

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения**

**высшего профессионального образования**

**«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»**

**Кафедра автоматизации технологических процессов и производств**

**ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ МЕТОДОМ  
ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО  
ДАВЛЕНИЯ**

**Методические указания к лабораторным работам**

**Нижекамск**

**2014**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	
Тема: «Измерение уровня методом измерения гидростатического давления»	5
1. Приборы для измерения уровня	5
1.1 Визуальные уровнемеры	6
1.2 Гидростатические уровнемеры	7
1.3 Буйковые уровнемеры	8
1.4 Уровнемеры емкостные	9
1.5 Радарные уровнемеры	11
1.6 Ультразвуковые уровнемеры	12
1.7 Датчики давления	13
2. Первичные преобразователи давления серии «Сапфир-22»	14
2.1 Работа измерительного преобразователя	15
2.2 Условные обозначения датчиков давления «Метран»	17
3. Методика поверки измерительного канала	18
4. Назначение и устройство лабораторного стенда	19
4.1 Состав лабораторного стенда	20
4.1.1. Датчики дифференциального давления «Сапфир-22ДД» «Сапфир-22ДГ»	21
4.1.2. Работа программируемых микропроцессорных контроллеров	26
4.1.2.1. Промышленные микропроцессорные Системы	27
4.1.2.2. Регулирующий микропроцессорный контроллер «Ремиконт»	27
5. Порядок выполнения работы	30
5.1 Обработка результатов поверки	33
5.2 Выводы по работе	33
6. Контрольные вопросы	34
7. Список литературы	35
Содержание	36

## Введение.

Промышленные системы управления, применяемые сегодня на производстве, представлены в основном структурами двух видов: составленные из аппаратных средств или средств вычислительной техники.

Промышленные системы управления, составленные из аппаратных средств, имеют жесткую структуру, так как алгоритм их взаимодействия обусловлен порядком включения средств автоматизации. При рассматриваемом способе соединения аппаратные средства соединяются между собой пневматическими или электрическими коммуникациями.

В случае изменения структуры или законов функционирования технологического объекта в процессе эксплуатации, вызванных например, изменением свойств этого объекта, система управления требует перемонтажа существующей структуры управления, что сопряжено с существенными трудностями по ее наладке. Обслуживающий персонал, контролирующий состояние такой системы обязан знать не только состав, расположение и взаимодействие средств автоматизации на установке, но и обладать достаточными знаниями по программированию для поддержания системы в работоспособном состоянии.

Для управления технологическими процессами наряду с аппаратными средствами управления, широко применявшимися ранее, в настоящее время все большее применение находят средства вычислительной техники.

Системы управления созданные на основе средств вычислительной техники (обычно микропроцессорной) имеют гибкую логику (структуру) и взаимодействие элементов такой системы между собой реализуется программным путем.

Свойство программируемости, с одной стороны, позволяет без перемонтажа ввести в систему структурные

изменения, переналадить и подстроить (подогнать) систему к объекту, если появилась такая необходимость, но, с другой стороны, требует дополнительно от обслуживающего персонала выполнения трудоемкой работы по составлению и отладке программ.

Контроль состояния химико-технологического процесса на производстве чаще всего осуществляется дистанционно, из помещения операторов, по этому в большинстве случаев для контроля технологических параметров используются электрические датчики со стандартным электрическим выходным сигналом, совместимым с ЭВМ.

Рассматриваемые в текущих методических указаниях приборы, могут использоваться как в программируемых, так и в аппаратных системах управления.

Данные методические указания предназначены для ознакомления студентов механических и технологических направлений обучения с парком уровнемеров, применяемых сегодня в химической промышленности. В рамках рассматриваемой в методическом пособии темы, рассматривается применение датчиков измерения перепада давления - дифманометров в качестве уровнемеров.

Так же в методических пособиях рассматриваются понятия автоматического управления и построение измерительных каналов информационно-измерительных систем.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

### **ТЕМА: «ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ»**

#### **Цели работы:**

1. Изучить принципы действия и промышленное применение датчиков уровня.
2. Ознакомиться с работой первичных преобразователей давления серии «Сапфир-22».
3. Изучить методику поверки измерительного канала.
4. Ознакомиться с составом и работой лабораторного стенда.
5. Произвести поверку датчиков уровня.

### **1. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ**

Измерение уровня относится к числу вспомогательных контрольных операций, позволяющих определить количество жидкостей в резервуарах для учета продукта и сигнализации о переполнении емкостей и аппаратов.

Поддержание уровня связано с поддержанием технологического режима и с условиями безопасной работы оборудования.

Технические средства, применяемые для измерения уровня жидкости, называются *уровнемерами*.

Приборы, предназначенные для сигнализации предельных уровней жидкости, называются *сигнализаторами*.

В химической промышленности применяют различные методы измерения уровня жидкости: измерения уровня жидкости указательными стеклами, с помощью поплавка или буйка, гидростатические, по измерению проводимости, емкостные, ультразвуковые, акустические, радарные и т.д.

## 1.1. Визуальные уровнемеры

Простейшим измерителем уровня жидкости служат **указательные стекла** (рис. 1). Работа указательных стекол основана на принципе сообщающихся сосудов и прямого визуального наблюдения. Указательное стекло соединяют с сосудом нижним концом (для открытых сосудов) или обоими концами (для сосудов с избыточным давлением или разрежением). Наблюдая за положением уровня жидкости в стеклянной трубке, можно судить об изменении уровня в сосуде. Указательные стекла не рекомендуется употреблять длиной более 0,5 м, поэтому при контроле уровня, изменяющегося больше чем на 0,5 м, устанавливают несколько стекол (рис. 1в) таким образом, чтобы верх предыдущего стекла перекрывал низ последующего.

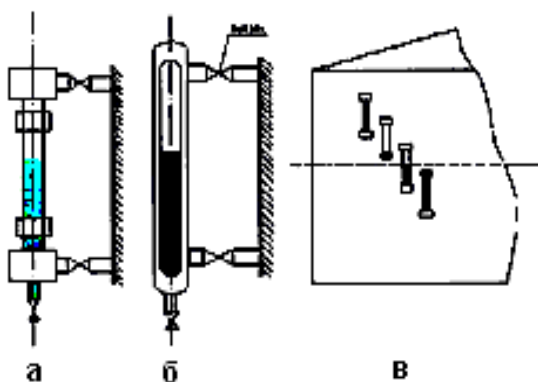


Рис. 1. Указательные стекла:  
а - проходящего света,  
б - отраженного света,  
в - несколько указательных стекол на высоких резервуарах.

## 1.2. Гидростатические уровнемеры

К простейшим гидростатическим измерителям уровня жидкости относятся дифференциальные манометры. Дифманометром можно измерять уровень в открытых и закрытых сосудах, т. е. в сосудах, находящихся под давлением и разрежением. На рис. 2 показана схема трубных соединений при измерении уровня в открытом резервуаре и установка дифманометра ниже его дна.

При применении дифманометра для измерения уровня обязательно устанавливают уравнительный сосуд наполненный до определенного уровня той же жидкостью, что находится в резервуаре. Назначение уравнительного сосуда - обеспечение постоянного столба жидкости в одном из колен дифманометра (установка нуля). Высота столба жидкости во втором колене дифманометра изменяется с изменением уровня в резервуаре (выходной параметр).

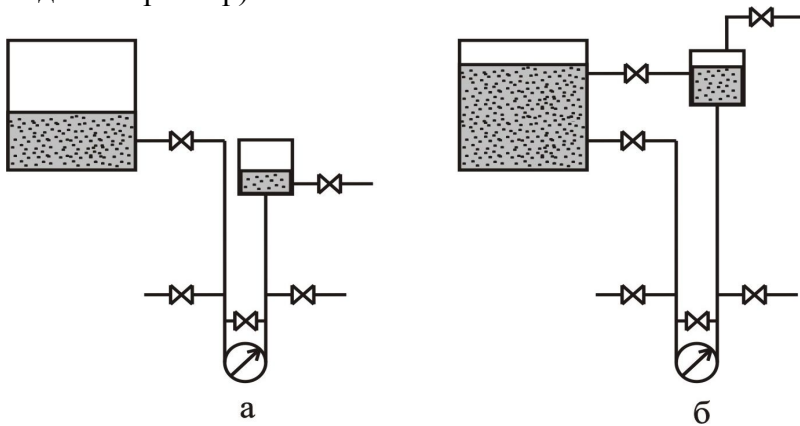


Рис. 2. Схема трубных соединений с размещением дифманометра ниже дна резервуара: а - при измерении уровня жидкости в открытом резервуаре; б - в резервуаре, находящемся под давлением.

**Принцип действия:** Каждому значению уровня в резервуаре соответствует определенный перепад давления, показываемый дифманометром, что позволяет судить о положении уровня.

При использовании дифманометра с пневматическим, токовым или индуктивным выходным сигналом можем получить уровнемер с дистанционной передачей данных и возможностью автоматического управления.

### 1.3. Буйковые уровнемеры

Уровнемер буйковый предназначен для работы в системах автоматического контроля, управления и регулирования параметров технологических процессов в целях выдачи информации в виде стандартного сигнала об уровне жидкости или границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, находящихся под вакуумметрическим, атмосферным или избыточным давлением

В качестве примера буйковых уровнемеров рассмотрим САПФИР-22ДУ-Вн (Ех) – преобразователь измерительный уровня буйковый (рис. 3). Он применяется для контроля уровня жидкости в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами с взрывоопасными условиями с выдачей стандартного токового выходного сигнала на исполнительные механизмы. Приборы состоят из первичного преобразователя (датчика) и вторичного преобразователя.

Датчик состоит из измерительного блока и электронного преобразователя.

**Принцип действия:** При изменении измеряемого уровня происходит изменение гидростатической выталкивающей силы, действующей на чувствительный элемент - боек. Это изменение через рычаг передается на тензопреобразователь, размещенный в измерительном блоке, где линейно



преобразуется в изменение электрического сопротивления тензорезисторов. Электронный преобразователь преобразует это изменение сопротивления в токовый выходной сигнал, который подводится к регистрирующей или показывающей аппаратуре, к регуляторам и другим устройствам автоматики.



Рис. 3. Схема измерительного преобразователя уровня буйкового САПФИР-22ДУ-Вн(Ех)

Датчики имеют маркировку по взрывозащите «ОЕхIаПСТб» и могут устанавливаться во взрывоопасных зонах помещений и установок.

#### 1.4. Уровнемеры емкостные

Уровнемеры емкостные (рис. 4) предназначены для измерения уровня электро- и неэлектропроводных жидкостей, включая криогенные жидкости, а также агрессивные и взрывоопасные, сохраняющие свои агрегатные состояния в интервале рабочих температур и давлений. Уровнемеры применяют в системах контроля, регулирования и управления

производственными процессами в различных отраслях промышленности.

Работа емкостных уровнемеров основана на том, что диэлектрическая проницаемость водных растворов солей, кислот и щелочей отличается от диэлектрической проницаемости воздуха либо водных паров.

**Принцип действия:** Принцип измерения основан на изменении ёмкости конденсатора, образованного электродом датчика и проводящей стенкой бака при изменении уровня жидкости. Изменение ёмкости  $C$  зависит от высоты жидкости  $h$  и её диэлектрической проницаемости  $E$ . Для предотвращения электрокоррозионных процессов используется переменное напряжение.

Функциональная схема емкостного уровнемера приведена на рис. 4. В сосуд с жидкостью 1, уровень которой необходимо измерить, опущен электрод 2, покрытый изоляционным материалом. Электрод вместе со стенками сосуда образует электрический конденсатор, ёмкость которого изменяется при колебаниях уровня жидкости. Величина ёмкости измеряется электронным блоком 3, который даёт сигнал на показывающий прибор 4.

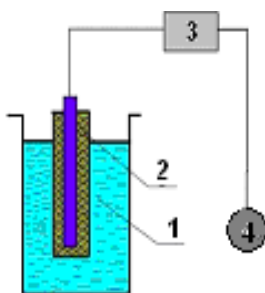


Рис. 4. Функциональная схема емкостного уровнемера

## 1.5. Радиолокационные уровнемеры

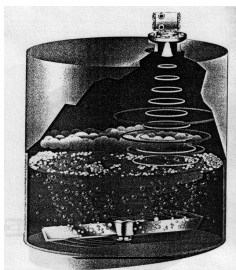


Рис. 5. Радиолокационный датчик

Радиолокационные устройства для инвентарного учета обеспечивают наивысшую точность среди всех способов измерения с замером, осуществляемым сверху вниз. А поскольку радиолокационное устройство является бесконтактным средством измерения, оно свободно от недостатков, обусловленных коррозией, прилипанием и образованием отложений, которые характерны для вязких жидкостей.

Радиолокационные датчики (рис. 5) уровня хорошо работают в турбулентных, аэрированных, содержащих твердые частицы, вязких и агрессивных жидкостях, а также в густых пастах или суспензиях. Радиолокационные датчики нечувствительны ко многим вызывающим проблемы характеристикам жидкостей, таким как изменение плотности, диэлектрических свойств или проводимости. Кроме того, радиолокационный луч свободно проникает через слои пены и прокладки из пенистых материалов, на него не влияют изменения объема заполненного парами пространства резервуара.

## 1.6. Ультразвуковые уровнемеры



Рис. 6.  
Ультразвуковой  
уровнемер

Преимуществом ультразвуковых уровнемеров (рис. 6) является то, что они являются бесконтактными средствами измерения. Они идеально подходят для измерений продуктов, вызывающих коррозию, или суспензий, т.е. в тех случаях, когда стандартные погружаемые в продукт устройства могут засоряться или подвергаться коррозии. Они хорошо работают в чистых, содержащих твердые примеси, вязких и вызывающих коррозию жидкостях, а также в некоторых суспензиях и аэрированных жидкостях.

**Принцип действия:** При измерениях с помощью ультразвуковых уровнемеров прибор посылает ультразвуковой импульс к поверхности измеряемого вещества. Этот импульс отражается от поверхности вещества и возвращается в прибор как эхо. Временной интервал от момента излучения до момента приема сигнала пропорционален расстоянию между прибором и поверхностью материала.

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

## 1.7. Датчики перепада давления

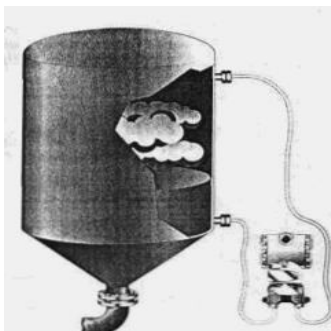


Рис. 7 Датчик давления

Датчики давления (рис. 7) – наиболее популярные средства непрерывного измерения уровня жидкости.

**Принцип действия:** Принцип их действия основан на том, что давление столба жидкости определяется произведением ее удельного веса на высоту столба жидкости, т.е. давление пропорционально значению уровня. Результаты измерения давления путем замера уровня жидкости не зависят от формы и объема резервуара. В резервуарах, работающих под атмосферным давлением, могут использоваться датчики манометрического давления, а датчики перепада давления обычно используются в резервуарах, работающих под давлением и в условиях вакуума.

Использование выносных измерительных мембран позволяет применять датчики давления в условиях температур, превышающих предельные значения датчика, кроме того, выносные мембраны обеспечивают большую гибкость применения в агрессивной (вызывающей коррозию) среде, при наличии твердых осадков, в вязкой среде и в условиях повышенных санитарно-гигиенических требований.

## 2. ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ СЕРИИ «САПФИР-22»

Преобразователи предназначены для работы в системах автоматического контроля (САК), регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра - давления избыточного в унифицированный сигнал постоянного тока.

Принцип действия преобразователя основан на использовании тензорезисторного эффекта в пленке кремния, нанесенной на поверхность монокристаллической пластинки из сапфира 4. Пластика, в свою очередь, плотно связана с металлической мембраной 3, на которую воздействует измеряемое давление. Деформация чувствительного элемента, пропорциональная величине измеряемого параметра, вызывает изменение сопротивлений кремниевых тензорезисторов 5, которое в электронном устройстве преобразуется в унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

От измеряемой среды чувствительный элемент защищен гофрированными металлическими мембранами 8, изготовленными из коррозионностойких материалов.

Серия «Сапфир» объединяет датчики измеряющие:

- избыточное давление;
- абсолютное давление;
- давление разряжения;
- разность давлений;
- гидростатическое давление;
- давления уровня.

Питание преобразователей обеспечивается от внешнего источника – блока питания 22 БП-36 – постоянным напряжением 36 В. Выходной сигнал преобразователей 0-5; 0-20 и 4-20 мА.

Основная погрешность  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5\%$ . Преобразователи изготавливаются в обычном (Сапфир-22), искробезопасном (Сапфир-22-Ex) и взрывозащищенном (Сапфир-22-Вн) исполнениях.

## 2.1. РАБОТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Преобразователи состоят из *измерительного 2* и *унифицирующего 1* электронных блоков (рис.8).

В *измерительном* электронном блоке 2 находятся:

- 3 - металлический мембранный тензопреобразователь;
- 4 - монокристаллический сапфир;
- 5 - кремниевые пленочные тензорезисторы;
- 6 - кремнийорганическая жидкость;
- 7 - корпус;
- 8 - гофрированная металлическая мембрана;
- 9 - полость, соединенная с атмосферой;
- 10 - фланец;
- 11 - рабочая камера
- 12 - гермовывод.

Измеряемый параметр подается в камеру измерительного блока, воздействует через мембрану 8 и кремнийорганическую жидкость 6 на ЧЭ, который представляет собой мембрану 3 с приклеенной к ней пластиной монокристаллического сапфира.

Деформация ЧЭ линейно преобразуется в изменение электрического сопротивления тензопреобразователя, электронное устройство преобразует изменение сопротивления в выходной сигнал постоянного тока, который передается по проводам через гермовывод 12.

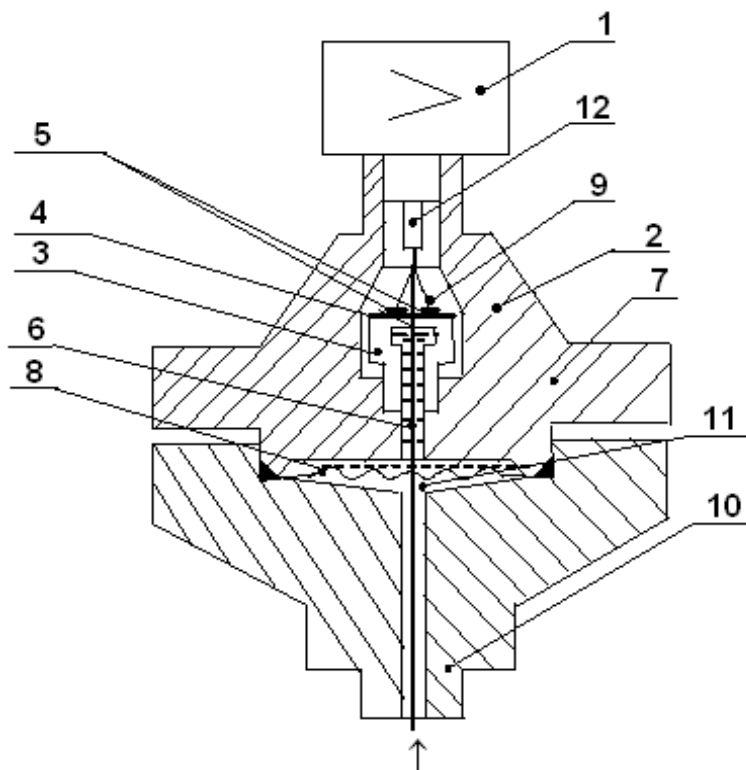


Рис. 8. Устройство преобразователей Сапфир-22 ДИ

Зависимость между измеряемым параметром и выходным сигналом определяется уравнением:  $J_p = \frac{P}{P_{\max}} \cdot J_{\max}$ , где

$J_p$  – расчетное значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому давлению, мА;

$J_{\max}$  – наибольшее значение выходного сигнала, мА;

$P, P_{\max}$  – измеряемое и наибольшее значение измеряемого параметра, кгс/см<sup>2</sup>;



Периодическая поверка технического состояния на производстве производится не реже одного раза в два года, а также после перенастройки преобразователя на другой диапазон измерения или его ремонта. Техническое обслуживание преобразователя заключается в периодической поверке (один раз в полгода) и корректировке нуля и в удалении конденсата из рабочих камер.

В настоящее время измерительные преобразователи серии «Сапфир» заменяются заводом изготовителем концерна «Метран» на более совершенные датчики измерения давления серии «Метран».

## **2.2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ «САПФИР», «МЕТРАН»**

Электрические датчики давления серий «Сапфир» и «Метран» предназначены для измерения и непрерывного преобразования в унифицированный аналоговый токовый сигнал следующих величин:

- избыточного давления (Сапфир-22 ДИ, Метран - ДИ);
- абсолютного давления (Сапфир-22 ДА, Метран - ДА);
- разряжения (Сапфир-22 ДВ, Метран - ДВ);
- давления-разряжения (Сапфир-22 ДИВ, Метран - ДИВ);
- разности давлений (Сапфир-22 ДД, Метран - ДД);
- гидростатического давления (Сапфир-22 ДГ, Метран - ДГ)
- давления уровня (Сапфир-22 ДУ).

### 3. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

**Поверкой** называется операция, заключающаяся в установлении пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и контроля их соответствия предъявляемым требованиям.

Для передачи результатов измерения на расстояние применяются дистанционные измерительные каналы.

**Измерительным каналом** называется последовательность приборов необходимая для измерения и передачи на расстояние измеряемого параметра. В данной работе измеряемым параметром является уровень.

Датчики разности давлений, используемые для измерения уровня, измеряют гидростатическое давление столба жидкости. Давление столба жидкости определяется такими факторами, как уровень жидкости и ее удельный вес.

Это давление не зависит от объема резервуара и его формы и определяется по формуле:  $P_{ж} = \rho \cdot g \cdot h$ , где

$h$  – уровень жидкости (м);

$g = 9,81 \text{ Н/кг}$  – ускорение свободного падения;

$\rho$  – плотность жидкости.

Поскольку рабочей средой является вода, плотность воды  $\rho = 998,2 \text{ кг/м}^3$ .

Датчик разности давлений в данном случае измеряет давление столба жидкости, находящейся в емкости. Для этого камера «+» подключается к емкости, в которой необходимо произвести измерение уровня, а камера «-» остается открытой. Таким образом в камеру «+» подается давление, создаваемое жидкостью в емкости, и атмосферное давление, а в камеру «-» подается атмосферное давление. Разность давлений в рабочих

камерах дает выходной сигнал датчика, равный давлению столба жидкости в емкости. Зная давление и свойства жидкости, а именно ее плотность, можно определить уровень жидкости в

емкости:

$$h = \frac{P_{ж}}{\rho \cdot g} .$$

Если произвести вычисления по предложенной формуле, то выходная величина будет исчисляться в Н/м<sup>2</sup>=Па. По полученным результатам подбирается необходимый диапазон работы прибора.

Для определения пригодности измерительного канала к эксплуатации необходимо рассчитать предельную допустимую погрешность, обусловленную классами точности приборов, входящих в канал.

Если канал измерения включает в себя до трех средств измерений, то их классы точности складываются:  $K = K_1 + K_2 + K_3$ ;

Причем **классом точности** средств измерений называется характеристика, определяющая гарантированные границы значений основных и дополнительных погрешностей, а также другие свойства средств измерений, влияющие на точность.

Класс точности устанавливается заводом изготовителем и показывает максимальную погрешность средства измерения, характерную для данного класса приборов.

Проверка измерительного канала уровня заключается в сравнении номинальных метрологических характеристик, полученных по паспортным данным, с реальными метрологическими характеристиками, рассчитанными в ходе лабораторной работы (см. п. 5.1. «Обработка результатов поверки»).

#### **4. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА**

Контроль уровня в технологических аппаратах необходим для оценки состояния технологического процесса в долгосрочной перспективе. По состоянию уровня оценивают стабильность технологического процесса и прогнозируют его дальнейшее развитие.

При подборе уровнемеров необходимо знать принципы их работы и учитывать особенности применения различных видов уровнемеров в конкретных условиях.

Лабораторный стенд «Измерение уровня методом измерения перепада давления» демонстрирует возможность применения датчиков разности давлений для измерения уровня, что достаточно часто используется на производстве.

В качестве примера технологического оборудования рассмотрим стенд, представляющий металлическую трубу, (которая на практике может быть использована в качестве уровнемерной колонки (см. выше)) и прикрепленный к ней измерительный датчик разности давлений.

В процессе выполнения лабораторной работы вода, попадая в замкнутый объем, образуемый трубой, действует своим весом на датчик, который в свою очередь, преобразует перепад давлений между давлениями жидкости и измеряемой среды в стандартный токовый выходной сигнал. Далее этот сигнал поступает на микропроцессорный контроллер для контроля и регистрации измеряемого параметра.

#### 4.1. СОСТАВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В состав лабораторного стенда, изображенного на рисунках 9 и 10, входят: датчик разности давлений 4, регулирующий микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-130, блок питания 2, емкость для воды 1 с указательным стеклом 7, кран для подачи воды 5, кран слива воды из емкости 6.



Рис. 9. Стенд «Измерение уровня методом перепада давления»

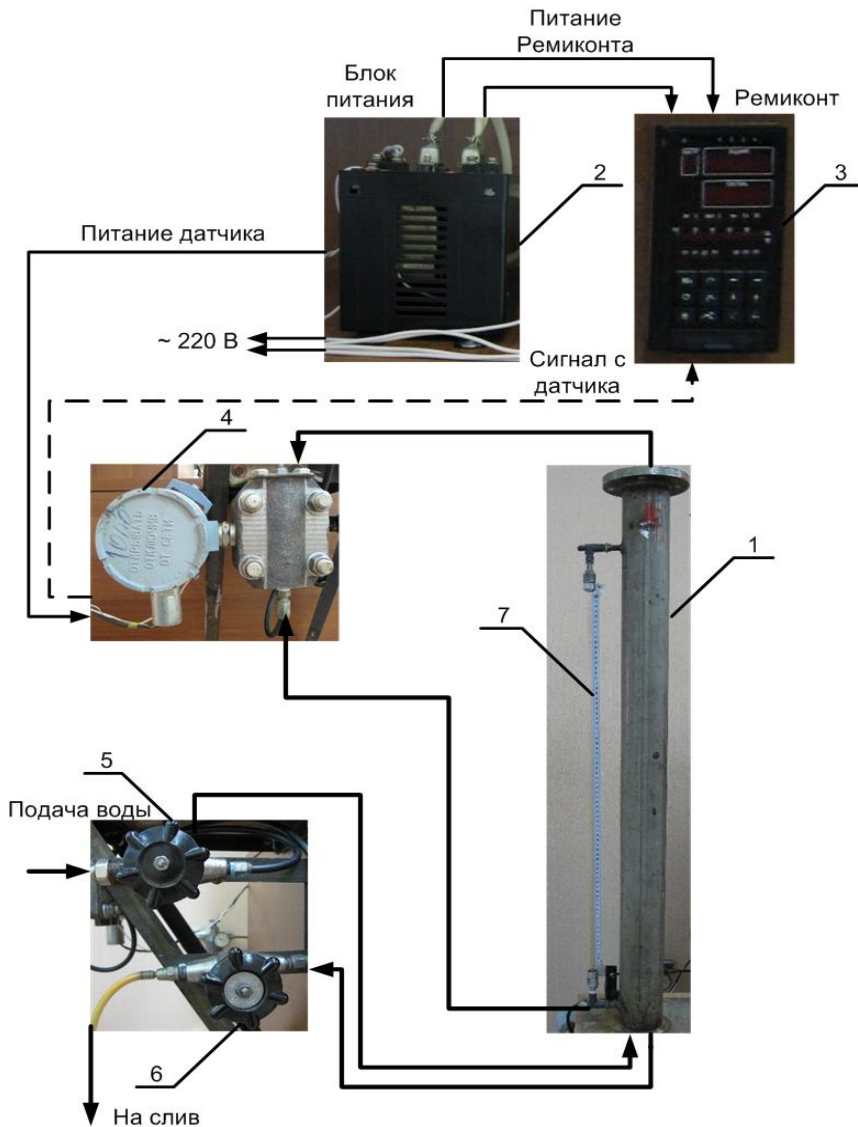


Рис. 10. Функциональная схема стенда измерения уровня.

#### 4.1.1. Датчики измерения гидростатического давления

##### «Сапфир 22-ДД», «Сапфир 22-ДГ»

Так как в данной работе уровень измеряется методом измерения перепада давлений в аппарате, подробно рассмотрим датчики серий «Сапфир-ДД» и «Сапфир-ДГ», применяемые для этих целей.

В состав датчиков входят следующие элементы:

1. – электронное устройство;
2. - гермовывод;
3. - тензопреобразователь,
4. - надмембранная полость;
5. - фланец;
6. - гофрированная мембрана,
7. - плюсовая камера,
8. - прокладка,
9. – основание
10. - полость, соединенная с атмосферой,
11. - тяга;
12. - шток;
13. - минусовая камера.

Два измеряемых давления подаются в «плюсовую» и «минусовую» камеры измерительного блока, компенсируются, и воздействует через мембраны 6 и кремнийорганическую жидкость на чувствительный элемент (ЧЭ).

ЧЭ представляет собой мембрану 3 с приклеенной к ней пластиной монокристаллического сапфира, на поверхность которого нанесена пленка из кремния.

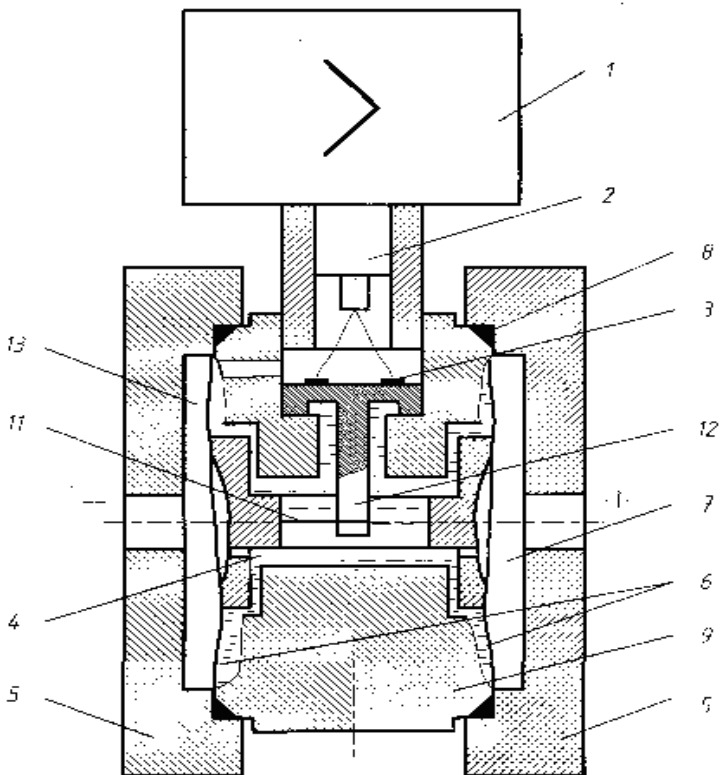


Рис.11 Схема преобразователя разности давлений Сапфир-22ДД

При воздействии давления пленка растягивается, тем самым линейно преобразуя деформацию в изменение электрического сопротивления тензопреобразователя. Электрический сигнал от тензорезисторного преобразователя передается из измерительного блока в электронное устройство (1) по проводам через гермовывод (2). Электронное устройство преобразует изменение сопротивления в выходной сигнал постоянного тока.



В таблице 1. приведены паспортные данные преобразователя дифференциального давления «Сапфира-ДД», используемого в работе.

Таблица 1.

Верхний предел измерения	25 кПа
Максимально допустимое давление	16 МПа
Значение выходного сигнала	0 - 5 мА
Допускаемая основная погрешность	$\pm 0,5 \%$
Напряжения питания постоянного тока	$36 \pm 0,72 \text{ В}$
Срок службы не менее	12 лет
Зона нечувствительности (от диапазона измерения)	0,05 %

Аналогичным принципом действия и устройством обладает датчик гидростатического давления «Сапфир ДГ» (см рис.12) с той лишь разницей, что измерительная мембрана 6 расположена непосредственно в контролируемом технологическом аппарате. Крепление датчика к аппарату осуществляется при помощи фланцев 5.

Для осуществления измерений датчики устанавливаются либо у основания аппаратов, либо на высоте, предусмотренной технологическим регламентом.

Часть датчиков помимо функций измерения обладают функцией сигнализации. То есть при нарушении регламентных норм уровня в аппарате с блока питания «Сапфира» подается постоянный сигнал на устройство сигнализации (например, УЗС-10) или в микропроцессорную систему управления (например, Р-130) для оповещения персонала.

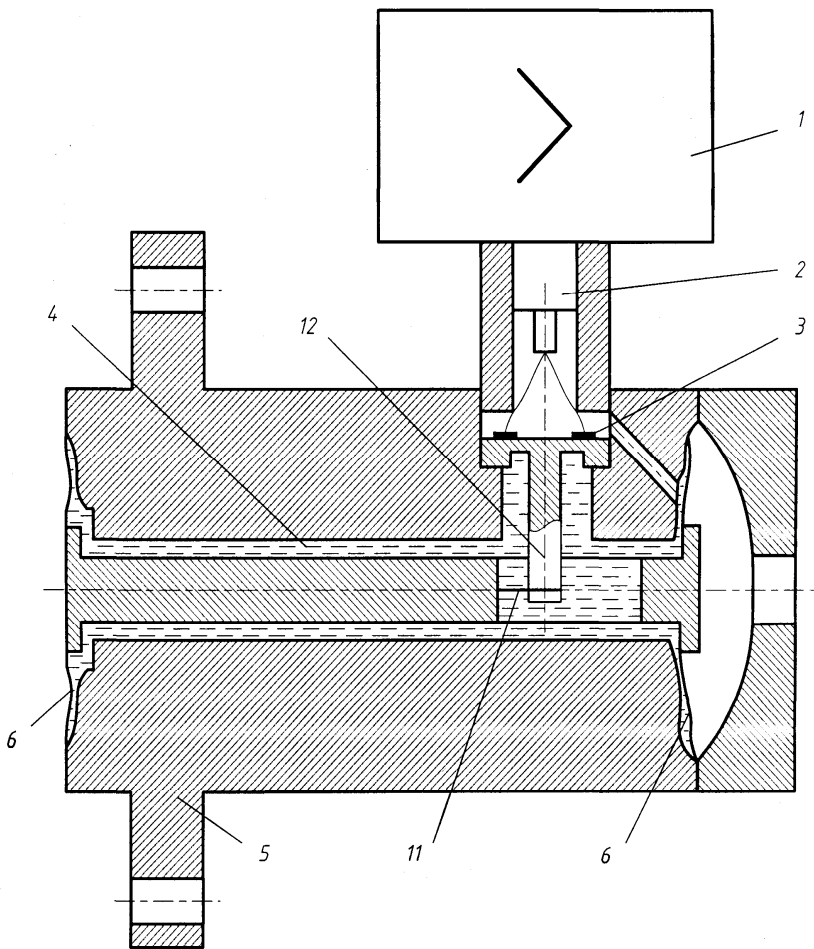


Рис.12. Схема преобразователя гидростатического давления «Сапфир 22 ДГ».

#### **4.1.2. Работа программируемых микропроцессорных контроллеров.**

Опыт управления технологическими процессами показывает, что при всем их различии большинство типовых задач управления можно решить с использованием небольшого числа стандартных алгоритмов или их комбинаций. Поэтому представляется целесообразным создать программное обеспечение из отдельных блоков программ для решения типовых задач и ввести их не в оперативную память машины, которая заполняется при обычном программировании, а в постоянную. В этом случае для составления системы управления достаточно вызвать из памяти машины соответствующие блоки программ и скомпоновать из них алгоритм управления для конкретного объекта. Программный способ построения системы позволяет при необходимости составить новый алгоритм на работающем объекте, не прибегая к ремонту системы. Программирование позволяет резко сократить сроки разработки и внедрения систем управления на объектах.

Технологическое программирование реализуется на программируемых микропроцессорных контроллерах (ПМК). ПМК обладают универсальностью, высокой надежностью, достаточным быстродействием. Они представляют собой специализированные управляющие устройства, построенные на базе микропроцессорной техники. Такие контроллеры обрабатывают информацию в цифровом виде и по этому для обеспечения нормальной работы контроллеров предусмотрено преобразование входной аналоговой информации идущей от объекта (датчиков) в цифровую (АЦП). После обработки информации контроллером осуществляется обратное преобразование сигналов из цифровой формы в аналоговую (ЦАП), которая поступает на выход контроллера, в том числе для управления объектом.

#### **4.1.2.1. Промышленные микропроцессорные системы.**

На вновь построенных и модернизируемых производствах повсеместно применяются микропроцессорные системы таких фирм как Delta V, Centum, Siemens. Они обладают характеристиками, способными обеспечить безаварийную работу оборудования и надежность систем Противоаварийной Защиты (ПАЗ). Для этого применяется резервирование (параллельная работа двух и более контроллеров), горячее и холодное, для особо опасных и важных объектов двойное, тройное и даже четверное дублирование всех элементов АСУ (параллельная и/или последовательная работа двух и более контроллеров). Для бесперебойной подачи питания на системы управления используются автономные источники питания.

Работу таких систем рассмотрим на примере ПМК Ремиконт.

#### **4.1.2.2. Регулирующий микропроцессорный контроллер (Ремиконт).**

Ремиконт предназначен для автоматизации непрерывных и непрерывно-дискретных процессов в химической и других отраслях промышленности. Может быть использован в виде автономного изделия, а также для работы на нижнем уровне иерархии распределенных АСУ ТП. Он позволяет построить системы программного, каскадного, супервизорного, многосвязанного регулирования, системы управления с переменной структурой, а также несложные системы логического управления.

### **В контроллере имеются:**

- аналого-цифровой преобразователь АЦП,
- дискретно-цифровой преобразователь ДЦП,
- цифро-аналоговый преобразователь ЦАП,
- цифро-дискретный преобразователь ЦДП,
- цифро-импульсный преобразователь ЦИП, выполненные в виде модулей.

Средства ввода позволяют подать на Ремиконт 64 аналоговых и 126 дискретных сигналов, а средства вывода – сформировать на его выходе до 64 импульсных, 64 аналоговых и 126 дискретных сигналов.

### **Входные и выходные сигналы:**

аналоговые сигналы составляют 0-5; 0-20; 4-20 А и 0-10 В;

входные дискретные сигналы 0 (0-3 В) и 1 (18-30 В);

выходные импульсные и дискретные сигналы – разомкнутое или замкнутое состояние контактов.

К входам Ремиконта подключают измерительные преобразователи, к выходам – исполнительные устройства.

- **Импульсные выходы** Ремиконта управляют исполнительными устройствами постоянной скорости,

- **Аналоговые выходы** – пропорциональными исполнительными устройствами (регулирующими клапанами),

- **Дискретные выходы** – позиционными устройствами (реле, индикаторами).

Ремиконт является программируемым устройством.

Программирование структуры Ремиконта сводится к выбору из библиотеки необходимых алгоритмов, размещению их в определенные алгоблоки и конфигурации (соединению) алгоблоков между собой и с входами – выходами контроллера, к которым присоединены измерительные преобразователи и исполнительные устройства системы управления. Система собирается оператором с панели.

Информация, поступающая на Ремиконт, обрабатывается в соответствие с алгоритмами, запрограммированными в постоянной памяти контроллера и реализуемыми в процессе этих программ. Библиотека алгоритмов состоит из 25 (45) Каждый алгоритм имеет двухзначный код, под которым он хранится в библиотеке.

В таблице 2. приведены паспортные данные регулирующего микропроцессорного контроллера Р-130.

Таблица 2.

Значения входного и выходного аналогового сигнала	0-5; 0-20; 4-20 мА; 0-10 В.
Входные дискретные сигналы	0 (0-3 В) 1 (18-30В)
Допускаемая основная погрешность: Для ЦАП: Для АЦП:	$\pm 0,5 \%$ $\pm 0,3 \%$
Напряжения питания постоянного тока	24 В

В настоящее время микропроцессорные контроллеры Ремиконт работают в системах управления технологическими процессами, на вновь образуемых предприятиях в настоящее время они не устанавливаются из-за ограниченного количества обслуживаемых ими измерительных каналов.

## 5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с составом лабораторного стенда «Измерение уровня методом перепада давления».
2. Проверить подключение датчика к источнику питания.
3. Для заполнения емкости водой медленно открыть кран 5. Когда уровень в емкости достигнет величины, равной первому поверяемому значению из таблицы 3, закрыть кран 5 и записать значения уровня по указательной трубке 7 и показания датчика 3 в таблицу 3.
4. Увеличивая уровень воды в емкости, произвести измерения соответствующие прямому ходу: с помощью крана 5 подать воду в емкость и произвести измерения в соответствии с табличными данными.

**Примечание.** В случае обнаружения течи в системе необходимо перекрыть подачу воды в емкость, закрыв кран 5, и слить воду, открыв кран 6.

5. Выдержать поверяемый прибор на предельном значении уровня в течение 3 минут.
6. Для осуществления измерений, соответствующих обратному ходу необходимо закрыть кран 5, уменьшить уровень воды в емкости до заданного в таблице 3 значения, сливая воду через кран 6.
7. Результаты измерений при прямом и обратном ходе записать в таблицу 3.
8. Рассчитать абсолютную погрешность, приведенную относительную погрешность, вариацию показаний датчика по формулам, указанным в разделе 5.1.

9. Дать заключение о пригодности поверяемого прибора к эксплуатации.
10. Составить отчет о проведенной работе, который должен в себе содержать:
- название темы лабораторной работы;
  - цель работы;
  - схему поверяемого прибора;
  - схему установки для поверки прибора;
  - числовые данные эксперимента (в таблицах);
  - выводы о проделанной работе (см. п. 5.1.«Обработка результатов поверки» и п. 5.2.«Выводы по работе»).
- 11.Подготовиться к сдаче лабораторной работы, ответив на контрольные вопросы.



Таблица 3. Результаты поверки

Контролируемая точка шкалы		Эталонные значения (высота столба жидкости)		Измеренные значения уровня (поверяемый прибор)			
%	Вых, м	ПХ	ОХ	ПХ		ОХ	
		h, м	h, м	h, м	I,мА	h, м	I,мА
Начальная							
25±5%							
50±5%							
75±5%							
Конечная							

Таблица 3.1. Вычисление погрешностей

Контролируемая точка шкалы		Погрешности				Вариация, м
%	Вх, м	Абсолютная, м		Приведенная, %		
		ПХ	ОХ	ПХ	ОХ	
Начальная						
25±5%						
50±5%						
75±5%						
Конечная						

Здесь ПХ – прямой ход, ОХ – обратный ход

## 5.1. Обработка результатов поверки

**Абсолютная погрешность**  $\Delta = X_{\partial} - X$  (2)

где  $X$  - значение высоты столба жидкости (м), измеренное преобразователем в комплекте с Ремиконтом;

$X_{\partial}$  - действительное значение высоты столба жидкости (м), снятое с указательного стекла.

**Относительная погрешность**  $\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%$  (3)

**Приведенная погрешность**  $\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta}{N} \cdot 100\%$  (4)

где  $N$  - диапазон измерения высоты столба жидкости, м.

**Вариация**  $B = X_{\text{пр}} - X_{\text{обр}}$ , м (5)

Погрешность канала измерения ( $\varepsilon$ , %) состоящего из преобразователя и Ремиконта:  $\varepsilon = \delta_{\text{пр.с.}} + \delta_{\text{пр.м.}}$  (6)

где  $\delta_{\text{пр.с.}}$  - приведенная основная погрешность преобразователя, %

$\delta_{\text{пр.м.}}$  - приведенная основная погрешность Ремиконта, %.

## 5.2. Выводы по работе.

По результатам поверки необходимо:

1. Сделать заключение о пригодности датчика к эксплуатации с указанием датчика, его типа, модели, класса точности, диапазона измерения.
2. Обосновать сделанное заключение в соответствии с методикой проведения проверки.
3. Построить график зависимости погрешности датчика от измеряемого уровня.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют приборы для измерения уровня?
2. Объясните устройство и принцип работы следующих типов уровнемеров:
  - а) Визуальные уровнемеры.
  - б) Гидростатические уровнемеры.
  - в) Буйковые уровнемеры.
  - г) Уровнемеры емкостные.
  - д) Радарные уровнемеры.
  - е) Радиолокационный датчик.
  - ж) Датчики давления при измерении уровня.
3. Опишите достоинства и недостатки вышеперечисленных уровнемеров.
4. Поясните состав и принцип работы стенда.
5. Что называется измерительным каналом? Какие приборы входят в измерительный канал в данной работе?
6. Поясните принцип действия датчика Сапфир 22-ДД.
7. Что такое класс точности? Каким образом, зная класс точности, определить пригодность прибора к работе?
8. Каким образом рассчитывается класс точности в измерительном канале.

## 7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. - М.: Машиностроение, 1983.- 424.с.
2. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами : учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.-690 с.: ил.
3. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник / Под общ. ред. В.В. Черенкова. - Л.: Машиностроение, 1987. - 847 с.
4. Преобразователь измерительный Сапфир - 22. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М.: ВНИИПМ, 1986. - 95 с.
5. Шкатов Е.Ф. Шувалов В.В. Основы автоматизации технологических процессов химических производств. - М.: Химия, 1988. -304 с.
6. Лапшенков Г.И., Полоцкий Л.М. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. - М.: Химия, 1988. - 288 с.