

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ**

Методические указания  
для выполнения лабораторной работы  
по дисциплине «Технические измерения и приборы»  
для студентов очной и заочной форм обучения  
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и  
производств»

Курган 2015

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»  
Дисциплина: «Технические измерения и приборы»  
(направление 220700.62).

Составили: канд. техн. наук, доцент О.В. Дмитриева.

Утверждены на заседании кафедры 27 ноября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта  
«Инженерные кадры Зауралья» 20 декабря 2013 г.

## Содержание

Введение.....	4
1. Виды измерительных преобразователей уровня .....	4
2. Оборудование для проведения лабораторной работы .....	7
3. Порядок выполнения лабораторной работы .....	9
4. Контрольные вопросы .....	11
Список использованных источников .....	11

## Введение

Уровнем называют высоту заполнения технологического аппарата рабочей средой – жидкостью или сыпучим веществом. Целью измерения уровня является определение количества жидкости в емкости и контроль за положением уровня в производственном аппарате при осуществлении технологического процесса. Единицами измерения уровня являются единицы длины.

Средства измерения уровня называют уровнемерами. По характеру работы уровнемеры могут быть непрерывного действия и прерывистого (релейного) действия. *Уровнемеры непрерывного действия* предназначены для измерения уровня рабочей среды, а также для измерений массы жидкости в технологическом аппарате, *Релейные уровнемеры* срабатывают при достижении определённого уровня: они используются для сигнализации и поэтому называются сигнализаторами уровня.

В настоящее время измерение уровня во многих отраслях промышленности осуществляют различными по принципу действия уровнемерами, из которых распространение получили поплавковые, буйковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые и радиационные.

В электрических уровнемерах положение уровня жидкости преобразуется в какой-либо электрический сигнал.

Из электрических уровнемеров наибольшее распространение получили ёмкостные и омические. В ёмкостных уровнемерах используются диэлектрические свойства контролируемых сред, в омических - свойство контролируемой среды проводить электрический ток

**Цель лабораторной работы:** изучить методы и средства измерения уровня жидкостей; приобрести навыки работы с измерительной системой измерения уровня.

## 1. ВИДЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УРОВНЯ

Принцип действия *поплавковых приборов* основан на использовании выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело.

Поплавковые уровнемеры узкого диапазона обычно представляют собой устройства, содержащие поплавок диаметром 80 – 200 мм, выполненный из нержавеющей стали. Поплавок плавает на поверхности жидкости и через штангу и специальное сальниковое уплотнение соединяется либо со стрелкой измерительного прибора, либо с преобразователем угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигнал. Минимальный диапазон измерений этих уровнемеров –10 - 0 – 10 мм, максимальный -200 – 0 – 200 мм. Класс точности 1,5.

Поплавковые уровнемеры широкого диапазона представляют собой поплавки, связанный с противовесом гибким тросом. Минимальный диапазон измерений 0 – 12 м, максимальный 0 – 20 м. Абсолютная погрешность + 4 мм и +10 мм.

В основу работы **буйковых уровнемеров** положено физическое явление, описываемое законом Архимеда. Чувствительным элементом в этих уровнемерах является цилиндрический буюк, изготовленный из материала с плотностью, большей плотности жидкости. Буюк находится в вертикальном положении и частично погружен в жидкость. При изменении уровня жидкости в аппарате масса буйка в жидкости изменяется пропорционально изменению уровня. Преобразование веса буйка в сигнал измерительной информации осуществляется с помощью унифицированных преобразователей «сила – давление» и «сила – ток». В соответствии с видом используемого преобразователя силы различают пневматические и электрические буйковые уровнемеры.

Минимальный верхний предел измерений пневматических и электрических уровнемеров с унифицированным сигналом составляет 0,02 м, максимальный 16 м.

Верхние пределы измерений уровнемера с унифицированным электрическим сигналом ограничены значениями 0,02 – 16.

Буйковые средства измерения применяются при температуре рабочей среды от –40 до 400°С и давлении рабочей среды до 16 МПа. Классы точности буйковых уровнемеров 1,0 и 1,5.

Измерение уровня **гидростатическими уровнемерами** сводится к измерению гидростатического давления  $p$ , создаваемого столбом  $h$  жидкости постоянной плотности  $\rho$ , согласно равенству

$$p = \rho gh.$$

Измерение гидростатического давления осуществляется:

- манометром, подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня;
- дифманометром, подключаемым к резервуару на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня, и к газовому пространству над жидкостью;
- измерением давления газа (воздуха), прокачиваемого по трубке, опущенной в заполняющую резервуар жидкость на фиксированное расстояние.

Измерение гидростатического давления манометрами целесообразно в резервуарах, работающих при атмосферном давлении. В противном случае, показания манометра складываются из гидростатического и избыточного давлений.

Для измерения уровня жидкости в технологических аппаратах, находящихся под давлением, широкое применение получили дифференциальные манометры.

Уровеньмеры, в которых измерение гидростатического давления осуществляется путем измерения давления газа, прокачиваемого по трубке, погруженной на фиксированную глубину в жидкость, заполняющую резервуар,

называют пьезометрическими. *Пьезометрические* уровнемеры позволяют измерять уровень в широких пределах от нескольких десятков сантиметров до 10 – 15 м.

По виду чувствительного элемента *электрические средства измерений уровня* подразделяют на емкостные и кондуктометрические.

В емкостных уровнемерах используется зависимость электрической емкости от уровня жидкости. Конструктивно емкостные чувствительные элементы выполняют в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов или параллельно расположенных плоских электродов. Преобразование электрической емкости чувствительных элементов в сигнал измерительной информации осуществляется мостовым, резонансным или импульсным методом.

Емкостные уровнемеры имеют классы точности 0,5; 1,0; 2,5. Их минимальный диапазон измерений составляет 0 – 0,4 м, максимальный 0 – 20 м; давление рабочей среды 2,5 – 10 МПа; температура от –60 до 100°С или от 100 до 250°С.

Разработаны емкостные уровнемеры сыпучих сред. Верхние пределы измерений уровнемеров ограничены значениями 4 – 20 м. Класс точности 2,5.

Кондуктометрические сигнализаторы предназначены для сигнализации уровня электропроводящих жидких и сыпучих сред с удельной проводимостью более  $10^{-3}$  См/м. Электроды, применяемые в кондуктометрических сигнализаторах уровня, изготавливают из стали специальных марок или угля, причем угольные электроды используются только при измерении уровня жидких сред.

В настоящее время предложены различные принципы построения *ультразвуковых уровнемеров*, из которых широкое распространение получил принцип локации.

В соответствии с этим принципом измерение уровня осуществляют по времени прохождения ультразвуковыми колебаниями расстояния от излучателя до границы раздела двух сред и обратно до приемника излучения. Локация границы раздела двух сред осуществляется либо со стороны газа (воздуха), либо со стороны рабочей среды (жидкости или сыпучего материала). У уровнемеры, в которых локация границы раздела двух сред осуществляется через газ, называют акустическими, а уровнемеры с локацией границы раздела двух сред через слой рабочей среды – ультразвуковыми.

Преимуществом акустических уровнемеров является независимость их показаний от физико-химических свойств и состава рабочей среды. Это позволяет использовать их для измерения уровня неоднородных и выпадающих в осадок жидкостей. К недостаткам следует отнести влияние на показания уровнемеров температуры, давления и состава газа.

Диапазоны измерений уровня 0 – 1; 0 – 2; 0 – 3 м. Класс точности 2,5. Температура контролируемой среды 10 – 50°С, давление в технологическом аппарате до 4 МПа.

Акустические уровнемеры сыпучих сред по принципу действия и устройству аналогичны акустическим уровнемерам жидких сред. Классы точности 1,0; 1,5. Минимальный диапазон измерений 0 – 2,5 м, максимальный 0 – 30 м. Контролируемая среда – гранулы диаметром 2 – 200 мм.

Как и акустические *радарные уровнемеры* используют принцип локации границы раздела двух сред, но реализуют его с помощью СВЧ-сигналов. В радарных системах контроля уровня применяются две технологии: с непрерывным частотно-модулированным излучением и импульсным излучением сигнала.

В первом случае уровнемер излучает микроволновый сигнал, частота которого изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями частот. Отраженный от поверхности контролируемой среды сигнал принимается той же антенной и обрабатывается. Его частота сравнивается с частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени, и разность частот прямо пропорциональна расстоянию до поверхности.

В радарных уровнемерах импульсного типа используется метод определения расстояния, основанный на непосредственном измерении времени прохождения СВЧ-импульса от излучателя до контролируемой поверхности и обратно.

Радарные уровнемеры импульсного типа обладают рядом преимуществ. Во-первых, эхо-сигналы разнесены во времени, что обеспечивает их более простое разделение. Во-вторых, среднее энергопотребление импульсных уровнемеров на 1-2 порядка ниже. И в-третьих, электронная часть для обработки сигналов намного проще, и надежность прибора получается потенциально выше.

## **2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Лабораторный стенд (рисунок 1) представляет собой систему уровневого наполнения емкости. В системе можно измерять и регистрировать уровень наполнения емкости рабочей средой (водой).

Для измерения уровня рабочей жидкости в емкости используются емкостной и ультразвуковой датчики (рисунки 2 и 3).

Емкостной датчик имеет аналоговый выход 0 – 10 В; включает кабель и крепежные принадлежности для монтажа в крышке бака.

В уровнемерах емкостного типа используется зависимость электрической емкости чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя от уровня жидкости. Конструктивно емкостной чувствительный элемент выполнен в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов (рисунок 2).

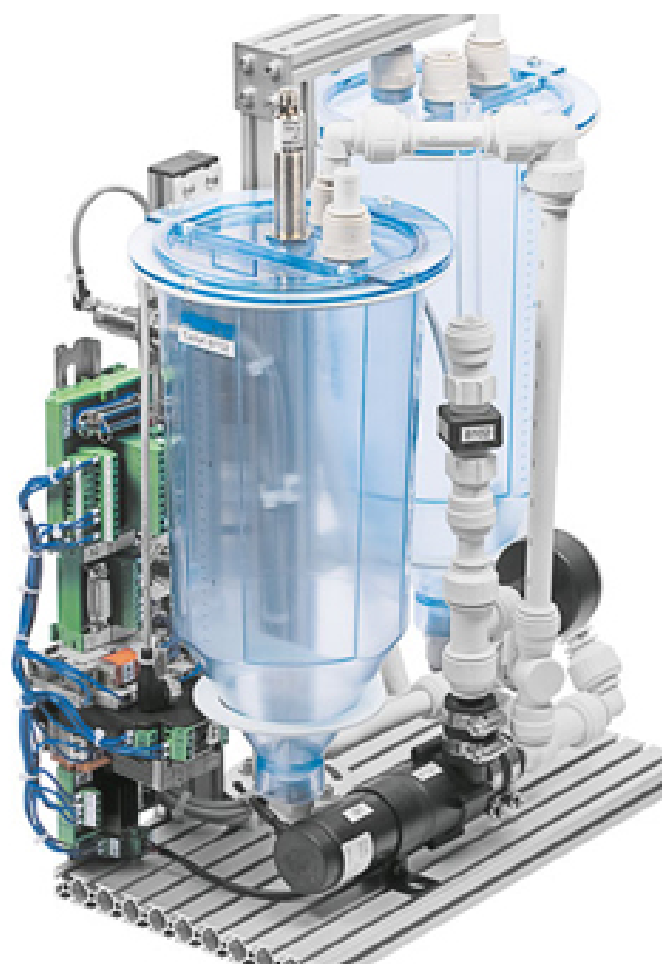


Рисунок 1 – Общий вид лабораторного стенда

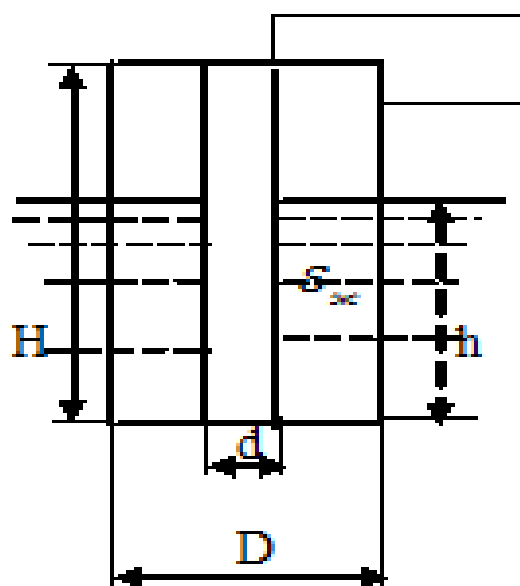


Рисунок 2 – Емкостной датчик уровня



Чувствительный элемент состоит из двух коаксиальных электродов высотой  $H$ , диаметром  $D$  и  $d$ , частично погруженных в жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_{ж}$  на величину  $h$ . Электрическая емкость  $C$  цилиндрического конденсатора определяется выражением:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon H}{\ln \frac{D}{d}}$$

где  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего межэлектродное пространство;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость вакуума.



Рисунок 3 – Ультразвуковой датчик уровня

Ультразвуковой датчик предназначен для измерения расстояния и может также использоваться для определения уровня жидкости. Ультразвуковые волны отражаются от поверхности воды и возвращаются к датчику. Расстояние от 50 мм до 270 мм от воды датчик преобразует в напряжение, лежащее в пределах от 0 В до 10 В. Ультразвуковой датчик крепится изнутри к крышке бака. Класс защиты IP 67; включает кабель и крепежные принадлежности для монтажа в крышке бака.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Внимательно изучите данные методические указания и подготовьте ответы на контрольные вопросы.
2. Выключите систему и вытяните вилку из розетки.
3. Осушите систему через запорный кран.

4. Соберите систему (рисунок 4), установите датчики уровня на крышке верхней емкости и подключите их к электропитанию.

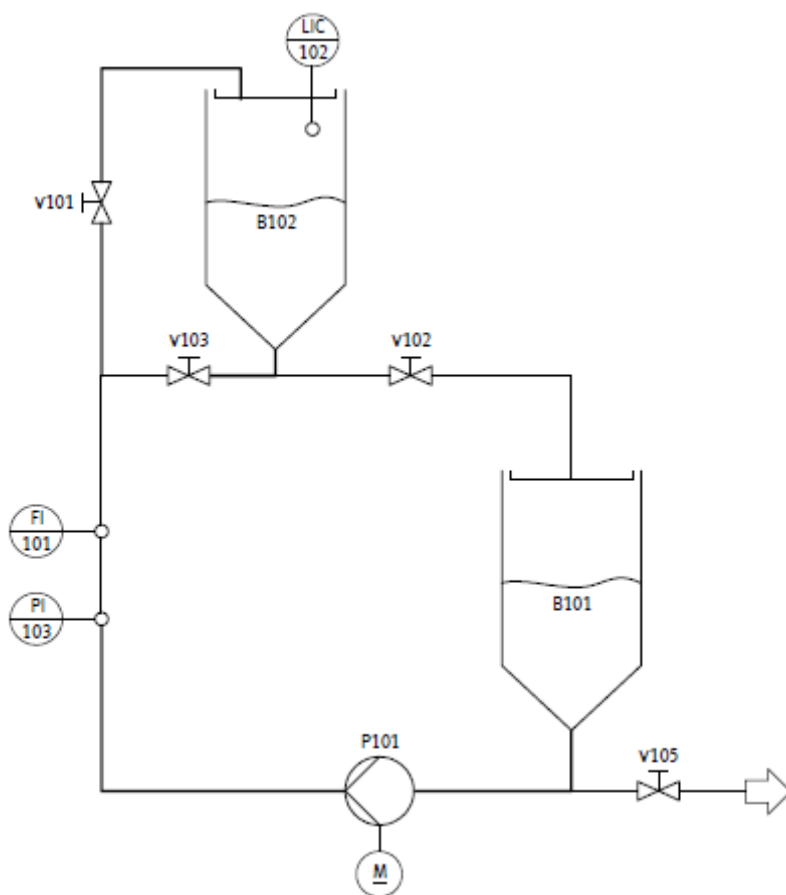


Рисунок 4 – Функциональная схема системы с датчиком уровня

5. Наполните систему водой и настройте клапаны так, чтобы жидкость могла перекачиваться в верхний бак.

6. Запустите программу и откройте меню «Setup».

7. Установите коэффициент равным 0,27, отклонение равным 0 (если измеряемый уровень наполнения в литрах), равным 27, отклонение равным 0 (если измеряемый уровень наполнения в мм) (рисунок 5),

Уровень наполнения в литрах	Коэффициент = 0.27	Отклонение = 0.0
Уровень наполнения в мм	Коэффициент = 27	Отклонение = 0.0

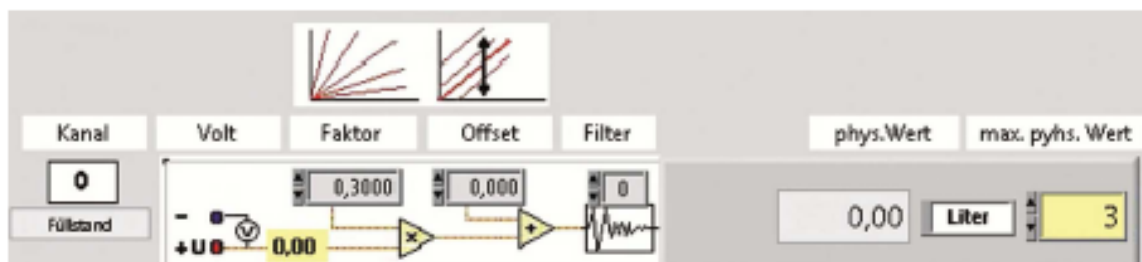


Рисунок 5 – Окно программы

8. Наполните бак и запишите свои измерения уровня.

9. Заполните таблицу.

	Цифровые выходы		Датчик уровня наполнения	Наблюдения
1	A3=ВЫКЛ	A2=ВЫКЛ		Бак пустой
2	A3=ВКЛ	A2=ВЫКЛ		Бак наполняется
3	A3=ВЫКЛ	A2=ВЫКЛ		Бак опустошается

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Какие средства измерений применяются для измерения уровня жидкостей и сыпучих сред?

2 Объясните принцип действия ультразвуковых и емкостных датчиков уровня.

3 Какой тип уровнемера предназначен для измерения уровня любых жидкостей и сжиженных газов в емкостях и не зависит от свойств измеряемой среды?

4 При измерении уровня жидкости в резервуаре поплавковым уровнемером изменение плотности жидкости приводит к увеличению случайной погрешности измерения уровня или к систематической погрешности измерения уровня?

5 Какими уровнемерами можно измерить уровень жидкости в баке, который может изменяться в пределах 5 м?

#### 5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: Учебник для студентов вузов. -М.: Академия, 2004.-311с.

2 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов / Н.Н. Евтихийев, Я.А. Купершмидт, В.Ф.Папуловский, В.Н. Скуров: Под ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.

3 Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы: Учеб. для студ. вузов по спец. “Автоматизация технологических процессов и производств”.-М.: Высш. шк. 1989.-456 с.

4 Датчики теплофизических и механических параметров: Справочник в трех томах. Т.1 (кн. 1) / Под общ. ред. Ю.Н.Коптева; Под ред. Е.Е. Багдатьяева, А.В. Горша, Я.В. Малкова.-М.: ИПРЖР, 1998.-458 с.

Дмитриева Ольга Венедиктовна

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ

Методические указания  
для выполнения лабораторной работы  
по дисциплине «Технические измерения и приборы»  
для студентов очной и заочной форм обучения  
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и  
производств»

Авторская редакция

---

Подписано в печать 17.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ.л. 0,75	Уч.-изд.л. 0,75
Заказ 52	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.