

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОВОКУПНО-КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

© 2013 А.В. Солнцева, С.А. Борминский, А.Н. Малышева-Стройкова, Е.А. Силов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 04.10.2013

Предложен новый метод измерения массы наливных грузов в резервуарных парках. Метод заключается в определении искомой массы исходя из параметров, характеризующих физико-химические характеристики жидких энергоносителей, величины которых передаются в базовый блок соответствующего резервуара, связанный информационным каналом передачи данных с центральным устройством обработки информации.

Ключевые слова: резервуарный парк, измерение массы, жидкий энергоноситель, наливной груз, точность, калибровочная модель, метод.

На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отраслей существует актуальная задача проведения оперативного и коммерческого учета товарных продуктов.

Для реализации этих двух видов учета продукции применяются различные методы и способы измерений, а также предъявляются разные требования, главным образом, к точности. При оперативном учете правила и нормы регламентируются внутренними документами предприятия, то есть устанавливаются либо самим предприятием, либо головной организацией объединения предприятий, в состав которого оно входит. При коммерческом учете требования по методологии и средствам измерения, а также точности, определяются государственными стандартами, нормативной документацией, принятой в установленном порядке, а также требованиями заказчика.

Учет нефтепродуктов может производиться в различных единицах, так, к примеру, на нефтебазах и наливных станциях учет ведут в единицах массы, а на автозаправочных станциях - в единицах объема.

Для обеспечения достоверности и единства измерений массы нефтепродуктов, а также контроля их качества нефтебазы и АЗС должны иметь необходимое оборудование и средства измерений, допущенные к применению Госстандартом и имеющие

Солнцева Александра Валерьевна, аспирант кафедры электротехники. E-mail: als063@mail.ru

Борминский Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: b80@mail.ru

Малышева-Стройкова Александра Николаевна, аспирант кафедры электротехники. E-mail: aps@ssau.ru

Силов Евгений Альбертович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЛ "Аналитические приборы и системы". E-mail: aps@ssau.ru

клеймо Государственной метрологической службы или соответствующую отметку в паспорте.

В соответствии с межгосударственным стандартом [1] приняты следующие основные определения:

- учетная операция – операция, проводимая поставщиком и потребителем или сдающей и принимающей сторонами, заключающаяся в определении массы продукта для последующих расчетов, при инвентаризации и арбитраже;

- масса брутто товарной нефти – масса товарной нефти, показатели качества которой соответствуют требованиям ГОСТ Р 51858;

- масса балласта – общая масса воды, солей и механических примесей в товарной нефти;

- масса нетто товарной нефти – разность массы брутто товарной нефти и массы балласта.

Существуют следующие методики выполнения измерений массы нефти и нефтепродуктов:

- прямой метод динамических измерений;
- косвенный метод динамических измерений;
- прямой метод статических измерений;
- косвенный метод статических измерений;
- косвенный метод, основанный на гидростатическом принципе.

Прямой метод динамических измерений заключается в непосредственном измерении массы продукта с помощью массомера в трубопроводе.

Косвенный метод динамических измерений заключается в определении массы продукта по результатам следующих измерений в трубопроводе:

- а) плотности с помощью поточных преобразователей плотности, давления и температуры;

- б) объема продукта с помощью преобразователей расхода, давления и температуры или счетчиков жидкости [1].

Результаты измерений плотности и объема продукта приводят к стандартным условиям или результат измерений плотности продукта приводят к условиям измерений его объема.

Прямой метод статических измерений заключается в определении массы продукта по результатам взвешивания на весах.

Косвенный метод статических измерений заключается в определении массы продукта по результатам следующих измерений:

а) в мерах вместимости (под мерой вместимости подразумевается средство измерений объема продукта, имеющее свидетельство о поверке и утвержденную градуировочную таблицу):

- уровня продукта – стационарным уровнемером или какими-либо другими средствами измерений уровня жидкости;

- плотности продукта – переносным или стационарным средством измерений плотности или ареометром по ГОСТ 3900, ГОСТ 31072 или лабораторным плотномером в объединенной пробе, составленной из точечных проб, отобранных по ГОСТ 2517;

- температуры продукта – термометром в точечных пробах или с помощью переносного или стационарного преобразователя температуры;

- объема продукта – по калибровочной таблице меры вместимости с использованием результата измерений уровня продукта;

б) в мерах полной вместимости (под мерой полной вместимости подразумевается средство измерений объема продукта, имеющее свидетельство о поверке и оснащенное указателем уровня наполнения):

- плотности продукта – переносным средством измерений плотности или ареометром в лаборатории по ГОСТ 3900, ГОСТ 31072 или лабораторным плотномером в точечной пробе продукта, отобранной по ГОСТ 2517;

- температуры продукта – переносным преобразователем температуры или термометром в точечной пробе продукта, отобранной по ГОСТ 2517;

- объема продукта, принятого равным действительной вместимости меры, значение которой нанесено на маркировочную табличку и указано в свидетельстве о поверке, с учетом изменения уровня продукта относительно указателя уровня.

Косвенный метод, основанный на гидростатическом принципе, заключается в определении массы продукта в мерах вместимости по результатам измерений:

- гидростатического давления столба продукта – стационарным измерителем гидростатического давления;

- уровня продукта – переносным или другим средством измерений уровня.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.587-

2006 предел допускаемой относительной погрешности измерений массы брутто товарной нефти и массы нефтепродукта при косвенном методе статических измерений продукта массой до 120 т должен составлять 0,65%, а при измерении продукта массой свыше 120 т – 0,5% [1].

Недостатком существующих методик выполнения измерений является присутствие погрешности, обусловленной тем, что вычисления конечного результата производятся по алгоритмам, не учитывающим в полной мере взаимосвязи плотности, температуры, вязкости, уровня подтоварной жидкости (балласта) с массой товарного продукта при изменяющихся внешних и внутренних условиях.

Авторами настоящей статьи предложен новый метод измерения массы жидкости в резервуаре. Метод заключается в определении искомой массы исходя из параметров, характеризующих физико-химические характеристики хранимой жидкости (уровень, температуру, градиент температур, плотность, вязкость, уровень подтоварной жидкости и другие специфические параметры), величины которых передаются в базовый блок соответствующего резервуара, связанный информационным каналом передачи данных с центральным устройством обработки информации. Совокупность физико-химических параметров, соответствующих определенным порциям жидкости с заведомо известными массами, измеряется в процессе калибровки, а значения этих параметров запоминаются в центральном устройстве обработки.

Зависимость массы M контролируемого товарного продукта и совокупности измеряемых влияющих параметров, таких как уровень контролируемой и подтоварной жидкостей, их плотность, вязкость, температура, градиент температур по глубине, диэлектрическая проницаемость и другие, которые можно оперативно измерить известной датчиковой аппаратурой, может быть представлена в виде выражения:

$$M = F(q_1, \dots, q_k, \dots, q_n), \quad (1)$$

где q_k – совокупность измеряемых параметров.

Авторами был разработан алгоритм проведения измерений, с учетом того, что любой измерительный процесс кроме сбора и обработки информации по определению также подразумевает и операцию калибровки по эталонам.

Сущность алгоритма состоит в том, что для нахождения функции преобразования при неизвестной функции F составляется калибровочная модель процесса измерения. Для этого в резервуар i раз поэтапно наливают количество жидкости известной массы M_i , измеряют соответствующую ей совокупность контролируемых физико-химических параметров $q_{k,i}$, где k – номер

$$\Delta b_2 = \begin{vmatrix} H_1 & M_1 & T_1 \\ H_2 & M_2 & T_2 \\ H_3 & M_3 & T_3 \end{vmatrix}, \Delta b_3 = \begin{vmatrix} H_1 & \rho_1 & M_1 \\ H_2 & \rho_2 & M_2 \\ H_3 & \rho_3 & M_3 \end{vmatrix}.$$

Важно, что при проведении измерений для каждого отсчета должны выбираться максимально близкие по значению точки из памяти калибровочной модели. Только в таком случае, возможно получить высокие по точности данные. Погрешность будет расти в зависимости от того, насколько далеко от измеряемого параметра находятся отсчета калибровочной модели.

Пример. Были проведены экспериментальные исследования в рамках подтверждения разработанной теории. Были проведены измерения массы товарного продукта – дизельного топлива на танкере IMO7611212 класса река-море. Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Пример производимых измерений согласно разработанному методу

Данные калибровочной модели				Измерение
H, м	ρ , кг/м ³	T, град С	M, кг	
H ₁ =0.10	ρ_1 =860	T ₁ =25.1	M ₁ =1832	H _x =0.14
H ₂ =0.13	ρ_2 =860	T ₂ =25.2	M ₂ =2460	ρ_x =860
H ₃ =0.15	ρ_3 =860	T ₃ =25.1	M ₃ =2898	T _x =25.1

При измерении, характеризующем параметрами, приведенными в столбце “Измерение”, из памяти калибровочной модели были взяты данные, приведенные в первых трех столбцах. В результате применения разработанного метода измерения массы, было получено значение M_x=2685 кг. После анализа имеющейся калибровочной таблицы было установлено, что разработанный метод дает более точный результат в определении массы, чем использование заранее подготовленной калибровочной таблицы, в силу того, что дает возможность учесть быстроменяющиеся факторы, в данном примере – температуру (по калибровочной таблице M_x=2674 кг). На практике примене-

ния калибровочной таблицы учесть этот фактор не предоставляется возможности, в силу измерения температуры окружающей среды и продукты за все время проведения процедуры калибровки.

Предлагаемый метод измерения массы товарных продуктов позволяет значительно повысить точность измерений и, следовательно, качество учётных операций, в частности может быть эффективно использован для оперативного определения массы нефтепродуктов в резервуарах по различным параметрам, косвенно связанным с искомой величиной при изменяющихся условиях внешней и внутренней среды, а также предупредить факты перелива/недолива и кражи продукта из резервуарных парков.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р 8.595-2004. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. М., 2005. II, 27 с. (Государственная система обеспечения единства измерений).
- Методы измерений количественных и качественных характеристик жидких энергоносителей / С.А.Борминский, Б.В.Скворцов, А.В.Солнцева. Самара: СНЦ РАН, 2012. 222 с.
- Скворцов Б.В., Блинов Д.И., Солнцева А.В., Борминский С.А. Устройство для измерения уровня жидкости в резервуарах // Патент России № 115886. 2012. Бюл. №13.

APPLICATION OF METHOD OF COLLECTIVELY INDIRECT MEASUREMENT OF MASS PETROLEUM PRODUCTS MONITORING PARAMETERS IN TANK PARK

© 2013 A.V. Solntceva, S.A. Borminsky, A.N. Malysheva-Strojtkova, E.A. Silov

Samara State Aerospace University named after S.P. Korolyov
(National Research University)

Propose a new method measuring the mass of liquid cargo in tank farms. The method consists in determining the desired mass based on the parameters characterizing the physical and chemical characteristics of liquid energy, which values are transferred to the base unit tank, a related information transmission channel with the central data processing device.

Keywords: storage tanks, measurement of mass, liquid energy carrier, liquid cargo, accuracy, calibration model, method

Alexandra Solntceva, Graduate Student at the Electrical Engineering Department. E-mail: als063@mail.ru
Sergey Borminsky, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: b80@mail.ru
Alexandra Malysheva-Strojtkova, Graduate Student at the Electrical Engineering Department. E-mail: aps@ssau.ru
Evgeny Silov, Candidate of Technics, Senior Research Fellow at the Research Laboratory “Analytical Devices and Systems”. E-mail: aps@ssau.ru