

7 July 2011

---

## Соглашение

**О принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний\***

(Пересмотр 2, включая поправки, вступившие в силу 16 октября 1995 года)

---

### Добавление 48: Правила № 49

#### Пересмотр 5 – Поправка 1

Дополнение 4 к поправкам серии 05 – Дата вступления в силу: 23 июня 2011 года

**Единообразные предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению выбросов загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц из двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для использования на транспортных средствах, а также выбросов загрязняющих газообразных веществ из двигателей с принудительным зажиганием, работающих на природном газе или сжиженном нефтяном газе и предназначенных для использования на транспортных средствах**



**ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ**

---

\* Прежнее название Соглашения: Соглашение о принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения предметов оборудования и частей механических транспортных средств, совершено в Женеве 20 марта 1958 года.

*Содержание:*

*Включить ссылку на новое приложение 4С и добавление 1 к нему следующего содержания:*

"...

Приложение 4С – Процедура испытания на измерение количества частиц .....

Добавление 1 – Оборудование для измерения количества твердых частиц в выбросах .....

Приложение 5 – ..."

*Текст Правил:*

*Включить новое приложение 4С и добавление 1 к нему следующего содержания:*

## **"Приложение 4С**

### **Процедура испытания на измерение количества частиц**

1.           Применимость  
На данный момент для целей официального утверждения типа в соответствии с настоящими Правилами данное приложение не применяется. Оно будет применяться в будущем.
2.           Введение
- 2.1          В настоящем приложении приводится описание метода определения количества частиц в выбросах из двигателей, испытываемых в соответствии с процедурами испытания, определенными в приложении 4В. Если не указано иное, то все условия, процедуры и требования испытания идентичны изложенным в приложении 4В.
3.           Отбор проб
- 3.1          Количество частиц в выбросах  
Количество частиц в выбросах измеряется посредством непрерывного отбора проб либо из системы частичного разбавления потока, описанной в пунктах А.3.2.1 и А.3.2.2 добавления 3 к приложению 4В, либо из системы полного разбавления потока, описанной в пунктах А.3.2.3. и А.3.2.4 добавления 3 к приложению 4.
- 3.2          Фильтрация разбавителя  
Разбавитель, используемый как для первичного, так и (когда это применимо) для вторичного разбавления отработавших газов в системе разбавления, должен проходить через фильтры, соответствующие требованиям, касающимся высокоэффективного фильтра очистки воздуха от взвешенных частиц (HEPA) и изложенным в подпункте А.3.2.2 или А.3.2.4 добавления 3 к приложению 4В, касающимся фильтра разбавителя (DAF). В качестве варианта допускается очистка разбавителя до его подачи на фильтр HEPA древес-

ным углем для уменьшения и стабилизации концентраций углекислого газа в разбавителе. Перед фильтром НЕРА и за угольным газоочистителем, если таковой используется, рекомендуется размещать дополнительный фильтр для осаждения крупнозернистых твердых частиц.

4. Функционирование системы отбора проб
- 4.1 Корректировка по количеству частиц в потоке пробы: системы полного разбавления потока
- 4.1.1 Для корректировки массового потока, отбираемого из системы разбавления, по количеству частиц в отбираемой пробе отобранный массовый поток (отфильтрованный) возвращается в систему разбавления. В качестве варианта суммарный массовый поток в системе разбавления можно математически скорректировать по количеству частиц в отобранном потоке пробы. В том случае, если суммарный массовый поток, отобранный из системы разбавления для измерения количества частиц в пробе, составляет менее 0,5% суммарного потока разбавленных отработавших газов в туннеле для разбавления (MED), то такую корректировку или возвращение потока можно не производить
- 4.2 Корректировка по количеству частиц в потоке пробы: системы частичного разбавления потока
- 4.2.1 В случае систем частичного разбавления потока массовый поток, отобранный из системы разбавления для отбора проб частиц с целью измерения их количества, должен учитываться в системе регулирования пропорциональности пробы. Это делается посредством либо возвращения данного количества частиц из отобранной пробы в систему разбавления, установленную перед устройством измерения расхода, либо соответствующей математической корректировки, упомянутой в пункте 4.2.2. В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб, массовый поток, отобранный для измерения количества частиц в пробе, также должен корректироваться при расчете массы взвешенных частиц, как указано в пункте 4.2.3.
- 4.2.2 Мгновенный расход потока отработавших газов в системе разбавления ( $q_{mp}$ ), используемый для регулирования пропорциональности отбираемой пробы, должен корректироваться при помощи одного из нижеследующих методов.

- а) В том случае, если количество частиц в отобранном потоке пробы не учитывается, уравнение (83), приведенное в пункте 9.4.6.2 приложения 4В, заменяется следующим уравнением:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex}$$

где:

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

- $Q_{mdew}$  – массовый расход потока разбавленных отработавших газов (кг/с),
- $Q_{mdw}$  – массовый расход потока разбавляющего воздуха (кг/с),
- $q_{ex}$  – количество частиц в массовом расходе потока пробы (кг/с).

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

- b) В том случае, если количество частиц в отобранном потоке пробы вообще или частично не учитываются, но эквивалентный поток возвращается в систему разбавления, установленную перед устройством измерения расхода, уравнение (83), содержащееся в пункте 9.4.6.2 приложения 4В, заменяется следующим уравнением:

$$Q_{mp} = Q_{mdew} - Q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw}$$

где:

- $Q_{mp}$  – поток пробы отработавших газов, проходящий через систему частичного разбавления потока (кг/с),
- $Q_{mdew}$  – массовый расход потока разбавленных отработавших газов (кг/с),
- $Q_{mdw}$  – массовый расход потока разбавляющего воздуха (кг/с),
- $q_{ex}$  – количество частиц в массовом расходе потока пробы (кг/с),
- $q_{sw}$  – массовый расход потока, возвращаемый в туннель для разбавления с целью корректировки по количеству частиц в отобранной пробе (кг/с).

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

#### 4.2.3 Корректировка измерений ВЧ

Если количество твердых частиц в потоке пробы измеряется посредством его отбора из системы частичного разбавления потока, относящейся к типу полного отбора, то масса частиц ( $m_{PM}$ ), рассчитываемая в соответствии с пунктом 8.4.3.2.1 или 8.4.3.2.2 приложения 4В, корректируется указанным ниже способом для учета отобранного потока. Такая корректировка требуется даже в том случае, когда отфильтрованный отобранный поток возвращается в системы частичного разбавления потока.

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

где:

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

$m_{PM}$  – масса взвешенных частиц, определяемая в соответствии с пунктом 8.4.3.2.1 или 8.4.3.2.2 приложения 4В (г/испытание),

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

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

4.3 Пропорциональность пробы, отобранной при частичном разбавлении потока

4.3.1 При измерении количества частиц массовый расход потока отработавших газов, определяемый при помощи любого из методов, описанных в пунктах 8.4.1.3–8.4.1.7 приложения 4В, используется для регулирования системы частичного разбавления потока в целях отбора пробы, пропорциональной расходу потока отработавших газов по массе. Степень пропорциональности проверяется с помощью регрессионного анализа пробы и потока отработавших газов в соответствии с пунктом 9.4.6.1 приложения 4В.

5. Определение количества частиц

5.1 Синхронизация времени

Что касается систем частичного разбавления потока, то необходимо учитывать время нахождения в системе отбора проб и измерения количества частиц на основе синхронизации сигнала, указывающего количество частиц в рамках испытательного цикла, и массового расхода потока отработавших газов в соответствии с процедурами, определенными в пунктах 3.1.30 и 8.4.2.2 приложения 4В. Время перехода системы отбора проб и измерения количества частиц должно определяться в соответствии с пунктом 1.3.6 добавления 1 к настоящему приложению.

5.2 Определение количества частиц с использованием системы частичного разбавления потока

5.2.1 При измерении количества частиц в пробе с использованием системы частичного разбавления потока в соответствии с процедурами, изложенными в пункте 8.4 приложения 4В, количество частиц, выделяемых в рамках испытательного цикла, рассчитывается с помощью следующего уравнения:

$$N = \frac{m_{edf}}{1.293} \cdot k \cdot c_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6,$$

где:

- $N$  – количество частиц, выделенных в рамках испытательного цикла,
- $m_{edf}$  – масса эквивалентных разбавленных отработавших газов за цикл, определяемая в соответствии с пунктом 8.4.3.2.2 приложения 4В (кг/испытание),
- $k$  – коэффициент калибровки, используемый для корректировки показаний счетчика количества частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества частиц такая функция не предусмотрена. Если же такая функция им предусмотрена, то значение  $k$  в вышеуказанном уравнении принимается равным 1,
- $\bar{c}_s$  – средняя концентрация частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная по стандартным условиям (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в показателях количества частиц на  $см^3$ ,
- $\bar{f}_r$  – средний коэффициент уменьшения концентрации частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении регулировки коэффициента разбавления.

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

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

где:

- $c_{s,i}$  – значение, полученное при отдельном измерении концентрации частиц в разбавленных отработавших газах, произведенном с помощью счетчика частиц с поправкой на совпадение и в стандартных условиях (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в показателях количества частиц на  $см^3$ ,
- $n$  – число измерений концентрации частиц, произведенных в ходе испытания.

5.3 Определение количества частиц с использованием системы полного прибавления потока

5.3.1 При измерении количества частиц в пробе с использованием системы полного разбавления потока в соответствии с процедурами, изложенными в пункте 8.5 приложения 4В, количество частиц, выделяемых в рамках испытательного цикла, рассчитывается с помощью следующего уравнения:

$$N = \frac{m_{ed}}{1.293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6,$$

где:

- $N$  – количество частиц, выделенных в рамках испытательного цикла,
- $m_{ed}$  – суммарный расход разбавленных отработавших газов за цикл, рассчитанный в соответствии с одним из методов, описанных в пунктах 8.5.1.2–8.5.1.4 приложения 4В (кг/испытание),
- $k$  – коэффициент калибровки, используемый для корректировки показаний счетчика количества частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества частиц такая функция не предусмотрена. Если же такая функция им предусмотрена, то значение  $k$  в вышеуказанном уравнении принимается равным 1,
- $\bar{c}_s$  – средняя концентрация частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная по стандартным условиям (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в показателях количества частиц на  $см^3$ ,
- $\bar{f}_r$  – средний коэффициент уменьшения концентрации частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении регулировки коэффициента разбавления.

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

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n},$$

где:

- $c_{s,i}$  – значение, полученное при отдельном измерении концентрации частиц в разбавленных отработавших газах, произведенном с помощью счетчика частиц с поправкой на совпадение и в стандартных условиях (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в показателях количества частиц на  $см^3$ ,
- $n$  – число измерений концентрации частиц, произведенных в ходе испытания.

#### 5.4 Результаты испытаний

- 5.4.1 В случае каждого индивидуального испытания ВСУЦ, ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии или ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя удельные выбросы в показателях количества частиц/кВт·ч рассчитываются следующим образом:

$$e = \frac{N}{W_{act}},$$

где:

- $e$  – количество выделенных частиц на кВт·ч,

$W_{act}$  – фактическая работа за цикл, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6 приложения 4В, в кВт·ч.

#### 5.4.2 Системы последующей обработки отработавших газов с периодической регенерацией

В случае двигателей, оснащенных системами последующей обработки отработавших газов с периодической регенерацией, значения выбросов при ВСПЦ в условиях запуска в прогретом состоянии взвешиваются по следующей формуле:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r},$$

где:

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

Для определения  $\bar{e}_r$  применяются следующие положения:

- a) если для регенерации требуется более одного запуска двигателя в прогретом состоянии при ВСПЦ, то проводят последовательные полные испытания ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии и продолжают непрерывное измерение выбросов без процедуры прогрева двигателя и без его отключения до завершения регенерации и рассчитывают средние результаты испытаний ВСПЦ с запуском в прогретом состоянии;
- b) если полная регенерация происходит в ходе любого запуска в прогретом состоянии при ВСПЦ, то испытания продолжают в течение всего цикла.

По согласованию с органом, предоставляющим официальное утверждение типа, может применяться мультипликативный или аддитивный коэффициент регенерации на основе признанных технических правил.

Мультипликативные корректировочные коэффициенты регенерации  $k_r$  рассчитываются следующим образом:



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

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

Аддитивная корректировочные коэффициенты регенерации ( $k_r$ ) рассчитываются следующим образом:

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

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

Корректировка регенерации  $k_r$ :

- c) производится в случае взвешенных результатов испытания ВСПЦ, полученных в соответствии с пунктом 5.4.3;
- d) может производиться в случае испытаний ВСУЦ и ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя, если регенерация происходит во время цикла;
- e) может быть распространена на другие двигатели, которые входят в одно и то же семейство;
- f) может быть распространена на другие семейства двигателей, использующих ту же систему последующей обработки, при условии предварительного одобрения этого решения компетентным органом, предоставляющим официальное утверждение типа, на основании технических данных, подлежащих представлению изготовителем и подтверждающих, что выбросы аналогичны.

#### 5.4.3 Взвешенные средние результаты испытания ВСПЦ

Для ВСПЦ окончательный результат испытаний представляет собой взвешенное среднее значений, полученных по итогам испытаний в условиях запуска холодного двигателя и испытаний в условиях запуска в прогретом состоянии (включая периодическую регенерацию, когда это уместно), с использованием следующих уравнений:

- a) в случае мультипликативной корректировки регенерации или двигателей, не оснащенных системами последующей обработки выбросов с периодической регенерацией

$$e = k_r \left( \frac{(0,14 \times N_{\text{cold}}) + (0,86 \times N_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{act,hot}})} \right),$$

- b) в случае аддитивной корректировки регенерации

$$e = k_r \left( \frac{(0,14 \times N_{\text{cold}}) + (0,86 \times N_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{act,hot}})} \right),$$

где:

- $N_{\text{cold}}$  – общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском холодного двигателя,
- $N_{\text{hot}}$  – общее количество частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии,
- $W_{\text{act,cold}}$  – фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском холодного двигателя, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6 приложения 4В, в кВт·ч,
- $W_{\text{act, hot}}$  – фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6 приложения 4В, в кВт·ч,
- $k_r$  – корректировка регенерации в соответствии с пунктом 5.4.2; в том случае, если двигатели не оснащены системой последующей обработки выбросов без периодической регенерации, то  $k_r = 1$ .

#### 5.4.4 Округление окончательных результатов

Окончательные результаты испытания ВСУЦ и взвешенные средние результаты испытания ВСПЦ округляют до трех знаков после запятой в соответствии с ASTM E 29–06В. Округление промежуточных значений, используемых для расчета конечного результата удельных выбросов в режиме торможения, не допускается.

#### 6. Определение количества фоновых частиц

6.1 По просьбе изготовителя двигателя до или после испытания может быть произведен отбор пробы для измерения количественной концентрации фоновых частиц в смесительном канале в точке, расположенной ниже по потоку за фильтрами для частиц и углеводородов, входящих в систему измерения количества частиц, для определения концентрации фоновых частиц в канале.

6.2 Вычитание количественных концентраций фоновых частиц в смесительном канале для целей предоставления официального утверждения типа не допускается, однако его можно производить по просьбе изготовителя при условии предварительного одобрения этого решения органом, предоставляющим официальное утверждение, для проведения испытаний на соответствие производства, если может быть доказано, что их фоновая концентрация в смесительном канале является значительной; в этом случае эти значения вычитаются из значений, полученных после замеров в разбавленных отработавших газах.

## Приложение 4С

### Добавление 1

#### Оборудование для измерения количества твердых частиц в выбросах

1. Технические требования
  - 1.1 Краткое описание системы
    - 1.1.1 Система отбора проб частиц состоит из пробоотборника или пробоотборного зонда для отбора проб из однородного смешанного потока в системе разбавления, как указано в пунктах А.3.2.1 и А.3.2.2 или А.3.2.3 и А.3.2.4 добавления 3 к приложению 4В, отделителя летучих частиц (VPR), установленного перед счетчиком количества частиц (PNC), а также надлежащего отводящего патрубка.
    - 1.1.2 Перед входным отверстием VPR рекомендуется устанавливать предварительный сепаратор (например, циклонного или ударного типа и т.п.) для "сортировки" частиц по размеру. Однако в качестве альтернативы такому предварительному сепаратору допускается использование пробоотборника, действующего как соответствующее сортировочное устройство и аналогичного показанному на рис. 14 в добавлении 3 к приложению 4В. В случае систем частичного разбавления потока допускается использование одного и того же предварительного сепаратора для определения массы взвешенных частиц и измерения количества частиц, причем проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве варианта могут использоваться разные предварительные сепараторы и в этом случае проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы частиц.
  - 1.2 Общие предписания
    - 1.2.1 Зонд для отбора проб частиц устанавливаются в системе разбавления.

Пробоотборник с наконечником или зонд для отбора проб частиц и отводящий патрубок частиц (РТТ) в совокупности образуют систему отвода частиц (PTS). По системе PTS проба подается из смешительного канала на входное отверстие VPR. PTS должна отвечать нижеследующим требованиям.

В случае систем полного разбавления потока и систем частичного разбавления потока, относящихся к типу частичного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 добавления 3 к приложению 4В), пробоотборник устанавливается поблизости от осевой линии смешительного канала на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров канала, после точки входа газов, навстречу газовому потоку, причем его ось в зоне расположения наконечника должна быть парал-

лельной оси смесительного канала. Пробоотборник устанавливают в смесительном канале таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 приложения 4В), зонд для отбора проб частиц или пробоотборник устанавливают в отводящем патрубке взвешенных твердых частиц перед фильтродержателем, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора пробы/обходного канала. Пробоотборный зонд или пробоотборник располагают таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа. Размеры пробоотборника частиц должны быть такими, чтобы он не нарушал работу системы частичного разбавления потока.

Проба газа, отбираемая с помощью PTS, должна отвечать нижеследующим требованиям.

В случае систем полного разбавления потока ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $< 1\,700$ .

В случае систем частичного разбавления потока ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $< 1\,700$  в РТТ, т.е. на выходе из пробоотборника или пробоотборного зонда.

Время нахождения пробы в PTS должно составлять  $\leq 3$  с.

Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное проникновение частиц диаметром 30 нм.

Выпускной патрубков (ОТ), по которому проба разбавленных газов подается из VPR на вход PNC, должен отвечать нижеследующим требованиям.

Его внутренний диаметр должен составлять  $\geq 4$  мм.

Время прохождения пробы газа через ОТ должно составлять  $\leq 0,8$  с.

Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение твердых частиц диаметром 30 нм.

- 1.2.2 VPR состоит из устройств для разбавления пробы и отделения летучих частиц.
- 1.2.3 Все части системы разбавления и системы отбора проб на участке от выпускной трубы до PNC, находящиеся в контакте с первичными и разбавленными отработавшими газами, должны быть сконструированы таким образом, чтобы свести осаждение частиц к минимуму. Все части должны быть изготовлены из электропроводящих материалов, не вступающих в реакцию с компонентами отработавших газов, и заземлены для предотвращения образования статического электричества.
- 1.2.4 В системе отбора проб частиц должна учитываться надлежащая практика отбора проб аэрозолей, предусматривающая исключение крутых изгибов и резких изменений диаметра, использование глад-

ких внутренних поверхностей и сведение длины пробоотборной магистрали к минимуму. Допускаются плавные изменения поперечного сечения.

- 1.3 Конкретные предписания
  - 1.3.1 Проба частиц не должна пропускаться через насос до прохождения через PNC.
  - 1.3.2 Рекомендуется использовать предварительный сепаратор пробы.
  - 1.3.3 Устройство для предварительного кондиционирования пробы должно:
    - 1.3.3.1 обеспечивать возможность однократного или многократного разбавления пробы для достижения количественной концентрации частиц, не превышающей верхний предел измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC, и температуры газа на входе PNC ниже 35°C;
    - 1.3.3.2 предусматривать первоначальный этап разбавления в условиях подогрева с получением на выходе пробы, имеющей температуру  $\geq 150^\circ\text{C}$  и  $\leq 400^\circ\text{C}$ , при коэффициенте разбавления не менее 10;
    - 1.3.3.3 обеспечивать контроль за этапами подогрева для поддержания постоянных значений номинальной рабочей температуры в диапазоне, указанном в пункте 1.3.3.2, с допуском  $\pm 10^\circ\text{C}$ ; указывать, являются ли надлежащими значения рабочей температуры на этапах подогрева;
    - 1.3.3.4 обеспечивать применительно к обладающим электрической подвижностью частицам диаметром 30 нм и 50 нм коэффициент уменьшения концентрации ( $f_r(d_i)$ ), определяемый в пункте 2.2.2 ниже, который не более чем на 30% и 20%, соответственно, выше и не более чем на 5% ниже по сравнению с таким коэффициентом для обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR;
    - 1.3.3.5 также обеспечивать путем нагревания испарение частиц тетраконтана ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) размером 30 нм на уровне  $> 99,0\%$  при концентрации на входе  $\geq 10\,000$  на  $\text{см}^{-3}$  за счет понижения парциального давления тетраконтана.
  - 1.3.4 Счетчик PNC должен:
    - 1.3.4.1 функционировать при всех рабочих условиях полного потока;
    - 1.3.4.2 обеспечивать точность подсчета  $\pm 10\%$  в диапазоне от 1 на  $\text{см}^{-3}$  до верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC в соответствии с надлежащими стандартами. При концентрациях ниже 100 на  $\text{см}^{-3}$  для подтверждения точности счетчика PNC с высокой степенью статистической достоверности могут потребоваться усредненные результаты измерений, полученные за более продолжительный период отбора проб;
    - 1.3.4.3 обеспечивать считываемость показаний на уровне не менее 0,1 частицы на  $\text{см}^{-3}$  при концентрациях ниже 100 на  $\text{см}^{-3}$ ;

- 1.3.4.4 иметь линейную чувствительность на изменения концентрации частиц по всему диапазону измерений в каждом отдельном режиме работы счетчика;
- 1.3.4.5 обеспечивать регистрацию данных с частотой не менее 0,5 Гц;
- 1.3.4.6 обеспечивать время срабатывания  $t_{90}$  по всему диапазону измерения значений концентрации менее 5 с;
- 1.3.4.7 предусматривать функцию максимум 10-процентной поправки на совпадение, а также использование коэффициента внутренней калибровки, определяемого в пункте 2.1.3, но без применения для корректировки или уточнения эффективности подсчета какого-либо другого алгоритма;
- 1.3.4.8 обеспечивать эффективность подсчета обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 23 нм ( $\pm 1$  нм) и 41 нм ( $\pm 1$  нм) на уровне 50% ( $\pm 12\%$ ) и  $> 90\%$ , соответственно. Такой эффективности подсчета можно добиться за счет внутренних (например, соответствующей регулировки прибора) или внешних (например, предварительной сепарации по размеру) средств;
- 1.3.4.9 если в PNC используется рабочая жидкость, то ее замену следует производить с периодичностью, указанной изготовителем прибора.
- 1.3.5 Если значения давления и/или температуры в точке, где регулируется расход потока PNC, не поддерживаются на известном постоянном уровне, то значения давления и/или температуры на входе в PNC измеряют и сообщают для целей корректировки процедур измерения концентрации частиц в соответствии со стандартными условиями.
- 1.3.6 Время нахождения пробы в PTS, VPR и ОТ плюс время срабатывания  $t_{90}$  счетчика PNC в общей сложности не должно превышать 20 с.
- 1.3.7 Время перехода всей системы отбора проб для измерения количества частиц (PTS, VPR, ОТ и PNC) определяют посредством переключения аэрозоля, который впрыскивается непосредственно на входе в PTS. Время переключения аэрозоля должно составлять менее 0,1 с. Аэрозоль, используемый для испытания, должен вызывать изменение концентрации на уровне не менее 60% полной шкалы (FS).
- Регистрируют следовую концентрацию. Для синхронизации сигналов, указывающих концентрацию количества частиц и расход обработавших газов, время перехода определяется в качестве промежутка времени с момента изменения ( $t_0$ ) до момента, когда показания сработавшей системы составляют 50% от конечных показаний ( $t_{50}$ ).
- 1.4 Описание рекомендуемой системы
- В нижеследующем пункте перечисляются рекомендуемые аппаратные средства измерения количества частиц. Вместе с тем допускается использование любой системы, отвечающей техническим характеристикам, указанным в пунктах 1.2 и 1.3.



#### 1.4.1 Описание системы отбора проб

Система отбора проб частиц состоит из пробоотборника с наконечником или пробоотборного зонда для отбора проб частиц в системе разбавления, отводящего патрубка частиц (РТТ), предварительного сепаратора частиц (PCF) и отделителя летучих частиц (VPR), установленного перед блоком измерения количественной концентрации частиц (PNC). VPR включает в себя устройства для разбавления пробы (разбавители частиц: PND<sub>1</sub> и PND<sub>2</sub>) и испарения частиц (испарительный патрубок, ET). Место для пробоотборника или пробоотборного зонда для отбора проб из испытательного газового потока определяется в смесительном канале таким образом, чтобы репрезентативные пробы потока газов отбирались из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа. Время нахождения пробы в системе и время срабатывания  $t_{90}$  счетчика PNC в общей сложности не должно превышать 20 с.

#### 1.4.2 Система отвода частиц

Пробоотборник с наконечником и отводящий патрубок частиц (РТТ) в совокупности образуют систему отвода частиц (PTS). По системе PTS проба подается из смесительного канала на входное отверстие первого разбавителя частиц. PTS должна отвечать нижеследующим требованиям:

В случае систем полного разбавления потока и систем частичного разбавления потока, относящихся к типу частичного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 добавления 3 к приложению 4В) пробоотборник устанавливают поблизости от осевой линии смесительного канала на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров канала, после точки входа газов, навстречу газовому потоку, причем его ось в зоне расположения наконечника должна быть параллельной оси смесительного канала. Пробоотборник устанавливают в смесительном канале для разбавления таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 приложения 4В), зону для отбора проб частиц устанавливают в отводящем патрубке взвешенных частиц перед фильтродержателем, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора проб/обходного канала. Пробоотборный зонд или пробоотборник располагают таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавителя/отработавшего газа.

Проба газа, отбираемая с помощью PTS, должна отвечать нижеследующим требованиям:

Ее число Рейнольдса (Re) на потоке должно составлять  $<1\ 700$ ;

Время нахождения пробы в PTS должно составлять  $\leq 3$  с.

Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация системы PTS, обеспечивающая эквивалентное про-



никновение обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 30 нм.

Выпускной патрубков (ОТ), по которому проба разбавленных газов подается из VPR на вход PNC, должен отвечать нижеследующим требованиям.

Его внутренний диаметр должен составлять  $\geq 4$  мм.

Время прохождения пробы газа через ОТ должно составлять  $\leq 0,8$  с.

Для целей отбора проб приемлемой будет считаться любая иная конфигурация ОТ, обеспечивающая эквивалентное проникновение обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 30 нм.

#### 1.4.3 Предварительный сепаратор твердых частиц

Перед VPR устанавливают рекомендуемый предварительный сепаратор частиц, обеспечивающий 50-процентный уровень эффективности отделения частиц диаметром 2,5–10 мкм при объемном расходе потока, выбранном для целей измерения количества частиц в выбросах. При указанном выше объемном расходе на выход предварительного сепаратора должны поступать по крайней мере 99% (по массе) пропускаемых через него частиц размером 1 мкм. В случае систем частичного разбавления потока допускается использование одного и того же предварительного сепаратора для определения массы взвешенных частиц и измерения количества частиц, причем проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве варианта могут использоваться разные предварительные сепараторы, и в этом случае проба для измерения количества частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы взвешенных частиц.

#### 1.4.4 Отделитель летучих частиц (VPR)

VPR состоит из первого разбавителя частиц ( $PND_1$ ), испарительного патрубка и второго разбавителя частиц ( $PND_2$ ), подсоединяемых последовательно. Функция разбавления имеет целью снизить количественную концентрацию пробы, поступающей в блок измерения концентрации частиц, до уровня, который ниже верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы PNC, и предотвратить образование в пробе центров кристаллизации. VPR указывает, являются ли надлежащими значения рабочей температуры  $PND_1$  и испарительного патрубка.

VPR должен обеспечивать путем нагревания и понижения парциального давления тетраоктана испарение частиц тетраоктана ( $CH_3(CH_2)_{38}CH_3$ ) размером 30 нм на уровне  $>99,0\%$  при концентрации на входе  $\geq 10\,000$  на  $см^{-3}$ . Он должен также обеспечивать применительно к обладающим электрической подвижностью частицам диаметром 30 нм и 50 нм коэффициент уменьшения концентрации ( $f_t$ ), который не более чем на 30% и 20%, соответственно, выше и не более чем на 5% ниже по сравнению с таким коэффициентом для обладающих электрической подвижностью частиц диаметром

100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR.

1.4.4.1 Первый разбавитель частиц (PND<sub>1</sub>)

Конструкция первого устройства для разбавления частиц специально приспособлена для разбавления частиц в высокой концентрации и функционирования при температуре (стенок) 150 °С – 400 °С. Заданное значение температуры стенок должно поддерживаться на уровне постоянных значений номинальной рабочей температуры в пределах этого диапазона с допуском ±10 °С и не должно превышать температуру стенок патрубка ET (пункт 1.4.4.2). Разбавляющий воздух, пропускаемый через фильтр HEPA, подается в разбавитель, который должен быть в состоянии обеспечивать 10–200-кратный коэффициент разбавления.

1.4.4.2 Испарительный патрубок

По всей длине патрубка ET обеспечивается контролируемая температура стенок, которая должна быть не ниже данного параметра для первого разбавителя частиц, при поддержании температуры стенок на фиксированном уровне номинального рабочего значения в пределах от 300 °С до 400 °С с допуском ±10 °С.

1.4.4.3 Второй разбавитель частиц (PND<sub>2</sub>)

Конструкция PND<sub>2</sub> должна быть специально приспособлена для разбавления частиц в высокой концентрации. В разбавитель подается разбавляющий воздух, пропущенный через фильтр HEPA, и он должен быть в состоянии обеспечивать 10–30-кратный единый коэффициент разбавления. Коэффициент разбавления для PND<sub>2</sub> выбирается в диапазоне от 10 до 15 таким образом, чтобы количественная концентрация частиц на выходе из второго разбавителя была ниже верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC, а температура газа на входе PNC составляла <35 °С.

1.4.5 Счетчик количества частиц (PNC)

PNC должен отвечать требованиям пункта 1.3.4.

2. Калибровка/подтверждение соответствия системы отбора проб частиц<sup>1</sup>

2.1 Калибровка счетчика количества частиц

2.1.1 Техническая служба обеспечивает наличие калибровочного сертификата на счетчик PNC, свидетельствующего о его соответствии надлежащему стандарту, в сроки, не превышающие 12 месяцев до проведения испытания на выбросы.

2.1.2 Кроме того, после любого капитального технического обслуживания счетчик PNC подвергают повторной калибровке, и на него выдается новый калибровочный сертификат.

---

<sup>1</sup> С примерами различных методик калибровки/подтверждения соответствия можно ознакомиться по следующему адресу в Интернете: <http://www.unecce.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpFCP.html>.

2.1.3 Калибровку производят в соответствии со стандартными методами калибровки:

- a) путем сопоставления чувствительности калибруемого счетчика PNC с чувствительностью калиброванного аэрозольного электрометра при одновременном отборе проб калибровочных частиц, дифференцированных по электростатическому заряду; или
- b) путем сопоставления чувствительности калибруемого счетчика PNC с чувствительностью второго PNC, калиброванного непосредственно указанным выше методом.

При использовании электрометра калибровка производится минимум по шести точкам, соответствующим стандартным значениям концентрации и распределенным как можно более равномерно по всему диапазону измерения PNC. В число этих точек входит точка, показывающая номинальную нулевую концентрацию и полученная путем установки на входе каждого прибора фильтров HEPA, относящихся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющих эквивалентные характеристики. Замеренные значения концентрации, полученные без применения к калибруемому счетчику PNC коэффициента калибровки, должны соответствовать стандартной концентрации при каждом значении регулировки (исключая нулевую точку) с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ ; в противном случае калибруемый счетчик PNC признается непригодным. Рассчитывается и регистрируется градиент линейной регрессии обоих наборов данных. К калибруемому счетчику PNC применяется коэффициент калибровки, равный обратной величине этого градиента. Линейная чувствительность рассчитывается путем возведения в квадрат коэффициента мгновенной корреляции Пирсона ( $R^2$ ) применительно к обоим наборам данных и должна составлять не менее 0,97. При расчете как градиента, так и коэффициента  $R^2$  линия регрессии должна проходить через точку начала отсчета (значение нулевой концентрации на обоих приборах).

При использовании эталонного счетчика PNC калибровка производится минимум по шести точкам, соответствующим стандартным значениям концентрации, по всему диапазону измерения PNC. Не менее трех точек должны соответствовать значениям концентрации ниже  $1\ 000\ \text{см}^{-3}$ , а остальные – быть линейно разнесены в диапазоне от  $1\ 000\ \text{см}^{-3}$  до верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC. В число этих точек входит точка, показывающая номинальную нулевую концентрацию и полученная путем установки на входе каждого прибора фильтров HEPA, относящихся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющих эквивалентные характеристики. Замеренные значения концентрации, полученные без применения к калибруемому счетчику PNC коэффициента калибровки, должны соответствовать стандартной концентрации при каждом значении регулировки (исключая нулевую точку) с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ ; в противном случае калибруемый счетчик PNC признается непригодным. Рассчитывается и регистрируется градиент линейной регрессии обоих наборов данных. К калибруемому счетчику PNC

применяется коэффициент калибровки, равный обратной величине этого градиента. Линейная чувствительность рассчитывается путем возведения в квадрат коэффициента мгновенной корреляции Пирсона ( $R^2$ ) применительно к обоим наборам данных и должна составлять не менее 0,97. При расчете как градиента, так и коэффициента  $R^2$  линия регрессии должна проходить через точку начала отсчета (значение нулевой концентрации на обоих приборах).

2.1.4 Калибровка также предусматривает проверку – с соблюдением требований пункта 1.3.4.8 – эффективности обнаружения счетчиком PNC обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 23 нм. Проведение проверки эффективности подсчета частиц размером 41 нм не требуется.

2.2 Калибровка/подтверждение соответствия отделителя летучих частиц

2.2.1 Проведение калибровки отделителя VPR при различных коэффициентах уменьшения концентрации и рабочих температурах, рекомендуемых изготовителем устройства, по всему диапазону значений регулировки коэффициента разбавления требуется в случае использования нового прибора и после любого капитального технического обслуживания. Требование относительно периодического подтверждения соответствия отделителя VPR при определенном коэффициенте уменьшения концентрации сводится к проверке при единичном значении регулировки, обычно применяемом при замерах на транспортных средствах, оснащенных дизельным фильтром взвешенных частиц. Техническая служба обеспечивает наличие калибровочного сертификата или свидетельства о соответствии отделителя летучих частиц в сроки, не превышающие 6 месяцев до проведения испытания на выбросы. Если конструкцией отделителя летучих частиц предусматривается использование сигнальных датчиков температуры, то для целей подтверждения соответствия допускается 12-месячный интервал.

Параметры отделителя VPR снимаются для коэффициента уменьшения концентрации обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 30, 50 и 100 нм. Применительно к обладающим электрической подвижностью частицам диаметром 30 нм и 50 нм коэффициенты уменьшения концентрации ( $f_r(d)$ ) должны быть не более чем на 30% и 20%, соответственно, выше и не более чем на 5% ниже по сравнению с таким коэффициентом для обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 100 нм. Для целей подтверждения соответствия средний коэффициент уменьшения концентрации должен равняться среднему коэффициенту ( $\bar{f}_r$ ), определенному при первоначальной калибровке VPR, с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ .

2.2.2 Используемый для этих замеров испытательный аэрозоль состоит из обладающих электрической подвижностью частиц диаметром 30, 50 и 100 нм при минимальной концентрации в  $5\ 000$  частиц на  $\text{см}^{-3}$  на входном отверстии VPR. Значения концентрации частиц измеряются перед элементами системы и за ними.

Коэффициент уменьшения концентрации для частиц каждого размера рассчитывают следующим образом:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)},$$

где:

$N_{in}(d_i)$  – количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на входе;

$N_{out}(d_i)$  – количественная концентрация частиц диаметром  $d_i$  на выходе; и

$d_i$  – диаметр обладающих электрической подвижностью частиц (30, 50 или 100 нм).

$N_{in}(d_i)$  и  $N_{out}(d_i)$  корректируются по таким же условиям.

Средний коэффициент уменьшения концентрации ( $\bar{f}_r$ ) при данном значении регулировки коэффициента разбавления рассчитываются следующим образом:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30\text{nm}) + f_r(50\text{nm}) + f_r(100\text{nm})}{3}.$$

Для целей калибровки и подтверждения соответствия отделитель VPR рекомендуется рассматривать как комплектный узел.

- 2.2.3 Техническая служба обеспечивает наличие свидетельства о соответствии отделителя VPR, подтверждающего реальную эффективность отделения летучих частиц, в сроки, не превышающие 6 месяцев до проведения испытания на выбросы. Если конструкцией отделителя летучих частиц предусматривается использование сигнальных датчиков температуры, то для целей подтверждения соответствия допускается 12-месячный интервал. В условиях функционирования при коэффициенте разбавления, установленном на минимальное значение, и рабочей температуре, рекомендуемой изготовителем, VPR должен обеспечивать удаление свыше 99,0% обладающих электрической подвижностью частиц тетраоктана ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) размером 30 нм с концентрацией на входе  $\geq 10\,000\text{ см}^{-3}$ .
- 2.3 Процедуры проверки системы определения количества частиц
- 2.3.1 Перед началом каждого испытания счетчик частиц должен показывать значения замеренной концентрации, составляющие менее 0,5 частицы на  $\text{см}^{-3}$ , при установленном на входе всей системы отбора проб частиц (VPR и PNC) фильтре HEPA, относящемся по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющему эквивалентные характеристики.
- 2.3.2 При проводимой ежемесячно проверке с использованием калиброванного расходомера показываемые счетчиком частиц параметры потока, поступающего в него, должны соответствовать номинальному расходу счетчика 5%.

- 2.3.3 На суточной основе счетчик частиц – после установки на входе фильтра HEPA, относящегося по крайней мере к классу H13 согласно стандарту EN 1822:2008 или имеющего эквивалентные характеристики, – должен показывать значения концентрации, составляющие  $\leq 0,2 \text{ см}^{-3}$ . При снятом фильтре, т.е. в условиях воздействия окружающего воздуха, показываемые счетчиком частиц значения замеренной концентрации должны увеличиваться минимум до 100 частиц на  $\text{см}^{-3}$ ; по возвращении фильтра HEPA на место они должны возвращаться к уровню  $\leq 0,2 \text{ см}^{-3}$ .
- 2.3.4 До начала каждого испытания подтверждается, что – согласно показаниям системы измерения – температура в испарительном патрубке, если он установлен в системе, достигла надлежащего рабочего давления.
- 2.3.5 До начала каждого испытания подтверждается, что температура в разбавителе PND<sub>1</sub>, согласно показаниям системы измерения, достигла надлежащего рабочего значения".
-