

УДК 621.317

О.Н. Сухоручко<sup>1</sup>, А.П. Корецкий<sup>1</sup>, А.В. Голик<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт радиофизики и электроники НАН Украины<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТЕЙ. ЧАСТЬ 2

*В работе приведены результаты разработки и экспериментального исследования акустического уровнемера погружного типа, предназначенного для измерения различных параметров жидкости в резервуарах, в том числе во взрывоопасных зонах. Получены аналитические выражения для калибровки и учета погрешностей прибора.*

*акустический уровнемер погружного типа, калибровка, погрешность*

### Введение

Контроль количества топлива в резервуарах заправочных станций в подавляющем большинстве случаев осуществляется по показанию уровнемера. При растущих ценах на горюче-смазочные материалы борьба с воровством и государственный надзор стали действенными факторами, побуждающими к совершенствованию систем контроля, повышению точности их измерений, оперативности предоставления данных для последующего анализа [1 – 3]. В первой части данной работы рассмотрены функциональные блоки ультразвукового уровнемера [4]. Во второй части рассмотрим принцип действия прибора и приведем полученные характеристики.

### Принцип работы уровнемера

Принцип работы уровнемера состоит в следующем. С помощью системно встроенного кварцованного таймера сначала измеряется время  $t_{ур}$  распространения сигнала от акустического излучателя до уровня контролируемой жидкости. Затем проводится самокалибровка уровнемера - измеряются времена распространения сигнала до встроенных меток и вычисляются значения уровня  $h^l_{ур}$  контролируемой жидкости

$$h^l_{ур} = \left[ \frac{h_{МВ} - h_{МН}}{\tau_{МВ} + \frac{\tau_{МВ} - \tau_{МН}}{\tau_{МН} - \tau_{МН}}} \cdot (\tau_{ур} - \tau_{МН}) \right] \cdot \tau_{ур} + h_{изл}$$

где  $h_{изл}$  – высота излучателя над дном резервуара;  $h_{МН}$  – высота над излучателем метки, ближайшей к уровню жидкости;  $h_{МВ}$  – высота над излучателем второй от уровня метки;  $\tau_{МВ}$ ,  $\tau_{МН}$  и  $\tau_{ур}$  соответственно времена распространения сигнала до первой и второй от уровня меток.

При использовании поплавка-успокоителя значение уровня  $h^l_{ур}$  корректируется на глубину погружения поплавка  $\Delta_{полп}$ :  $h^n_{ур} = h^l_{ур} + \Delta_{полп}$ , поскольку

в данном случае  $h^l_{ур}$  определяет время распространения сигнала от излучателя до дна поплавка.

При изменении температуры  $t^0$  контролируемой среды происходят изменения [5]:

а) расстояний  $h_m$  от излучателя до меток по сравнению с паспортными данными на величину

$$\Delta h = h_m \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} (t^0 - t_k)$$

где  $t_k$  – температура калибровки  $h_m$ .

Для уровнемеров, у которых по условиям эксплуатации эта величина может выйти за пределы 0,5 мм, значение уровня корректируется

$$h^t_{ур} = h^l_{ур} + \Delta h;$$

б) плотности контролируемой жидкости, что приводит к изменению глубины погружения поплавка-успокоителя [6]

$$\Delta h_p = \Delta_{полп} \cdot \beta (t^0 - t_k)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного расширения контролируемой жидкости.

В уровнемерах с датчиком уровня второй модификации конструкция поплавка-успокоителя выполнена таким образом, что вносимая погрешность  $\Delta h_p$  во всем температурном интервале не превышает 0,4 мм. При необходимости эта погрешность может быть учтена в измерительном блоке

$$h^{tp}_{ур} = h^t_{ур} + \Delta h_p.$$

Вычисленные в измерительном блоке значения уровня передаются по внутреннему интерфейсу в индикаторный блок, где индицируются на 4-х разрядном индикаторе и поступают в узел цифрового обмена стандарта RS-485. Это же значение уровня преобразуется цифро-аналоговым преобразователем в аналоговый выходной сигнал.

Соотношение между заполненной и свободной частями резервуара (по уровню) отображается посредством “светящегося столба” из 10 светодиодов. Красный цвет соответствует заполненной части ре-

резервуара, зеленый или желтый – свободной. Дополнительная погрешность в определении уровня может возникнуть при отклонении погружного датчика от вертикального положения. При этом истинное значение  $h_{\text{ист}}$  уровня будет меньше индицируемого  $h_{\text{инд}}$  на величину равную  $h_{\text{инд}} \cdot 6 \times 10^{-4}$  при отклонении штанги на  $2^\circ$  от вертикали и на  $h_{\text{инд}} \cdot 1,5 \times 10^{-4}$  при отклонении на  $1^\circ$ . Для резервуара глубиной 1600 мм отклонению штанги от вертикали на  $2^\circ$  соответствует смещение нижнего конца датчика от вертикальной проекции верхнего конца датчика на 56 мм, а отклонению на  $1^\circ$  – на 28 мм. Для резервуара глубиной 3000 мм эти величины соответственно равны 100 мм и 50 мм.

Измерение температуры контролируемой жидкости осуществляется полупроводниковыми температурными датчиками, которые генерируют электрический сигнал в виде “меандра”, параметры которого зависят от температуры. Измерения положительного  $T_1$  и отрицательного  $T_2$  периодов “меандра” выполняются в измерительном блоке и через внутренний интерфейс передаются в индикаторный блок, а затем в информационную сеть, где значение температуры вычисляется в РС по формуле

$$t(^{\circ}\text{C}) = A + B(T_1 / T_2) + C(T_1 / T_2)^2.$$

Значения констант А, В и С для каждого установленного датчика температуры индивидуальны. Абсолютная точность измерений температуры и чувствительность не хуже соответственно  $0,5^{\circ}\text{C}$  и  $0,05^{\circ}\text{C}$  обеспечиваются использованием прецизионных источников питания термометров с температурной погрешностью  $U_{\text{пит}} \approx 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$  в нагруженном режиме, дополнительной калибровкой каждого термометра и использованием системно встроенного высокочастотного кварцованного таймера.

При необходимости уровнемеры могут комплектоваться сервисным оборудованием: имитатором измерительного блока, имитатором датчика уровня, преобразователем стандарта RS-485/232, программным обеспечением, программатором измерительного блока.

Имитатор измерительного блока предназначен для проверки работоспособности индикаторного блока, присоединяется к индикаторному блоку и после включения питания уровнемера генерирует электрические сигналы, имитирующие значения уровня и температуры.

Имитатор датчика уровня, представляющий собой две акустические линии задержки, предназначен для проверки работоспособности двухканального приемопередатчика и блока передачи цифровой информации по внутреннему интерфейсу. Имитатор датчика уровня осуществляет преобразование и задержку электрических импульсов от приемопередатчика, имитируя распространение звуковых им-

пульсов в контролируемой среде.

Преобразователь стандарта служит для непосредственного подключения уровнемера к компьютеру типа IBM PC, на мониторе которого индицируется информация, транслируемая индикаторным блоком в информационную сеть, а также вычисленное значение температуры.

Программатор измерительного блока предназначен для настройки измерительного блока под конкретные датчики. В нем хранятся значения всех калибровочных констант всех датчиков данной партии. При смене измерительного блока (например, установке запасного), изменении высоты установки датчика уровня, в измерительный блок через ИК порт вводятся значения калибровочных констант датчика уровня, подключаемого к устанавливаемому блоку.

Диапазон измеряемых уровней прибора: светлых нефтепродуктов 100 – 10000 мм, воды 100 – 20000 мм при абсолютной погрешности измерения не более 2 мм. Уровнемер имеет цифровую индикацию значения уровня 4,5 десятичных разряда и дискретно-аналоговую индикацию типа “светящийся столб” из 10 дискретных элементов; цифровой выход в стандарте RS 485; аналоговый выход в одном из стандартов 4 – 20 мА, 0 – 20 мА, 0 – 5 В. Диапазон измерения температур контролируемой жидкости –  $40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ , точность измерения температуры, не хуже  $0,5^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ ),  $0,2^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$ ).

## Выводы

Таким образом, разработанный автоматический комплекс позволяет вести измерения с высокой точностью в резервуарах и емкостях, размещаемых под открытым небом, под землей, в производственных помещениях для широкого набора жидкостей, таких как светлые нефтепродукты; химически агрессивные и взрывоопасные жидкости; вода, спирты, пищевые и прочие растворы.

Данный измерительный комплекс может быть использован на АЗС и хранилищах; нефте- и газоперерабатывающих предприятиях; химических производствах; службах водохозяйства; в пищевой и фармацевтической промышленности; спиртовых заводах и т.п. в различных системах: от автономного использования в единичных резервуарах для измерения указанных выше параметров до использования в составе информационных, управляющих и коммерческих систем.

## Список литературы

1. Чепрасов А.А. Разноликий контроль АЗС // Современная АЗС. – 2003. – № 4. – С. 17-23.
2. Ультразвуковой уровнемер PROBE [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prosoft.ru/news/2002>.
3. Ультразвуковой уровнемер Prosonic [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilpages.ru/obj.php>.

4. Сухоручко О.Н., Васильченко В.В., Корецький А.П. Автоматический измерительный комплекс основных параметров жидкостей. Часть 1 // Системы обработки информации: Збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2007. Вип.1(59). – С.132-133.

5. Ультразвуковой уровнемер Fisinter [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fisinter.ru/winbase.kms.htm>.

6. Портативный ультразвуковой уровнемер УУП1-М1 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.viatec.com.ua/produkcija/UUP1\\_M1\\_M4.html](http://www.viatec.com.ua/produkcija/UUP1_M1_M4.html).

Поступила в редколлегию 2.03.2007

**Рецензент:** д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник В.К. Иванов, Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков.