

УДК 681.121

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСХОДОМЕРНЫХ УСТРОЙСТВ,
РАБОТАЮЩИХ В ОСОБО ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ

Л. Л. Гончар, Н. А. Паневкин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и

Ю. А. Гагарина» г. Воронеж

E-mail: leogonchar@yandex.ru

Расходомерные, топливомерные приборы устанавливаются на специальный транспорт и машины, работающие в различных природно-климатических условиях.

Наибольшее распространение нашли турбинные тахометрические расходомеры. Тахометрическими принято называть расходомеры и счетчики, имеющие подвижный (обычно – вращающийся) элемент, движение которого пропорционально объёмному расходу. Они подразделяются на турбинные, шариковые, роторно-шариковые, камерные и аксиальные.

Для создания тахометрического расходомера скорость движения элемента необходимо предварительно преобразовывать в сигнал, пропорциональный расходу и удобный для дальнейшей обработки. В этом случае необходим двухступенчатый преобразователь расхода. Его первая ступень – турбинка, шарик или другой элемент, скорость движения которого пропорциональна объёмному расходу, а вторая ступень – тахометрический преобразователь, вырабатывающий электрический сигнал, обычно частоту электрических импульсов, имеющую известную математическую зависимость от скорости движения тела. В данном случае, измерительным прибором будет являться электрический частотомер: цифровой или аналоговый. Если его дополнить счетчиком электрических импульсов, то получим наряду с измерением расхода также и измерение количества прошедшего вещества. Преимущества расходомеров, построенных по данной схеме: быстроедействие, большой диапазон измерений.

Если погрешность турбинных счетчиков (ось которых через редуктор связана со счетным механизмом) равна 2 %, то у измерителей количества, имеющих тахометрический преобразователь, эта погрешность снижается до 0,5 %. Основная причина в том, что этот преобразователь почти не нагружает ось турбинки в отличие от редуктора и счетного механизма. Погрешность же турбинного расходомера от 0,5 % до 1,5 % в зависимости от точности применяемого

частотомера [1, 7].

Недостаток турбинных расходомеров – изнашивание опор, поэтому они непригодны для веществ, содержащих механические примеси. Условия работы специфичны – высокая частота вращения турбинок, достигающая до сотен оборотов в секунду и отсутствие в большинстве случаев подачи смазки к подшипникам. Кроме того, с увеличением вязкости вещества диапазон линейной характеристики уменьшается, что исключает их применение для очень вязких веществ. Но смазывающая способность измеряемого вещества весьма желательна для турбинных расходомеров, это делает их более пригодными для жидкостей, чем для газов, из-за этого также может увеличиться погрешность результата измерений.

В качестве недостатков можно выделить довольно высокое изменение характеристик расходомера, в связи с изменением смазывающей жидкости. Вязкость бензина близка к вязкости воды, поэтому можно использовать те же турбинные преобразователи. При такой замене смазывающих жидкостей возрастают частоты вращения турбинок, особенно сильно это может наблюдаться при переходной зоне уменьшения расхода. Однако самым главным недостатком является несоответствие современным требованиям точности измерения расхода топлива. Погрешности могут достигать довольно больших значений, которые в конечном итоге могут нанести большой экономический ущерб. [3, 9]

Условия применения таких расходомеров рекомендуют не использовать в средах с механическими примесями. Многочисленные испытания и эксперименты показали, что подшипники турбинок выходят из строя достаточно быстро. Достоинством таких устройств является то, что трение от подшипников незначительно и возможность их заменить без переградуировки расходомера. Если момент трения существенен, то показания расходомера будут изменяться и потребуется повторная градуировка.

Колебания температуры и плотности связаны главным образом с изменением вязкости и плотности, все эти показатели связаны с изменением градуировки приборов. В первую очередь это касается газов. Например, движущий момент подвержен изменениям при изменении плотности вещества, особенно при малых числах Re [4, 8].

Анализ метрологических характеристик расходомерных устройств тахометрического типа, позволяет сделать вывод о том, что данный тип расходомера не в полной мере удовлетворяет условиям эксплуатации на спецтранспорте из-за недостатков, указанных выше. Следовательно, необходимо рассмотреть

новые современные решения обеспечения контроля расхода топлива.

Математическое моделирование является важнейшей составляющей для достижения требуемого уровня точности при определении расхода топлива. Для этих целей вводятся поправочные коэффициенты на температуру и перепад давлений. Например, в случае долгого нахождения транспортного средства в жаркую погоду на открытой местности происходит испарение жидкости, изменяется его температура, происходит тепловое расширение, а на больших высотах пониженная температура и перегрузки, которые также влияют на каждый элемент в транспортном средстве, в том числе и на топливо, поступающее в двигатель.

При определении расхода необходимо учитывать плотность вещества. Расчет плотности занимаются автоматические плотномеры, основанные на работе вибрационных преобразователей плотности.

Плотность определяют путем измерения параметров вещества и, прежде всего, давления и температуры. Тогда для газа показания расходомера надо умножать на поправочный множитель:

$$K_p = K_p K_T K_K K_B K_C,$$

где K_p – коэффициент корреляции на изменение давления, K_m – коэффициент корреляции на изменение температуры, K_k – коэффициент сжимаемости, K_g – коэффициент влагосодержания (паросодержания), K_c – коэффициент состава газа [1, 2, 9].

Плотность жидкостей можно определить уравнением

$$\rho^{-1} = \rho_c^{-1} [1 + \beta(T - T_c)],$$

где ρ – плотность при температуре T ; ρ_c – плотность при средней температуре измерения T_c ; β – коэффициент объемного расширения жидкости.

Коэффициент β для топлива в большинстве случаев определяется уравнением

$$\beta = \beta_c + E_1(T - 273,15) + F_1(T - 273,15)^2,$$

где E_1 и F_1 берутся из таблицы, приведенной в работе Вукаловича М. П., Ривкина С. Л. «Таблицы теплофизических свойств нефтепродуктов».

Учет β и K_p в алгоритме обработки результатов измерений расхода позволит минимизировать методическую погрешность и повысить достоверность

определения количества.

Сравнительный анализ основных типов расходомерных устройств позволил установить, что оптические расходомеры целесообразно рассматривать в качестве наиболее перспективных, надежных и обладающих всеми необходимыми характеристиками для установки их на спецтранспорт. Расходомерные устройства данного типа надежны, точны, малы в размерах, благодаря современным цифровым технологиям, обеспечивающим преобразование с наибольшей точностью расходы жидкости, протекающим по трубам малого диаметра. Такие расходомеры дороже, чем обычные, объемные, расходомеры тахометрического типа (аксиальные трубки), но из-за того, что их точностные характеристики выше, при интенсивном использовании имеют высокую окупательную способность [5, 6, 11].

Библиографический список

1 ГОСТ 8.611-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество газа. Методика (метод) измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода» Изд. Федерального государственного унитарного предприятия «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»), 2014.

2 Архипов, А. В. Оценка погрешности испытаний расходомерных и дозирующих устройств [Текст] : Учеб. пособие / А. В. Архипов, Г. Н. Бобровников, А. А. Тупиченков ; Всесоюз. ин-т повышения квалификации руководящих и инж.-техн. работников в обл. стандартизации, качества продукции и метрологии, 87 с. ил. 22 см, М. Изд-во стандартов 1986.

3 Аристов, Е. М. Измерение скоростей потоков с помощью оптических квантовых генераторов [Текст] / Е. М. Аристов, Б. А. Павловский. С-Пб : ДНТП, 2010.

4 Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества [Текст] / П. П. Кремлевский. С-Пб : «Машиностроение», 2011.

5 Балдин, А. А. Влияние местных сопротивлений на характеристики турбинных расходомеров [Текст] / А. А. Балдин, А. Д. Бухонов, А. Г. Жерлицын // Расчет и конструкция расходомеров. С-Пб: «Машиностроение», 2009.

6 Катус, Г. П. Принципы построения оптических расходомеров [Текст] /

Г. П. Катус, Н. В. Кравцов, В. М. Ильинский // Измерения расхода жидкости, газа, пара. М. : 2012.

7 Serebryansky, A. I Constructive exception of friction reversibility based on the analysis of the joint manipulators operating characteristics. Europäische Fachhochschule = European Applied Sciences. 2013. – Т. 2. – № 5. – С. 21-24

8 Serebryanskii Aleksei. Except the negative reverse effect and automatically compensate for wear in the hinge manipulators // DOAJ - Lund University: Konzept : Scientific and Methodological e-magazine. – Lund, № 4 (Collected works, Best Article), 2014. – URL: <http://www.doaj.net/2534/>.

9 Serebryanskii Aleksei, Bogatireva Janna, Yhanov Aleksei. The use of anti-friction plastic in the joints manipulator process equipment machines // DOAJ - Lund University : Konzept : Scientific and Methodological e-magazine. – Lund, № 7, 2015 (Collected works, Best Article). – URL:<http://www.doaj.net/5023/>.

10 Serebryansky, A. I. Laboratory equipment for determining metrological characteristics slide bearings [Text] / A. I. Serebryansky // Forestry Engineering Journal. – 2015. – Т. 5, № 4 (20). – С. 293-301.

11 Serebryansky, A. I. Determination of working parameters of measure to ensure metrologikal research tribologikal charakteristics of plain bearings [Text] / A. I. Serebryansky // Forestry Engineering Journal. – 2016. – Т. 6, № 2 (22). – С. 194-134.