

УДК 66.011:004.4'22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ НАД ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПОВЕРКИ УРОВНЕМЕРОВ И СИГНАЛИЗАТОРОВ

Шулаева Е.А., Успенская Н.Н., Алмакаев И.А., Исмоилов Т.Н., Ишкинина Е.Р.

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Стерлитамак, e-mail: eshulaeva@mail.ru*

В химическом и нефтехимическом производстве для правильного ведения технологического процесса в аппараты устанавливают средства автоматизации для регулирования и поддержания на заданном уровне определенных параметров, таких как температура, расход, уровень, давление. Для измерения уровня в аппарате в зависимости от физических свойств подаваемых и перерабатываемых веществ существуют различные датчики, такие как волноводные, вибрационные, радарные, пневматические, буйковые, поплавковые, ультразвуковые и т.д. Перед установкой датчика в аппарат для регулирования технологического процесса и снятия параметров производят его калибровку и поверку, чтобы выявить наименьшую погрешность и снять более точные данные технологического процесса. В ходе проведения неправильной калибровки или поверки появляются ошибки при снятии параметров технологического процесса, вследствие чего могут возникнуть аварии и данный процесс окажется затратным. В представленной работе поднимается тема поверки уровнемеров. Для решения данного вопроса предлагается применить установку для поверки пневматического датчика уровня и интеллектуального с помощью HART-протокола, а также сигнализатора для отслеживания критического уровня. Данная установка была разработана в филиале УГНТУ в г. Стерлитамаке на кафедре автоматизированных технологических и информационных систем. Установка позволяет с минимальной погрешностью поверить датчики уровня с помощью HART-протокола. Применение данной установки позволяет выявить преимущества интеллектуальных приборов над пневматическими измерительными уровнемерами для изучения принципа их действия. Также её можно применять для наглядного изучения точности показаний, всех достоинств и недостатков каждого прибора, а также для обучения технических специалистов и студентов работе с уровнемерами.

Ключевые слова: пневматический уровнемер УБ-ПВ, волноводный уровнемер Rosemount, сигнализатор, насос, уровень, емкость, HART-протокол, мультиметр

RESEARCH ADVANTAGES OF SMART LEVEL GAUGES OVER PNEUMATIC AT INSTALLATION FOR CHECKING LEVELS AND SIGNALS

Shulaeva E.A., Uspenskaya N.N., Almakayev I.A., Ismoilov T.N., Ishkinina E.R.

Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Ufa State Petroleum Technological University», Sterlitamak Branch, e-mail: eshulaeva@mail.ru

In chemical and petrochemical production for the correct guiding of technological process in devices set the automation equipment for regulation and maintenance of certain parameters, such as temperature, the expenditure, level, pressure. For measurement of level in the device depending on physical properties of the given and processed substances there are different sensors, such as the waveguide, vibrational, radar, pneumatic, the buoy, float-operated, ultrasonic, etc. Before installation of the sensor in the device make its calibration and checking for regulation of technological process and removal of parameters to reveal the smallest error and to take off more exact data of technological process. During the wrong calibration or checking errors in case of removal of parameters of technological process appear owing to what there can be accidents, and this process will be wasteful. In this operation the subject of checking of level meters rises. For the solution of the matter it is offered to apply installation to checking of the pneumatic sensor of level and intellectual by means of the HART protocol, and also a signaling device for tracing of critical level. This installation was developed in UGNTU branch in Sterlitamak at department of automated technological and information systems. Installation allows checking with the minimum error level sensors by means of the HART protocol. Application of this installation allows revealing advantages of smart instruments over pneumatic measuring level meters for a study of the principle of their action. Also it can be applied to an evident study of accuracy of indications, all merits and demerits of each instrument, and also to training of technology professionals and students in operation with level meters.

Keywords: pneumatic level meter of UB-PV, the waveguide level meter of Rosemount, signaling device, pump, level, capacity, HART protocol, multimeter

В настоящее время в технологических процессах нефтеперерабатывающей и химической промышленности вместе с необходимостью измерения таких контролируемых параметров, как температура и давление, необходимо также измерение и контроль уровня веществ в закрытых и открытых резервуарах [1, 2].

Среди контрольно-измерительных приборов важное место занимают измерители

уровня жидких и сыпучих веществ (уровнемеры) [3]. В связи с развитием и улучшением технологий и приборов, усовершенствованием средств контроля и автоматического управления сфера применения уровнемеров расширяется. В нефтеперерабатывающей и химической отраслях промышленности для точного поддержания уровня необходимо применять более совершенные измерители уровня.

На данный момент известно более десятка методов измерения [4, 5], на основе которых могут быть построены измерители уровня, например буйковые, поплавковые, волноводные, радарные, емкостные, ультразвуковые, вибрационные и др. [3]. В последнее время получили значительное развитие волноводные уровнемеры, т.к. эти приборы считаются высокоточными.

Перед установкой датчиков в резервуар необходима их калибровка и поверка [6, 7]. Поверка датчиков уровня – это очень трудоемкий процесс. Существуют следующие методы поверки датчиков уровня: с помощью метроштока по ГОСТ 8.247-2004, измерительной рулетки по ГОСТ 7502-98, приборов, стоящих на определенном уровне, по ГОСТ 28725-90, каретки, а также с помощью программ.

Авторами была поставлена задача продемонстрировать преимущества интеллектуальных измерительных приборов над пневматическими, также рассмотреть поверку интеллектуального датчика в жидкости при помощи HART-протокола и пневматического датчика по манометру.

Описание лабораторного стенда

На кафедре автоматизированных технологических и информационных систем (АТИС) филиала в г. Стерлитамаке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» была разработана установка для поверки датчиков уровня и сигнализатора. Также в настоящее время идет создание программного обеспечения [8–11] для имитации поверки приборов.

Установка, представленная на рис. 1, позволяет поверить датчики уровня как пневматические, так и интеллектуальные, а также сигнализатор OPTISWITCH 5200 C [12]. С помощью поверки приборов на данном стенде, работы с ними и снятия их показаний можно установить преимущества интеллектуальных датчиков уровня над пневматическими измерительными приборами, изучить работу сигнализатора и получить навыки работы с HART-протоколом, позволяющим не только считывать данные уровня с датчика, но и отображать всю информацию о самом датчике, его значениях уровня, тока, получить регистрирующий график «Токовый выход» для отслеживания промежуточных значений показаний датчика.

Существует ряд патентных установок для поверки уровнемера, в которых поверка приборов производится непосредственным погружением уровнемеров в жидкость:

установка поверочная уровнемерная АГТ 244, установка поверочная уровнемерная УПУ-8000, поверочный стенд по патенту CN 200820154368 Y 20090812 (EN) G01F 25/00 (2006.01) [13].

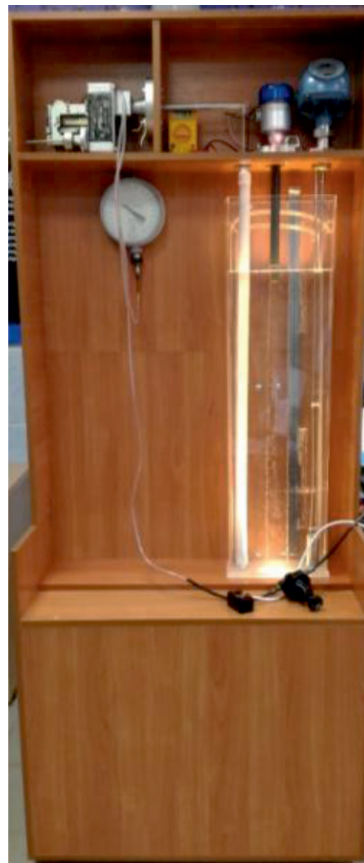


Рис. 1. Общий вид стенда

Главным отличием разработанной авторами установки от всех вышеперечисленных является то, что при поверке задействована программа HART-Master (рис. 2), позволяющая считывать информацию с датчика и поверять приборы с меньшей погрешностью ($\pm 0,5$ мм), т.к. настраивается и объем емкости, и шаг считывания значений с датчика. К достоинствам данной установки можно отнести возможность поверки нескольких уровнемеров: и пневматических, и интеллектуальных.

Первым шагом в разработке лабораторного стенда является измерение длины буйка для уровнемера УБ-ПВ. Длина буйка рассчитывается и подбирается равной длине буйка волноводного датчика Rosemount [14]. По данным размерам была изготовлена емкость из оргстекла высотой 900 мм с закрепленной металлической линейкой.

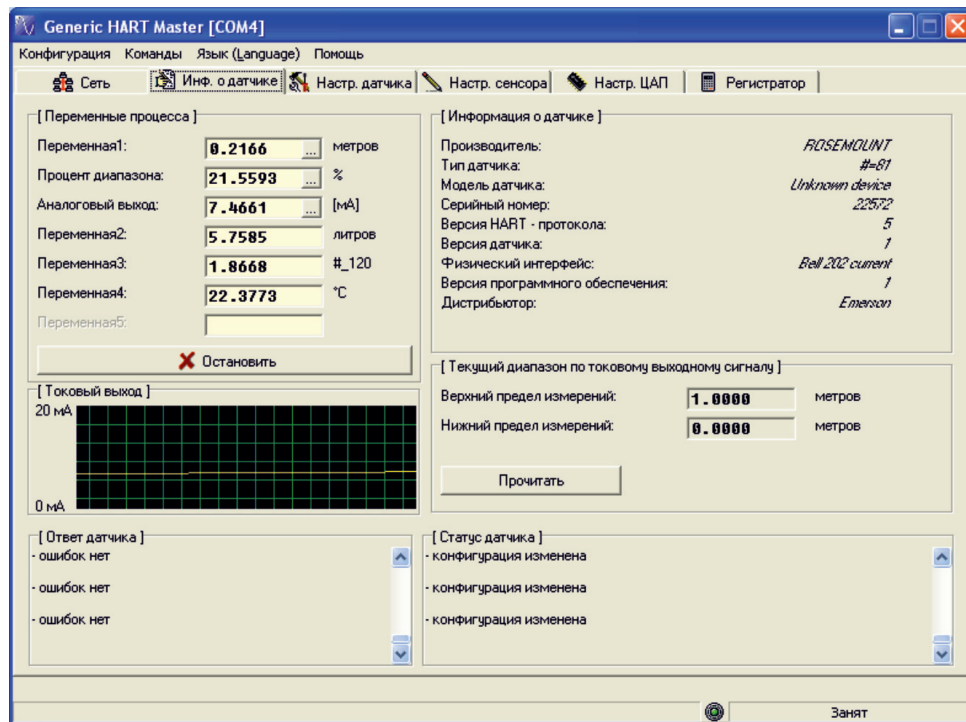


Рис. 2. Вкладка «Информация о датчике» в программе «HartMaster»

Затем был произведен монтаж специального шкафа, где размещены все составляющие данной установки. Внутри шкафа установлена канистра для рабочей жидкости. От канистры к емкости через трубки подсоединены два насоса для налива и слива воды и два электроклапана. Снизу емкость подсвечивается лампой. С лицевой стороны стенда на верхней полке установлены уровнемер УБ-ПВ с подсоединенным манометром, волноводный уровнемер Rosemount и сигнализатор. К уровнемеру Rosemount подключен мультиметр и два светодиода. К манометру присоединена трубка для воздуха, который поступает через редуктор от компрессора. Все электроприборы подключены к блоку питания, расположенному на задней панели. После монтажа стенда проведена настройка всех датчиков и приборов.

Настройка пневматического датчика уровня УБ-ПВ на заданные пределы измерения проводится с помощью грузов путем имитации гидростатической выталкивающей силы, соответствующей верхнему пределу измерений.

Расчетное значение давления, соответствующее верхнему пределу измерений: Масса грузов уровнемеров

$$P_p = 0,2 + 0,8 \cdot \frac{m}{m_{\max}}; \quad (1)$$

для жидкости

$$m_{\max} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H_{\max} \cdot \rho_{\text{ж}}; \quad (2)$$

для раздела фаз

$$m_{\max} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H_{\max} \cdot (\rho_{\text{н.ж}} - \rho_{\text{в.ж}}), \quad (3)$$

где d – диаметр буйка испытываемого уровнемера, см; $H_{\max}$ – верхний предел измерения уровня жидкости, см; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность измеряемой жидкости, г/см³; $\rho_{\text{н.ж}}$, $\rho_{\text{в.ж}}$ – плотности соответственно нижней и верхней измеряемой жидкости в случае измерения уровня раздела фаз, г/см³.

Настройка нуля производится установкой буйка на прибор. Максимальное значение достигается путем вычета выталкивающей силы от массы буйка, которая определяется по формуле

$$F_{\text{выт}} = \pi \cdot r^2 \cdot L \cdot \rho_{\text{ж}}, \quad (4)$$

где $F_{\text{выт}}$ – выталкивающая сила; π – число Пи (3,14); r – радиус буйка; L – длина буйка; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность измеряемой жидкости.

По представленным выше формулам были определены следующие оптимальные параметры: максимальный уровень емкости равен 900 мм; масса буйка равна 1400 г (1,4 кг); диаметр буйка равен 28 мм (2,8 см); длина – 1 м (100 см).

Для проверки уровнемера УБ-ПВ (рис. 3) необходимо фиксировать уровень воды по

линейке в каждой поверяемой отметке (0 %, 25 %, 50 %, 75 %), затем снимаются показания образцового манометра со шкалой $1,6 \text{ кгс/см}^2 = 100\%$ и осуществляется перевод полученных значений давления воздуха в бары.

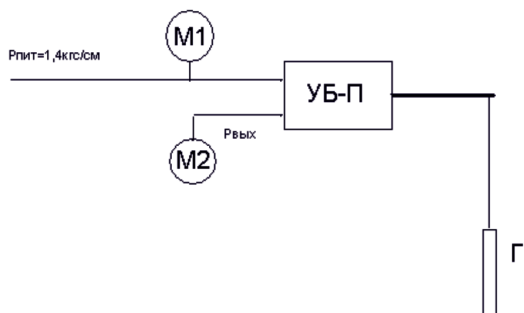


Рис. 3. Схема стенда для поверки уровнемера УБ-ПВ: М1 – технический манометр на линии питания ($1,4 \text{ кгс/см}^2$); М2 – образцовый манометр на линии выходного сигнала ($0,2\text{--}1 \text{ кгс/см}^2$); УБ-ПВ – поверяемый прибор; Г – груз

Настройка интеллектуального датчика Rosemount по HART-протоколу происходит следующим образом: заданы высота, диаметр, форма емкости, значение диэлектрической проницаемости для используемой рабочей жидкости, настроен нижний и верхний пределы измерения; введена нужная единица измерения уровня.

Принцип действия стенда схематично представлен на рис. 4.

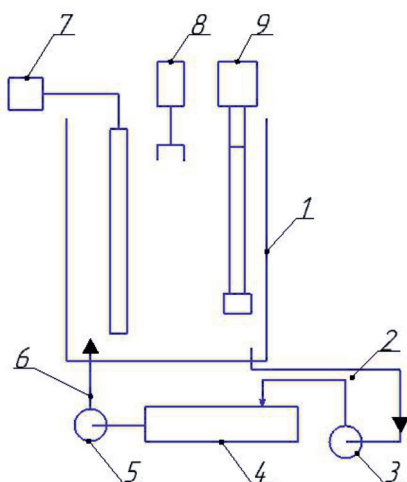


Рис. 4. Схема лабораторного стенда: 1, 4 – емкость; 3, 5 – насос; 2, 6 – трубы; 7 – пневматический буйковый уровнемер УБ-ПВ; 8 – сигнализатор OPTISWITCH 5200C; 9 – уровнемер Rosemount 5300

Из емкости 4 при помощи насоса 5 происходит подача воды по трубке 6 в ем-

кость 1. Емкость 1 предназначена для измерения уровня воды и поверки приборов. При перекачивании воды в емкость 1 проводится поверка приборов при прямом ходе. По достижении уровня равного 733 мм срабатывает сигнализатор. После поверки приборов в прямом ходе начинается откачивание воды при помощи насоса 3 по трубке 2 в емкость 4 и производится поверка приборов при обратном ходе.

Максимальный уровень емкости равен 900 мм. Поверка приборов происходит при наборе воды со скоростью $0,5 \text{ мм/с}$ и скоростью слива воды 1 мм/с , погрешность $0,5 \text{ мм}$. Данные скорости помогают оператору точно отследить уровень воды с минимальной погрешностью.

Заключение

Проведена поверка следующих приборов: уровнемер УБ-ПВ, уровнемер Rosemount 5300, сигнализатор OPTISWITCH 5200C по основным контрольным точкам уровня воды: 0 %, 25 %, 50 %, 75 %. Для каждого прибора были записаны данные и рассчитаны погрешности и вариация. Максимальная относительная погрешность для уровнемера УБ-ПВ равна $1,0\%$, что входит в предел допускаемой относительной погрешности равной $1,5\%$. Максимальная абсолютная погрешность для уровнемера Rosemount 5300 равна 1 мм , что входит в диапазон допускаемой абсолютной погрешности равной $\pm 3 \text{ мм}$. Максимальная относительная погрешность для сигнализатора OPTISWITCH 5200 C равна $0,03\%$, что ниже предела допускаемой относительной погрешности равной $0,05\%$. Таким образом, медленный набор воды помогает точно отследить все контрольные точки для измерения уровня. С помощью HART-протокола по графикам можно определить значения, полученные с датчика в любых контрольных точках, необходимых для поверки прибора.

Таким образом, показано, что установка по поверке уровнемеров работает исправно и с высокой точностью.

В данной статье приведены подходы к разработке стендов для поверки приборов, определения преимуществ интеллектуальных приборов над пневматическими измерительными приборами, описана и рассчитана поверка приборов.

Дальнейшим этапом является разработка программного обеспечения, имитирующего поверку приборов, что позволит качественно повысить возможность восприятия учебного материала, связанного с метрологией студентами высших технических учебных заведений.

Список литературы

1. Вильнина А.В., Вильнин А.Д., Ефремов Е.В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 с.
2. Михеев В.П., Просандеев А.В. Датчики и детекторы: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. – 172 с.
3. Обзор основных типов уровнемеров, применяемых в современных системах управления технологическими процессами предприятий (АСУТП) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rossens.ru/obzor_osnovnyh_vidov_urovnerov.php (дата обращения: 07.08.2017).
4. Измерение уровней жидкостей [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3220070/> (дата обращения: 07.08.2017).
5. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учебное пособие. В 5 ч. / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев, Г.В. Мозгова. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 2. – 108 с.
6. Марков В.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Общие сведения об измерениях, испытаниях и контроле: учеб. пособие. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 40 с.
7. Секацкий В.С., Мерзликина Н.В. Методы и средства измерений и контроля: Учебное пособие. – Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. – 284 с.
8. Шулаева Е.А., Шулаев Н.С., Коваленко Ю.Ф. Имитационно-моделирующий комплекс процесса полимеризации винилхлорида суспензионным способом // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 40, № 12. – С. 126–132.
9. Shulaeva E.A., Shulayev N.S., Kovalenko Ju.F. Modeling of the process of electrolysis production of caustic, chlorine and hydrogen // International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2016 IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012148.
10. Shulaeva E.A., Kovalenko Yu.F., Shulaev N.S. Simulation and Modeling Software in Chemical Technology: Polymerization of Vinyl Chloride // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040. – P. 581–584.
11. Shulaeva E.A., Kovalenko Yu.F., Shulaev N.S. Using Simulation and Modeling Software of Chemical Technology in Education. The 16th International Workshop on Computer and Information Technologies CSIT2014, Sheffield, England, 2014. – Vol. 2. – P. 175–179.
12. Жданкин В.К. Сигнализаторы изменения уровня // Современные технологии автоматизации. – 2002. – № 2. – С. 6–19.
13. Свид. 2495384 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации российских изобретений, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Установка поверочная линейных перемещений автоматизированная и способ повышения точности вертикальных установок для метрологической аттестации двух уровнемеров одновременно / И.М. Быстров, А.С. Галкин, А.И. Лакеев, Н.Я. Мустаев, Е.М. Равикович; патентообладатель Закрытое акционерное общество «НТФ НОВИНТЕХ» (RU). – 2012114246/28; заявл. 12.04.2012; опубл. 10.10.2013.
14. Измерение уровня. Непрерывное измерение уровня – Волноводные радарные уровнемеры [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.siemens-pro.ru> (дата обращения: 07.08.2017).