):

- а)  $T_1$  равняется 0,1 с или значению, указанному изготовителем;
- б) для каждой заданной частоты вращения согласно пункту А.9.8.3.6 мгновенное значение крутящего момента представляет собой среднее по 3 шагам повышения нагрузки при  $T_1$ ;
- в)  $T_2$  – это время, за которое разница между мгновенным значением крутящего момента и средним значением максимального крутящего момента по 3 шагам повышения нагрузки для каждой заданной частоты вращения согласно пункту А.9.8.3.6 достигает 63%.

Рис. 41

**Параметры реакции нарастания крутящего момента двигателя**



В таблицу с данными о крутящем моменте двигателя для крутящего момента включают по меньшей мере 100 точек с зависимостью от как минимум 10 значений частоты вращения двигателя и как минимум 10 значений команды оператора. Полученные табличные значения могут быть равномерно распределены, и их определяют на основе квалифицированной инженерной оценки. При необходимости интерполяции используют кубическую интерполяционную формулу Эрмита согласно добавлению 1 к настоящему приложению.

А.9.8.4 Электромашина

А.9.8.4.1 Общие сведения

Карту крутящего момента и карту потребления электричества для электромашин определяют и преобразовывают в табличные дан-

ные в качестве вводимых параметров для модели электромашин в рамках системы АПМ. Метод испытаний должен соответствовать предписаниям и схеме, показанным на рис. 42.

Рис. 42

### Схема процедуры испытания электромашин



#### А.9.8.4.2 Испытуемая электромашин и ее регулятор

Испытуемая электромашин, включая ее регулятор (электроника больших мощностей и ЭБУ), должны отвечать указанным ниже условиям:

- испытуемая электромашин и регулятор должны пройти обслуживание в соответствии с процедурами инспекции и технического обслуживания;
- 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 электромашин на протяжении испытательной части;
- напряжение электропитания, применяемое к силовой электронике, должно составлять  $\pm 5\%$  от номинального напряже-

ния ПЭАС в силовом агрегате ГТС согласно спецификации изготовителя;

- d) если рабочие характеристики ПЭАС изменяются по причине сильных колебаний напряжения, прилагаемого к силовой электронике, то испытание проводят посредством задания по меньшей мере 3 условий для подаваемого напряжения: максимальное, минимальное и номинальное значения при контроле напряжения согласно спецификации изготовителя;
- e) электропроводка, соединяющая электромашину 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 электромашин. 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 электромашин в силу особенностей бортовой конфигурации при отсоединении от трансмиссии не функционирует или если электромашин не может быть непосредственно подсоединена 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 Электромашину и все ее оснащение выдерживают при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A.9.8.4.3.2 В течение испытания температуру в испытательной камере поддерживают на уровне  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A.9.8.4.3.3 Система охлаждения испытуемого мотора должна соответствовать пункту A.9.8.4.2 f).

A.9.8.4.3.4 Испытуемый мотор должен быть обкатан в соответствии с рекомендациями изготовителя.

A.9.8.4.4 Составление карт крутящего момента электромашин и карты силовых характеристик

#### A.9.8.4.4.1 Общие вводные положения

Испытуемый мотор приводят в действие в соответствии с методом, изложенным в пункте A.9.8.4.4.2, при этом проводят измерения для получения по меньшей мере данных о параметрах, указанных в пункте A.9.8.4.4.3.

#### A.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 выходном 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 электромашины от нулевого (0) до максимального (тяговый и ведомый). Точки измерения могут быть равномерно распределены, и их определяют на основе квалифицированной инженерной оценки;
- b) испытательную частоту вращения задают как минимум по 6 положениям – от остановки (0 мин<sup>-1</sup>) до максимальной частоты вращения, заявленной изготовителем. Кроме того, если измерение крутящего момента в состоянии остановки (0 мин<sup>-1</sup>) затруднено, то для стабильного функционирования динамометра данный показатель может быть измерен на минимальной частоте вращения мотора. Точки измерения могут быть равномерно распределены, и их определяют 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 поддержании внутренней температуры электромашины и температуры силовой электроники на протяжении всего испытания 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.

#### A.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 испытуемая электромашина 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 (электромашин). Если испытываемая электромашинa и динамометр соединены через трансмиссию, то частоту вращения электромашин 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 электромашин и температуру ее 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 Уравнения для расчета

Мощность на валу электромашин рассчитывают следующим образом:

$$P_{em} = \frac{2\pi}{60} \times n_{em} \times M_{em} \quad (222),$$

где:

$P_{em}$  – механическая мощность электромашин, в Вт;

$M_{em}$  – крутящий момент на валу электромашин, в Н·м;

$n_{em}$  – скорость вращения электромашин, в мин<sup>-1</sup>.

#### А.9.8.4.6 Табличные вводимые параметры электромашин

Табличные вводимые параметры модели электромашин получают на основе зарегистрированных данных о значениях частоты вращения, крутящего момента, команд (оператор/крутящий момент), силы тока, напряжения и электроэнергии, которые требуются для получения действительных и репрезентативных условий в ходе прогона с использованием системы АПМ. В такую таблицу включают по меньшей мере 36 точек 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 режиму работы "мотор", так и режиму работы "генератор". Полученные табличные значения могут быть равномерно распределены, и их определяют на основе квалифицированной инженерной оценки. При необходимости интерполяции используют кубическую интерполяционную формулу Эрмита согласно добав-

лению 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 Общие положения

Характеристики аккумулятора определяют и преобразовывают во вводимые параметры для модели аккумулятора в рамках системы АПМ, при этом измерения и преобразование данных производят в соответствии с пунктами A.9.8.5.2–A.9.8.5.6.

##### A.9.8.5.2 Испытуемый аккумулятор

Испытуемый аккумулятор должен отвечать условиям, описанным ниже:

- a) испытуемый аккумулятор должен представлять собой либо полную систему аккумулятора, 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 номинальной емкости  $C$  не более чем за 5 повторяющихся циклов зарядки/разрядки с током  $C/n$ , где  $n$  – это значение от 1 до 3, указанное изготовителем аккумулятора.

##### A.9.8.5.3 Спецификация оборудования

Используют измерительные приборы, соответствующие пункту A.9.8.2. Кроме того, эти измерительные приборы должны отвечать следующим требованиям:

- a) точность измерения температуры:  $\leq 1$  °C;
- b) точность измерения напряжения:  $\leq 0,2\%$  регистрируемых показаний;
- c) разрешающая способность прибора для измерения напряжения должна быть достаточно низкой и обеспечивать возможность измерения изменений напряжения при самом слабом подаваемом токе в соответствии с процедурами по пунктам A.9.8.5.5.1, A.9.8.5.5.2 and A.9.8.6.5;
- d) точность измерения силы тока:  $\leq 0,5\%$  регистрируемых показаний.

##### A.9.8.5.4 Условия проведения испытания

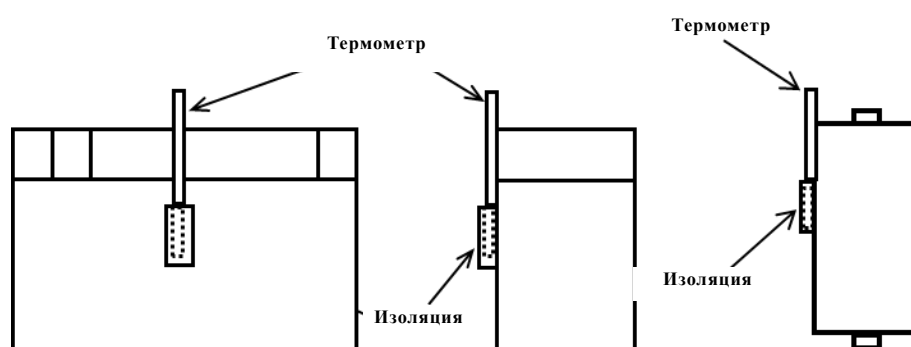
- a) Испытуемый аккумулятор помещают в испытательную камеру с контролируемой температурой. Температуру в помещении поддерживают на уровне  $298 \pm 2$  К ( $25 \pm 2$ °C) или  $318 \pm 2$  К ( $45 \pm 2$ °C), в зависимости от того, что больше соответствует рекомендации изготовителя.

- b) Напряжение измеряют на клеммах испытуемого аккумулятора.
- c) Измерение температуры аккумулятора в ходе испытания производят непрерывно, причем в порядке, указанном изготовителем, или согласно рис. 43 ниже в условиях, на которые не влияет внешняя температура, термометром, прикрепленным к центральной части аккумулятора и закрытым изоляционным материалом.
- d) Система охлаждения аккумулятора во время испытания может быть активирована или деактивирована.

Рис. 43

**Местоположения термометра для измерения температуры аккумулятора**

(слева: прямоугольный аккумулятор; справа: цилиндрический аккумулятор)



## A.9.8.5.5 Испытание на характеристики аккумулятора

## A.9.8.5.5.1 Напряжение в разомкнутой цепи

Если измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, то окончательный результат получают путем усреднения значений по крайней мере трех отдельных измерений, полученных для различных подсистем.

- a) После полной зарядки испытуемого аккумулятора в соответствии с методом зарядки, указанным изготовителем, его выдерживают в течение не менее 12 часов.
- b) Температура аккумулятора в начале каждого шагового уровня разрядки должна составлять  $298 \pm 2$  К ( $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ). Вместе с тем можно выбрать температуру  $318 \pm 2$  К ( $45 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ) посредством сообщения органу по официальному утверждению типа или по сертификации, что данный температурный уровень в большей мере отражает условия бортового применения во время испытательного цикла, как указано в приложении 1.b.
- c) Испытуемый аккумулятор разряжают током в 0,1С 5-процентными шагами изменения С3, рассчитываемыми на основе номинальной емкости, указанной изготовителем аккумулятора.



- d) Всякий раз, когда достигается требуемый 5-процентный шаговый уровень разрядки, подачу разрядного тока прекращают и испытуемый аккумулятор выдерживают в течение не менее 1 часа, но не более 4 часов (например, посредством отсоединения элемента). Напряжение в разомкнутой цепи (НРЦ) для данного уровня заряженности измеряют в конце периода выдержки.
- e) Когда напряжение падает ниже минимально допустимого уровня, подачу разрядного тока прекращают и приступают к последнему периоду выдержки. Последнее замеренное значение НРЦ соответствует состоянию разряженного аккумулятора. Исходя из такого определения разряженного аккумулятора, фактически измеренную номинальную емкость испытуемого аккумулятора можно рассчитать путем интегрирования зарегистрированных значений разрядного тока по времени.
- f) Каждое замеренное значение НРЦ соотносят с соответствующим значением СЗ на основе фактически измеренной номинальной емкости испытуемого аккумулятора.

Если измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, то данные, полученные посредством интерполяции на основе сплайн-функции, служат для усреднения значений отдельных измерений.

На рис. 44 приведен пример характерной реакции на напряжение в ходе полного цикла измерений для отдельного элемента.

Рис. 44

**Пример характерного уровня напряжения элемента при измерении напряжения в разомкнутой цепи**

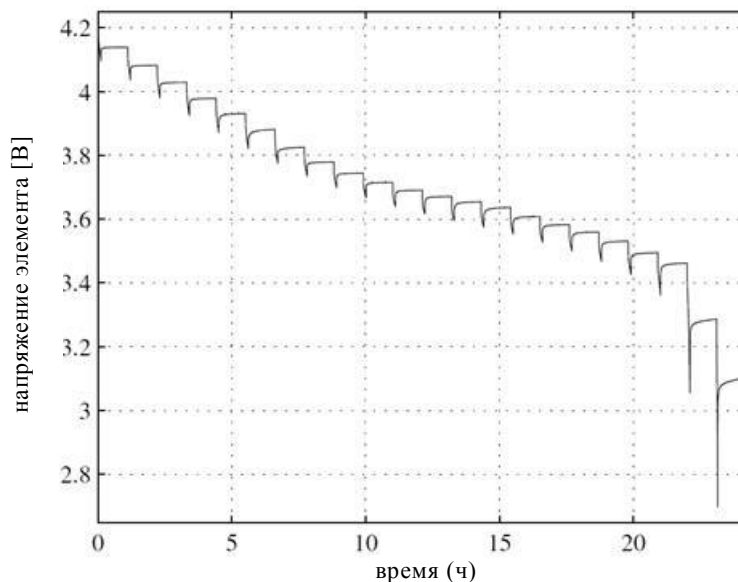
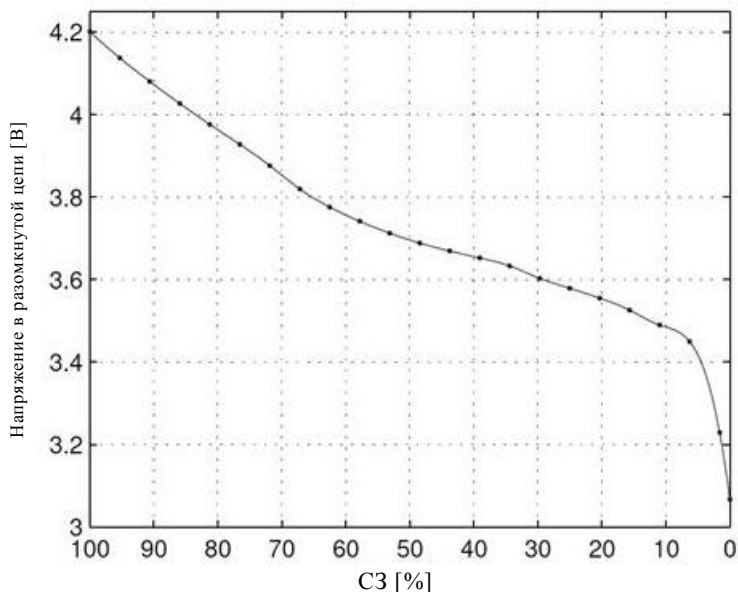


Рис. 45

**Пример результирующего напряжения в разомкнутой цепи как функции СЗ** (отмечены точки измерения; для получения промежуточных данных (на отрезке между зарегистрированными замеренными значениями) используют интерполяцию на основе сплайн-функции)



#### А.9.8.5.5.2 Процедура испытания на характеристики $R_0$ , $R$ и $C$

Если измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, то окончательные результаты для  $R_0$ ,  $R$  и  $C$  получают путем усреднения значений по крайней мере пяти отдельных измерений, полученных для различных подсистем.

Все используемые значения СЗ рассчитывают на основе фактически измеренной номинальной емкости испытуемого аккумулятора, определенной в соответствии с пунктом А.9.8.5.5.1.

Зависимость силы тока и напряжения от времени регистрируют с частотой не менее 10 Гц.

- Испытание проводят по крайней мере для 5 различных уровней заряженности, которые устанавливают таким образом, чтобы обеспечить возможность точной интерполяции. Отобранные уровни заряженности должны охватывать по крайней мере диапазон, предусмотренный для испытательного цикла, как указано в приложении 1.b.
- После полной зарядки испытуемого аккумулятора в соответствии с методом зарядки, указанным изготовителем, его выдерживают в течение не менее 1 часа, но не более 4 часов.
- До начала последовательности испытания проводят корректировку требуемой СЗ путем разрядки или зарядки испытуемого аккумулятора при постоянном токе  $C/n$  в соответствии с пунктом А.9.8.5.2.

- d) После корректировки требуемой C3 испытуемый аккумулятор выдерживают в течение не менее 1 часа, но не более 4 часов.
- e) Температура аккумулятора в начале каждой последовательности испытания должна составлять  $298 \pm 2$  К ( $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ). Вместе с тем можно выбрать температуру  $318 \pm 2$  К ( $45 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ) посредством сообщения органу по официальному утверждению типа или по сертификации, что данный температурный уровень в большей мере отражает условия бортового применения во время испытательного цикла, как указано в приложении 1.b.
- f) Испытание при каждом уровне заряженности проводят в последовательности, указанной в таблице 64 и показанной на рис. 46.

В случае испытуемого аккумулятора наиболее высокое значение тока зарядки и разрядки  $I_{\max}$  соответствует определенному изготовителем максимальному значению, которое используют для целей бортового применения подвергаемого испытанию гибридного силового агрегата. Значения силы тока зарядки и разрядки применительно к каждому последующему шаговому уменьшению их уровня рассчитывают по этому максимальному значению путем его трехкратного последовательного деления на три (например, при  $I_{\max} = 27\text{A}$  получаем следующую последовательность импульсов тока зарядки и разрядки: 1, 3, 9 и 27A).

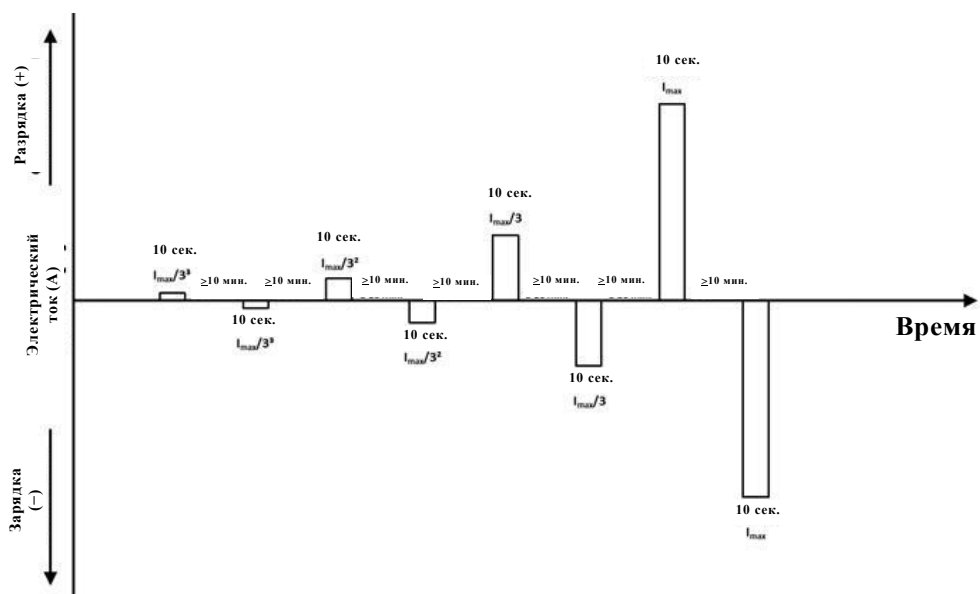
В период отсутствия нагрузки аккумулятору дают остыть в течение как минимум 10 минут. Должно быть подтверждено, что изменение температуры находится в пределах  $\pm 2$  К, до того как перейти к следующему шаговому уровню разрядки или зарядки.

Таблица 64

**Последовательность испытания при каждом уровне заряженности**

Шаг	Действие	Продолжительность	Величина тока
1	Разрядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3^3$
2	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
3	Зарядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3^3$
4	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
5	Разрядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3^2$
6	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
7	Зарядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3^2$
8	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
9	Разрядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3$
10	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
11	Зарядный импульс	10 секунд	$I_{\max}/3$
12	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
13	Разрядный импульс	10 секунд	$I_{\max}$
14	Период отсутствия нагрузки	> 10 минут	0
15	Зарядный импульс	10 секунд	$I_{\max}$

Рис. 46  
Последовательность испытания при каждом уровне заряженности



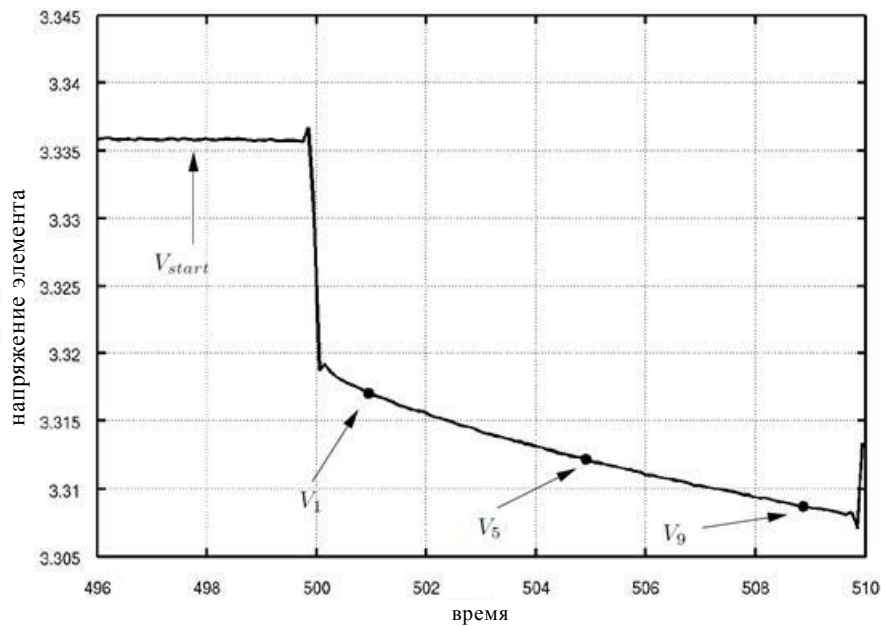
- g) Для каждого отдельного разрядного и зарядного импульса, указанного в таблице 64, измеряют (как показано на рис. 47) напряжение холостого хода непосредственно перед началом подачи импульса тока  $V_{start}$ , а также значения напряжения через соответственно 1, 5 и 9 секунд после начала подачи импульса ( $V_1$ ,  $V_5$  и  $V_9$ ).

Если сигнал напряжения содержит шум, то можно прибегнуть к низкочастотной фильтрации сигнала либо усреднению соответствующих значений напряжения, полученных за короткие интервалы времени, составляющие  $\pm 0,05$ – $0,1$  секунды.

Если значение напряжения превышает нижний предел напряжения разрядки или верхний предел напряжения зарядки, то такие данные измерения во внимание не принимают.

Рис. 47

## Пример отдельного импульса напряжения при подаче разрядного импульса



## А.9.8.5.6 Вводимые параметры для модели аккумулятора

А.9.8.5.6.1 Расчет  $R_0$ ,  $R$  и  $C$ 

Данные измерений, полученные согласно пункту А.9.8.5.5.2, используют для расчета значений  $R_0$ ,  $R$  и  $C$  при каждой величине тока зарядки и разрядки на каждом уровне заряженности при помощи следующих уравнений:

$$V_{\infty} = \frac{V_1 \times V_9 - V_5^2}{V_1 - 2 \times V_5 + V_9} \quad (223)$$

$$\tau = \frac{-4}{\ln(1 - (V_9 - V_5)/(V_{\infty} - V_5))} \quad (224)$$

для зарядных импульсов:

$$K = -\tau \times \ln(1 - V_1/V_{\infty}) \quad (225)$$

$$V_0 = V_{\infty} \times (1 - e^{(1-K)/\tau}) \quad (226)$$

для разрядных импульсов:

$$V_0 = \frac{V_1 - V_{\infty}}{e^{-1/\tau}} + V_{\infty} \quad (227)$$

Значения  $R_{0,pulse}$ ,  $R_{pulse}$  и  $C_{pulse}$  при конкретной величине тока  $I_{pulse}$  рассчитывают следующим образом:

$$R_{0,pulse} = \frac{V_0 - V_{start}}{I_{pulse}} \quad (228)$$

$$R_{pulse} = \frac{V_{\infty} - V_0}{I_{pulse}} \quad (229)$$

$$C_{pulse} = \frac{\tau}{R_{pulse}} \quad (230)$$

Требуемые значения  $R_0$ ,  $R$  и  $C$  для, соответственно, зарядки или разрядки при одном конкретном уровне заряженности рассчитывают в качестве средних значений соответствующих импульсов тока зарядки или разрядки. Аналогичные расчеты проводят для всех отобранных уровней заряженности в целях получения конкретных значений  $R_0$ ,  $R$  и  $C$  в зависимости не только от уровня зарядки или разрядки, но также от СЗ.

#### A.9.8.5.6.2 Корректировка значения $R_0$ с учетом подсистем аккумулятора

В случае, когда измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, допускается корректировка всех полученных конечных значений  $R_0$ , если внутренние соединения между подсистемами в значительной степени влияют на значения  $R_0$ .

Обоснованность величин, используемых при корректировке исходных значений  $R_0$ , подтверждают органу по официальному утверждению типа или по сертификации посредством расчетов, моделирования, оценок, результатов экспериментов и т.д.

#### A.9.8.6 Конденсатор

##### A.9.8.6.1 Общие положения

Характеристики (супер)конденсатора определяют и преобразовывают во вводимые параметры для модели суперконденсатора в рамках системы АПМ, при этом измерения и преобразование данных производят в соответствии с пунктами A.9.8.6.2–A.9.8.6.7.

Характеристики конденсатора едва ли зависят от степени его зарядки или величины тока. Поэтому для расчета вводимых параметров модели предписано проведение только единичного измерения.

##### A.9.8.6.2 Испытуемый суперконденсатор

Испытуемый суперконденсатор должен представлять собой либо полную систему суперконденсатора, либо репрезентативную подсистему. Если изготовитель предпочитает проводить испытания с репрезентативной подсистемой, он должен продемонстрировать, что результаты испытаний могут отражать работу полной системы суперконденсатора при аналогичных условиях.

##### A.9.8.6.3 Спецификация оборудования

Используют измерительные приборы, отвечающие требованиям пункта A.9.8.5.3.

##### A.9.8.6.4 Условия проведения испытания

- a) Испытуемый суперконденсатор помещают в испытательную камеру с контролируемой температурой. Температуру в помещении поддерживают на уровне  $298 \pm 2$  К ( $25 \pm 2$  °С) или  $318 \pm 2$  К ( $45 \pm 2$  °С), в зависимости от того, что больше соответствует рекомендации изготовителя.
- b) Напряжение измеряют на клеммах испытуемого суперконденсатора.
- c) Система охлаждения суперконденсатора во время испытания может быть активирована или деактивирована.

#### A.9.8.6.5 Испытание на характеристики суперконденсатора

Если измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, то окончательный результат получают путем усреднения значений по крайней мере трех отдельных измерений, полученных для различных подсистем.

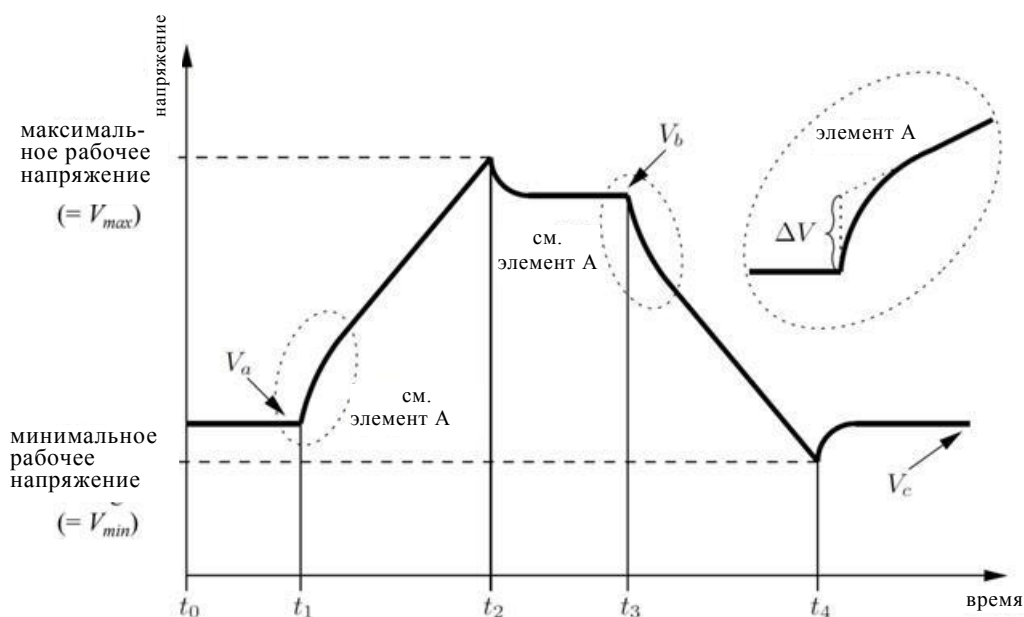
- a) После полной зарядки испытуемого суперконденсатора (и его последующей полной разрядки до минимального рабочего напряжения) в соответствии с методом зарядки, указанным изготовителем, его выдерживают в течение не менее 2 часов, но не более 6 часов.
- b) Температура суперконденсатора в начале испытания должна составлять  $298 \pm 2$  К ( $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ). Вместе с тем можно выбрать температуру  $318 \pm 2$  К ( $45 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ) посредством сообщения органу по официальному утверждению типа или по сертификации, что данный температурный уровень в большей мере отражает условия бортового применения во время испытательного цикла, как указано в приложении 1.b.
- c) После периода выдержки проводят полный цикл зарядки-разрядки (согласно рис. 48) при подаче постоянного тока  $I_{\text{test}}$ .  $I_{\text{test}}$  соответствует указанному изготовителем предельно допустимому длительному току для испытуемого суперконденсатора либо максимальному длительно допустимому току в условиях бортового применения.
- d) По истечении по крайней мере 30 секунд ( $t_0-t_1$ ) суперконденсатор заряжают с подачей на него зарядного импульса постоянного тока  $I_{\text{test}}$  до достижения максимального рабочего напряжения  $V_{\text{max}}$ . Затем зарядку прекращают и суперконденсатор выдерживают в течение 30 с ( $t_2-t_3$ ), с тем чтобы напряжение стабилизировалось на значении  $V_b$  до начала цикла разрядки. После этого суперконденсатор разряжают с подачей на него разрядного импульса постоянного тока  $I_{\text{test}}$  до достижения минимального рабочего напряжения  $V_{\text{min}}$ . Далее (после  $t_4$ ) следует еще один 30-секундный период выдержки, пока напряжение не стабилизируется на значении  $V_c$ .
- e) Зависимость силы тока и напряжения от времени (соответственно  $I_{\text{meas}}$  и  $V_{\text{meas}}$ ) регистрируют с частотой не менее 10 Гц.
- f) По результатам измерения определяют следующие характеристические значения (как показано на рис. 48):
 

$V_a$	–	напряжение холостого хода непосредственно перед началом подачи зарядного импульса, в В;
$V_b$	–	напряжение холостого хода непосредственно перед началом подачи разрядного импульса, в В;
$V_c$	–	напряжение холостого хода, зарегистрированное через 30 с после завершения подачи разрядного импульса, в В;

- $\Delta V(t_1), \Delta V(t_3)$  – изменения напряжения непосредственно после подачи постоянного тока зарядки или разрядки  $I_{\text{test}}$  в момент времени  $t_1$  и  $t_3$ , соответственно. Такие скачкообразные изменения напряжения определяют путем применения к вольтовым характеристикам, показанным на выносном элементе А рис. 48, линейной аппроксимации методом наименьших квадратов, в В;
- $\Delta V(t_1)$  – абсолютная разность потенциалов между точкой  $V_a$  и соответствующей времени  $t_1$  точкой, полученной путем прямолинейной аппроксимации, в В;
- $\Delta V(t_3)$  – абсолютная разность потенциалов между точкой  $V_b$  и соответствующей времени  $t_3$  точкой, полученной путем прямолинейной аппроксимации, в В;
- $\Delta V(t_2)$  – абсолютная разность потенциалов между точками  $V_{\text{max}}$  и  $V_b$ , в В;
- $\Delta V(t_4)$  – абсолютная разность потенциалов между точками  $V_{\text{min}}$  и  $V_c$ , в В.

Рис. 48

#### Пример кривой напряжения для измерения характеристик суперконденсатора



#### А.9.8.6.6 Вводимые параметры для модели конденсатора

##### А.9.8.6.6.1 Расчет $R$ и $C$

Данные измерений, полученные согласно пункту А.9.8.6.5, используют для расчета значений  $R$  и  $C$  нижеследующим образом.

- а) Зарядную и разрядную емкость рассчитывают следующим образом:



при зарядке:

$$C_{charge} = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} I_{meas} \times \Delta t}{V_b - V_a} \quad (231)$$

при разрядке:

$$C_{discharge} = \frac{\sum_{t_3}^{t_4} I_{meas} \times \Delta t}{V_c - V_b} \quad (232)$$

- b) Внутреннее сопротивление при зарядке и разрядке рассчитывают следующим образом:

при зарядке:

$$R_{charge} = \frac{\Delta V(t_1) + \Delta V(t_2)}{2 \times I_{test}} \quad (233)$$

при разрядке:

$$R_{discharge} = \frac{\Delta V(t_3) + \Delta V(t_4)}{2 \times I_{test}} \quad (234)$$

- c) Для целей моделирования требуются только одно значение емкости и одно значение сопротивления, которые рассчитывают следующим образом:

емкость  $C$ :

$$C = \frac{C_{charge} + C_{discharge}}{2} \quad (235)$$

сопротивление  $R$ :

$$R = \frac{R_{charge} + R_{discharge}}{2} \quad (236)$$

#### A.9.8.6.6.2 Корректировка величины сопротивления с учетом подсистем суперконденсатора

В случае, когда измерение проводится с использованием репрезентативной подсистемы, допускается корректировка полученных конечных значений сопротивления системы, если внутренние соединения между подсистемами в значительной степени влияют на величину сопротивления.

Обоснованность значений, используемых при корректировке исходной величины сопротивления, подтверждают органу по официальному утверждению типа или по сертификации посредством расчетов, моделирования, оценок, результатов экспериментов и т.д.

## Приложение 9 – Добавление 1

### Процедура применения интерполяционной формулы Эрмита

В случае эрмитовой интерполяции каждый отрезок приблизительно соответствует полиному третьего порядка, по аналогии с интерполяцией сплайнами. Однако эрмитова интерполяция предусматривает задание значений непрерывных производных в граничных узлах через первые производные.

Интерполяционный полином Эрмита совпадает в узлах со значением заданной функции и значением производной.

Интерполяционный полином на отрезке  $[(x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1})]$  определяется уравнением 237, где результатом является кубический полином для узла интерполяции  $(x_i, y_i)$ .

$$f(x) = a \times (x - x_i)^3 + b \times (x - x_i)^2 + c \times (x - x_i) + d \quad (237)$$

Поскольку интерполяционный полином Эрмита совпадает в узлах со значением заданной функции и значением производной, то получаем следующие условия:

$$f(x_i) = y_i = d \quad (238)$$

$$f'(x_i) = y_i' = c \quad (239)$$

Если  $\Delta x = x_{i+1} - x_i$ , то тогда:

$$f(x_{i+1}) = y_{i+1} = a \times \Delta x^3 + b \times \Delta x^2 + y_i' \times \Delta x + y_i \quad (240)$$

$$f'(x_{i+1}) = y_{i+1}' = 3 \times a \times \Delta x^2 + 2 \times b \times \Delta x + y_i' \quad (241)$$

Объединение уравнений 240 и 241 дает:

$$a = \frac{y_{i+1}' + y_i'}{\Delta x^2} - 2 \times \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x^3} \quad (242)$$

$$b = -\frac{y_{i+1}' + 2 \times y_i'}{\Delta x} + 3 \times \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x^2} \quad (243)$$

Производные, используемые в уравнениях 239, 242 и 243, можно рассчитать следующим образом:

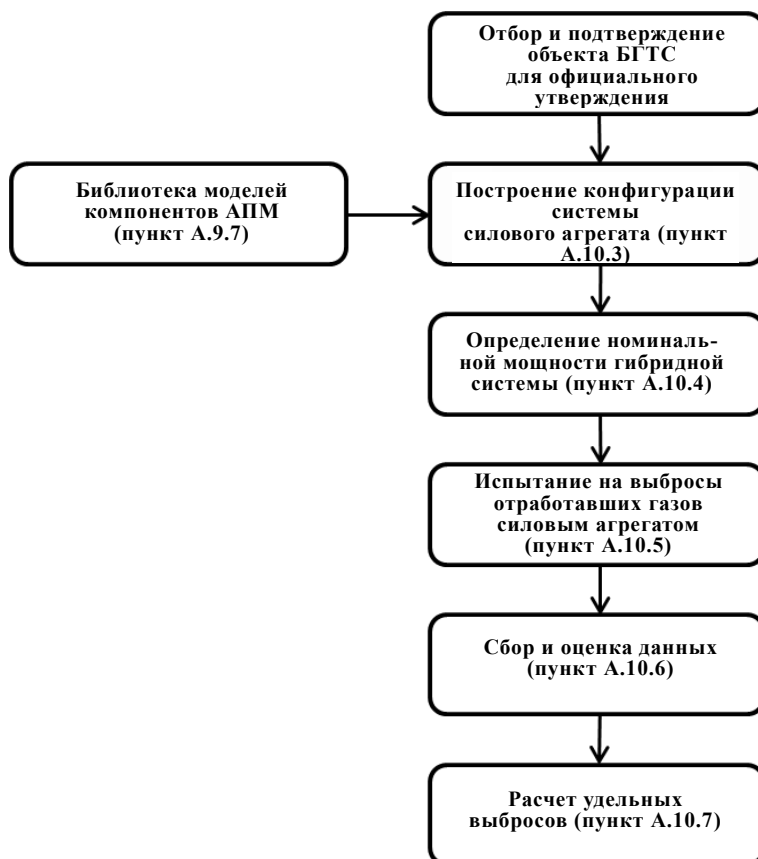
$$y' = \frac{\left| \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right| \times \left| \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \right|}{\left( \frac{2 \times x_{i+1} - x_i - x_{i-1}}{3 \times (x_{i+1} - x_{i-1})} \right) \times \left( \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right) + \left( \frac{x_{i+1} + x_i - 2 \times x_{i-1}}{3 \times (x_{i+1} - x_{i-1})} \right) \times \left( \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \right)} \quad (244)$$

## Приложение 10

### **Процедура испытания для двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода силового агрегата**

- A.10.1 Настоящее приложение содержит требования и общее описание, касающиеся испытания двигателей, установленных на гибридных транспортных средствах, с использованием метода силового агрегата.
- 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 силового агрегата. Необходимо выполнить нижеследующие шаги.
- A.10.2.1 Метод силового агрегата
- Метод силового агрегата подразумевает следование общим руководящим указаниям в отношении осуществления определенных этапов процесса, определенных ниже и отраженных на схеме, представленной на рис. 49. Детальное описание каждого этапа приводится в соответствующих пунктах. В случае необходимости допускаются некоторые отклонения от этих указаний, однако конкретные требования являются обязательными.
- Для метода силового агрегата процедура включает следующие этапы:
- a) отбор и подтверждение объекта БГТС для официального утверждения;
  - b) построение конфигурации системы силового агрегата;
  - c) определение номинальной мощности гибридной системы;
  - d) испытание на выбросы отработавших газов силовым агрегатом;
  - e) сбор и оценка данных;
  - f) расчет удельных выбросов.

Рис. 49  
 Схема испытания по методу силового агрегата



#### A.10.2.2 Построение конфигурации системы силового агрегата

Построение конфигурации системы силового агрегата производят в соответствии с положениями пункта А.10.3 с использованием библиотеки моделей компонентов согласно пункту А.9.7 для метода АПМ.

#### A.10.2.3 Определение номинальной мощности гибридной системы

Номинальную мощность гибридной системы определяют согласно пункту А.10.4.

#### A.10.2.4 Испытание на выбросы отработавших газов силовым агрегатом

Испытание на выбросы отработавших газов силовым агрегатом проводят в соответствии со всеми положениями пункта А.10.5.

#### A.10.3 Конфигурация системы силового агрегата

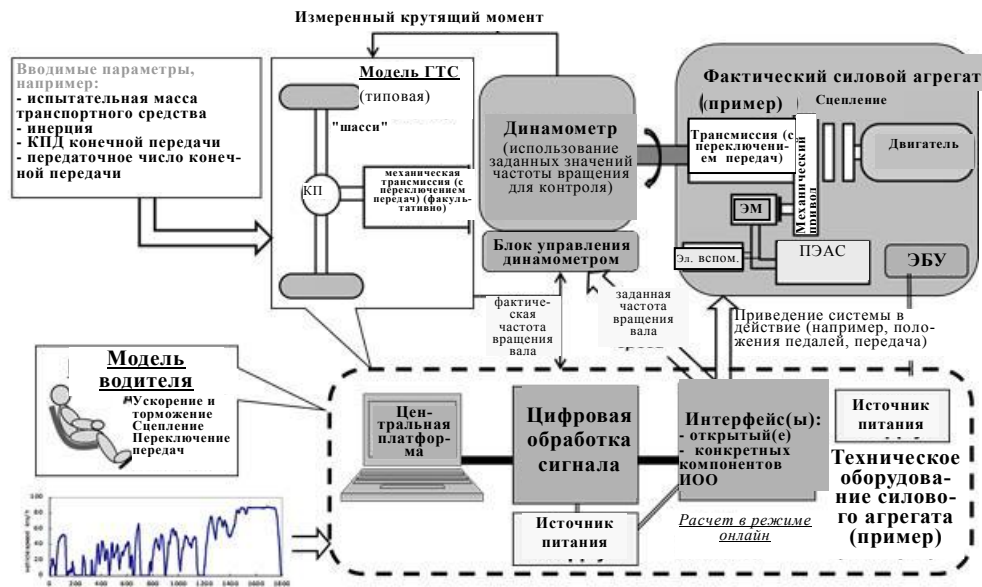
##### A.10.3.1 Общие вводные положения

Как показано на рис. 50, система силового агрегата включает модель ГТС и ее вводимые параметры, цикл испытания согласно приложению 1.b, а также комплектный физический гибридный силовой агрегат (далее именуемый "фактическим силовым агрегатом") с его ЭБУ, источник питания и необходимый(е) интерфейс(ы). Конфигу-

рацию системы силового агрегата определяют в соответствии с пунктами А.10.3.2–А.10.3.6. В рамках данного процесса используют библиотеку компонентов АПМ в соответствии с пунктом А.9.7. Для обеспечения точного контроля за динамометрическим стендом частота обновления системы должна составлять не менее 100 Гц.

Рис. 50

### Общая конфигурация системы силового агрегата



Справочная скорость транспортного средства + угол наклона (испытательный цикл по приложению 1.б)

#### A.10.3.2 Аппаратное обеспечение системы силового агрегата

Аппаратное обеспечение системы силового агрегата должно иметь типы сигналов и количество каналов, требуемые для создания интерфейса между всем аппаратным обеспечением, необходимым для функционирования испытуемого силового агрегата и подключения фактического силового агрегата к динамометрическому стенду.

#### A.10.3.3 Интерфейс системы силового агрегата

Интерфейс системы силового агрегата определяют и устанавливают в соответствии с требованиями к модели (гибридного) транспортного средства согласно пункту А.10.3.5 и к функционированию динамометрического стенда и фактического силового агрегата. Кроме того, в модели интерфейса могут быть определены конкретные сигналы, например сигналы АБС, в целях обеспечения правильного функционирования фактического(их) ЭБУ. Все модификации или сигналы документируют и сообщают органу по официальному утверждению типа или по сертификации.

Интерфейс не включает элементы управления ключевыми функциями гибридной системы, как это предусмотрено в пункте А.9.3.4.1 для метода АПМ.

Фактический крутящий момент динамометрического стенда используют в качестве вводимого параметра модели ГТС.

Расчетную 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 Фактический силовой агрегат

В конфигурации системы силового агрегата используют силовой агрегат со всеми его ЭБУ в соответствии с требованиями к бортовой установке. Положения об установке должны соответствовать пункту 6 настоящих гтп и применяться в отношении всего силового агрегата.

Измеритель крутящего момента жестко закрепляют вблизи выходного вала гибридной системы. Если необходимо, например, демпфирующее устройство, то его следует устанавливать на динамометре, причем характеристика демпфирования не должна влиять на считываемые показания крутящего момента.

#### A.10.3.5 Модель транспортного средства

Модель транспортного средства должна быть репрезентативной в отношении всех соответствующих характеристик силового блока и шасси и включать те компоненты, которые не представлены в фактическом силовом агрегате согласно пункту A.10.3.4. При построении модели ГТС ее компоненты определяют в соответствии с пунктом A.9.7 для метода АПМ. Соответствующие характеристики определяют следующим образом:

- a) модель шасси в соответствии с пунктом A.9.7.3 используют для определения фактической скорости транспортного средства как функции крутящего момента силового агрегата и тормозного момента, сопротивления качению шин, сопротивления воздуха и уклона дороги. Для целей подтверждения достоверности фактическую скорость транспортного средства сравнивают с требуемой скоростью транспортного средства, определенной в ходе испытательного цикла согласно приложению 1.b;
- b) модель конечной передачи в соответствии с пунктом A.9.7.7.6 используют для представления функции дифференциальной передачи, если она уже не включена в фактический силовой агрегат;
- c) в случае механической коробки передач в модель ГТС может быть включена модель трансмиссии в соответствии с пунктом A.9.7.7.8 и модель сцепления в соответствии с пунктом A.9.7.7.1.

Вводимые параметры для модели ГТС определяют в соответствии с пунктом A.10.5.2.

#### A.10.3.6 Модель водителя

Модель водителя обеспечивает выполнение всех необходимых задач по управлению моделью ГТС в ходе цикла испытания и обычно

включает, например, сигналы нажатия педали акселератора и педали тормоза, а также сигналы положения сцепления и выбранной передачи в случае механической коробки передач. В случае модели водителя фактическую скорость транспортного средства используют для сравнения с требуемой скоростью транспортного средства, определенной в ходе испытательного цикла согласно приложению 1.b.

Предусмотренные моделью водителя задачи выполняются с помощью устройства управления с замкнутым контуром и в соответствии с пунктом А.9.7.4.2 или А.9.7.4.3.

Алгоритм переключения передач механической трансмиссии должен соответствовать пункту А.9.7.4.3.

#### А.10.4 Определение номинальной мощности гибридной системы

Номинальную мощность гибридной системы определяют в соответствии с положениями пункта А.9.6.3.

Кроме того, должны соблюдаться следующие условия:

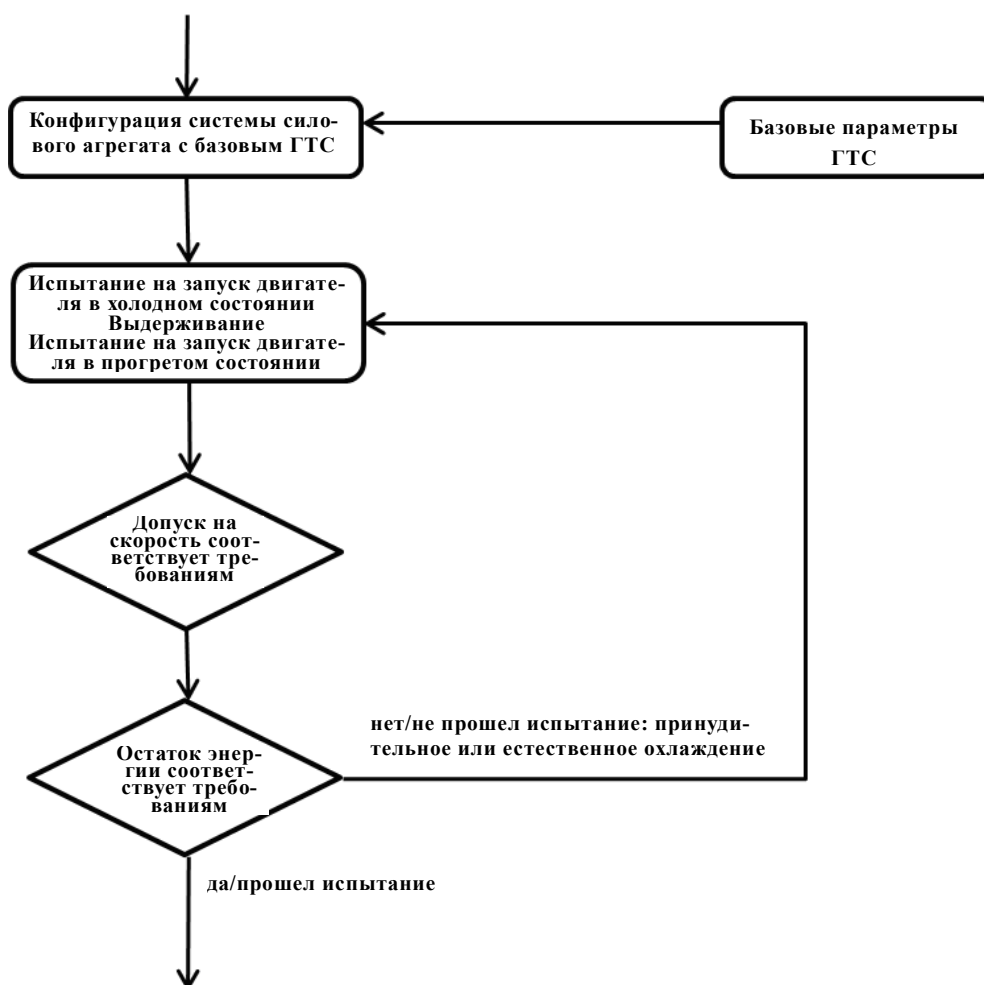
- a) гибридный силовой агрегат прогревают до его нормальной рабочей температуры, указанной изготовителем;
- b) перед началом испытания температура системы должна находиться в пределах нормального рабочего диапазона, указанного изготовителем;
- c) температуру в испытательной камере поддерживают на уровне 20 °С–30 °С.

#### А.10.5 Испытание на выбросы отработавших газов силовым агрегатом

##### А.10.5.1 Общие вводные положения

Испытание на выбросы отработавших газов с использованием конфигурации системы силового агрегата 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. 57.

Рис. 57  
Последовательность действий в ходе испытания на выбросы отработавших газов силовым агрегатом



#### A.10.5.2 Базовое транспортное средство

Параметры базового транспортного средства используют в модели ГТС и определяют в соответствии с пунктами A.10.5.2.1–A.10.5.2.6 в случае, когда при испытании силового агрегата соответствующие компоненты не представлены в аппаратном обеспечении.

##### A.10.5.2.1 Масса испытуемого транспортного средства

Массу испытуемого транспортного средства  $m_{\text{vehicle}}$  определяют на основании уравнения 116 с использованием номинальной мощности гибридной системы согласно пункту A.10.4.

##### 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 уравнения 117, 118 или 119.



- A.10.5.2.3 Коэффициент сопротивления качению шин  
Коэффициент сопротивления качению шин  $f_{\text{roll}}$  рассчитывают в соответствии с уравнением 120.
- A.10.5.2.4 Радиус колес  
Радиус колес определяют согласно пункту А.9.6.2.9.
- A.10.5.2.5 Передаточное число и КПД конечной передачи  
Передаточное число и КПД конечной передачи определяют согласно пункту А.9.6.2.10.
- A.10.5.2.6 КПД трансмиссии  
Коэффициент полезного действия каждой передачи должен составлять 0,95.
- A.10.5.2.7 Передаточное число трансмиссии  
Передаточные числа трансмиссии (с переключением передач) соответствуют значениям, указанным изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.
- A.10.5.2.8 Инерция передачи трансмиссии  
Инерция каждой передачи трансмиссии (с переключением передач) соответствует значению, указанному изготовителем для гибридного силового агрегата, подлежащего испытанию.
- A.10.5.2.9 Максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением  
За максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением и синхронизатором, принимают расчетное значение, указанное изготовителем.
- A.10.5.2.10 Период переключения передач  
Значение периода переключения передач в случае ручной коробки передач устанавливают на уровне одной (1,0) секунды.
- A.10.5.2.11 Метод переключения передач  
Положение передач определяют в соответствии с предписаниями пункта А.9.6.2.16.
- A.10.5.2.12 Инерция вращающихся секций  
Инерцию частей, находящихся после трансмиссии, определяют согласно пункту А.9.6.2.17.  
Если в фактическом аппаратном обеспечении представлен какой-либо компонент, находящийся после трансмиссии (например, конечная передача), то инерция этого конкретного компонента, указанная изготовителем, служит для корректировки значения инерции, полученного в соответствии с пунктом А.9.6.2.17, с учетом передаточных чисел между этим компонентом и колесами. Результирующая сила инерции на участке после трансмиссии должна иметь минимальное значение 0 кг·м<sup>2</sup>.
- A.10.5.2.13 Прочие вводимые параметры

За все прочие вводимые параметры принимают указанные изготовителем значения для гибридного силового агрегата, подлежащего фактическому испытанию.

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 достоверности

Результаты любого испытания на запуск двигателя в холодном или прогретом состоянии считают достоверными при условии соблюдения условий испытания, указанных в пунктах A.10.5.5.1–A.10.5.5.3.

A.10.5.5.1 Подтверждение достоверности показателя скорости транспортного средства

Критерии скорости транспортного средства должны соответствовать пункту A.9.6.4.4.

A.10.5.5.2 Подтверждение достоверности показателя изменения чистой энергии ПЭАС

Соотношение изменения чистой энергии ПЭАС и значения совокупной энергии топлива должно удовлетворять следующему уравнению:

$$|\Delta E / C_{test}| < 0,01 \quad (245),$$

где:

$\Delta E$  – изменение чистой энергии ПЭАС согласно пункту A.9.5.8.2.3 a)–d), кВт·ч;

$C_{test}$  – значение энергии совокупной массы топлива в ходе испытания, кВт·ч.

В том случае, если критерий изменения чистой энергии не выполняется, систему силового агрегата готовят еще для одного испытания.

A.10.5.5.3 Подтверждение достоверности 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:

$$y = a_1 x + a_0 \quad (246),$$

где:

$y$  – фактическое значение частоты вращения, в мин<sup>-1</sup>;

$x$  – справочное значение частоты вращения, в мин<sup>-1</sup>;

$a_1$  – угол наклона линии регрессии;

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

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

Для признания испытания достоверным должны быть соблюдены критерии, указанные в таблице в таблице 65.

Таблица 65

**Статистические критерии для подтверждения достоверности показателя частоты вращения**

Параметр	Контроль частоты вращения
Наклон, $a_1$	$0,950 \leq a_1 \leq 1,030$
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 смешанной корреляции, $r^2$	$\geq 0,970$

**A.10.6 Сбор и оценка данных**

Помимо сбора данных, требуемых в соответствии с пунктом 7.6.6, определяют показатель работы гибридной системы по всему испытательному циклу посредством синхронного использования значений частоты вращения и крутящего момента для гибридной системы, полученных на ступице колеса (выходные сигналы модели шасси ГТС согласно пункту А.9.7.3) в ходе испытания, предусмотренного в пункте А.10.5, для расчета мгновенных значений мощности гибридной системы. Мгновенные значения мощности интегрируют за весь цикл испытания для расчета работы гибридной системы  $W_{sys\_test}$  (кВт·ч). Такое интегрирование производят с частотой не ниже 5 Гц (рекомендуется 10 Гц) и с включением только положительных значений мощности.

Работу гибридной системы  $W_{sys}$  рассчитывают следующим образом:

$$W_{sys} = W_{sys\_test} \times \left(\frac{1}{0,95}\right)^2 \quad (247),$$

где:

$W_{sys}$  – работа гибридной системы, в кВт·ч;

$W_{sys\_test}$  – показатель работы гибридной системы, полученный в ходе испытательного прогона, в кВт·ч.

Все параметры регистрируют.

**A.10.7 Расчет удельных выбросов**

Удельные выбросы  $e_{gas}$  или  $e_{PM}$  (г/кВт·ч) рассчитывают для каждого отдельного компонента следующим образом:

$$e = \frac{m}{W_{sys}} \quad (248),$$

где:

- $e$  – удельные выбросы, в г/кВт·ч;
- $m$  – масса выбросов данного компонента, в г/испытание;
- $W_{sys}$  – работа за цикл, определенная в соответствии с пунктом А.10.6, в 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 прогретом состоянии в соответствии со следующим уравнением:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{cold}) + (0,86 \times m_{hot})}{(0,14 \times W_{sys,cold}) + (0,86 \times W_{sys,hot})} \quad (249),$$

где:

- $m_{cold}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии, в г/испытание;
- $m_{hot}$  – масса выбросов компонента в ходе испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии, в г/испытание;
- $W_{sys,cold}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в холодном состоянии, в кВт·ч;
- $W_{sys,hot}$  – работа гибридной системы за цикл испытания в условиях запуска двигателя в прогретом состоянии, в 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 248 и 249, либо прибавляют к нему.