

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РАСХОДОМЕР ТОПЛИВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Мищенко Н. И., д-р техн. наук, проф., зав. каф., АДИ ДонНТУ,
Химченко А. В., ассистент, АДИ ДонНТУ,
Крамарь С. Н., аспирант, АДИ ДонНТУ,
Колесникова Т. Н., ассистент, ПГАСА,
Гапеев А. В., студент, АДИ ДонНТУ**

При стендовых испытаниях быстроходных маломощных двигателей внутреннего сгорания измерение расхода топлива с необходимой точностью представляет определенные трудности.

Как известно, для измерения расхода топлива двигателей внутреннего сгорания наибольшее распространение получили объемный и весовой способы.

Объемный способ отличается простотой и дешевизной, но наряду с этим имеет ряд существенных недостатков таких, как значительная субъективная погрешность измерений, необходимость постоянного контроля плотности топлива, сложность организации дистанционного управления процессом измерения и его автоматизации. Кроме того, необходимость иметь мерные емкости малых объемов и невозможность учета топлива, которое остается на стенках сосудов, делает невозможным применение объемного способа измерения расхода топлива для двухтактных двигателей с малым расходом топлива, смазка которых осуществляется подмешиванием масла в бензин.

При измерении массы израсходованного топлива весовым способом используются компенсационный, непосредственный и комбинированный методы. При компенсационном методе масса определяется при возвращении подвижной системы в исходное положение равновесия. Расходомеры, выполненные по такой схеме, отличаются достаточно высокой точностью и простотой автоматизации. Однако они позволяют определять время расходования лишь дискретных доз топлива в соответствии с имеющимся набором гирь. Это не всегда позволяет оптимально охватить весь диапазон скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя.

Как показывает опыт создания и эксплуатации измерителей расхода топлива [1, 2], автоматизация процесса замера предполагает использование электромагнитных клапанов для переключения топливных магистралей. В момент переключения изменяется гидравлическое сопротивление рабочей магистрали, а в трубопроводах возникают

колебания, что в совокупности, влияя на работу топливной системы, приводит к изменению режима работы двигателя. При испытаниях маломощных двигателей это недопустимо.

Непосредственный метод измерения предполагает использование пружинных, гидравлических или электронных весов. В расходомерах с использованием этого метода расход топлива определяется по разности показаний весов за выбранный промежуток времени. При использовании непосредственного метода топливо отбирается планомерно, без бросков. Современный уровень развития техники позволяет достаточно просто автоматизировать процесс измерения расхода топлива при применении электронных весов и ПЭВМ. Эти преимущества стали определяющими при разработке расходомера топлива для маломощных двигателей.

Авторами данной статьи разработан автоматический измеритель расхода топлива применительно к маломощным двигателям, основанный на непосредственном методе определения расхода.

Внешний вид расходомера топлива представлен на рис. 1. Наличие двух весов в расходомере позволяет одновременно измерять расходы топлива двумя потребителями, например, двигателем с двумя карбюраторами при разделенной топливоподаче [3].

Принципиальная схема расходомера топлива показана на рис. 2.

Расходомер состоит из каркаса 1, на котором установлены электронные весы 2, топливные краны 3, 4 и топливные бачки 5. На чашках весов установлены мерные сосуды 6, в которые опущены стеклянные топливозаборные трубки 7. Весы имеют встроенный интерфейс RS-232 и посредством соответствующих кабелей 8 соединены с ПЭВМ. Для устранения влияния вибрации весы и каркас закреплены на опорах из антивибрационного материала.



Рисунок 1 — Внешний вид расходомера топлива (ПЭВМ не показана)

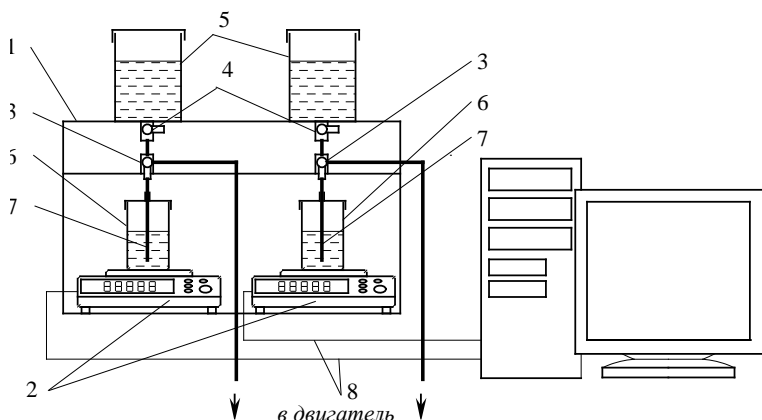


Рисунок 2 — Принципиальная схема автоматического расходомера топлива

В расходомере использованы электронные весы Axis A500 (Польша). Техническая характеристика весов приводится ниже.

<i>Максимально возможная измеряемая масса</i>	500 г
<i>Минимально возможная измеряемая масса</i>	0,2 г
<i>Класс точности</i>	4
<i>Цена деления</i>	0,01 г
<i>Рабочая температура</i>	+ 15 ÷ 30°C
<i>Время готовности к работе</i>	после 30 мин
<i>Питание от сети</i>	220V, 50Hz, 6VA

В данном расходомере возможно использование других электронных весов типа Axis, например, A2500, A5000. Управление весами и запись показаний массы производится компьютером через интерфейс RS-232 посредством специально написанной программы Scales, которая позволяет, в частности:

- задавать время замера от 1 с до ∞ с интервалом в 1 с;
- измерять действительное время замера с точностью ± 0,005 с;
- одновременно работать с двумя весами;
- вести протокол испытаний с автоматической записью в файл;
- экспортировать данные измерений в формат MS Excel (*.xls), HTML (*.html);
- автоматически нумеровать опыты;
- задавать название серии и индекс опыта;

– удалять не зачетные записи.

Интерфейс программы управления расходомером топлива в процессе измерения показан на рис. 3.

Весы 1 [активны]					Весы 2 [активны]					Результат
№	Gs	Gf	dG	tm	Gs	Gf	dG	tm		
9Н2-1а	459,83	458,46	1,37	20,03	432,66	430,76	1,90	20,02		
9Н2-2а	444,57	442,61	1,96	20,03	421,90	420,50	1,40	20,02		
9Н2-3а	423,04	421,60	1,44	20,03	404,28	402,76	1,52	20,03		
9Н2-4а	412,51	411,11	1,40	20,02	393,26	391,65	1,61	19,75		

Серия: 9Н2- Номер: 1 Индекс: b Интервал: 20 Лимит: 20

Замер: 72% Остановить Лимит: 0%

Весы 1: COM3/4800/8/None/1/Software Весы 2: COM4/4800/8/None/1/Software весыаи-с...

Рисунок 3 — Интерфейс программы управления расходомером топлива

Расходомер топлива работает следующим образом. Перед началом измерений мерная емкость наполняется топливом из топливного бачка, а весы вводятся в режим работы с компьютером через порт RS-232. При помощи программы устанавливаются серия, номер и индекс замера, а также задается время измерения. Для измерения расхода топлива оператор нажимает кнопку «Измерить», после чего компьютер опрашивает порты весов и считывает начальные значения массы топлива G_s в мерных сосудах. После этого программа запускает таймер, отсчитывающий время замера. По истечении заданного времени замера компьютер опрашивает порты весов и считывает конечные значения массы топлива G_f . По приходу информации с весов таймер останавливается и программа фиксирует действительное время замера t_m . При необходимости процесс измерения можно прервать нажатием кнопки «Остановить».

Отсчет времени замера ведется отдельно для каждого веса и непосредственно по факту прихода информации о массе измеряемого топлива. Это позволяет учесть время обмена данными ПЭВМ с весами. В случае если показания весов не установились, погрешность измерения выходит за пределы, указанные в характеристике весов, и информация на ПЭВМ не посылается. Обмен данными возобновляется только после ста-

билизации режима измерения.

В программе Scales предусмотрена возможность калибровки весов. При этом производится опрос портов и вычисляется среднее время задержки обмена данными между весами и компьютером. Для весов типа Axis A500 задержка составляет 240 – 270 мс. В случае, когда задержка превышает заданную оператором величину, программа Scales прекращает процесс измерения как некорректный.

В конце каждого замера автоматически вычисляется количество израсходованного топлива и производится запись полученных данных в текстовый файл. При необходимости можно экспортировать данные в формат MS Excel или HTML.

Разработанный расходомер топлива отличается высокой точностью измерений. Расчеты показывают, что при расходе топлива 0,25 кг/ч, примерно соответствующему режиму холостого хода двигателя номинальной мощностью 2,6 кВт, и времени замера 10 с относительная погрешность составляет 0,75 %. Увеличение времени замера до 30 с снижает относительную погрешность до 0,25 %. При увеличении расхода топлива относительная погрешность существенно уменьшается, что позволяет в этом случае снижать время замера с соблюдением необходимой точности измерений.

При измерении малых расходов топлива заметное влияние на результаты замеров может оказывать величина архимедовой силы, действующей на топливозаборную трубку. Как показывает анализ, абсолютная погрешность измерений зависит от расхода, времени замера и геометрических размеров мерного сосуда и топливозаборной трубки. Относительная же погрешность зависит только от геометрических размеров мерного сосуда и топливозаборной трубки и для данного расходомера является величиной постоянной.

Величина относительной погрешности может быть определена по формуле

$$\Delta = \frac{S_{mp}}{S_{coc}},$$

где S_{mp} — площадь поперечного сечения топливозаборной трубки;

S_{coc} — площадь внутреннего поперечного сечения сосуда при отсутствии трубки.

Для мерного сосуда и топливозаборной трубки, использованных в разработанном расходомере, относительная погрешность измерений составляет 0,17 %.

Расход топлива с учетом архимедовой силы определяется из выражения

$$G_m = k_{арх} \frac{G_f - G_s}{t_m},$$

где $k_{арх}$ – поправочный коэффициент на архимедову силу

$$k_{арх} = \frac{S_{coc} - S_{mp}}{S_{coc}}.$$

Как видно, архимедова сила завышает результат измерения топлива.

Проведенные длительные испытания двигателей показали высокую надежность работы расходомера топлива и его удобство в эксплуатации.

1. *Мищенко Н. И.* Автоматический измеритель расхода топлива / Инф. листок о науч.-техн. достижении № 82-73. — Донецк: ДЦНТИ УкрНИИНТИ, 1982. — 4 с.

2. *Мищенко Н. И., Новокрещенов В. С., Любичева Е. А.* Электромагнитный переключатель топлива / Инф. листок о науч.-техн. достижении № 82-71. — Донецк: ДЦНТИ УкрНИИНТИ, 1982. — 4 с.

3. *Мищенко Н. И., Крамарь С. Н.* Пути повышения экономичности двухтактных бензиновых двигателей внутреннего сгорания // Автомобильный транспорт: Сборник научных трудов / Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. — Харьков: ХНАДУ, 2001. — Вып. 7 – 8. — С. 174 – 176.