

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДИЗЕЛЕЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В.Н. Бондарь, А.А. Малозёмов

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF PARTICULATE EMISSION WITH THE EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES BY MEANS OF GRAVIMETRIC METHOD

V.N. Bondar, A.A. Malozemov

Приводится описание гравиметрического метода определения выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизельных двигателей и реализующего этот метод испытательного комплекса. Изложены результаты экспериментального определения выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей производства ОАО «ПО Алтайский моторный завод» (АМЗ) одного типоразмерного ряда.

Ключевые слова: дизель, испытания, твердые частицы, гравиметрический метод, минитуннель.

The description of the gravimetric method of the particulate emission with the exhaust gases of diesel engines and test complex which realizes this method are considered. The results of the experimental determination of particulate emission with the exhaust gases of diesel engines of the equal dimension-type produced by the open joint stock company «Production Enterprise Altai Motor Plant» (AMP) (OAO «Proizvodstvennoe Obединenie Altaysky Motorny Zavod» (AMZ) are described.

Keywords: diesel engine, tests, particulate matters, gravimetric method, minitunnel.

Введение. В настоящее время Российская Федерация присоединяется к межправительственным соглашениям в области охраны окружающей среды, в том числе, вводит экологические стандарты, гармонизированные с международными. Поршневые двигатели внутреннего сгорания по-прежнему являются одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха, поэтому ограничение выбросов вредных веществ с отработавшими газами является одной из наиболее актуальных проблем двигателестроения. В России с недавних пор начали действовать требования Правил ЕЭК ООН №№ 24, 49, 83 и 96, который оформлены в виде стандартов ГОСТ Р 41.24, ГОСТ Р 41.49, ГОСТ Р 41.83 и ГОСТ Р 41.96, соответственно. На дизели тракторов, дорожно-строительных, инженерных и сельскохозяйственных машин распространяются нормы ГОСТ Р 41.96, последняя редакция которого (ГОСТ Р 41.96-2005 [1]) введена в действие с 1 января 2008 года. Кроме ужесточения действующих норм (ГОСТ 17.2.2.05), касающихся выбросов оксидов азота, углерода II и углеводородов, в ГОСТ Р 41.96, впервые в отечественной практике, введены требования к содержанию в отработавших газах твердых (дисперсных) частиц (табл. 1).

Нормы ГОСТ Р 41.96-2005 (Правила ЕЭК ООН) удельных выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей, г/кВт^ч

Таблица 1

Диапазон мощности, кВт	Нормы выбросов для дизелей поставленных на производство	
	до 01.01.2008	после 01.01.2008
18...37	–	0,8
37...75	0,85	0,4
75...130	0,70	0,3
130...560	0,54	0,2

Стандарт регламентирует метод определения данного параметра - гравиметрический. Это вызвано тем, что косвенные методы, основанные на аппроксимационной зависимости концентрации твердых частиц от дымности и выбросов других вредных веществ, имеют низкую точность [2].

Требования к оценке выбросов твердых частиц с отработавшими газами тракторных дизелей в РФ вводятся впервые, поэтому выбор измерительного оборудования до последнего времени был ограничен продукцией фирм Horiba - туннель MDLT-1300T, AVL - туннель SPC 472 Smart Sampler. Принцип их работы заключается в пропускании разбавленных в определенной пропорции отработавших газов через стекловолоконный фильтр с фторуглеродным покрытием или фильтр с фторуглеродной основой мембранного типа, который взвешивается до и после эксперимента. Фильтр должен иметь 0,3 мм DOP (диоктилфтолат), степень улавливания не менее 95 % при скорости потока газа от 35 до 80 см/с). В качестве весового устройства могут использоваться как весы, входящие в комплект поставки, так и приобретенные отдельно (при условии соответствия требованиям ГОСТ Р 41.96). Стоимость этих приборов очень высока, и в Российской Федерации их имеется несколько штук.

1. Испытательный комплекс. Разработанный с участием авторов испытательный комплекс для определения выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей различных типов включает в себя разбавительный туннель MT-120, разработанный институтом TUV-UVMV (Чехия) (рис. 1, а), систему пробоотбора на нагрузочном стенде (рис. 1, б), весы «Mettler Toledo» AX26DR для взвешивания фильтров (в климатической камере на виброизолирующем фундаменте, имеющие точность - 2 мкг) (рис. 2, б), фильтры - «Pall Flex». Общая схема комплекса приведена на рис. 3.

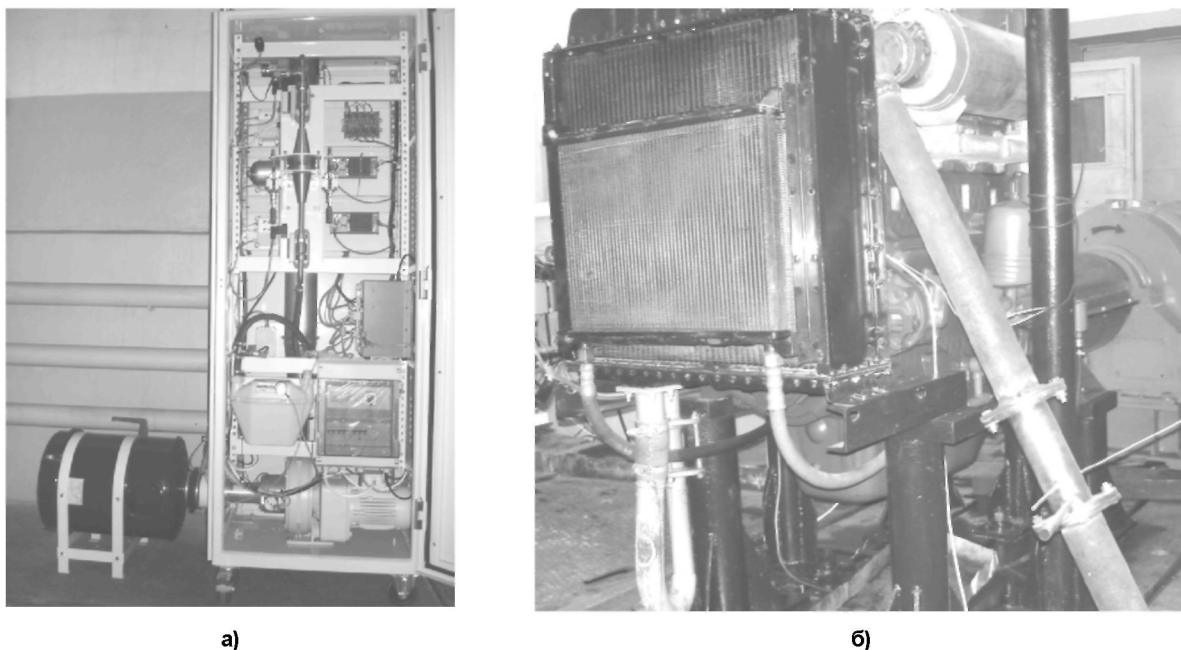


Рис. 1. Система для измерения выбросов вредных частиц: а) туннель MT-120, б) пробоотборник в системе отвода отработавших газов

Пробоотборник (рис. 3) является изокINETической системой, в которой скорость и давление потока в отводящем патрубке должны совпадать с соответствующими параметрами основного потока отработавших газов. Для этого требуется обеспечить наличие невозмущенного и однородного потока у входа в пробоотборник, что достигается использованием у входа резонатора и трубы с прямым участком. Условие равенства скоростей и давлений обеспечивается регулятором расхода FC1, который считывает сигнал датчика давления DPT и управляет вытяжным насосом SB. Коэффициент разделения потока пропорционален отношению площадей поперечных сечений труб EP и ISP. Разбавляющий воздух проходит через фильтр DAF, его температура поддерживается в диапазоне 25 ± 5 °С. Температура стенок туннеля DT не должна превышать 52 °С, для обеспечения этого условия использована система терморегулирования с микропроцессорным управлением. Система отбора проб необходима для осаждения на фильтре для отбора вредных

2. Результаты испытаний. Испытательный комплекс в установленном порядке внесен в Реестр оборудования Ростехрегулирования РФ. В 2007-2008 гг. на стенде проведены комплексные испытания дизелей производства ОАО «ПО Алтайский моторный завод», включая определение выбросов вредных веществ и твердых частиц с отработавшими газами по ГОСТ 41.96-2005. Циклы испытаний приведены в табл. 2, а результаты на рис. 4.

Таблица 2

Циклы испытаний для определения содержания токсичных веществ в отработавших газах дизелей по ГОСТ Р 41.96 (Правила ЕЭК ООН № 96)

Частота вращения	Нагрузка, % от номинальной	Весовой коэффициент режима	№ режима
Номинальная	100	0,15	1
	75	0,15	2
	50	0,15	3
	10	0,1	4
Промежуточная (соответствует максимальному крутящему моменту)	100	0,1	5
	75	0,1	6
	50	0,1	7
Минимальный холостой ход	0	0,15	9

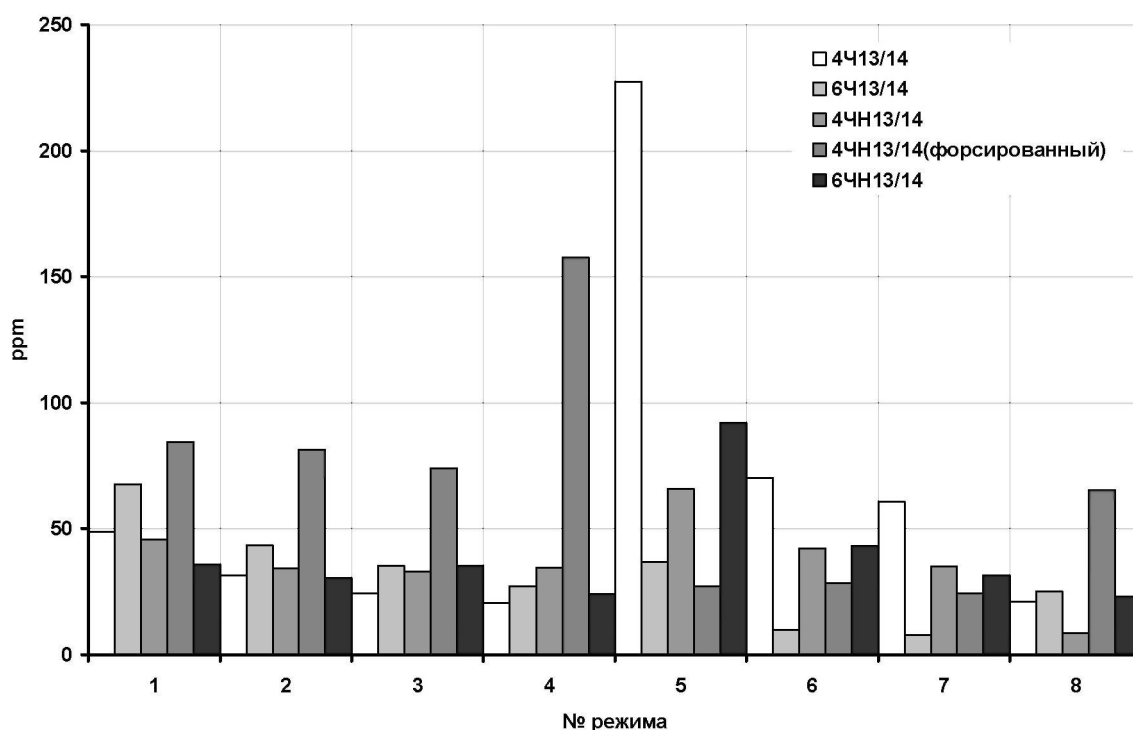


Рис. 4. Результаты экспериментального определения выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей АМЗ (№ режима по табл. 2)

Для дизелей производства Алтайского моторного завода такие испытания проведены впервые. Они подтвердили соответствие двигателей требованиям нормативных документов, но одновременно выявили потенциально «слабые» места, на которые необходимо обратить внимание в процессе модернизации, так как модернизируемые дизели должны соответствовать более жестким экологическим требованиям (см. табл. 1).

Закключение. Приборный комплекс для определения содержания твердых частиц в отработавших газах дизельных двигателей гравиметрическим методом показал свою работоспособность и высокую эффективность при проведении научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, сертификационных испытаний дизелей различных типов.

Литература

1. ГОСТ Р 41.96-2005 Единые предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной техники в отношении выброса вредных веществ этими двигателями.

2. Memorandum. Department of Environmental Conservation Division of Air and Water Quality - Air Permits Program // Bill MacClarence, P.E., Supervisor. Correlation between particulate mass and visible emissions from the combustion of diesel fuel.

Поступила в редакцию 2 июня 2008 г.

Бондарь Владимир Николаевич. Кандидат технических наук, заслуженный машиностроитель Российской Федерации, заведующий кафедрой «Специальные и дорожно-строительные машины» Южно-Уральского государственного университета, генеральный директор ОАО «НИИ Автотракторной техники». Область научных интересов - испытания дизелей военных машин.

Bondar Vladimir Nikolaevich. Cand.Sc. (Engineering), Honored Mechanical Engineer of the Russian Federation, Head of the Special and Road Building Machines Department of the South Ural State University, Director-General of the open joint stock company «Scientific Research Institute of Automotive Engineering» (ОАО «Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Avtotraktornoi Tekhniki»). Professional interests: testing of diesel engines of the military machines.

Малоземов Андрей Адиевич. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Специальные и дорожно-строительные машины» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов - рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания.

Malozemov Andrey Adievich. Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Special and Road Building Machines Department of the South Ural State University. Professional interests: operating processes of internal combustion engines.