

МЕТОДЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАССЫ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ

А.В. Солнцева

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Одной из главных задач современного нефтегазового комплекса, включающего в себя группы отраслей по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа и распределению продуктов их переработки, является определение остаточной массы жидкого товарного продукта, находящегося в резервуаре. Главным недостатком существующих на сегодняшний день систем является низкая точность учета продукта, связанная с тем, что вычисление остаточной массы жидкости в резервуаре производится по алгоритмам, не в полной мере учитывающим взаимосвязи указанных параметров с конечным результатом. Решением возникшей проблемы повышения точности является определение функции преобразования, учитывающей изменение величины остаточной массы продукта при изменяющихся внешних и внутренних условиях.

На рис. 1 схематично представлен резервуар 1, заполненный контролируемой жидкостью 2 на уровне H . В резервуар опускается измерительный зонд 3, в частном случае труба, с отверстиями для размещения датчиков 4. Размещение датчиков 4 на разных уровнях, определяемых координатой y ($0 < y < H$), внутри резервуара 1 позволяет получить значение градиента параметров, таких как, температура T , давление p , плотность ρ , вязкость η и др. Полученная с датчиков 4 информация о параметрах контролируемой жидкости поступает на устройство сбора информации 5, затем через блок передачи данных 6 в устройство обработки данных 7.

Масса продукта M контролируемой жидкости связана с косвенными измеряемыми параметрами обобщенной функциональной зависимостью:

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

где q_k – совокупность параметров, измеряемых при мониторинге.

Учитывая, что любой измерительный процесс по определению подразумевает в себе кроме сбора и обработки информации, также операцию калибровки по эталонам, для решения поставленной задачи предложен следующий алгоритм измерений. 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_{ki} . Здесь k - соответствует номеру измеряемого

параметра ($k=1 \dots m$), i - номеру калибровочного замера ($i=1 \dots n$), значения которых запоминаются в центральном устройстве обработки. Количество эталонных замеров n должно быть не меньше числа контролируемых параметров m , то есть $n \geq m$.

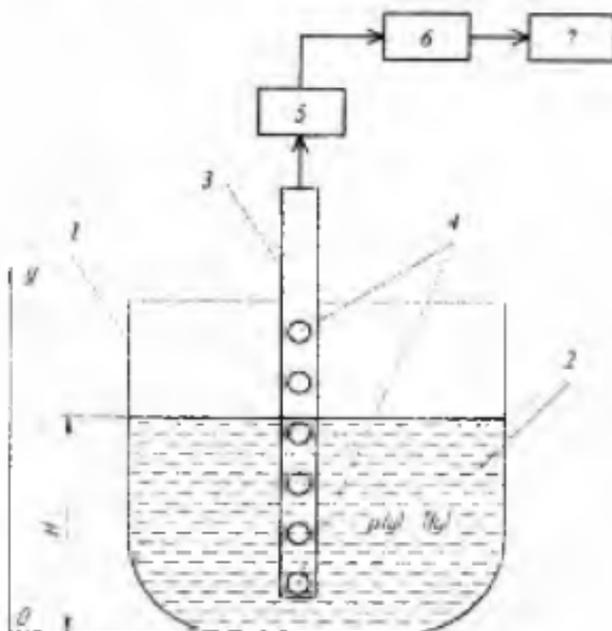


Рис. 1. Резервуар с контролируемой жидкостью: 1 - резервуар, 2 - контролируемая жидкость, параметры которой изменяются в зависимости от глубины налива, 3 - измерительный зонд, 4 - датчики, 5 - устройство сбора данных, 6 - блок передачи данных, 7 - устройство обработки данных

Пусть имеется n калибровочных наливов жидкости с известными значениями массы $M_1, \dots, M_i, \dots, M_n$. При этом следует помнить, что $M_i = M_{i-1} + \Delta M$, где ΔM - фиксированное приращение массы на каждом этапе калибровки. При каждом наливе контролируется совокупность параметров мониторинга резервуара $q_{k,i}$. При построении калибровочной модели для произвольных значений измеряемых параметров всегда можно подобрать такие нормирующие коэффициенты b_k , что будут выполняться равенства:

$$M_1 = b_1 q_{1,1} + \dots + b_k q_{k,1} + \dots + b_m q_{m,1} = \sum_{k=1}^m b_k q_{k,1};$$

.....

$$M_i = b_1 q_{1,i} + \dots + b_k q_{k,i} + \dots + b_m q_{m,i} = \sum_{k=1}^m b_k q_{k,i};$$

$$\dots\dots\dots (2)$$

$$M_m = b_1 q_{1,m} + \dots + b_k q_{k,m} + \dots + b_n q_{n,m} = \sum_{k=1}^n b_k q_{k,m};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$M_n = b_1 q_{1,n} + \dots + b_k q_{k,n} + \dots + b_n q_{n,n} = \sum_{k=1}^n b_k q_{k,n}.$$

Решение системы (2) дает совокупность коэффициентов b_k , которые в средневзвешенной форме определяют искомый показатель. Система (2) имеет единственное решение, если главный определитель отличен от нуля. Решением этого уравнения являются соотношения:

$$b_k = \frac{\Delta b_k}{\Delta},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} q_{1,1} & \dots & q_{1,j} & \dots & q_{1,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{i,1} & \dots & q_{i,j} & \dots & q_{i,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n,1} & \dots & q_{n,j} & \dots & q_{n,n} \end{vmatrix}, \quad \Delta b_k = \begin{vmatrix} q_{1,1} & \dots & M_1 & \dots & q_{1,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{i,1} & \dots & M_i & \dots & q_{i,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n,1} & \dots & M_n & \dots & q_{n,n} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где M_k — совокупность эталонных значений массы контролируемой жидкости, используемой при калибровке, $q_{k,i}$ — совокупность физико-химических параметров жидкости, измеренных при калибровке, k — соответствует номеру измеряемого параметра ($i=1 \dots n$), i — номеру калибровочного замера ($k=1 \dots n$).

Вычисленные таким образом коэффициенты b_k , согласно предложенному алгоритму, запоминаются в устройстве обработки и используются в дальнейшем в процедуре измерения. В процессе определения массы контролируемой жидкости измеряются параметры мониторинга $q_{k,X}$, а неизвестная масса нефтепродукта определяется по формуле:

$$M_X = b_1 q_{1,X} + \dots + b_k q_{k,X} + \dots + b_n q_{n,X} = \sum_{k=1}^n b_k q_{k,X}, \quad (4)$$

где M_X — искомое значение массы жидкости, $q_{k,X}$ — совокупность измеренных параметров контролируемой жидкости.

Также предлагается еще один метод определения массы жидкости, находящейся в резервуаре.

В реальных условиях эксплуатации площадь основания емкости S не является постоянной величиной, а изменяется в зависимости от многих факторов, в том числе и от уровня наполнения, поскольку резервуар подвержен естественной деформации при его заполнении продуктом. При вычислении объема необходимо учитывать изменение площади основания S

по всему участку измерения от дна резервуара $y=0$ до максимального уровня наполнения $y = H$.

Значение плотности продукта ρ в реальных условиях также не является постоянным на всей протяженности $y \in [0, H]$, поэтому справедливо выражение для определения массы:

$$M_x = \int_0^H \rho(y) \cdot S(y) dy. \quad (5)$$

Площадь основания резервуара и объем наполняемого продукта в общем случае математически связаны по формуле:

$$V = \int_R S(y) dy, \quad (6)$$

где $S(y)$ – площадь горизонтального сечения тела с данной аппликацией y .

Согласно (6), выражение (5) примет вид:

$$M_x = \int_0^H \rho(y) \cdot \frac{V(y)}{y} dy. \quad (7)$$

Для контроля параметров производится калибровка емкостей. При калибровке емкости проводится определение вместимости резервуара при пошаговом заполнении его жидкостью с одновременным фиксированием высоты уровня. Калибровка емкостей необходима для определения действительных значений метрологических характеристик резервуара. Полученные в результате калибровки значения объема и уровня необходимо представить в виде аналитической зависимости $V(y)$. В результате применения полиномиальной регрессии получим зависимость:

$$V(y) = \sum_{i=0}^n a_i y^i. \quad (8)$$

В зависимости от технического оснащения резервуарного парка возможно определение плотности продукта на уровнях расположения датчиков в отверстиях измерительного зонда, либо перемещение датчика плотности по мере наполнения емкости на фиксированные значения реперного шага.

Аппроксимируя данные, полученные о плотности жидкости, получаем зависимость (для удобства пользуемся тем же видом регрессии, что и для зависимости объема от уровня):

$$\rho(y) = \sum_{j=0}^m b_j y^j. \quad (9)$$

С учетом (8) и (9) выражение (7) примет вид:

$$M_x = \int_0^H \frac{\sum_{i=0}^n a_i y^i \cdot \sum_{j=0}^m b_j y^j}{y} dy. \quad (10)$$

Интеграл вида (10) легко вычисляется даже в аналитической форме, что удобно, и даёт возможность для каждой ёмкости получить индивидуальную аналитическую зависимость, связывающую массу топлива в баке с его уровнем с учетом изменения плотности по глубине ёмкости, а также даёт возможность создать универсальный алгоритм и программу обработки данных для ПК, в которую будут вводиться только данные о коэффициентах аппроксимации и текущих значениях плотности.

Изложенные в статье способы предложены впервые и значительно повышают точность измерений массы жидкости по сравнению с известными методиками, так как основаны на нелинейной интерполяции экспериментальных калибровочных данных, что, несомненно, точнее дискретного сложения и линейной интерполяции данных, применяемых в настоящее время на всех нефтебазах РФ.

Список использованных источников

1. Сковорцов, Б.В. Импульсные методы измерений количества и качества жидких углеводородных топлив [Текст] / Б.В.Сковорцов, С.А.Борминский. – Самара, СНЦ РАН, 2010. – 226 с.

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА АРТЕРИАЛЬНОЙ ПУЛЬСАЦИИ КРОВИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Л.И. Калакутский, А.А. Федотов

Самарский государственный аэрокосмический университет. г. Самара

Регистрация и обработка сигнала артериальной пульсации крови находит широкое применение в инструментальных системах кардиологической диагностики для мониторинга частоты сердечных сокращений, определения степени насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом, исследования гемодинамических процессов в артериальном русле [1, 2].

Регистрация сигнала артериальной пульсации крови с помощью плетизмографических или сфигмографических датчиков сопровождается наличием помех физической и физиологической природы. Помехи электрической природы возникают в усилительном тракте систем регистрации