



Европейская экономическая комиссия**Комитет по внутреннему транспорту****Всемирный форум для согласования
правил в области транспортных средств****Сто пятьдесят вторая сессия**

Женева, 9–12 ноября 2010 года

Пункт 4.5.1 предварительной повестки дня

**Соглашение 1958 года – Рассмотрение проектов
поправок к действующим правилам,
предложенных GRPE****Предложение по дополнению 4 к поправкам серии 05
к Правилам № 49 (выбросы из предназначенных для
использования на транспортных средствах двигателей
с воспламенением от сжатия и двигателей
с принудительным зажиганием, работающих
на природном газе)****Представлено Рабочей группой по проблемам энергии
и загрязнения окружающей среды***

Приведенный ниже текст был принят Рабочей группой по проблемам энергии и загрязнения окружающей среды (GRPE) на ее шестидесятой сессии в целях включения в Правила № 49 положений, касающихся процедур измерения количества твердых частиц. В его основу положен документ ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2010/7 с поправками, указанными в приложении V к докладу (ECE/TRANS/WP.29/GRPE/60, пункт 17). Этот текст передается на рассмотрение Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) и Административного комитета (AC.1).

* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2006–2010 годы (ECE/TRANS/166/Add.1, 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.

Содержание, включить:

"...

Приложение 4С – Процедура испытания на измерение количества твердых частиц

Добавление 1 – Оборудование для измерения количества твердых частиц в выбросах

Приложение 5 – ..."

Включить новое приложение 4С следующего содержания:

"Приложение 4С

Процедура испытания на измерение количества твердых 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 твердых 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 твердых частиц в выбросах
Количество твердых частиц в выбросах измеряется посредством непрерывного отбора проб из либо системы частичного разбавления потока, охарактеризованной в пунктах А.3.2.1 и А.3.2.2 добавления 3 к приложению 4В, либо из системы полного разбавления потока, охарактеризованной 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 для (когда это применимо) вторичного разбавления отработавших газов в системе разбавления, должен проходить через фильтры, соответствующие требованиям, касающимся высокоэффективного фильтра для очистки воздуха от твердых частиц (HEPA) и изложенным в подпункте А.3.2.2 или А.3.2.4 добавления 3 к приложению 4В, касающимся фильтра разбавляющего воздуха (DAF). Факультативно допускается очистка разбавителя до его подачи на фильтр HEPA древесным углем для уменьшения и стабилизации концентраций углеводорода в разбавителе. Перед фильтром HEPA и за угольным газоочистителем, если таковой используется, рекомендуется раз-

мешать дополнительный фильтр для осаждения крупнозернистых твердых частиц.

4. Функционирование системы отбора проб
- 4.1. Корректировка по количеству твердых частиц в потоке пробы: системы полного разбавления потока
- 4.1.1. Для корректировки массового потока, отбираемого из системы разбавления, по количеству твердых частиц в отбираемой пробе отобранный массовый поток (отфильтрованный) возвращается в систему разбавления. В качестве альтернативы суммарный массовый поток в системе разбавления можно математически скорректировать по количеству твердых частиц в отобранном потоке пробы. В том случае, если суммарный массовый поток, отобранный из системы разбавления для измерения количества твердых 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 твердых 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 твердых частиц с целью измерения из количества, должен учитываться в системе регулирования пропорциональности пробы. Это делается посредством либо возвращения данного количества твердых 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 твердых частиц в пробе, также должен корректироваться при расчете массы твердых 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 твердых 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 твердых 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 твердых 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 твердых частиц в массовом расходе потока пробы (кг/с),

q_{sw} – массовый расход потока, возвращаемый в туннель для разбавления с целью корректировки по количеству твердых 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 ТЧ

Если количество твердых частиц в потоке пробы измеряется посредством его отбора из системы частичного разбавления потока, относящейся к типу полного отбора, то масса твердых 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 твердых частиц, скорректированная по количеству твердых частиц в отобранном потоке пробы (г/испытание),
- m_{PM} – масса твердых 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, проходящих через туннель для разбавления (кг),
- m_{ex} – общая масса разбавленных отработавших газов, отобранных из туннеля для разбавления с целью измерения количества твердых частиц в отобранной пробе (кг).

4.3 Пропорциональность пробы, отобранной при частичном разбавлении потока

4.3.1 При измерении количества твердых 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 твердых частиц

5.1 Синхронизация времени

Что касается систем частичного разбавления потока, то необходимо учитывать время пребывания в системе отбора проб и измерения количества твердых 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 твердых частиц должно определяться в соответствии с пунктом 1.3.6 добавления 1 к настоящему приложению.

5.2 Определение количества твердых частиц с использованием системы частичного разбавления потока

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

$$N = \frac{m_{ed}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6$$

где:

- N – количество твердых 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 твердых частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества твердых частиц не предусматривается такая функция. Если же такая функция им предусматривается, то значение k в вышеуказанном уравнении принимается равным 1,
- \bar{c}_s – средняя концентрация твердых частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная по стандартным условиям (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженной в показателях количества твердых частиц на см³,
- \bar{f}_r – средний коэффициент уменьшения концентрации твердых частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении регулировки коэффициента разбавления.

\bar{c}_s рассчитывается при помощи 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 твердых частиц в разбавленных отработавших газах, произведенном с помощью счетчика твердых частиц с поправкой на совпадение и в стандартных условиях (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в показателях количества твердых частиц на см³,
- n – число измерений концентрации твердых частиц, произведенных в ходе испытания.

5.3 Определение количества твердых частиц с использованием системы полного прибавления потока

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

$$N = \frac{m_{ed}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6,$$

где:

- N – количество твердых 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 твердых частиц и приведения их в соответствие с показаниями эталонного прибора, если счетчиком количества твердых частиц не предусматривается такая функция. Если же такая функция им предусматривается, то значение k в вышеуказанном уравнении принимается равным 1,
- \bar{c}_s – средняя концентрация твердых частиц в разбавленных отработавших газах, скорректированная по стандартным условиям (273,2 К и 101,33 кПа) и выраженная в показателях количества твердых частиц на см³,
- \bar{f}_r – средний коэффициент уменьшения концентрации твердых частиц для отделителя летучих частиц при используемом в ходе испытания конкретном значении регулировки коэффициента разбавления.

\bar{c}_s рассчитывается при помощи 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 твердых частиц в разбавленных отработавших газах, произведенном с помощью счетчика твердых частиц с поправкой на совпадение и в стандартных условиях (273,2 К и 101,33 кПа), и выраженное в показателях количества твердых частиц на см³,
- n – число измерений концентрации твердых частиц, произведенных в ходе испытания.

5.4 Результаты испытаний

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

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

где:

- e – количество выделенных твердых 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 твердых 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 твердых частиц/кВт·ч),
 \bar{e}_r – среднее значение удельных выбросов с регенерацией (количество твердых частиц/кВт·ч).

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

- если для регенерации требуется более одного запуска двигателя в прогретом состоянии при ВСПЦ, то проводятся последовательные полные испытания ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии и продолжается непрерывное измерение выбросов без процедуры прогрева двигателя и без его отключения до завершения регенерации, причем рассчитываются средние результаты испытаний ВСПЦ с запуском в прогретом состоянии;
- 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 производиться корректировка регенерации либо мультипликативным, либо аддитивным способом на основе признанных технических правил.

Мультипликативные коэффициенты корректировки регенерации k_r определяются следующим образом:

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

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

Аддитивная корректировка регенерации (k_r) производится 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 :

- с) производится в случае взвешенных результатов испытания ВСПЦ, полученных в соответствии с пунктом 5.4.3;
- д) может производиться в случае испытаний ВСУЦ и ВСПЦ в условиях запуска холодного двигателя, если регенерация происходит во время цикла;
- е) может быть распространена на другие двигатели, которые входят в одно и то же семейство;
- ф) 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:

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

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

- б) в случае аддитивной корректировки регенерации

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

где:

- N_{cold} – общее количество твердых частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском холодного двигателя,
- N_{hot} – общее количество твердых частиц, выделенных в ходе испытательного цикла ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии,
- $W_{act,cold}$ – фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском холодного двигателя, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6 приложения 4В, в кВт·ч,
- $W_{act,hot}$ – фактическая работа за испытательный цикл ВСПЦ с запуском двигателя в прогретом состоянии, определенная в соответствии с пунктом 7.8.6 приложения 4В, в кВт·ч,
- k_r – корректировка регенерации в соответствии с пунктом 5.4.2; 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 округляются до трех знаков после запятой в соответствии с ASTM E 29–06В. Округление промежуточных значений, используемых для расчета окончательного результата удельных выбросов в режиме торможения, не допускается.

6. Определение количества фоновых твердых частиц

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

6.2 Вычитание количественных концентраций фоновых твердых частиц в туннеле для целей предоставления официального утверждения типа не допускается, однако оно может производиться 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 туннеле 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 твердых частиц состоит из пробника или точки отбора проб, в которой проба отбирается 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 твердых частиц (PNC), а также надлежащего отводящего патрубка.
 - 1.1.2 Перед входным отверстием VPR рекомендуется устанавливать предварительный сепаратор (например, циклонного типа, ударного типа и т.п.) для "сортировки" твердых 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 твердых частиц и измерения количества твердых частиц, причем проба для измерения количества твердых частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве альтернативы могут использоваться разные предварительные сепараторы и в этом случае проба для измерения количества твердых частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы твердых частиц.
 - 1.2 Общие предписания
 - 1.2.1 Точка отбора проб твердых частиц находится в системе разбавления.

Пробоотборник с наконечником или точка отбора проб твердых частиц и отводящий патрубок твердых частиц (РТТ) в совокупности образуют систему отвода твердых частиц (PTS). По системе PTS проба подается из туннеля для разбавления 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 туннеля на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров туннеля, ниже точки входа газов, навстречу газовому потоку, причем его ось в зоне

наконечника должна быть параллельной оси туннеля для разбавления. Пробоотборник устанавливается в канале для разбавления таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавляющего/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 приложения 4В), место точки отбора проб твердых частиц или пробоотборника определяется в отводящем патрубке твердых частиц перед устройством, удерживающим фильтр для твердых частиц, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора пробы/обходного канала. Место точки отбора проб или пробоотборника выбирается таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавляющего/отработавшего газа. Размеры пробоотборника для твердых частиц должны быть такими, чтобы он не мешал функционированию 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 точки отбора проб.

Время нахождения пробы в РТТ должно составлять ≤ 3 с.

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

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

Он должен иметь внутренний диаметр ≥ 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 сводилось к минимуму осаждение твердых частиц. 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 твердых частиц должна учитываться надлежащая практика отбора проб аэрозолей, предусматривающая ис-

ключение крутых изгибов и резких изменений диаметра, использование гладких внутренних поверхностей и сведение длины пробоотборной магистрали к минимуму. Допускаются плавные изменения поперечного сечения.

- 1.3 Конкретные предписания
- 1.3.1 Проба твердых 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 твердых 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, обозначенном 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 твердым 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 твердых частиц диаметром 100 нм; данное требование применяется ко всей системе отделителя VPR;
 - 1.3.3.5 также обеспечивать путем нагревания испарение частиц тетраоктана (C_4H_{10}) размером 30 нм на уровне $> 99,0\%$ при концентрации на входе $\geq 10\ 000/\text{см}^3$ за счет понижения парциального давления тетраоктана.
- 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 $1/\text{см}^3$ до верхнего предела измерения в каждом отдельном режиме работы счетчика PNC в соответствии с надлежащими стандартами. При концентрациях ниже $100/\text{см}^3$ для подтверждения точности счетчика PNC с высокой степенью статистической уверенности 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 см^3 при концентрациях ниже $100/\text{см}^3$;

- 1.3.4.4 иметь линейную чувствительность на изменения концентрации твердых частиц по всему диапазону измерений в каждом отдельном режиме работы счетчика;
- 1.3.4.5 обеспечивать регистрацию данных с 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 твердых частиц диаметром 23 нм (± 1 нм) и 41 нм (± 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 замена должна производиться 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 измеряются и сообщаются для целей корректировки процедур измерения концентрации твердых 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 твердых частиц (PTS, VPR, ОТ и PNC) определяется посредством переключения аэрозоля, который впрыскивается непосредственно на входе в PTS. Переключение аэрозоля производится менее чем за 0,1 с. Аэрозоль, используемый для испытания, должен вызывать изменение концентрации на уровне не менее 60% полной шкалы (FS).
- Регистрируется следовая концентрация. Для синхронизации сигналов, указывающих концентрацию количества твердых частиц и расход отработавших газов, время перехода определяется в качестве промежутка времени с момента изменения (t_0) до момента, когда показания сработавшей системы составляют 50% от конечных показаний (t_{50}).
- 1.4 Описание рекомендуемой системы
- В нижеследующем пункте перечисляются рекомендуемые аппаратные средства измерения количества твердых частиц. Вместе с тем допускается использование любой системы, отвечающей техническим характеристикам, указанным в пунктах 1.2 и 1.3.

На рис. 14 и 15 приводятся принципиальные схемы конфигураций системы отбора проб твердых частиц, рекомендуемой для частичного и полного разбавления потока, соответственно.

Рисунок 14

Принципиальная схема рекомендуемой системы отбора проб твердых частиц: отбор проб с частичным разбавлением потока

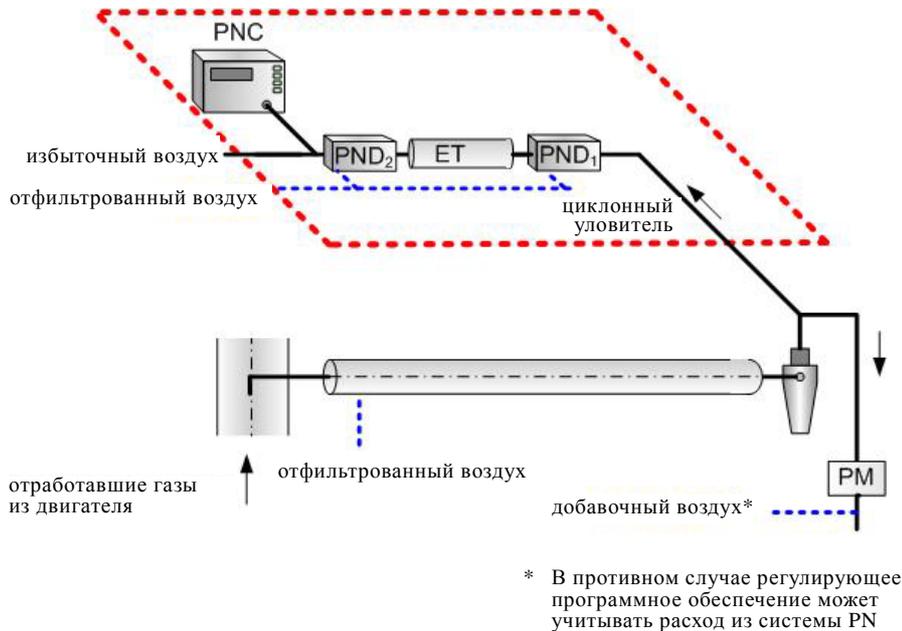
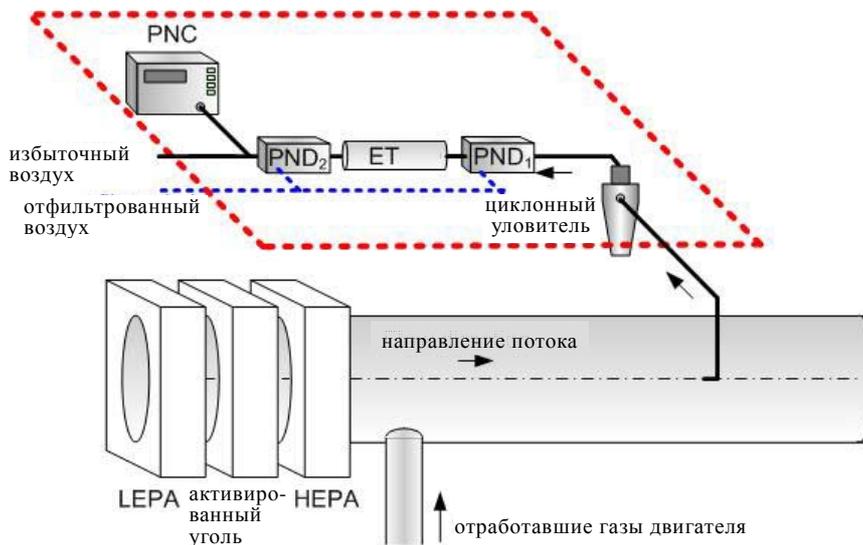


Рисунок 15

Принципиальная схема рекомендуемой системы отбора проб твердых частиц: отбор проб с полным разбавлением потока



1.4.1 Описание системы отбора проб

Система отбора проб твердых частиц состоит из пробоотборника с наконечником или точки отбора проб твердых частиц в системе разбавления, отводящего патрубка твердых частиц (РТТ), предварительного сепаратора твердых частиц (РСФ) и отделителя летучих частиц (VPR), установленного перед блоком измерения количественной концентрации твердых частиц (PNC). VPR включает в себя устройства для разбавления пробы (разбавители твердых частиц: PND1 и PND2) и испарения твердых частиц (испарительный патрубок, ET). Место для пробоотборника или для точки отбора проб из испытательного газового потока определяется в канале для разбавления таким образом, чтобы репрезентативные пробы потока газов отбирались из однородной смеси разбавляющего/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 твердых частиц

Пробоотборник с наконечником и отводящий патрубок твердых частиц (РТТ) в совокупности образуют систему отвода твердых частиц (PTS). По системе PTS проба подается из туннеля для разбавления на входное отверстие первого разбавителя твердых 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 устанавливается поблизости от осевой линии туннеля на расстоянии, составляющем 10–20 диаметров туннеля, ниже точки входа газов, навстречу газовому потоку, причем его ось в зоне наконечника должна быть параллельной оси туннеля для разбавления. Пробоотборник устанавливается в канале для разбавления таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавляющего/отработавшего газа.

В случае систем частичного разбавления потока, относящихся к типу полного отбора проб (как указано в пункте А.3.2.1 приложения 4В), место точки отбора проб твердых частиц определяется в отводящем патрубке твердых частиц перед устройством, удерживающим фильтр для твердых частиц, устройством для измерения расхода и любой точкой разделения канала для отбора проб/обходного канала. Место точки отбора проб или пробоотборника выбирается таким образом, чтобы проба отбиралась из однородной смеси разбавляющего/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 ≤ 3 с.

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

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

Его внутренний диаметр должен составлять ≥ 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 твердых частиц диаметром 30 нм.

1.4.3 Предварительный сепаратор твердых частиц

Перед VPR устанавливается рекомендуемый предварительный сепаратор твердых частиц, обеспечивающий 50-процентный уровень эффективности отделения частиц диаметром 2,5–10 мкм при объемном расходе потока, выбранном для целей измерения количества твердых частиц в выбросах. При указанном выше объемном расходе на выход предварительного сепаратора должны поступать по крайней мере 99% (по массе) пропускаемых через него твердых частиц размером 1 мкм.

В случае систем частичного разбавления потока допускается использование одного и того же предварительного сепаратора для определения массы твердых частиц и измерения количества твердых частиц, причем проба для измерения количества твердых частиц отбирается из системы разбавления, установленной после этого предварительного сепаратора. В качестве альтернативы могут использоваться разные предварительные сепараторы, и в этом случае проба для измерения количества твердых частиц отбирается из системы разбавления, установленной перед предварительным сепаратором, предназначенным для определения массы твердых частиц.

1.4.4 Отделитель летучих частиц (VPR)

VPR состоит из первого разбавителя частиц (PND₁), испарительного патрубка и второго разбавителя частиц (PND₂), 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 PND₁ и испарительного патрубка.

VPR должен обеспечивать путем нагревания и понижения парциального давления тетраоктана испарение частиц тетраоктана (CH₃(CH₂)₃₈CH₃) размером 30 нм на уровне $> 99,0\%$ при концентрации на входе $\geq 10\ 000/\text{см}^{-3}$. Он должен также обеспечивать применительно к обладающим электрической подвижностью частицам диаметром 30 нм и 50 нм коэффициент уменьшения концентрации (f_r), который не более чем на 30% и 20%, соответственно, выше и не более чем на 5% ниже по сравнению с таким коэффициентом для обладающих электрической подвижностью частиц диаметром

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

- 1.4.4.1 Первый разбавитель частиц (PND₁)
- 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 твердых частиц (PND₂)
- Конструкция PND₂ должна быть специально приспособлена для разбавления твердых частиц в высокой концентрации. В разбавитель подается разбавляющий воздух, пропущенный через фильтр HEPA, и он должен быть в состоянии обеспечивать 10–30-кратный коэффициент единичного разбавления. Коэффициент разбавления для PND₂ выбирается в диапазоне от 10 до 15 таким образом, чтобы количественная концентрация твердых 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 твердых частиц (PNC)
- PNC должен отвечать требованиям пункта 1.3.4.
2. Калибровка/подтверждение соответствия системы отбора проб твердых частиц¹
- 2.1 Калибровка счетчика количества твердых 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 подвергается повторной калибровке и на него выдается новый калибровочный сертификат.

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

2.1.3 Калибровка производится в соответствии со стандартными методами калибровки:

- a) путем сопоставления показаний калибруемого счетчика PNC с показаниями калиброванного аэрозольного электрометра при одновременном отборе проб калибровочных частиц, дифференцированных по электростатическому заряду; или
- b) путем сопоставления показаний калибруемого счетчика PNC с показаниями 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. Проведения 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 сажевым фильтром. Техническая служба обеспечивает наличие калибровочного сертификата или свидетельства о соответствии отделителя летучих частиц в сроки, не превышающие 6 месяцев до проведения испытания на выбросы. Если конструкцией отделителя летучих частиц предусматривается использование сигнальных датчиков температуры, то для целей подтверждения соответствия допускается 12-месячный интервал.

Параметры отделителя VPR снимаются для коэффициента уменьшения концентрации обладающих электрической подвижностью твердых частиц диаметром 30, 50 и 100 нм. Применительно к обладающим электрической подвижностью твердым 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 твердых частиц диаметром 100 нм. Для целей подтверждения соответствия средний коэффициент уменьшения концентрации должен равняться среднему коэффициенту ($\overline{f_r}$), определенному при первоначальной калибровке VPR, с допустимым отклонением $\pm 10\%$.

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

Коэффициент уменьшения концентрации для частиц каждого размера рассчитывается 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 ($\overline{f_r}$) при данном значении регулировки коэффициента разбавления рассчитывается следующим образом:

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30\text{ нм}) + f_r(50\text{ нм}) + f_r(100\text{ нм})}{3}.$$

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, отрегулированном на минимальное значение, и рабочей температуре, рекомендуемой изготовителем, VPR должен обеспечивать удаление свыше 99,0% обладающих электрической подвижностью частиц тетраоктана (C_8H_{18}) размером 30 нм с концентрацией на входе $\geq 10\,000\text{ см}^{-3}$.
- 2.3 Процедуры проверки системы определения количества твердых частиц
- 2.3.1 Перед началом каждого испытания счетчик частиц должен показывать значения замеренной концентрации, составляющие менее 0,5 частицы на 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 твердых частиц параметры потока, поступающего в него, должны соответствовать номинальному расходу счетчика $\pm 5\%$.
- 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 ха-

рактеристики, – 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 см^{-3} ; по возвращении же 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 – согласно показаниям системы измерения – температура в разбавителе PND₁ достигла надлежащего рабочего значения".
