

УДК 621.1.018

А.П. ПОЛИВЯНЧУК, Т.С. ХАРИТОНОВА, Т.В. НЕСМАШНАЯ

*Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля, Украина***ПОВЫШЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ – МИКРОТУННЕЛЯ МКТ-2**

Представлены результаты работ по усовершенствованию системы контроля выбросов дизельных твердых частиц, позволяющих повысить ее универсальность и точность. Оценена эффективность сделанных усовершенствований.

дизель, испытания, отработавшие газы, твердые частицы, массовый выброс, микротуннель, универсальность, точность

Введение

С введением в автомобильном транспорте в 1993 г. норм EURO в ряд нормируемых экологических величин дизельных двигателей добавился новый показатель – массовый выброс твердых частиц (ТЧ) с отработавшими газами (ОГ) дизеля. Вместе с выбросами газообразных вредных веществ (монооксида углерода, оксидов азота и углеводородов) данный показатель начал измеряться в ходе сертификационных испытаний автомобильных дизелей.

Для измерения массовых выбросов дизельных твердых частиц необходимо специальное оборудование – разбавляющий туннель, которое в настоящее время отечественной промышленностью не производится. В период с 1996 по 2006 гг. в Восточноукраинском национальном университете (ВНУ) им. В. Даля проводились работы по созданию такого оборудования [1, 2]. Результатом выполнения данных работ стал макетный образец измерительного комплекса с микротуннелем МКТ-2 для контроля массовых выбросов ТЧ с ОГ дизелей. Несмотря на успешные испытания микротуннеля на различных двигателях [3, 4] данная измерительная система нуждалась в совершенствовании. С одной стороны, МКТ-2 мог использоваться только на стационарных режимах работы двигателя, в то время, как с 2000 г. начали применяться транзитные циклы ЕТС, предусматривающие испытания дизелей на переходных режимах работы [5]. С другой стороны, в последнее время резко

возросли требования к точности измерений выбросов дизельных твердых частиц, что также необходимо учитывать при создании измерительного оборудования (по сравнению с 1993 г. в 2005 г. нормы выбросов ТЧ дизелями грузовых автомобилей снизились с 0,36 до 0,02 г/кВт^{8ч} – т.е. в 18 раз [5]).

Постановка задачи. Целью совершенствования измерительного комплекса с микротуннелем МКТ-2 являлось повышение его универсальности (за счет обеспечения возможности применения МКТ-2 на переходных режимах работы двигателя) и максимальное снижение результирующей погрешности измерений массовых выбросов ТЧ. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

- анализ возможности повышения универсальности и точности МКТ-2;
- модернизация модуля управления микротуннелем путем передачи функций контроля и управления процессом измерений от микропроцессорного блока персональному компьютеру (и разработка соответствующего программного обеспечения);
- оценка эффективности усовершенствований МКТ-2.

**1. Принцип действия МКТ-2.
Пути повышения его универсальности
и точности**

В микротуннеле МКТ-2 осуществляется смешивание части потока ОГ, отбираемых из вы-

хлопной системы дизеля (G_{exh}^t), с потоком чистого воздуха (G_{dil}), что позволяет имитировать в туннеле естественное поведение твердых частиц в атмосфере (рис. 1).

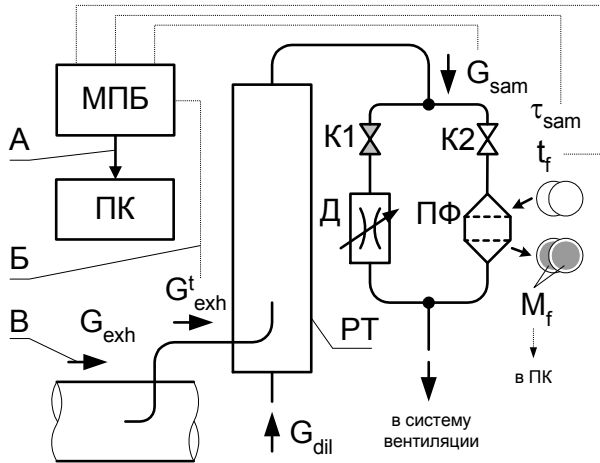


Рис. 1. Принципиальная схема МКТ-2:
МПБ – микропроцессорный блок;
ПК – персональный компьютер;
РТ – разбавляющий туннель;
K1, K2 – шаровые краны; Д – дроссель;
ПФ – патрон с фильтрами для отбора ТЧ;
А, Б и В – усершенствования МКТ-2

Определенное количество разбавленных ОГ пропускается через фильтры, на которых собираются ТЧ с массой M_f .

По результатам измерений параметров испытываемого двигателя и микротуннеля рассчитываются массовые – PT_{mass} и удельные – PT выбросы твердых частиц:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{sam}} \cdot q \cdot G_{exh}, \text{ г/ч}, \quad (1)$$

где M_f – масса ТЧ, собранных на фильтрах, г;

M_{sam} – масса пробы разбавленных ОГ, прошедших через фильтры, кг;

q – коэффициент разбавления ОГ в туннеле;

G_{exh} – массовый расход ОГ дизеля, кг/ч;

$$PT = \frac{PT_{mass}}{N_e}, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

где N_e – эффективная мощность дизеля на режиме испытаний, кВт.

Анализ установленной технологии измерений выбросов дизельных ТЧ показывает:

– для обеспечения возможности применения МКТ-2 на переходных режимах работы дизеля необходимо осуществлять непрерывный контроль и регистрацию величин M_{sam} , q , G_{exh} и N_e ;

– для эффективного снижения погрешностей измерений выбросов ТЧ необходимо повышать точность определения величин, используемых при вычислениях PT_{mass} и PT (формулы (1) и (2)).

2. Суть усершенствований МКТ-2

Выполнены следующие мероприятия, позволяющие достичь поставленной цели исследований (рис. 1).

А. Разработаны электронное и программное обеспечение, позволяющие передать функции управления МКТ-2 от микропроцессорного блока персональному компьютеру. Это позволило обеспечить проведение непрерывного контроля (с минимальными погрешностями измерений) всех параметров дизеля и микротуннеля, используемых при вычислениях величин PT_{mass} и PT (рис. 2).

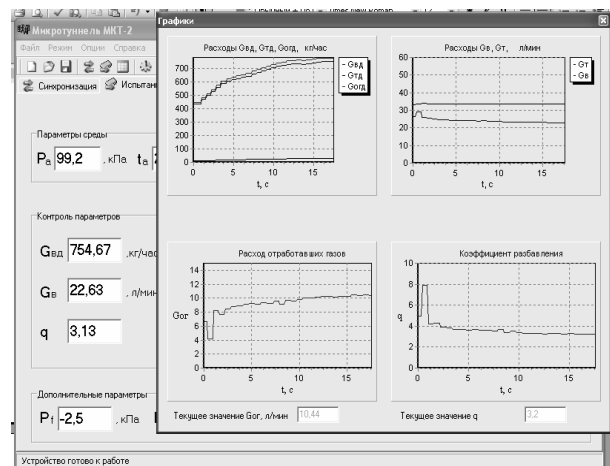
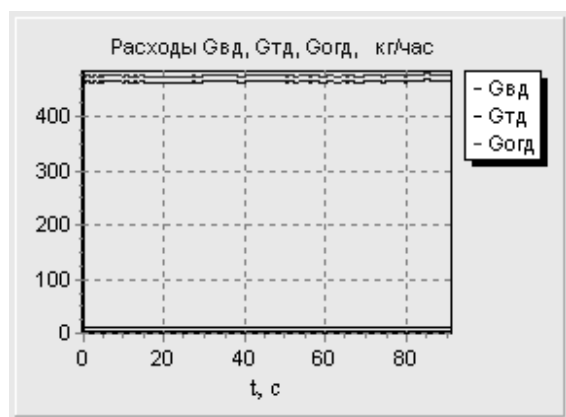


Рис. 2. Окна «Испытания» и «Графики» программного обеспечения МКТ-2

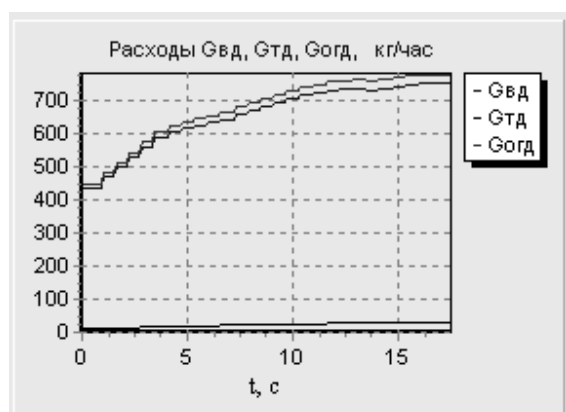
Б. Произведена замена компенсационного способа измерения расхода поступающей в туннель части ОГ G_{exh}^t (эффективного только на стационарных режимах работы дизеля) на дифференциальный способ, обеспечивающий оптимальную точность измерений G_{exh}^t как на стационарных, так и на переход-

ных режимах испытаний (при данном способе G_{exh}^t определяется как разность величин G_{sam} и G_{dil} (рис. 1)).

В. В конструкцию МКТ-2 включен дополнительный элемент: модуль контроля массового расхода ОГ двигателя, позволяющий измерять, регистрировать и вычислять среднее за режим испытаний значение величины G_{exh} (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Контроль G_{exh} на стационарном (а) и переходном (б) режимах испытаний

3. Эффективность усовершенствований МКТ-2

Выполнение названных мероприятий позволило: использовать измерительный комплекс с микро-туннелем МКТ-2 на стационарных и переходных режимах работы дизеля, существенно повысить точность измерений выбросов ТЧ и сократить продолжительность испытаний (табл. 1), а также

значительно упростить процедуры подготовки к испытаниям, обработки полученных результатов и их протоколирования.

Таблица 1

Влияние усовершенствований МКТ-2 на его работу

Характеристика	Усовершенствования МКТ-2	
	нет	есть
Точность измерений	5...25%	2...8%
Время подготовки к замеру	5...10 мин	0,5...2 мин
Экономия топлива	—	5...12%

В мае-июне 2007 г. специалистами ВНУ им. В. Даля и Национального технического университета «ХПИ» проведены исследовательские испытания МКТ-2 на тормозном стенде дизеля СМД-23 (под руководством проф. Парсаданова И.В.). В ходе исследований проводились замеры выбросов ТЧ на стационарных и переходных режимах работы дизеля (рис. 4). Испытания продемонстрировали эффективность усовершенствованного МКТ-2.

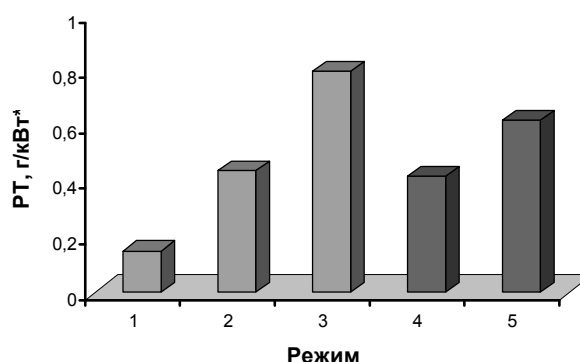


Рис. 4. Результаты измерений удельных выбросов ТЧ дизелем СМД-23:
стационарные режимы: 1-й: $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$, $M = 139,7 \text{ Н*м}$ (30% от $M_{\max}$); 2-й: $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$, $M = 327,9 \text{ Н*м}$ (70% от $M_{\max}$); 3-й: $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, $M = 467,7 \text{ Н*м}$ (100% от $M_{\max}$);
переходные режимы: 4-й: переход с 1-го на 2-й режим; 5-й: переход со 2-го на 3-й режим

Выводы

1. Усовершенствован измерительный комплекс с микротуннелем МКТ-2 для контроля выбросов дизельных ТЧ путем передачи функций контроля и управления процессом измерений от микропроцессорного блока персональному компьютеру (с разработкой соответствующего программного обеспечения). Это обеспечило возможность применения МКТ-2 как на стационарных, так и на переходных режимах работы дизеля и позволило повысить точность данного оборудования.

2. В результате усовершенствований МКТ-2: повышена точность измерений массовых выбросов ТЧ в 2,5...3,1 раза; сокращены затраты времени на подготовку к измерениям в 5...10 раз; обеспечена экономия топлива 5...12% при испытаниях дизеля на отдельных режимах.

3. Проведены испытания МКТ-2 на стационарных и переходных режимах работы дизельного двигателя, которые подтвердили эффективность выполненных усовершенствований.

Литература

1. Поливянчук А.П., Звонов В.А. Измерительный комплекс для определения массовых выбросов твердых частиц дизелей. // Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энер-

гоустановки. Сб. науч. тр. – Х.: ХАИ. – 2000. – Вып. 19. – С. 478 - 481.

2. Поливянчук А.П. Микротуннель для измерения массовых выбросов твердых частиц от дизельных двигателей локомотивов. // Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энергоустановки. Сб. науч. тр. – Х.: ХАИ. – 2001. – Вып. 26. – С. 195-198.

3. Поливянчук А.П. Экологическая диагностика тепловозов по показателю массовых выбросов в атмосферу дизельных твердых частиц // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. Серія: Транспорт. – Луганськ: СНУ. – 2001. – № 7 (41). – С. 131-135.

4. Звонов В.А., Марченко А.П., Парсаданов И.В., Поливянчук А.П. Оценка выбросов твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. Научно-технический журнал. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2006. – № 2. – С. 64-67.

5. Звонов В.А., Корнилов Г.С., Козлов В.А., Симонова Е.А. Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей. – М.: Издательство Прима-Пресс, 2005. – 312 с.

Поступила в редакцию 1.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.И. Осенин, Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля, Луганск.