

**ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**  
(в редакции, утвержденной приказом Росстандарта № 716 от 10.04.2020 г.)

**Стенд для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS**

**Назначение средства измерений**

Стенд для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS (далее – стенд) предназначен для научно-исследовательских, доводочных и сертификационных испытаний вновь разрабатываемых и серийно выпускаемых двигателей на соответствие требованиям ГОСТ 14846-81 и международных экологических стандартов, на ПАО «Автодизель», г. Ярославль.

**Описание средства измерений**

Стенд состоит из системы автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS, асинхронного электрического тормоза DYNOEXACT APA 404/4.2 PA, создающего тормозной момент на испытываемом двигателе, комплекта датчиков измерения температуры и давления, приборов для измерения массового расхода топлива (AVL 735S) с системой контроля температуры топлива, системы измерений выбросов вредных веществ с отработавшими газами (далее - ОГ) двигателя AMA 4000 и прибора для измерения выброса твердых частиц с ОГ двигателя Smart Sampler SPC 472.

Система автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS представляет собой модульную конструкцию, состоящую из базового блока и измерительных модулей F-FEMов. Измерительный модуль F-FEM-AIN предназначен для измерения аналоговых сигналов по 16 входным каналам непосредственно с диагностируемого оборудования, а также позволяет измерять сигналы с тензометрических датчиков. Измерительный модуль F-FEM-CNT предназначен для измерения частоты вращения двигателя и временных периодов электрических сигналов. Измерительный модуль F-FEM-DAC предназначен для генерирования выходных аналоговых сигналов для получения на выходе либо напряжения, либо тока. Измерительный модуль F-FEM-DIO предназначен для ввода/вывода цифровых каналов по 16 входным и 16 выходным каналам на реле с нормально разомкнутыми контактами. Система снабжена интерфейсами для подсоединения системы измерений выбросов вредных веществ с ОГ AMA 4000 и прибора измерения твердых частиц SPC 472. Дополнительное программное обеспечение GEM 301 позволяет синхронизировать работу моторного стенда и приборов для измерения токсичности отработавших газов, что позволяет реализовывать циклы испытаний, проводить измерения и расчеты полученных данных в соответствии с требованиями международных экологических стандартов.

Асинхронный электрический тормоз DYNOEXACT APA 404/4.2 представляет из себя электрическую машину, способную работать как в моторном, так и в генераторном режиме. Статор машины помещен в балансирную подвеску, на которой установлен датчик весоизмерительный тензорезисторный Shear Beam модели 3410 компании «Vishay Tede-Huntleigh(Beijing) Electronics Co., Ltd.», Китай. На свободном валу установлен датчик частоты вращения ROD 426. Принцип измерения частоты вращения основан на преобразовании угла поворота вала в последовательность электрических импульсов, величина которых пропорциональна частоте вращения. Вторичный микропроцессорный прибор EMCON 400 подсчитывает количество импульсов от датчика ROD 426 в единицу времени и отображает частоту вращения вала. Принцип измерения крутящего момента силы основан на измерении тангенциальной силы устройства, создающего момент, с помощью тензорезисторного датчика силы. Информация о результатах измерений крутящего момента силы и частоты вращения отображается на дисплее, расположенном на лицевой панели прибора EMCON 400, а также передается в компьютер системы автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS.

Стенд включает в себя 25 датчиков температуры, из которых 15 датчиков являются термопреобразователями сопротивления PT100/FEM-AI и предназначены для измерений температуры всасываемого воздуха, охлаждающей жидкости, масла и топлива, и 10 датчиков – кабельными термоэлектрическими преобразователями KTXA с HCX типа «К» (по ГОСТ Р 8.585-2001), предназначенные для измерений температуры отработанных газов. Датчики температуры через измерительные модули F-FEM-AIN и F-FEM-P соединены с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS.

Стенд включает в себя два вспомогательных модуля C-FEM-P и F-FEM-AIN, которые предназначены для поканальных измерений избыточного и абсолютного давления.

Каналы модулей предназначены для измерений:

- барометрического давления
- давления масла
- давления-разрежения воздуха на впуске
- давления отработавших газов
- давления воздуха после компрессора.

Каждый из вспомогательных модулей (C-FEM-P и F-FEM-AIN) может включать до 8 первичных преобразователей каждый.

Принцип действия основан на использовании зависимости между измеряемым давлением и упругой деформацией чувствительного элемента первичного преобразователя.

Принцип действия прибора для измерений массового расхода топлива AVL 735S основан на использовании силы Кориолиса, зависящей от массы жидкости и скорости её движения. При прохождении топлива через изогнутую трубку датчика, трубка изгибается пропорционально массовому расходу под воздействием силы Кориолиса. Угол изгиба трубки измеряется специальным датчиком. При этом происходит прямое измерение массового расхода топлива. В дальнейшем сигнал от датчика поступает в микропроцессорный блок обработки сигнала и через интерфейс RS232 в систему автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS.

Система измерения ОГ АМА 4000 представляет собой многоканальный газоанализатор и состоит из трех основных модулей, размещенных в одной стойке: модуля управления, аналитического модуля и модуля подготовки пробы. Модуль управления выполняет функции управления режимными параметрами установки и обработку данных. При помощи этого модуля производится запуск всей системы, градуировка анализаторов, выполняется диагностика, осуществляется связь с 4 отдельными газоаналитическими блоками (анализатор  $\text{CO}_2$  EGR/ $\text{CO}_L$  (низкие); подогреваемый анализатор углеводородов  $\text{THC}/\text{CH}_4$ ; подогреваемый анализатор оксидов азота  $\text{NO}/\text{NO}_x$ ; и анализатор  $\text{CO}_2/\text{CO}_H$  (высокие)/ $\text{O}_2$ ) и внешней системой управления. Модуль подготовки пробы предназначен для отбора пробы ОГ двигателя из выхлопной трубы. Отобранная проба фильтруется, кондиционируется по температуре и для анализаторов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{O}_2$  осушается. Установку режимных параметров и запуск газоаналитической системы выполняют нажатием на определенные поля на панели управления (Touch Screen). На мониторе высвечиваются поля показаний газоанализаторов, каждое поле отражает тип газоанализатора, концентрацию и расход анализируемого газа, диапазон измерения. Анализаторы  $\text{CO}_2$  EGR,  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2/\text{CO}_H$  (высокие)/ $\text{O}_2$  функционируют в индикаторном режиме, без нормирования метрологических характеристик.

Принцип действия газоанализаторов: метод инфракрасной спектроскопии ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), хемилюминесцентного детектирования ( $\text{NO}/\text{NO}_x$ ), парамагнитной восприимчивости ( $\text{O}_2$ ), пламенной ионизации (определение суммы углеводородов  $\text{THC}$  в пересчете на метан).

Принцип действия прибора измерения твердых частиц Smart Sampler SPC 472 основан на частично-поточном разбавлении потока отработавших газов и пропускании его через предварительно взвешенный фильтр. После выполнения цикла испытаний фильтр взвешивается повторно и разница между вторым и первым взвешиванием покажет, какая масса частиц осталась на фильтре.

Общий вид стенда и его компонентов приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Общий вид стенда для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS

Пломбирование компонентов стенда для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS не предусмотрено.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) стенда состоит из встроенного и автономного ПО.

Встроенное ПО установлено в энергонезависимой памяти модулей F-FEM на заводе-изготовителе во время производственного цикла, доступ пользователя к нему полностью отсутствует и в процессе эксплуатации изменению не подлежит. Конструкция модулей исключает возможность несанкционированного влияния на ПО СИ и измерительную информацию в соответствии с п. 4.3 рекомендации по метрологии Р 50.2.077-2014.

Автономное ПО предназначено для отображения результатов измерений, архивирования измеренных данных, управления двигателем и средствами измерений, а также для диагностики оборудования.

Идентификационные данные автономной части ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	AVL PUMA OPEN
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.3
Цифровой идентификатор программного обеспечения	отсутствует

Уровень защиты автономного программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений – «средний» в соответствии с рекомендацией по метрологии Р 50.2.077-2014, программное обеспечение защищено от преднамеренных изменений с помощью простых программных средств.

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические и основные технические характеристики стенда приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений крутящего момента силы, Н·м	от 200 до 2000
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений крутящего момента силы, % (от диапазона измерений)	±0,25

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений частоты вращения коленчатого вала, об/мин	от 200 до 4000
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений частоты вращения к диапазону измерений в диапазоне рабочих температур, %	$\pm 0,5$
Диапазон измерений массового расхода топлива, кг/ч	от 0,2 до 125
Пределы относительной погрешности измерений массового расхода топлива, %	$\pm 1$
Диапазон измерений температуры всасываемого воздуха, °C	от 0 до +60
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры всасываемого воздуха, °C	$\pm 1$
Диапазон измерений температуры охлаждающей жидкости, °C	от 0 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры охлаждающей жидкости, °C	$\pm 2$
Диапазон измерений температуры масла, °C	от 0 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры масла, °C	$\pm 2$
Диапазон измерений температуры топлива, °C	от 0 до +60
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры топлива, °C	$\pm 2$
Диапазон измерений температуры отработанных газов, °C	от 0 до +1000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры отработанных газов, °C	$\pm 20$
Диапазон измерений барометрического давления, кПа (абс.)	от 80 до 120
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений барометрического давления, Па	$\pm 200$
Диапазон измерений давления масла, кПа	от 300 до 1000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений давления масла, кПа	$\pm 20$
Диапазон измерений давления отработавших газов, кПа	от -30 до +30
Пределы основной приведенной погрешности измерений давления отработавших газов, % от диапазона измерений (ДИ)	$\pm 3$
Диапазон измерений давления воздуха после компрессора, кПа	от 0 до 250
Пределы основной приведенной погрешности измерений давления воздуха после компрессора, % от диапазона измерений (ДИ)	$\pm 5$
Диапазон измерений давления-разрежения воздуха на впуске, кПа	от -15 до +5
Пределы основной приведенной погрешности измерений давления-разрежения воздуха на впуске, % от диапазона измерений (ДИ)	$\pm 3$
Каналы измерений ОГ:	
Диапазон измерений объемной доли оксида углерода CO, млн <sup>-1</sup> (диапазон L - низкие)	от 0 до 200
Пределы допускаемой погрешности измерений оксида углерода CO, приведенной к диапазону, % (диапазон L)	$\pm 5$
Диапазон измерений объемной доли суммы углеводородов THC в пересчете на метан CH <sub>4</sub> , млн <sup>-1</sup>	от 0 до 200
Пределы допускаемой погрешности измерений суммы углеводородов THC в пересчете на метан CH <sub>4</sub> , приведенной к диапазону, %	$\pm 5$
Диапазон измерений объемной доли оксидов азота NO <sub>x</sub> в пересчете на NO, млн <sup>-1</sup>	от 0 до 2000
Пределы допускаемой погрешности измерений оксидов азота NO <sub>x</sub> в пересчете на NO, приведенной к диапазону, %	$\pm 5$

Таблица 3 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Параметры электрического питания: - напряжение, В - частота, Гц	от 187 до 242 от 49 до 51
Потребляемая мощность, кВт	5
Габаритные размеры, мм - шкаф управления, не менее - пульт управления	2212×1902×616 2114×766×1150
Условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С	от +10 до +30
Вероятность безотказной работы за 1000 часов, не менее	0,92

### Знак утверждения типа

наносится на эксплуатационную документацию типографским способом.

### Комплектность средств измерений

Комплектность стенда приведена в таблице 4.

Таблица 4

Наименование	Обозначение	Количество
Стенд для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS в составе: - асинхронный электрический тормоз - комплект датчиков измерений температуры - комплект датчиков измерений давления - прибор для измерения расхода топлива - прибор для измерения твердых частиц - система измерений концентрации ОГ - соединительные кабели	DYNOEXACT APA 404/4.2 - - AVL 735S Smart Sampler SPC 472 AMA 4000 -	1 комплект
Методика поверки	МП 207-003-2020	1 шт.
Поверочный рычаг с подвесом	-	1 шт.
Формуляр	ФО.661.002	1 шт.

### Поверка

осуществляется по документу МП 207-003-2020 «Стенд для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» 30.01.2020 г.

Основные средства поверки:

- гири класса точности М1 с номинальным значением массы 20 кг, количество 10 шт. (рег. № 58048-14);

- тахометр АТТ серии 6000 (рег. № 27264-04);

- весы лабораторные электронные LP3200D (рег. № 22403-03);

- секундомер механический СОСпр (рег. № 11519-11);

- манометры избыточного давления грузопоршневые МП-2,5; МП-60 (рег. № 58794-14);

- манометр абсолютного давления МПАК-15 (рег. № 24971-03);

- задатчики давления Воздух-1600 (Регистрационный № 12143-04);

- термометры лабораторные ЛТ-300 (рег. № 61806-15);

- термометры лабораторные электронные ЛТА (рег. № 69551-17);

- калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные ИКСУ-2000 (рег. № 20580-06);

- калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) (рег. № 52489-13);

ГСО состава газовых смесей: ГСО 10530-2014 CH<sub>4</sub> в воздухе; ГСО 10546-2014 NO в азоте; ГСО 10530-2014 CO в азоте.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

**Сведения о методиках (методах) измерений**  
приведены в эксплуатационной документации.

**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к стенду для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open HD EMISSIONS**

ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 8.752-2011 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений крутящего момента силы

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2019 г. № 2900 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $1 \cdot 10^7$  Па»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2018 г. № 1339 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14.12.2018 г. № 2664 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах»

Техническая документация фирмы-изготовителя «AVL LIST GmbH», Австрия

**Изготовитель**

Фирма «AVL LIST GmbH», Австрия

Адрес: HANS-LIST-PLATZ 1 A-8020 GRAZ

Тел.: +43 316 787-1083, факс: +43-316-787-1796

**Заявитель**

Публичное акционерное общество «Автодизель» (Ярославский моторный завод)  
(ПАО «Автодизель» (ЯМЗ))

ИНН: 7601000640

Адрес: 150040, г. Ярославль, пр-т Октября, д. 75

Тел.: +7 (4852) 27-40-11; факс +7 (4852) 58-81-44

**Испытательные центры**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, д. 46

Тел.: +7 (495) 437-55-77; факс: +7 (495) 437-56-66

E-mail: [office@vniims.ru](mailto:office@vniims.ru)

Web-сайт: [www.vniims.ru](http://www.vniims.ru)

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 29.03.2018 г.

(Редакция приказа Росстандарта № 716 от 10.04.2020 г.)

Общество с ограниченной ответственностью «ТестИнТех»

Адрес: 123308, г. Москва, ул. Мневники, д. 1

Тел.: +7 (499) 944-40-40

E-mail: [poverim@bk.ru](mailto:poverim@bk.ru)

Аттестат аккредитации ООО «ТестИнТех» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.312099 от 27.02.2017 г.

(Редакция приказа Росстандарта № 716 от 10.04.2020 г.)

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

А.В. Кулешов

М.п. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.