

- 100% рапсовое масло (PM);
- 100% дизельное топливо. (ДТ);
- 25% ДТ + 75% PM;
- 50% ДТ + 50% PM;
- 75% ДТ + 25% PM.

По мере увеличения доли PM максимальное давление цикла  $P_z$  снижается, зато значительно увеличивается максимальное давление в топливной магистрали  $P_f$ , что приводит к увеличению динамических нагрузок и, соответственно, уменьшению ресурса основных деталей и узлов топливной аппаратуры.

Экспериментальное исследование параметров рабочего процесса дизеля при использовании ДТ (метилового эфира PM) в качестве топлива проводилось в рамках краевой программы «Рапс-биодизель».

Целью исследований было сравнение параметров рабочего процесса дизеля при работе на следующих образцах топлива: ДТ и двух опытных образцов метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). Основное отличие данных двух образцов топлив состоит в разном количестве МЭРМ. Для образца №1 характерно наличие большего количества МЭРМ и, соответственно, меньшее количество PM. В образце №2 уменьшено количество МЭРМ и увеличено количество PM.

Исследования показали:

- применение образца №2 с увеличенным содержанием PM практически не влияет на мощностные и экономические параметры дизеля;
- различие химического состава образца №2 предопределяет увеличение продолжительности сгорания, что приводит к некоторому увеличению теплонпряженности деталей, снижению выбросов

УДК 621.1.018

**А.П. Поливячук, канд. техн. наук**

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ ФИЛЬТРОВ НА МАССУ НАВЕСКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

### Введение

Одним из этапов сертификационной процедуры измерения массового выброса твердых частиц (ТЧ) с отработавшими газами (ОГ) дизеля является стабилизация рабочих фильтров перед их взвешиванием. Фильтры с собранными ТЧ выдерживаются в специальной камере или комнате в течение

$NO_x$  и увеличению выбросов С и CO.

### Заключение

Проведенные исследования позволили сравнить показатели рабочего процесса дизеля для отработки различных технологий получения биотоплив. Также они позволили оценить экономические и экологические параметры рабочего процесса, возможности их улучшения с помощью регулировочных и конструктивных мероприятий.

Проведены работы по применению смесевых топлив на основе использования дизельного топлива, рапсового масла, биодизельного топлива и биоэтанола. Подобные работы позволяют создать перспективные моторные топлива, удовлетворяющие требованиям EVRO - IV и EVRO – V.

Дальнейшим направлением исследований является создание опытной установки с системой «Common Rail», работающей на биотопливах.

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы (ФЦП) «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

### Список литературы:

1. Demirbas A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines / Demirbas A.-Springer-Verlag London Limited. – 2008.-208 p. 2. The biodiesel handbook / AOCS Press, Champaign, Illinois. – 2005.-303 p. 3. Биотопливо вместо солярки, выход из «нефтяного» тупика / Агро-Информ, октябрь 2006 (96). 4. Марченко А.П. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, А.А.Осетров, В.Смайлис, В. Сенчила // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – с.46-51.

определенного промежутка времени –  $\tau_{st}$  при заданной температуре –  $t_{st}$ . Нормативными документами установлены допустимые диапазоны варьирования данных параметров: при испытаниях дизелей легковых автомобилей (в соответствии с Правилами R-83 [1]) -  $\tau_{st} = 2...80$  час,  $t_{st} = 22 \pm 3$  °C; при испытаниях дизелей грузовых автомобилей и автобу-

сов (в соответствии с Правилами R-49 [2]) -  $\tau_{st} = 2...36$  час,  $t_{st} = (20...30) \pm 6$  °C.

Результаты исследований ведущих фирм-производителей оборудования для экологической диагностики дизелей показывают, что параметры процесса стабилизации рабочих фильтров - величины  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$  влияют на определяемые значения массы навески ТЧ -  $m_f$ , что является причиной возникновения методической погрешности измерений данной величины -  $\delta m_f^{st}$  [3-5]. Учет указанной погрешности позволяет уменьшить неопределенность измерения величины  $m_f$  и повысить точность определения массового выброса ТЧ с ОГ дизеля.

**Постановка задачи**

Цель исследований - оценка неопределенности измерений массы навески ТЧ, возникающей в результате влияния на данную величину парамет-

ров процесса стабилизации рабочих фильтров. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

1. Анализ экспериментальных данных о влиянии параметров  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$  на величину  $m_f$ .
2. Разработка методики оценки погрешности  $\delta m_f^{st}$ .
3. Оценка неопределенности измерений массы навески ТЧ в ходе выполнения сертификационных испытаний дизелей легковых и грузовых автомобилей и разработка рекомендаций по снижению погрешности  $\delta m_f^{st}$ .

**Анализ экспериментальных данных**

Для оценки влияния процесса стабилизации рабочих фильтров на массу навески ТЧ использованы результаты экспериментальных исследований, проведенных фирмой Mitsubishi (рис. 1) [3].

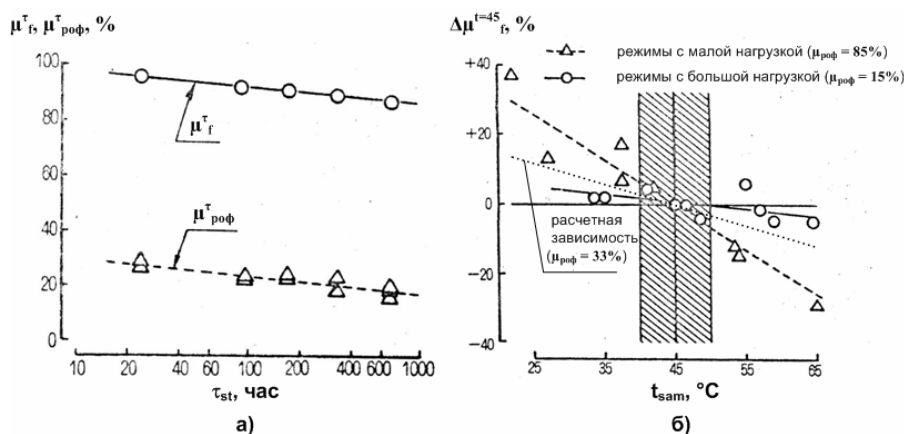


Рис. 1. Экспериментальные данные о неопределенности результатов измерения массы навески ТЧ:  
 а) влияние  $\tau_{st}$  на относительные массы навески ТЧ -  $\mu_f^\tau$  и РОФ -  $\mu_{роф}^\tau$ ;  
 б) влияние температуры пробы перед фильтрами  $t_{sam}$  на отклонения  $\Delta \mu_f^\tau$

Данные, представленные на рис. 1, а, свидетельствуют о снижении относительной массы навески ТЧ -  $\mu_f^\tau$  с ростом продолжительности периода стабилизации по логарифмической зависимости. Причина изменения величины  $\mu_f^\tau$  состоит в уменьшении количества растворимой органической фракции (РОФ) вследствие испарения углеводородов с поверхности ТЧ.

На рис. 1, б отражено влияние на массу навески ТЧ температуры газовой пробы, протекающей через фильтры для отбора ТЧ -  $t_{sam}$ . В диапазоне  $t_{sam} = 25 \pm 5$  °C можно считать, что  $t_{sam} \approx t_{st}$ . Эксперимент показал, что на режимах с малой нагрузкой и высоким содержанием РОФ в ТЧ влияние температуры  $t_{sam}$  на массу навески более существенное, чем на режимах с большой нагрузкой и низким содержанием РОФ в ТЧ.

Выполнив переход от логарифмической шкалы величины  $\tau_{st}$  к равномерной (см. рис. 1, а), получим значение исходной функции  $\mu_f^\tau(\tau_{st})$ :

$$\mu_f^\tau = 100 - 5,15 \cdot \lg\left(\frac{\tau}{2}\right) \tag{1}$$

Дифференцируя данную зависимость, получим выражение для скорости изменения относительной массы навески ТЧ (рис. 2):

$$\frac{d\mu_f^\tau}{d\tau} = -2,24 \frac{1}{\tau} \tag{2}$$

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что масса навески ТЧ, измеренная при  $\tau_{st} = 2$  час, с ростом продолжительности периода стабилизации фильтров уменьшается: при  $\tau_{st} = 10$  час - на 3,6% (со скоростью 1,1...0,2 %/час); при  $\tau_{st} = 36$  час - на 6,4% (со скоростью 0,2...0,06 %/час); при  $\tau_{st} = 80$  час - на 8,2% (со скоростью 0,06...0,03 %/час). При

этом, начиная с  $\tau_{st} = 20$  час и более, скорость уменьшения массы навески ТЧ не превышает 0,1 %/час.

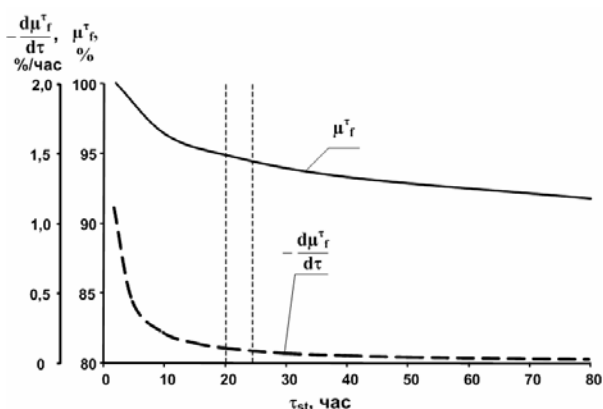


Рис. 2. Исходная функция  $\mu_f^{\tau}(\tau_{st})$  и ее производная

Используя данные о содержании РОФ в ТЧ, собранные в ходе выполнения процедуры сертификационных испытаний дизеля (см. рис.1, а –  $\mu_{роф} = 33\%$ ), а также допущение о пропорциональности величины  $\mu_{роф}$  и углового коэффициента, отражающего влияние  $t_{sam}$  на  $\Delta\mu_f^t$  (см. рис. 1, б), получим расчетную зависимость для оценки влияния температуры  $t_{sam}$  на массу навески ТЧ:

$$\Delta\mu_f^{t=45} = k_{45} \cdot (t_{sam} - 45^{\circ}\text{C}),$$

где  $k_{45} = -0,55$  – угловой коэффициент, соответствующий  $\mu_{роф} = 33\%$  и температуре сравнения  $t_{sam} = 45^{\circ}\text{C}$ .

**Методика оценки неопределенности массы навески ТЧ**

Методическая погрешность измерений массы навески ТЧ рассматривается, как сумма двух составляющих, учитывающих влияние на  $m_f$  продолжительности и температуры процесса стабилизации фильтров:

$$\delta m_f^{st} = \Delta\mu_f^{\tau} + \Delta\mu_f^t. \tag{4}$$

Величина  $\Delta\mu_f^{\tau}$  определяется по формуле:

$$\Delta\mu_f^{\tau} = 100 - \mu_f^{\tau} = -5,15 \cdot \lg \frac{\tau}{2} \tag{5}$$

Для вычисления величины  $\Delta\mu_f^t$  используется зависимость (рис. 3):

$$\Delta\mu_f^t = k_{t_0}(t - t_0), \tag{6}$$

где  $k_{t_0}$  – коэффициент пропорциональности;  $t_0$  – заданная температура стабилизации фильтров: при выполнении требований Правил R-83 –  $22^{\circ}\text{C}$ ; при выполнении требований Правил R-49 – любая температура из диапазона  $20...30^{\circ}\text{C}$ .

Значение коэффициента  $k_{t_0}$  определяется с помощью выражения:

$$k_{t_0} = \frac{k_{45}}{0,01 \cdot k_{45}(t_0 - 45) + 1}. \tag{7}$$

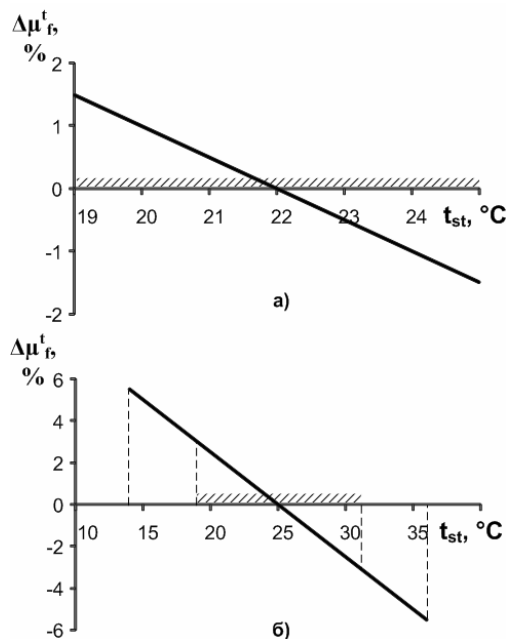


Рис. 3. Влияние температуры  $t_{st}$  на массу навески ТЧ

а) в диапазоне  $t_{st} = 22 \pm 3^{\circ}$ ;  
б) в диапазоне  $t_{st} = (20...30) \pm 6^{\circ}\text{C}$

**Рекомендации по уменьшению  $\delta m_f^{st}$ , результаты исследований**

Анализ экспериментальных данных, полученных фирмой Mitsubishi, показывает, что погрешность  $\delta m_f^{st}$  может быть существенно снижена. Для этого рекомендуется сократить диапазоны варьирования параметров  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$  до интервалов:  $\tau_{st} = 22 \pm 2$  час и  $t_{st} = 22 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Результаты оценки погрешности  $\delta m_f^{st}$  по методике, изложенной выше, показывают (рис. 4):

- при значениях  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$ , установленных требованиями Правил R-83, разброс показаний массы навески ТЧ составляет 12,2%:  $\delta m_f^{st} = -10,7...1,5\%$ ;
- при значениях  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$ , установленных требованиями Правил R-49, разброс показаний массы навески ТЧ составляет 12,4%:  $\delta m_f^{st} = -9,4...3,0\%$ ;
- при варьировании параметров  $\tau_{st}$  и  $t_{st}$  в рекомендуемых диапазонах разброс показаний массы навески ТЧ уменьшается в 8,8 раз и составляет 1,4%:  $\delta m_f^{st} = -0,7...0,7\%$ .

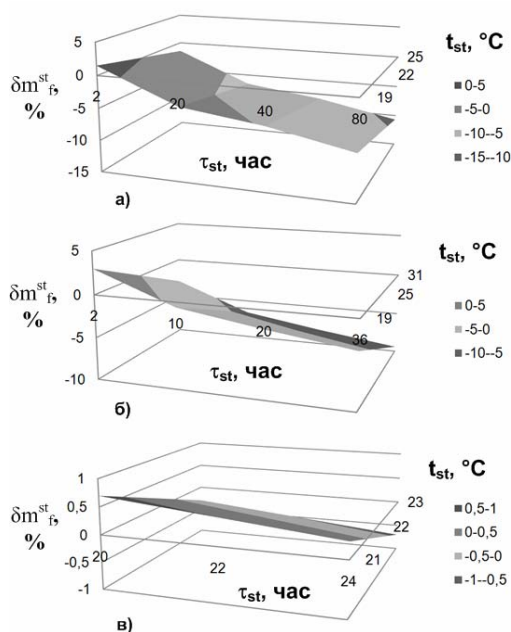


Рис. 4. Оценка методической погрешности  $\delta m_{st}^{st}$  а) при испытаниях легковых автомобилей (R-83); б) при испытаниях грузовых автомобилей (R-49); в) при выполнении сделанных рекомендаций

#### Выводы

1. Неопределенность результата измерений массы навески ТЧ составляет: при испытаниях дизелей легковых автомобилей (требования Правил R-83:  $\tau_{st} = 2 \dots 80$  час,  $t_{st} = 22 \pm 3$  °C) – 12,2 %; при испытаниях дизелей грузовых автомобилей (требования Правил R-49:  $\tau_{st} = 2 \dots 36$  час,  $t_{st} = (20 \dots 30) \pm 6$

°C) – 12,4 %.

2. Сокращение допустимых диапазонов варьирования температуры –  $t_{st}$  и продолжительности –  $\tau_{st}$  процесса стабилизации фильтров до интервалов:  $t_{st} = 22 \pm 1$  °C и  $\tau_{st} = 22 \pm 2$  час позволяет уменьшить неопределенность результата измерения массы навески ТЧ до 1,4%, т.е. в 8,8 раз.

#### Список литературы:

1. Regulation No 83. Revision 2. Uniform provision concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements. – The 05 series of amendments - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 30 October 2001 – 216 p.
2. Regulation No 49. Revision 2. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines and vehicles equipped with C.I. engines with regard to the emissions of pollutants by the engine. - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 61 p.
3. Nobuyoshi H. Measurement of diesel exhaust emissions with mini-dilution tunnel / H. Nobuyoshi, F. Izumi, S. Taceshi // SAE Techn. Pap. Ser. – 1989. – No 890181. – 12 p.
4. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. – 69 p.
5. Engeljehring K. Meeting ISO 8178 Requirements for the Measurement of Diesel Particulates with Partial-Flow Dilution Systems / K. Engeljehring, W. Schindler, Sulzer // SAE Technical Paper Series 932466. – 1993. – 10 p.

УДК 621.433:662.767.2

И.П. Васильев, канд. техн. наук

## МЕТОДЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ И ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ

### Постановка проблемы

В настоящее время перед человечеством стоят две глобальные проблемы: истощение энергетических ресурсов и изменение климата, вызванное сжиганием невозобновляемых углеводородных топлив и выделением парниковых газов (ПГ), оговоренных Киотским протоколом ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ).

В свете этого предпочтение следует отдавать возобновляемым энергоносителям, например, топливам из биомассы первого поколения (биодизельному топливу, растительным маслам, биогазу) [1]. За ними последуют топлива второго поколения, которые могут получать из любой биомассы. В

перспективе появляется возможность производить биотоплива с заданными характеристиками путем селективных и генетических изменений растений.

Использование новых топлив предопределяет изменение не только уровня вредных выбросов (ВВ) отработавших газов (ОГ), но и появление новых веществ, например, от добавок в систему нейтрализации.

Постоянно происходит ужесточение норм на ВВ с ОГ, которые изменением только рабочего процесса двигателя практически невозможно обеспечить. Это предопределяет совершенствование