

ТЭД19,4-0 мощность уменьшилась на 16,3 %, а при работе на ТЭД31,2-0 – на 28,4 %.

Если учитывать расход только ДТ (без учета воды и эмульгатора), то можно отметить увеличение мощности дизеля на 5...7 %.

Выводы

1. Расход ДТ в ТЭД уменьшается по мере роста содержания воды в ТЭД, что обеспечивает увеличение эффективного КПД дизеля при его работе на ТЭД. При одинаковых расходах ДТ мощность дизеля при работе на ТЭД возрастает на 5...7 %.

2. Наиболее значительное снижение расхода ДТ в ТЭД отмечается при 15-25% содержании воды.

3. Для обеспечения заданной мощности при работе дизеля на ТЭД в сравнении с ДТ необходимо увеличивать расход топлива.

4. Дополнительная диспергация позволяет уменьшить расход ДТ в ТЭД.

С учетом экологической эффективности и снижения расхода потребляемого ДТ целесообразно проведение испытаний ТЭД в условиях эксплуатации на городском автомобильном транспорте

УДК 629.4.018

А.П. Поливянчук, канд. техн. наук

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО И КОМПЕНСАЦИОННОГО СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ В МИКРОТУННЕЛЕ

Введение

Для измерения одного из основных нормируемых экологических показателей дизелей – массового выброса твердых частиц (ТЧ) с отработавшими газами (ОГ) используется микротуннель (МКТ). Это сложное, дорогое оборудование, состоящее из отдельных функциональных узлов [1]. Одним из наиболее дорогостоящих узлов современных МКТ является измеритель массового расхода ОГ, поступающих в МКТ – параметра $G_{ог}^T$. Особенность данного узла состоит в том, что величина $G_{ог}^T$ измеряется косвенным путем (прямое измерение не может быть выполнено по причине высоких температур, загрязненности и химической агрессивности потока ОГ). Сегодня в измерителях $G_{ог}^T$ наиболее часто используется дифференциальный способ определения данной величины, особенностью которого является применение дорогих высокоточных измерителей газового потока [2]. В ходе выполнения научной темы ДН-64-08 сотрудниками кафедры экологии СНУ им. В. Даля предложен альтернативный – компенсационный способ измерения $G_{ог}^T$, который предусматривает использование менее точного и более дешевого измерительного оборудования. В данной работе оценена эффективность предложенного способа по критерию точности применяемого оборудования.

Постановка задачи

Целью исследований являлось сравнение дифференциального и компенсационного способов измерения $G_{ог}^T$ по критерию точности используемого измерительного оборудования, определяющей его стоимость. Для достижения данной цели решены следующие задачи: 1) изучение условий измерения массового расхода $G_{ог}^T$ в МКТ; 2) анализ дифференциального и компенсационного способов измерения $G_{ог}^T$; 3) разработка методики определения допустимых погрешностей расходомеров в измерителях $G_{ог}^T$; 4) сравнение обоих способов измерения $G_{ог}^T$ по критерию точности применяемого оборудования и анализ полученных результатов.

Изучение условий измерения массового расхода $G_{ог}^T$ в МКТ

Контроль величины $G_{ог}^T$ в МКТ является одним из элементов процесса определения экологического параметра – массового выброса ТЧ с ОГ дизеля - PT_m (рис. 1):

$$PT_m = \left(\left(\frac{P_f}{(G_{пр} \cdot \tau_{sam})_a} \right)_b \cdot q \right)_c \cdot G_{ог}, \quad (1)$$

где P_f – масса ТЧ, собранная на фильтрах, мг; $G_{пр}$ – массовый расход ОГ, разбавленных воздухом в МКТ, г/ч; τ_{sam} – продолжительность прохождения пробы разбавленных ОГ через патрон с фильтрами, ч; q – коэффициент разбавления ОГ; $G_{ог}$ – массовый расход ОГ в выхлопной трубе дизеля, кг/ч.

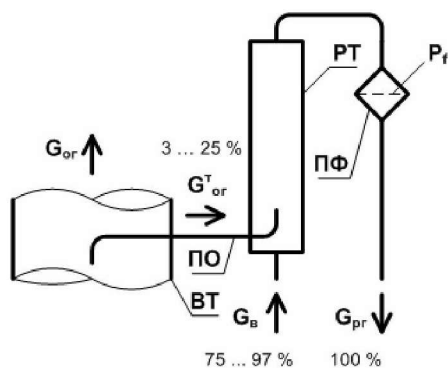


Рис. 1. Принципиальная схема МКТ:

BT – выхлопная труба дизеля; ПО – пробоотборник ОГ; РТ – разбавляющий туннель; ПФ – патрон с фильтрами для отбора ТЧ

В данной формуле величины, заключенные в круглых скобках – это: а) масса пробы разбавленных ОГ, прошедшая через фильтры, г; б) массовая концентрация ТЧ в разбавленных ОГ, мг/г; в) массовая концентрация ТЧ в неразбавленных ОГ, мг/г.

Коэффициент разбавления q определяется как отношение массовых расходов $G_{пр}$ и $G_{ог}^T$, причем последняя величина определяется косвенным путем по причинам, указанным выше:

$$q = \frac{G_{пр}}{G_{ог}^T} \quad (2)$$

При использовании дифференциального способа величина q определяется по формуле:

$$q = \frac{G_{пр}}{G_{пр} - G_в} \quad (3)$$

где $G_в$ – массовый расход разбавляющего воздуха.

При использовании компенсационного способа используется следующая формула для вычисления q :

$$q = \frac{G_к + G_в}{G_к} \quad (4)$$

где $G_к = G_{ог}^T$ – массовый расход воздуха, компенсирующего количество ОГ, поступающих в МКТ; назначение данной величины указано ниже.

Основным требованием, предъявляемым к измерителям $G_{ог}^T$, является обеспечение требуемой точности определения коэффициента q - погрешность измерения данной величины не должна превышать допустимого значения – $\delta q_{доп}$.

Анализ дифференциального и компенсационного способов измерения $G_{ог}^T$

Принципиальные схемы рассматриваемых способов измерения $G_{ог}^T$ приведены на рис. 2.

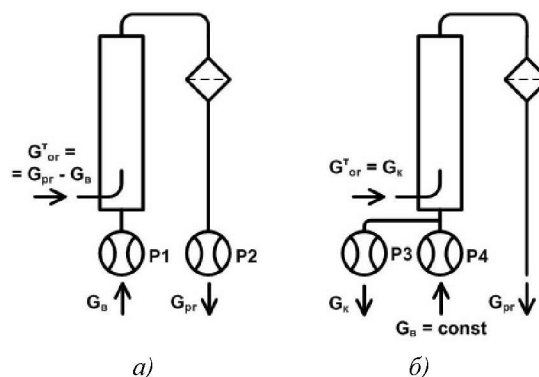


Рис. 2. Принципиальные схемы способов измерения $G_{ог}^T$:

а) дифференциального; б) компенсационного

В дифференциальном способе величина $G_{ог}^T$ определяется, как разность двух массовых расходов: разбавленных ОГ ($G_{пр}$) и воздуха ($G_в$), которые измеряются расходомерами P1 и P2. При этом малая величина $G_{ог}^T$ (3...25% от суммарного потока $G_{пр}$) вычисляется, как разность 2-х больших величин - $G_{пр}$ (100%) и $G_в$ (75...97%), для измерения которых необходимы расходомеры повышенной точности.

В компенсационном способе величина $G_{ог}^T$ равна массовому расходу компенсационного воздуха $G_к$ (измеряется расходомером P3) при условии постоянства массового расхода воздуха $G_в$ (измеряется расходомером P4), которое обеспечивается соответствующими регулирующими устройствами. При реализации данного способа не требуется высокоточных дорогостоящих расходомеров.

Методика определения допустимых погрешностей расходомеров в измерителях $G_{ог}^T$

Данная методика позволяет оценить допустимые погрешности расходомеров, применяемых в дифференциальном и компенсационном способах измерения $G_{ог}^T$, при которых обеспечивается требуемая точность определения коэффициента q . При этом используется допущение о том, что в каждом способе применяются расходомеры одного класса точности, т.е.:

$$\delta P_д = \delta P_1 = \delta P_2; \quad \delta P_к = \delta P_3 = \delta P_4,$$

где $\delta P_д$ – погрешность расходомера дифференциального способа, $\delta P_1, \delta P_2, \delta P_3, \delta P_4$ – погрешности расходомеров P1 – P4; $\delta P_к$ – погрешность расходомера компенсационного способа.

В основе методики лежит формула определения относительной погрешности измерения величины, определяемой косвенным путем [3]:

$$\delta y = \frac{\Delta y}{y} = \frac{\sqrt{((\partial y / \partial x_1) \cdot \Delta x_1)^2 + \dots + ((\partial y / \partial x_n) \cdot \Delta x_n)^2}}{y} \quad (5)$$

где y – величина, зависящая от величин x_1, x_2, \dots, x_n и определяемая косвенным путем с помощью известного выражения - $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$; δy и Δy – относительная и абсолютная погрешности измерения величины y ; $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ - абсолютные погрешности измерения величин x_1, x_2, \dots, x_n .

Применяя формулу (5) к выражениям (2) и (3) получим систему уравнений, в результате решения которой определяется погрешность δP_d :

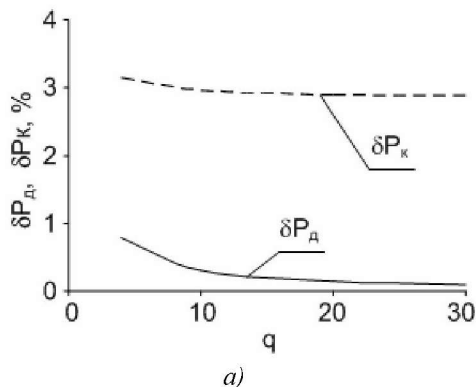
$$\delta q^2 = (\delta G_{pr})^2 + (\delta G_{or}^T)^2$$

$$(\delta G_{or}^T)^2 = (\delta G_{pr} \cdot q)^2 + (\delta G_e (q-1))^2.$$

Решая данную систему с учетом сделанного допущения - $\delta P_d = \delta G_{pr} = \delta G_b$, получим:

$$\delta P_d = \frac{\delta q}{\sqrt{1+q^2+(q-1)^2}}. \quad (6)$$

Применяя формулу (5) к выражениям (2) и (4) получим систему уравнений, в результате решения которой определяется погрешность δP_k :



$$\delta q^2 = (\delta G_{pr})^2 + (\delta G_{or}^T)^2 = (\delta G_{pr})^2 + (\delta G_k)^2$$

$$(\delta G_{pr})^2 = \left(\delta G_e \cdot \frac{q-1}{q} \right)^2 + \left(\delta G_k \cdot \frac{1}{q} \right)^2.$$

Решая данную систему с учетом сделанного допущения - $\delta P_k = \delta G_b = \delta G_k$, получим:

$$\delta P_k = \frac{\delta q}{\sqrt{1 + \left(\frac{q-1}{q} \right)^2 + \left(\frac{1}{q} \right)^2}}. \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) позволяют оценить точность расходомеров, применяемых при использовании рассматриваемых способов измерения величины G_{or}^T .

Результаты сравнения дифференциального и компенсационного способов измерения G_{or}^T

С помощью выражений (6) и (7) определены допустимые погрешности расходомеров P1-P2 и P3-P4. При вычислениях учитывались реальные значения коэффициента разбавления ОГ в МКТ - $q = 4 \dots 30$, а также требования нормативных документов к точности измерения данной величины - $\delta q_{доп} = 4\%$ [1]. Результаты вычислений показывают (рис. 3).

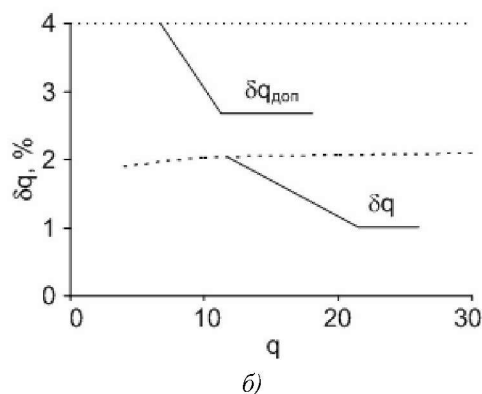


Рис. 3. Результаты исследований: а) допустимых погрешностей δP_d и δP_k ; б) точности определения коэффициента q , обеспечиваемой компенсационным способом при $\delta P_k = 1,5\%$.

а) требуемая точность измерения коэффициента q обеспечивается расходомерами, допустимые погрешности которых составляют: при реализации дифференциального способа – не менее 0,1% (минимальное значение δP_d при $q = 30$); при реализации компенсационного способа – не менее 2,9% (минимальное значение δP_k при $q = 30$), т.е. в 29 больше (рис. 3,а);

б) использование в качестве расходомеров компенсационного способа стандартных сужающих устройств (нормальных сопел) с погрешно-

стями $\delta P_k = 1,5\%$ [4] позволяет измерять коэффициент q с неточностями в 2 раза меньшими допустимой величины $\delta q_{доп}$ (рис. 3,б).

Вывод

Использование в измерителе массового расхода ОГ в МКТ предлагаемого компенсационного способа вместо распространенного дифференциального позволяет в 29 раз снизить требования к точности расходомеров данного узла (допустимые погрешности расходомеров возрастают с 0,1% до 2,9%) и уменьшить стоимость оборудования. При-

менение при реализации компенсационного способа стандартных сужающих устройств с погрешностями измерений массового расхода, равными 1,5%, позволяет определять коэффициент разбавления ОГ – q с точностью в 2 раза превышающей допустимую.

Список литературы:

1. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test – bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 1996. – 94 p. 2. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. – 69 p. 3. Izmerenija v promyshlennosti. Sprav. izd. v 3-h kn. Kn. 1. Teoreticheskie osnovy. Per. s

нем./ Pod red. Profosa P. - 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Metallurgija, 1990. 492 s. 4. Kremlevskij P.P. Rashodomery i schetchiki ko-lichestva: Spravochnik – 4-e izd. pererab. i dop. – Л.: Mashinostroenie, Lenigr. Otdelenie, 1989. – 701 s.

Bibliography (transliterated):

1. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test – bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 1996. – 94 p. 2. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. – 69 p. 3. Измерения в промышленности. Справ. изд. в 3-х кн. Кн. 1. Теоретические основы. Пер. с нем./ Под ред. Профоса П. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. 492 с. 4. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник – 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отделение, 1989. – 701 с.