**СОДЕРЖАНИЕ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

2

КП-220700.62.01-2016

Разраб.

Провер.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Автоматизация процесса флотации. АСК уровня пульпы во флотационной машине

Лит.

Листов

43

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc468750958)

[1 Технологическая часть 4](#_Toc468750959)

[1.1 Описание технологического процесса и оборудования 4](#_Toc468750960)

[1.2 Параметры регулирования, контроля и сигнализации 5](#_Toc468750961)

[2 Анализ методов автоматического контроля уровня пульпы и выбор наиболее рационального метода измерения 6](#_Toc468750962)

[2.1 Визуальные средства измерения уровня 7](#_Toc468750963)

[2.2 Поплавковые средства измерения уровня 8](#_Toc468750964)

[2.3 Поплавковые выключатели 9](#_Toc468750965)

[2.4 Буйковые средства измерения уровня 12](#_Toc468750966)

[2.5 Магнитные погружные зонды предельного уровня 14](#_Toc468750967)

[2.6 Гидростатические средства измерения уровня 15](#_Toc468750968)

[2.6.1 Гидростатические изделия измерения уровня зарубежных фирм 18](#_Toc468750969)

[2.7 Электрические средства измерения уровня 19](#_Toc468750970)

[2.8 Акустические средства измерений уровня 27](#_Toc468750971)

[2.9 Концевые выключатели с вибрирующим чувствительным элементом 29](#_Toc468750972)

[2.10 Методы определения уровня по времени прохождения сигнала 30](#_Toc468750973)

[2.10.1 Ультразвуковые датчики уровня 31](#_Toc468750974)

[2.10.2 Радарные системы контроля уровня 32](#_Toc468750975)

[2.11 Выбор наиболее рационального метода измерения и приборов 41](#_Toc468750976)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 44](#_Toc468750977)

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация – это процесс, при котором функции управления и контроля осуществляется методами и средствами автоматики. Современная промышленность связано с наличием быстро протекающими процессами, с большим количеством контролируемых параметров, поэтому её автоматизация приобретает все большее значение. Развитие систем управления идет по пути решении задач при помощи использовании микропроцессорной техники. Возможность создавать развитое программное обеспечение, позволяющие решать на ЭВМ различные задачи управления. В связи с этим большое значение приобретает разработка и внедрение новых средств автоматизации контроля и регулировании параметров технологических процессов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

В последнее время широко разрабатываются системы автоматического контроля и управления в сочетании с электронными вычислительными машинами, которые служат для сбора и обработки информации, характеризующей протекание данного процесса, и выработки команд, необходимых для более эффективного управления этим процессом.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Описание технологического процесса и оборудования

Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизации работы флотационной машины

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Флотация – это метод обогащения полезных ископаемых, основанный на различии физико-химических свойств поверхности минералов, выражающемся в различной способности минералов смачиваться водой. Флотационный процесс осуществляется в обогатительных аппаратах, называемых флотационными машинами. В качестве рабочей среды применяется пульпа, насыщенная мелкими пузырьками воздуха (аэрированная пульпа).

Тонкоизмельченные частицы руды постоянно находятся во взвешенном состоянии в пульпе. Плохо смачиваемые минералы прилипают к пузырькам воздуха и поднимаются вверх, образуя слой минерализованной пены. Минералы, смачиваемые водой, не прилипают к пузырькам и остаются в пульпе.

Подача воздуха во флотационную машину необходима для отделения плохо смачиваемых минералов от легко смачиваемых. Расход воздуха должен поддерживаться в заданных пределах, так как повышение расхода ведет к чрезмерному повышению количества и размеров пузырьков, при котором в медный концентрат будет выталкиваться легко смачиваемый никелевый концентрат. Уменьшение расхода воздуха приведет к уменьшению количества пузырьков, в результате чего извлечение не смачиваемых минералов будет происходить не полностью.

Поддержание заданного уровня пульпы является одним из наиболее важных параметров, так как изменение уровня ведет к изменению процентного содержания медного концентрата в никелевом концентрате и наоборот. Поддержание уровня осуществляется путем изменения расхода пульпы.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Контроль температуры пульпы необходим для получения информации о состоянии среды, в которой происходят химические реакции. При значительном повышении температуры пульпы происходит уменьшение поверхностного натяжения минералов, что приводит к смачиваемости не смачиваемых минералов, а, следовательно, к изменению процентного соотношения Cu-Ni выходных концентратов.

Так как химические реакции, а, следовательно, смачиваемость и несмачиваемость различных минералов зависит от щелочности среды, то необходимо контролировать показатель рН пульпы. При выходе этого параметра за допустимые пределы изменяется прохождение химической реакции, что приводит к изменению процентного содержания Cu-Ni выходных концентратов.

Для определения количества переработанного сырья необходимо контролировать расход пульпы.

Включение сигнализации должно происходить при выходе рН и Т за пределы заданных значений.

## 1.2 Параметры регулирования, контроля и сигнализации



Для получения конечного продукта процесс должен происходить при определенных параметрах.

Параметры контроля:

- температура пульпы – 68–75 °С;

- давление воздуха – 0–10 кгс/см2;

- показатель PH – 9,5–13,5;

- расход пульпы – 0–2000 м3/ч.

Параметры регулирования:

- уровень пульпы 0,35 м;

- расход воздуха 2000 м3/ч.

# 2 Анализ методов автоматического контроля уровня пульпы и выбор наиболее рационального метода измерения

Уровнем называют высоту заполнения технологического аппарата рабочей средой – жидкостью или сыпучим телом. Уровень рабочей среды является технологическим параметром, информация о котором необходима для контроля режима работы технологического аппарата, а в ряде случаев для управления производственным процессом.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Путем измерения уровня можно получать информацию о массе жидкости в резервуарах. Подобная информация широко используется для проведения товаро учётных операций и для управления производственным процессом. Уровень измеряют в единицах длины. Средства измерений уровня называют уровнемерами.

Различают уровнемеры, предназначенные для измерения уровня рабочей среды; измерений массы жидкости в технологическом аппарате; сигнализации предельных значений уровня рабочей среды – сигнализаторы уровня.

По диапазону измерения различают уровнемеры широкого и узкого диапазонов.

Уровнемеры широкого диапазона (с пределами измерений 0.5–20 м) предназначены для проведения товаро учётных операций, а уровнемеры узкого диапазона [пределы измерений (0¸±100) мм или (0¸±450) мм] обычно используются в системах автоматического регулирования.

В настоящее время операция измерения уровня является ключевой для организации контроля и управления технологическими процессами во многих отраслях промышленности. К приборам для измерения уровня заполнения ёмкостей и сосудов, или уровнемерам, предъявляются различные требования: в одних случаях требуется только сигнализировать о достижении определённого предельного значения, в других необходимо проводить непрерывное измерение уровня заполнения.

Существует широкая номенклатура средств контроля и измерения уровня, использующих различные физические методы: ёмкостный, электроконтактный, гидростатического давления, поплавковый, ультразвуковой, радиоволновый. Эти методы и средства позволяют контролировать уровень различных сред: жидких (чистых, загрязнённых), пульп, нефтепродуктов, сыпучих твёрдых различной дисперсности. При выборе уровнемера необходимо учитывать такие физические и химические свойства контролируемой среды, как температура, абразивные свойства, вязкость, электрическая проводимость, химическая агрессивность и т.д. Кроме того, следует принимать во внимание рабочие условия в резервуаре или около него: давление, вакуум, нагревание, охлаждение, способ заполнения или опорожнения (пневматический или механический), наличие мешалки, огнеопасность, взрывоопасность и другие.

Современные системы автоматизации производства требуют статистических и информационных данных, позволяющих оценить затраты, предотвратить убытки, оптимизировать управление производственным процессом, повысить эффективность использования сырья. Этот постоянно возрастающий спрос на информацию приводит к необходимости применения в системах контроля не простых сигнализаторов, а средств, обеспечивающих непрерывное измерение.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

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 радиоизотопные. Применяются и визуальные средства измерений.

## 2.1 Визуальные средства измерения уровня

К визуальным средствам измерений уровня относятся мерные линейки, рейки, рулетки с лотами (цилиндрическими стержнями) и уровнемерные стекла.

В производственной практике широкое применение получили уровнемерные стекла. Измерение уровня с помощью уровнемерных стекол (рисунок 2, а) основано на законе сообщающихся сосудов. Указательное стекло 1 с помощью арматуры соединяют с нижней и верхней частями емкости. Наблюдая за положением мениска жидкости в трубке 1, судят о положении уровня жидкости в емкости. Для исключения дополнительной погрешности, обусловленной различием температуры жидкости в резервуаре и в стеклянной трубке, перед измерением осуществляют промывку уровнемерных стекол. Для этого предусмотрен вентиль 2. Арматура уровнемерных стекол оснащается предохранительными клапанами, обеспечивающими автоматическое перекрывание каналов, связывающих указательное стекло с технологическим аппаратом при случайной поломке стекла. Из-за низкой механической прочности уровнемерные стекла обычно выполняют длиной не более 0,5 м. Поэтому для измерения уровня в резервуарах (рисунок 2, б) устанавливается несколько уровнемерных стекол с тем расчетом, чтобы они перекрывали друг друга. Абсолютная погрешность измерения уровня уровнемерными стеклами ± (1–2) мм. При измерении возможны дополнительные погрешности, связанные с влиянием температуры окружающей среды. Уровнемерные стекла применяются до давлений 2,94 МПа и до температуры 300 °С.

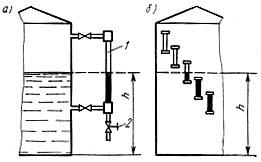


Рисунок 2 – Уровнемерные стекла

## 2.2 Поплавковые средства измерения уровня

Среди существующих разновидностей уровнемеров поплавковые являются наиболее простыми. Получили распространение поплавковые уровнемеры узкого и широкого диапазонов. Поплавковые уровнемеры узкого диапазона (рисунок 3) обычно представляют собой устройства, содержащие шарообразный поплавок диаметром 80–100 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 1 угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигналы. Уровнемеры узкого диапазона выпускаются двух типов: фланцевые (рисунок 3, а) камерные (рисунок 3, б), отличающиеся способом их установки на технологических аппаратах.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

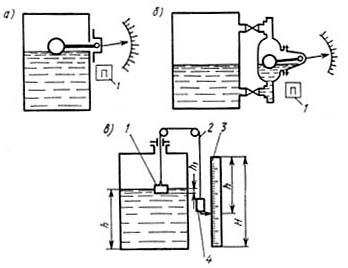


Рисунок 3 – Схемы поплавковых уровнемеров

Минимальный диапазон измерений этих уровнемеров – 10-0-10 мм, максимальный – 200-0-200 мм. Класс точности 1,5. Поплавковые уровнемеры широкого диапазона (рисунок 3, в) представляют собой поплавок 1, связанный с противовесом 4 гибким тросом 2. В нижней части противовеса укреплена стрелка, указывающая по шкале 3 значения уровня жидкости в резервуаре. При расчетах поплавковых уровнемеров подбирают такие конструктивные параметры поплавка, которые обеспечивают состояние равновесия системы «поплавок – противовес» только при определенной глубине погружения поплавка. Если пренебречь силой тяжести троса и трением в роликах, состояние равновесия системы «поплавок – противовес» описывается уравнением

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1) |
|  |  |

где  – силы тяжести противовеса и поплавка;

S – площадь поплавка;

– глубина погружения поплавка;

– плотность жидкости.

Повышение уровня жидкости изменяет глубину погружения поплавка и на него действует дополнительная выталкивающая сила. В результате равенство нарушается и противовес опускается вниз до тех пор, пока глубина погружения поплавка не станет равной h1. При понижении уровня действующая на поплавок выталкивающая сила уменьшается и поплавок начинает опускаться вниз до тех пор, пока глубина погружения поплавка не станет равной h1. Для передачи информации о значении уровня жидкости в резервуаре применяют сельсинные системы передачи. Обычно ось сельсина-датчика кинематически связана с барабаном, вращение которого осуществляется в процессе перемещения троса, а ось сельсина-приемника — со счетным механизмом.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

## 2.3 Поплавковые выключатели

Поплавковые выключатели используются для сигнализирования о предельных значениях уровня жидкостей. Они обладают необходимой плавучестью, позволяющей им в незакреплённом состоянии находиться на поверхности жидкости в строго горизонтальном положении. В конкретных применениях поплавковый датчик закрепляется посредством собственного кабельного зажима на высоте, соответствующей предельному уровню жидкости. Процесс переключения запускается качанием датчика, когда он отклоняется от горизонтального положения в любом направлении, как это представлено на рисунке 4. В качестве коммутационных устройств часто применяются жидкометаллические микровыключатели, в которых в настоящее время вместо ртути используется галинстан (Galinstan – жидкий металлический сплав, включающий галлий, индий и олово и сохраняющий жидкое состояние при температурах выше – 19°С).

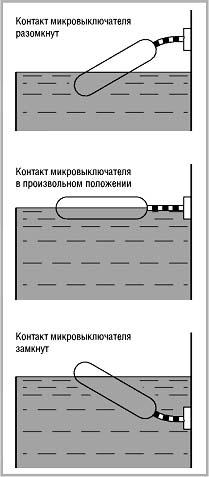


Рисунок 4 – Принцип действия поплавкового выключателя

Поплавковый выключатель состоит из корпуса поплавка со встроенным микровыключателем и присоединительного кабеля.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Современные поплавковые датчики используют три разновидности не содержащих ртути коммутационных устройств:

1) шаровой микровыключатель с определением положения на основе индуктивного метода (рисунок 5, а):

- пригоден для применения во взрывоопасных зонах класса 1;

- номинальное напряжение 8В;

- подключается через барьер безопасности с гальванической изоляцией;

- угол срабатывания ±12° относительно горизонтальной плоскости.

2) шаровой концевой микровыключатель (рисунок 5 б):

- тип выхода – коммутируемые каналы;

- непосредственно подключается ко входу измерительного преобразователя, не требует дополнительных средств сопряжения;

- коммутируемое напряжение 250В переменного/постоянного тока, коммутируемый ток до 3А (1А);

- угол срабатывания +18 ± 6° (верхняя точка), +5 ± 3° (нижняя точка) относительно горизонтальной плоскости.

3) микровыключатель, использующий жидкий металлический сплав Galinstan (рисунок 5 в):

- коммутируемое напряжение 250В переменного тока (150В постоянного тока), коммутируемый ток до 4А;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

- тип выхода – коммутируемые контакты;

- подключается непосредственно ко входу измерительного преобразователя, не требует дополнительных средств сопряжения;

- угол срабатывания: ±5° относительно горизонтальной плоскости.

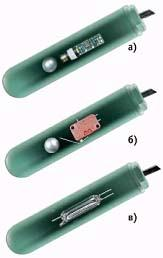


Рисунок 5 – Устройство поплавковых выключателей

В качестве поплавков применяют преимущественно полые шаровидные или сфероцилиндрические тела, выполненные из полипропилена, устойчивого к воздействию неконцентрированных кислот и щелочей, большинства растворителей, спирта, бензина, воды, консистентных смазок и масел. Датчики имеют выходные контакты с коммутируемым напряжением 20...264 В переменного тока или 6...60 В постоянного тока.

Присоединительные кабели изготавливаются из поливинилхлорида (PVC) для применений в водной среде, включая сточную воду, и в слабоагрессивных жидкостях; из полиуретана (PUR), устойчивого к горюче смазочным материалам, нагретым маслам и жидкостям, содержащим масла; из хлорсульфированного полиэтилена (CSM, Hypalon), устойчивого к воздействию кислот, щелочей и многих растворителей. Длина кабеля составляет 3,5 или 10 метров. Поплавок закрепляется или за боковые выступы резервуара через кабельный уплотнитель с резьбой, или посредством дополнительной массы или стержней, зафиксированных в верхней части резервуара. Изгиб кабеля допускается только в горизонтальной плоскости. Минимальная длина кабеля между точкой закрепления и поплавком зависит от материала кабеля.

По заказу поставляется регулируемое комбинированное устройство из поплавковых выключателей (до 5 датчиков), позволяющее изменять уровни срабатывания выключателей, если этого потребуют новые эксплуатационные условия. При поставке данного устройства поплавки настраиваются по концу несущей штанги. Подстройка по уровням срабатывания производится пользователем на месте применения посредством перемещения установочных фиксирующих колец (рисунок 6).

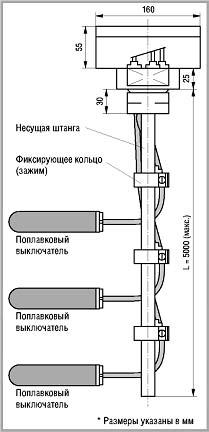


Рисунок 6 – Регулируемое устройство

Общие технические данные поплавковых выключателей:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

- точность: зависит от угла срабатывания (5...25°) и длины кабеля;

- температура контролируемой среды: до 120 °С;

- рабочее давление: до 16 бар;

- плотность измеряемого вещества: не менее 0,6 г/см3 (для обеспечения необходимой плавучести форма поплавка выключателя определяется по минимальному значению плотности измеряемого вещества).

Основные достоинства:

- простота;

- прочность;

- невысокая стоимость.

Недостатки:

- непригодны для клейких жидкостей;

- проблемы с плещущимися жидкостями;

- плавучесть зависит от размеров поплавка;

- точка срабатывания зависит от изменений (колебаний) плотности вещества.

## 2.4 Буйковые средства измерения уровня

В основу работы буйковых уровнемеров положено физическое явление, описываемое законом Архимеда. Чувствительным элементом в этих уровнемерах является цилиндрических буек, изготовленный из материала с плотностью, большей плотности жидкости. Буек 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.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

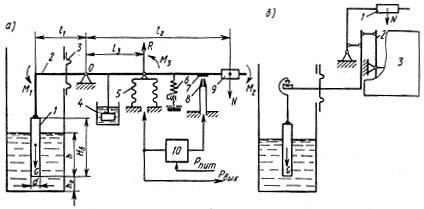


Рисунок 7 – Схемы пневматических буйковых уровнемеров

Схема буйкового пневматического уровнемера приведена на рисунке 7, а. Уровнемер работает следующим образом. Когда уровень жидкости в аппарате равен начальному h0 (в частном случае h0 может быть равен 0), измерительный рычаг 2 находится в равновесии, так как момент М1 создаваемый весом буйка G, уравновешивается моментом М2, создаваемым противовесом N.

Когда уровень жидкости становится больше h0, часть буйка погружается в жидкость. Поэтому вес буйка уменьшается, а, следовательно, уменьшается и момент М1, создаваемый буйком на рычаге 2. Так как М2 становится больше М1, рычаг 2 поворачивается вокруг точки О по часовой стрелке и прикрывает заслонкой 7 сопла 8. Поэтому давление в линии сопла увеличивается. Это давление поступает в пневматический усилитель 10, выходной сигнал которого является выходным сигналом уровнемера. Этот же сигнал одновременно посылается в сильфон отрицательной обратной связи 5. При действии давления РВых возникает сила R, момент М3 которой совпадает по направлению с моментом М1, т.е. действие силы R направлено на восстановление равновесия рычага 2. Движение измерительной системы преобразователя происходит до тех пор, пока сумма моментов всех сил, действующих на рычаг 2, не станет равной 0.

Выходной сигнал пневматических буйковых уровнемеров изменяется в диапазоне 0,02 – 0,1 МПа при изменении уровня от нуля до максимального значения. Начальное значение выходного сигнала (0,02 МПа) задается пружиной 6 (см. рисунок 7, а). Для предотвращения автоколебаний измерительной системы уровнемера служит демпфер 4. Герметизация технологического аппарата при установке в нем чувствительного элемента достигается уплотнительной мембраной 3. При необходимости буек может быть Установлен в выносной камере, располагаемой вне технологического аппарата. Минимальный верхний предел измерений пневматических уровнемеров – 0,02 м, максимальный – 16 м.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Кроме рассмотренной модификации пневматических уровнемеров выпускаются уровнемеры, оснащенные унифицированным преобразователем «сила – давление». Схема соединения буйка с унифицированным преобразователем приведена на рисунок 7, б. Здесь 1 – груз, уравновешивающий вес буйка; 2 – Т-образный рычаг унифицированного преобразователя 3.

Для преобразования уровня в унифицированный токовый сигнал разработаны буйковые электрические уровнемеры, оснащенные унифицированным преобразователем «сила – ток». Подключение буйка к унифицированному преобразователю осуществляется по схеме, аналогичной схеме, приведенной на рисунок 7, б. Верхние пределы измерений уровнемера с унифицированным электрическим сигналом ограничены значениями 0,02–16 м.

Буйковые средства измерений уровня 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.

## 2.5 Магнитные погружные зонды предельного уровня

Магнитные погружные зонды предельного уровня серии LML разработаны для использования в очищенных жидкостях, таких как вода, растворители, масла, различные виды топлива. В зависимости от вида контролируемой жидкости возможны различные исполнения зондов:

- пластиковые для агрессивных кислот и щелочей;

- из нержавеющей стали для воды, масел и т.п.;

- из нержавеющей стали во взрывозащищённом исполнении для горючих жидкостей, таких как топливо, растворители, спирты.

Эти датчики работают следующим образом: поплавок, направляемый трубкой зонда, плавает на поверхности жидкости; тороидальный магнит, смонтированный на поплавке, в соответствующем положении замыкает язычковые герметизированные контакты, установленные на направляющей трубке, посредством магнитного поля.

Поставляются модели с числом контактов от 1 до 3. Переключатели выполняются размыкающие, замыкающие и переключающие. Точность измерения не зависит от давления, плотности и электрических свойств жидкости.

Общие технические данные магнитных погружных зондов:

Температура контролируемой жидкости: -20...+70 °С. Рабочая плотность

контролируемого вещества: не менее 0,7 г/см3. Рабочее давление:

- до 3 бар (исполнение из пластика);

- до 25 бар (исполнение из нержавеющей стали).

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Основные достоинства:

- простой принцип действия;

- несложный монтаж;

- несложное техническое обслуживание;

- не требуется регулировка в месте установки.

Недостатки:

- плавучесть зависит от размера поплавка;

- точки переключения зависят от плотности среды;

- максимальная длина трубки зонда около 6 м;

- минимально допустимая плотность контролируемого вещества равна 0,7 г/см3;

- можно использовать только в очищенных жидкостях.

## 2.6 Гидростатические средства измерения уровня

Данный метод измерения уровня основан на определении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара. Величина гидростатического давления на дно резервуара (p) зависит от высоты столба жидкости над измерительным прибором (h) и от плотности жидкости (r): p = rgh, соответственно h = p/rg, где g = 9,81 м/с2 (это справедливо только для неподвижных жидкостей).

Измерение гидростатического давления осуществляется:

- манометром, подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня;

- дифференциальным манометром, 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.

На рисунке 8, а приведена схема измерения уровня манометром. Применяемый для этих целей манометр 1 может быть любого типа с соответствующими пределами измерений, определяемыми зависимостью p = rgh. Измерение гидростатического давления манометром может быть осуществлено и по схеме, приведенной на рисунок 8, б. Согласно данной схеме о значении измеряемого уровня судят по давлению воздуха, заполняющего манометрическую систему.

В нижней части манометрической системы расположен колокол 2, отверстие которого перекрыто тонкой эластичной мембраной 1, а в верхней – манометр 3. Применение эластичной мембраны исключает растворение воздуха в жидкости, однако вводит погрешность в определение уровня из-за упругости мембраны. Преимуществом данной схемы измерения гидростатического давления является независимость показаний манометра от его расположения относительно уровня жидкости в резервуаре.

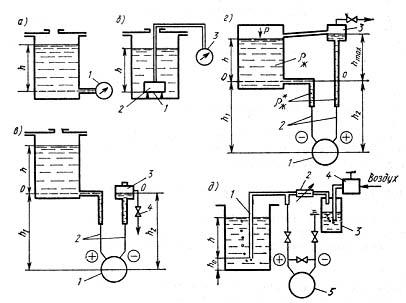


Рисунок 8 – Схемы измерения уровня гидростатическими уровнемерами

При измерении уровня по рассмотренным схемам имеют место погрешности измерения, определяемые классом точности манометров и изменениями плотности жидкости.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

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. С помощью дифференциальных манометров возможно также измерение уровня жидкости в открытых резервуарах, уровня раздела фаз и уровня раздела жидкостей.

Измерение уровня в открытых резервуарах, находящихся под атмосферным давлением, осуществляется по схеме, представленной на рисунке 8, в. Дифманометр 1 через импульсные трубки 2 соединен с резервуаром и уравнительным сосудом 3. Уравнительный сосуд применяется для компенсации статического давления, создаваемого столбом жидкости hi в импульсной трубке. В процессе измерения уровень жидкости в уравнительном сосуде должен быть постоянным. Вентиль 4 служит для поддержания постоянного уровня в сосуде 3. При равенстве плотностей жидкостей, заполняющих импульсные трубки и резервуар, и при условии h1 = h2 перепад давления, измеряемый дифманометром,

|  |  |
| --- | --- |
| *.* | (2) |
|  |  |

При измерении уровня в аппаратах, находящихся под давлением, применяют схему, приведенную на рисунок 7, г. Уравнительный сосуд 3 в этом случае устанавливают на высоту, соответствующую максимальному значению уровня, и соединяют с аппаратом. Статическое давление Р в аппарате поступает в обе импульсные трубки, поэтому измеряемый перепад давления  можно представить в виде

|  |  |
| --- | --- |
| *.* | (3) |
|  |  |

При h = 0, а при .

Как следует из уравнения, шкала измерительного прибора уровнемера будет обращенной. В рассмотренных схемах могут быть использованы дифманометры с унифицированным токовым или пневматическим сигналом.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Если жидкость, заполняющая резервуар, агрессивна, то подключение дифманометра к резервуару осуществляется через разделительные сосуды.

Уровнемеры, в которых измерение гидростатического давления осуществляется путем измерения давления газа, прокачиваемого по трубке, погруженной на фиксированную глубину в жидкость, заполняющую резервуар, называют пьезометрическими. Схема пьезометрического уровнемера приведена на рисунок 8, д. Пьезометрическая трубка 1 размещается в аппарате, в котором измеряется уровень. Газ поступает в трубку через дроссель 2, служащий для ограничения расхода. Для измерения расхода газа служит стаканчик 3 (расход с помощью стаканчика определяется по числу пузырьков, пробулькивающих через заполняющую его жидкость в единицу времени), а давление поддерживается постоянным с помощью стабилизатора давления 4. Давление газа после дросселя измеряется дифманометром 5 и служит мерой уровня.

При подаче газа давление в пьезометрической трубке постепенно повышается до тех пор, пока указанное давление не станет равным давлению столба жидкости высотой h. Когда давление в трубке станет равным гидростатическому давлению, из нижнего открытого конца трубки начинает выходить газ. Расход подбирают такой, чтобы газ покидал трубку в виде отдельных пузырьков (примерно один пузырек в секунду).

При большем расходе давление, измеряемое дифманометром, может быть несколько большим, чем гидростатическое, из-за дополнительного падения давления, возникающего за счет трения газа о стенки трубки при его движении. При очень малом расходе газа увеличивается инерционность измерения. Оба фактора могут увеличить погрешность измерения уровня.

В пьезометрических уровнемерах при больших изменениях уровня расход газа может существенно измениться, что, в свою очередь, может вызвать дополнительную погрешность измерения.

Для стабилизации расхода газа в пьезометрических уровнемерах промышленностью выпускается мембранный стабилизатор расхода, схема которого показана на рисунке 9.

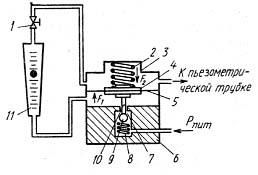


Рисунок 9 – Мембранный стабилизатор расхода

Действие стабилизатора основано на автоматическом регулировании постоянного перепада давления на дросселе 1, который обусловливает постоянство расхода через него. Для регулирования этого перепада используется статический мембранный регулятор, который состоит из корпуса 6 и крышки 3, между которыми установлена резинотканевая мембрана 5 с жестким центром 4. Последний опирается на толкатель 10, а сверху на него воздействует пружина 2. Шарик 9, на который воздействует пружина 8, образует вместе с отверстием 7 в корпусе управляемый клапан. Ротаметр 11 служит для измерения расхода газа, подаваемого к пьезометрической трубке. Дроссель 1 выполнен переменным, что позволяет задавать регулируемое значение расхода.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Стабилизатор расхода работает следующим образом. Если по каким-либо причинам расход газа изменяется, например, уменьшается, соответственно уменьшается перепад давления на дросселе 1. В результате действующая на мембрану сила F1, обусловленная перепадом давления на мембране, также уменьшается. Из-за того, что сила F2, развиваемая пружиной 2, постоянна, уменьшение силы F1 вызовет перемещение мембраны вниз. При этом толкатель 10 несколько увеличит зазор между шариком 9 и отверстием 7, что увеличивает подачу газа под мембрану 5, а, следовательно, и давление в пространстве под ней и на входе дросселя 1. Увеличение этого давления будет происходить до тех пор, пока с точностью до статической ошибки не будет восстановлен перепад давления на дросселе 1, а, следовательно, и расход. В состоянии равновесия силы F1 и F2, действующие на мембрану, равны.

Пьезометрические уровнемеры позволяют измерять уровень в широких пределах (от нескольких десятков сантиметров до 10–15 м), и при использовании для измерения давления в пьезометрической трубке дифманометра с унифицированным выходным сигналом имеют относительную приведенную погрешность ± (1–1,5) %.

### 2.6.1 Гидростатические изделия измерения уровня зарубежных фирм

Пьезорезистивный тензодатчик (или ёмкостный керамический измерительный преобразователь, который не заполнен усредняющим давление веществом) связан с измеряемой жидкостью через изолирующую мембрану из нержавеющей стали и вещество, усредняющее давление. Выходной сигнал тензодатчика преобразуется формирователем в сигнал, соответствующий уровню жидкости. Пена, отложения, изменения электрических свойств жидкости и форма резервуара не оказывают влияния на результат измерения при реализации гидростатического метода.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Основные достоинства гидростатического метода:

- точность;

- применим для загрязнённых жидкостей;

- реализация метода не предполагает использования подвижных механизмов;

- соответствующее оборудование не нуждается в сложном техническом обслуживании.

Недостатки:

- движение жидкости вызывает изменение давления и приводит к ошибкам измерения (давление относительно плоскости отсчёта зависит от скорости потока жидкости следствие закона Бернулли);

- атмосферное давление должно быть скомпенсировано;

- изменение плотности жидкости может быть причиной ошибки измерения.

## 2.7 Электрические средства измерения уровня

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

Емкостные уровнемеры:

В уровнемерах этого типа используется зависимость электрической емкости чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя от уровня жидкости. Конструктивно емкостные чувствительные элементы выполняют в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов или параллельно расположенных плоских электродов. В номенклатуру средств измерений уровня ГСП входят емкостные уровнемеры с коаксиально расположенными электродами. Конструкция емкостного чувствительного элемента с коаксиально расположенными электродами определяется физико-химическими свойствами жидкости. Для неэлектропроводных (диэлектрических) жидкостей – жидкостей, имеющих удельную электропроводность менее 10 – 6 См/м, применяют уровнемеры, оснащенные чувствительным элементом, схемы которого представлены на рисунке 10.

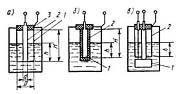


Рисунок 10 – Емкостные уровнемеры

Чувствительный элемент (рисунок 10, а) состоит из двух коаксиально расположенных электродов 1 и 2, частично погруженных в жидкость. Электроды образуют цилиндрический конденсатор, межэлектродное пространство которого до высоты h заполнено жидкостью, а пространство H – h – парогазовой смесью. Для фиксирования взаимного расположения электродов предусмотрен изолятор 3. В общем виде электрическая емкость цилиндрического конденсатора определяется уравнением

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

|  |  |
| --- | --- |
| , | (4) |
|  |  |

где  – относительная диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего межэлектродное пространство;

 – диэлектрическая проницаемость вакуума;

H – высота электродов;

D, d – диаметры соответственно наружного и внутреннего электродов.

Для цилиндрического конденсатора, межэлектродное пространство которого заполняется веществами, обладающими различными диэлектрическими проницаемостями, как показано на рисунок 10, а, полная емкость СП определяется выражением:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (5) |
|  |  |

где  – емкость проходного изолятора;

 – емкость межэлектродного пространства, заполненного жидкостью;

 – емкость межэлектродного пространства, заполненного парогазовой смесью.

С учетом уравнения полную емкость чувствительного элемента представим в виде

|  |  |
| --- | --- |
| . | (6) |

Так как для паров жидкости и газов , а  – величина постоянная, уравнение можно преобразовать следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |
|  |  |

Уравнение представляет собой статическую характеристику емкостного чувствительного элемента для неэлектропроводных сред. Величина является функцией температуры, поэтому Для исключения влияния температуры жидкости на результат измерения применяют компенсационный конденсатор (рисунок 10, в). Компенсационный конденсатор 1 размещается ниже ёмкостного чувствительного элемента 2 и полностью погружен в жидкость. В некоторых случаях при постоянстве состава жидкости его заменяют конденсатором постоянной емкости. Для измерения уровня электропроводных жидкостей – жидкостей с удельной проводимостью более 10-4 См/м применяют уровнемеры, оснащенные емкостным чувствительным элементом, изображенным на рисунок 14, б. Чувствительный элемент представляет собой металлический электрод 1, покрытый фторопластовой изоляцией 2. Электрод частично погружен в жидкость. В качестве второго электрода используется либо стенка резервуара, если она металлическая, либо специальный металлический электрод, если стенка резервуара выполнена из диэлектрика. Полная емкость чувствительного элемента, изображенного на рисунок 10, в, определяется уравнением:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |
|  |  |

где  – емкость проходного изолятора;

– емкость конденсатора, образованного электродом 1 и поверхностью жидкости на границе с изолятором;

– емкость конденсатора, образованного поверхностью жидкости на границе с изолятором и стенками резервуара.

Преобразование электрической емкости чувствительных элементов в сигнал измерительной информации осуществляется резонансным, импульсным методом или с помощью мостов переменного тока с самоуравновешиванием.

В точном определении уровня решающую роль играют конструкция, изоляция и правильное размещение ёмкостного зонда. Поэтому необходимо учитывать следующие факторы: изоляцию зонда, форму резервуара, давление в резервуаре, температуру контролируемого материала, его зернистость, абразивность, химическую агрессивность, вязкость, возможность образования конденсата или пены.

Измерительный зонд в зависимости от требуемой длины выполняют из проволочного тросика, металлического стержня или трубки.

В емкостных уровнемерах, входящих в номенклатуру ГСП, преобразование емкости осуществляется импульсным методом, в реализации которого используются переходные процессы, протекающие в чувствительном элементе, периодически подключаемом к источнику постоянного напряжения.

Емкостные уровнемеры выпускаются классов 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. На базе рассмотренных емкостных чувствительных элементов разработаны взрывобезопасные сигнализаторы уровня раздела жидкостей «нефтепродукт – вода» и других жидкостей с различными значениями относительной диэлектрической проницаемости. При длине погруженной части чувствительного элемента 0,25 м погрешность срабатывания сигнализатора ±10 мм.

Основные достоинства:

- простота установки и эксплуатации;

- многофункциональность применения;

- возможность использования с клейкими веществами;

- активная компенсация влияния раскачивания зонда.

Кондуктометрические сигнализаторы уровня.

Этот метод основан на изменении силы тока. При пустом резервуаре сопротивление между двумя электродами бесконечно велико; при погружении концов электродов в проводящую среду сопротивление уменьшается соответственно величине её проводимости. Область применения метода распространяется исключительно на контроль уровня проводящих жидкостей. Следовательно, уровень сыпучих или вязких материалов измерять указанным методом нельзя. Необходимо наличие у контролируемого вещества определённой минимальной проводимости (более 1 мкС/см), чтобы при измерении уровня кондуктометрическим методом можно было получить различимый сигнал изменения тока.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Настоящий метод применяют главным образом для измерения предельного уровня в цистернах, баках и паровых котлах. Воспламеняющиеся жидкости, такие как различные виды топлива, масла и растворители, являются диэлектриками, поэтому для них этот метод неприменим в отличие от кислот, щелочей и растворов, содержащих воду и являющихся проводниками. Уровень агрессивных жидкостей определяется без проблем, путём использования электродов, выполненных из высокопрочных материалов.

При реализации кондуктометрического метода два электрода устанавливаются выше поверхности проводящей жидкости, уровень которой контролируется. Когда жидкость достигает той точки, где оба электрода контактируют с жидкостью, электрический ток вызывает срабатывание реле. Если требуется выявить несколько значений уровня, используется соответствующее кратное число электродов. Для того чтобы исключить такие эффекты, как электролиз жидкости или взрыв, применяются постоянный ток достаточно малой величины и переменный ток.

На основе данного метода может быть легко и экономично реализовано определение не только предельного, но и межфазного уровня; например, достаточно просто выявляется граница между водой и непроводящими жидкостями в разделителях (сепараторах) масла или бензина.



Рисунок 11 – Уровнемер кондуктометрический

Уровнемеры этого вида предназначены для сигнализации уровня электропроводящих жидких сред и сыпучих сред с удельной проводимостью более 10–3 См/м. На рисунке 11, приведена схема сигнализатора верхнего предельного уровня жидкости. В соответствии со схемой при достижении уровнем значения h замыкается электрическая цепь между электродом 1 и корпусом технологического аппарата. При этом срабатывает реле 2, контакты которого включены в схему сигнализации.

Электроды, применяемые в кондуктометрических сигнализаторах уровня, изготавливают из стали специальных марок или угля. Причем угольные электроды используются только при измерении уровня жидких сред.

Общие технические данные кондуктометрических выключателей:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

- Точность: 4 мм.

- Температура контролируемого вещества: до 150 °С.

- Рабочее давление: до 30 бар.

Основные достоинства:

- простота и прочность;

- отсутствие движущихся механических частей;

- нечувствительны к турбулентности;

- технологическим процессом допускаются высокая температура и давление;

- простая регулировка и обслуживание.

Недостатки:

- непригодны для клейких веществ и диэлектриков;

- масляные вещества могут вызывать налипание на электроды тонкого слоя непроводящего покрытия, что может быть причиной отказа.

Концевые выключатели на основе метода измерения электрического поля:

Взаимодействие двух электродных стержней (или электрода и металлической стенки резервуара) со схемой генератора колебаний преобразователя приводит к созданию переменного электрического поля. По мере того как уровень вещества увеличивается и контролируемое вещество входит в контакт с электродами, колебательный контур демпфируется. Детектор с регулируемым порогом фиксирует изменение электрического поля и формирует соответствующий сигнал.

Этот метод определения предельного уровня может быть реализован с использованием стандартных электродов, применяемых для кондуктометрического или ёмкостного методов, и используется практически для любого вещества:

- жидкостей или зернистых материалов;

- веществ с различным характером электрической проводимости (и диэлектрики, и проводники);

- материалов, способных налипать на стержни электродов.

Метод находит наиболее широкое применение при определении границ раздела в масляных или бензиновых сепараторах и отстойниках.

В качестве примера рассмотрим концевой выключатель с одно-стержневым электродом серии HR-6011. Этот датчик имеет электроды диаметром 4 мм или 6 мм, точка срабатывания для разных веществ может регулироваться в соответствии с длиной электрода. Электронная схема преобразователя обнаруживает искажения электрического поля, вызванные изменением уровня контролируемого вещества, и преобразует их в соответствующее изменение тока. Если сигнал соответствует превышению значения установленного предельного уровня, выходной ток дискретно увеличивается до более чем 2,2 мА и барьер с трансформаторной изоляцией коммутирует выходные контакты. Этот барьер также обнаруживает неисправности преобразователя и подводящих проводов посредством проверки значения потребляемого тока.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Кроме описанного, поставляются устройства с двумя электродами, выполненными из различных материалов: нержавеющая сталь, Hastelloy В (NiMo28), Hastelloy С (NiMol6Crl6Ti), тантал – и покрытыми политетрафторэтиленом. Основные технические характеристики этих изделий подобны характеристикам кондуктометрических устройств.

Датчики Pulscon, реализующие метод направленного электромагнитного излучения:

Датчики недавно предложенной серии Pulscon работают на основе измерения коэффициента отражения методом совмещения прямого и отражённого испытательных сигналов, и определения времени прохождения излученного импульса до поверхности контролируемой среды (временного сдвига отражённого сигнала – рисунок 12). Повторяющиеся импульсы наносекундного диапазона длительностей излучаются с интервалом 1 мкс. Принцип измерения напоминает ультразвуковой метод определения уровня. Только в системе с направленным электромагнитным излучением импульсы распространяются не равномерно в пределах границ диаграммы направленности, а локализованы вдоль стержня или троса датчика, играющего роль волновода.



Рисунок 12 – Принципы измерения методом направленного электромагнитного излучения

Данный метод базируется на новейших технологиях и дополняет собой список контактных методов измерения. Из-за чрезвычайно низкой мощности и направленности излучения импульсов микроволны не рассеиваются в пространстве, поэтому применение этих устройств не требует согласований с комитетами по радиочастотам. Благодаря низкому энергопотреблению достаточно двухпроводной системы подключения микроволнового датчика с питанием через информационный канал. В силу этой же причины датчики являются взрывобезопасными, что позволяет устанавливать их во взрывоопасных зонах вплоть до зон класса 0.

Для обеспечения электромагнитной совместимости микроволновых датчиков предложен специальный метод со скачкообразной перестройкой частоты, который позволяет обнаруживать электромагнитные помехи и маскировать их в динамическом режиме.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Реализуемый в режиме меню пользовательский интерфейс с простым управлением кнопками, и поддерживаемая ПК процедура задания параметров через HART-протокол являются стандартными для датчиков этого типа. При этом можно установить такие функции, как маскирование помех или запоминание характеристик для линеаризации резервуара. Измерительный блок можно предустановить, используя «сухую» калибровку, реализуемую по технологии рlug-an-р1ау несколькими нажатиями кнопок. Результаты многолетней исследовательской работы и многочисленных экспериментов на базе метода tames domain reflectometry по идентификации отражённого сигнала с целью определения положения контролируемого уровня легли в основу программного обеспечения PulseMaster®.

Простой принцип действия, гибкость установки соответствующего оборудования и отсутствие необходимости в его обслуживании, а также относительно низкая стоимость являются важными факторами в пользу широкого применения метода. Суммируя приведённые данные, можно сформулировать и другие достоинства, и преимущества метода направленного электромагнитного излучения.

Основные достоинства метода направленного электромагнитного излучения:

- управление микроволновыми датчиками посредством меню и их калибровка на этапе изготовления обеспечивают простой ввод в эксплуатацию;

- надёжное измерение порошкообразных материалов даже в процессе наполнения ёмкости;

- измерение уровня жидкостей при образовании пены в условиях повышения давления;

- надёжное и точное измерение в обводных и расширительных трубах;

- возможность эффективного устранения помех отражения от арматуры (балок, укосин и др.) и структурных элементов стенок (например, гофрированных листов), резервуаров или узких силосных бункеров;

- независимость метода от вида материала (жидкий/сыпучий), плотности, значения диэлектрической постоянной, химической агрессивности среды, проводимости, изменения свойств материала, вызванных процессом комкования;

- абсолютная независимость метода от влияний таких факторов технологического процесса, как давление, температура, наличие подвижных поверхностей, пена/туман/пыль.

Недостатки:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

- клейкие вещества могут вызвать отказы;

- диэлектрическая постоянная измеряемого вещества должна быть больше 1,6.

Магнитные погружные зонды серии LMC для непрерывного измерения уровня:

Основные принципы методов непрерывного измерения уровня, основанных на использовании магнитных погружных зондов, рассмотрим на примере работы иммерсионного зонда LMC8S3 G6S I Ex (рисунок 13).

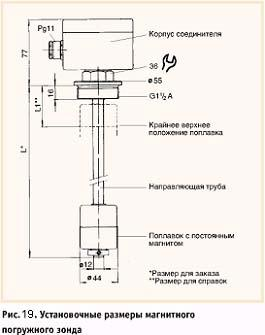


Рисунок 13 – Установочные размеры магнитного погружного зонда

Постоянный магнит, смонтированный на поплавке зонда, вызывает срабатывание герметизированных магнитоуправляемых контактов, установленных на направляющей трубе. При срабатывании эти контакты включаются между последовательно включёнными резисторами внутри направляющей трубы; таким образом при перемещениях поплавка общее значение сопротивления изменяется квазинепрерывно, в зависимости от разрешающей способности зонда. Точность измерения не зависит от электрических свойств среды, а также от давления, температуры и плотности. Поставляются модификации зонда в корпусах из пластика или нержавеющей стали, во взрывозащищённом исполнении (маркировка взрывозащиты ЕЕх 1а ПС Т6), с шаровидными или цилиндрическими поплавками. Максимальная длина направляющей трубы достигает 3 м. Выход устройства – 2-проводной токовый (4...20 мА) или 3-проводной для подключения к потенциометру (40 кОм). В месте резьбового соединения используются такие материалы, как нержавеющая сталь или полипропилен, или поливинилиденфторид (чрезвычайно устойчив к воздействию масел, смазок, кислот, щелочей и растворителей).

Общие технические данные магнитных погружных зондов

Разрешающая способность: от 8 мм (12мм, 16 мм).

Допустимая температура контролируемой жидкости: -20...+120 °С.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Рабочее давление: до 3 бар (пластиковая модификация), до 16 бар (модификация из нержавеющей стали).

Плотность измеряемого вещества: не менее 0,6 г/см3.

Основные достоинства:

- простой принцип действия;

- несложный монтаж;

- не нуждаются в сколь-ни-будь значительном техническом обслуживании;

- не требуется регулировка в месте установки.

Недостатки:

- подъёмная сила зависит от размера поплавка;

- фактическое положение уровня, соответствующее точке срабатывания, разное для веществ с различной плотностью;

- максимальная длина направляющей трубы не более 3 м;

- минимальная плотность измеряемой среды равна 0,6 г/см3;

- можно использовать только в очищенных жидкостях.

## 2.8 Акустические средства измерений уровня

В настоящее время предложены различные принципы построения акустических 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, либо со стороны рабочей среды (жидкости или сыпучего материала). 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 кристаллизирующихся и выпадающих в осадок жидкостей. К недостаткам следует отнести влияние на показания уровнемеров температуры, давления и состава газа.

Как правило, акустические уровнемеры представляют собой сочетание первичного, промежуточного, а в некоторых случаях и передающего измерительных преобразователей. Поэтому, строго говоря, акустические уровнемеры следует рассматривать как часть измерительной системы с акустическими измерительными преобразователями.

На рисунке 14 приведена схема акустического уровнемера жидких сред. Уровнемер состоит из первичного I и промежуточного II преобразователей. Первичный преобразователь представляет собой пьезоэлемент, выполняющий одновременно функции источника и приемника ультразвуковых колебаний. При измерении генератор 9 с определенной частотой вырабатывает электрические импульсы, Которые преобразуются пьезоэлементом I в ультразвуковые импульсы. Последние распространяются вдоль акустического тракта, отражаются от границы раздела жидкость – газ и воспринимаются тем же пьезоэлементом, преобразующим их в электрические импульсы. После усиления устройством 1 импульсы подаются на схему измерения 2 времени отражения сигнала, где они преобразуются в прямоугольные импульсы определенной длительности. В ячейке сравнения 3 осуществляется сравнение импульса, подаваемого со схемы 2, с длительностью импульса, подаваемого с элемента обратной связи 5, который преобразует унифицированный токовый сигнал в прямоугольный импульс определенной длительности. Если длительность импульса схемы измерения 2 отличается от длительности импульса цепи обратной связи, то на выходе ячейки сравнения 3 появляется сигнал разбаланса, который усилительно-преобразующим устройством 4 изменяет выходной унифицированный токовый сигнал до тех пор, пока не будет достигнуто равенство длительностей импульсов. Для уменьшения влияния температуры на сигнал измерительной информации предусмотрен блок температурной компенсации 8. Контроль за работой электрической схемы осуществляется блоком контроля 7. Исключение влияния различного рода помех на работу промежуточного преобразователя достигается с помощью помехозащитного устройства 6.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

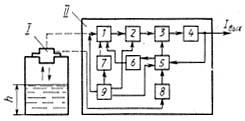


Рисунок 14 – Схема акустического уровнемера

Расстояние между первичным и промежуточным преобразователями— не более 25 м. 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. Акустические уровнемеры сыпучих сред входят в номенклатуру приборов ГСП и имеют унифицированный токовый сигнал. Они могут быть одноточечными и многоточечными. Многоточечные уровнемеры состоят из нескольких (до 30) первичных измерительных преобразователей акустического типа, каждый из которых размещается на отдельном технологическом аппарате и через коммутатор подключаются к промежуточному измерительному преобразователю. Уровнемеры выпускаются во взрывобезопасном исполнении. Классы точности 1,0; 1,5. Минимальный диапазон измерений 0–2,5 м, максимальный 0–30 м. Контролируемая среда – гранулы диаметром 2–200 мм.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

## 2.9 Концевые выключатели с вибрирующим чувствительным элементом

В качестве вибрационных концевых выключателей применяют устройства с резонатором камертонного типа (из-за формы его часто называют колебательной вилкой), в которых пьезоэлектрическим способом возбуждаются сильные механические колебания в диапазоне резонансных частот. Благодаря высоким механическим качествам вибрирующей системы вполне достаточна весьма малая мощность возбуждения. Размещение чувствительного элемента внутри контролируемой среды вызывает резкое уменьшение амплитуды колебаний вплоть до их полного гашения. Смена состояния колебания состоянием покоя или наоборот в виде электрического сигнала предельного уровня поступает на индикатор. При этом функционирование данных устройств не зависит от флуктуации физических свойств контролируемого вещества.

Вибрационные концевые выключатели можно использовать для определения предельного уровня практически всех жидкостей и сыпучих материалов.

В номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs представлена широкая гамма вибрационных концевых выключателей под торговой маркой Vibracon в разных конструктивных исполнениях, с различными техническими характеристиками.

Общие технические данные вибрационных концевых выключателей

- Точность: до 10 мм. Температура контролируемой среды: до 150 °С.

- Рабочее давление: до 64 бар.

- Плотность измеряемого вещества: не менее 0,6 г/см3

Основные достоинства:

- простота;

- не требуется регулировка в месте установки;

- отсутствуют движущиеся части;

- нечувствительны к турбулентности, образованию пены и внешней вибрации;

- допускают любую пространственную ориентацию;

- нечувствительны к большинству физических свойств измеряемого вещества (исключение – плотность р);

- проверка функционирования может проводиться на месте монтажа.

Недостатки:

- клейкие вещества и твёрдые частицы в жидкостях могут служить причиной отказов;

- твёрдые частицы могут заклинивать колебательную вилку.

## 2.10 Методы определения уровня по времени прохождения сигнала

Методы, основанные на измерении времени прохождения сигнала, используют принцип эхолота и подразделяются на две основные группы: ультразвуковые (УЗК) и методы направленного электромагнитного излучения. При известной скорости распространения импульса и измеренном временном интервале можно вычислить расстояние, пройденное импульсом. Необходимо учитывать, что импульс проходит расстояние между излучателем и поверхностью контролируемой среды дважды. В таблице 1 приведены значения времени прохождения ультразвуковым сигналом и электромагнитной волной некоторых расстояний в воздушной среде при нормальных условиях (двойное расстояние уже учтено); эти данные помогают учесть инерционность УЗК - метода в некоторых применениях.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Таблица 1 – время прохождения сигнала

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расстояние, м | Время прохождения | |
| Ультразвуковой сигнал | Электромагнитная волна |
| 0,1 | 0,6 мс | 0,7 нс |
| 0,2 | 1,2 мс | 1,3 нс |
| 0,5 | 3 мс | 3,3 нс |
| 1 | 6 мс | 6,6 нс |
| 2 | 12 мс | 13,3 нс |
| 5 | 30 мс | 33,3 нс |
| 10 | 60 мс | 66,6 нс |

### 2.10.1 Ультразвуковые датчики уровня

В простейшем и наиболее распространённом случае, когда УЗК - датчик расположен в верхней точке резервуара, уровень среды вычисляется как разность между высотой резервуара и расстоянием между датчиком и поверхностью среды (в общем случае необходимо вносить поправку, учитывающую разность между реальной высотой установки датчика и высотой резервуара). Это расстояние вычисляется по измеряемому времени, которое необходимо ультразвуковому импульсу для прохождения пути от датчика до поверхности контролируемой среды и обратно (рисунок 15).

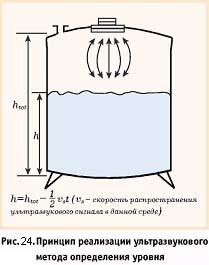


Рисунок 15 – Принцип реализации ультразвукового метода определения уровня

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |
|  |  |

Здесь  – скорость распространения ультразвукового сигнала в данной среде.

Химические и физические свойства среды не влияют на результат измерения, полученный УЗК - методом, поэтому без проблем может измеряться уровень агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ. Однако необходимо помнить, что на скорость распространения ультразвука оказывает влияние температура воздуха в среде его распространения.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Кроме того, будучи сильно зависимой от температуры, скорость ультразвука зависит от давления воздуха: она увеличивается с ростом давления. Связанные с изменениями давления в нормальной атмосфере относительные изменения скорости звука составляют приблизительно 5%. Скорость ультразвука также зависит от состава воздуха, например, от процентного содержания СО2 и влажности. Влияние относительной влажности на скорость ультразвука является меньшим по сравнению с влиянием, оказываемым температурой и давлением: дополнительная разница скорости в сухом и насыщенном влагой воздухе составляет около 2%.

Основные достоинства УЗК - метода:

- бесконтактный;

- применим для загрязнённых жидкостей;

- реализация метода не предъявляет высоких требований к износостойкости и прочности оборудования;

- независимость от плотности контролируемой среды.

Недостатки:

- большое расхождение конуса излучения;

- отражения от нестационарных препятствий (например, мешалок) могут вызвать ошибки измерения;

- применим только в резервуарах с нормальным атмосферным давлением;

- на сигнал оказывают влияние пыль, пар, газовые смеси и пена.

### 2.10.2 Радарные системы контроля уровня

Существует множество самых различных методов контроля уровня, позволяющих получать информацию как о предельных его значениях, так и о текущем значении. Гораздо меньшее число методов реализовано в промышленных системах. Некоторые из реализованных методов являются уникальными, и случаи их применения можно пересчитать по пальцам одной руки, другие – гораздо более универсальны и потому широко используются в серийных системах. Но есть и методы, удачно сочетающие в себе и уникальность, и универсальность. В первую очередь, к ним можно отнести микроволновый бесконтактный метод, в просторечии небезосновательно именуемый радарным. Этот метод, с одной стороны, обеспечивает минимальный контакт измерительного устройства с контролируемой средой, а с другой стороны – практически полностью нечувствителен к изменению её температуры и давления. Причем и температура, и давление могут иметь значения, недопустимые для применения других методов, в первую очередь, контактных. Безусловно, уникальность возможностей не может не сказываться на цене приборов. Но прогресс в этой области настолько велик, а преимущества метода столь очевидны, что можно достаточно уверенно прогнозировать очень широкое распространение радарных систем контроля уровня уже в самом недалеком будущем.

При всех существующих различиях общим остается принцип действия: излучённый СВЧ - сигнал отражается от контролируемого объекта, принимается обратно и соответствующим образом обрабатывается. Результатом обработки является значение того или иного параметра объекта: дальность, скорость, направление движения и т.д.

Радиолокаторы широко используются в метеорологии, в космических исследованиях для дистанционного зондирования планет и т.д. И вот в 1976 году фирма SAAB первой в мире применяет радарную технологию для контроля уровня сырой нефти, перевозимой супертанкерами. К тому моменту для подобной цели широко использовались поплавковые, буйковые и диф. - манометрические (разновидность гидростатических) измерительные системы, основной недостаток которых заключался в большой зависимости точности измерения от таких физических параметров контролируемой среды, как температура, давление и плотность. Кроме того, для этих систем требовалось довольно частое техническое обслуживание этих систем, связанное с необходимостью удаления различного рода отложений и загрязнений, поскольку все перечисленные системы являются контактными по своей природе. Уровнемеры же, основанные на радарном методе измерения, оказались практически свободными от всех этих недостатков. Именно это обстоятельство и обеспечило их широкое применение в самых различных отраслях промышленности.

В настоящее время в радарных системах контроля уровня применяются преимущественно две технологии: с непрерывным частотно-модулированным излучением (FMCW – frequency modulated continuous wave) и импульсным излучением сигнала.

Технология FMCW еще с 30-х годов прошлого века широко применялась в радиовысотомерах военных и гражданских самолетов. Она же после соответствующей адаптации была использована в первых радарных уровнемерах фирмы SAAB. Эта технология реализует косвенный метод измерения расстояния. Уровнемер излучает микроволновый сигнал, частота которого изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями f1 и f2 (рисунок 16). Отраженный от поверхности контролируемой среды (жидкость, сыпучий материал и т.п.) сигнал принимается той же антенной и обрабатывается. Его частота сравнивается с частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени. Значение разности частот (fd) прямо пропорционально расстоянию до поверхности (l). Принцип очень прост, но на пути его практической реализации существует множество технических и технологических проблем. Одной из важнейших, непосредственно влияющих на точность измерения, является обеспечение высокой линейности изменения частоты сигнала и особенно ее температурной стабильности, поскольку уровнемеры, как правило, предназначены для эксплуатации в очень широком температурном диапазоне.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

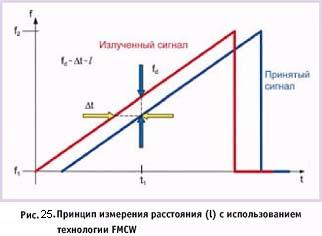


Рисунок 16 – Принцип измерения расстояния (l) с использованием технологии FMCW

Идеальными для уровнемера FMCW являются условия, когда поверхность контролируемой среды имеет достаточно большую площадь, на ней отсутствуют какие-либо возмущения, а сам резервуар полностью свободен от каких-либо внутренних конструктивных элементов. Однако реальные условия разительно отличаются от идеальных и привносят дополнительные проблемы, связанные с образованием большого числа паразитных эхо-сигналов от элементов конструкции, неровностей поверхности (особенно при контроле сыпучих материалов) и т.п. (рисунок 17). Кроме того, приём и передача сигнала осуществляются одновременно. В результате на входе приёмника уровнемера присутствует сложная смесь сигналов с очень большим разбросом по амплитуде. Для выделения частот эхо-сигналов применяется алгоритм, основанный на методе быстрого преобразования Фурье. Для его реализации требуются значительные вычислительные ресурсы и относительно продолжительное время. Результатом преобразования является частотный спектр принятого сигнала, в котором относительная амплитуда каждой частотной составляющей (U) пропорциональна мощности конкретного эхо-сигнала, а величина частотного сдвига пропорциональна расстоянию источника этого эхо-сигнала от излучателя (рисунок 18). Выделять полезный эхо-сигнал и игнорировать остальные позволяет специальное программное обеспечение, установленное на сервисном компьютере или встроенное в уровнемер. Главная проблема заключается в том, что каждому эхо-сигналу в частотном спектре соответствует не одиночная частота, а интервал частот, ограниченный некоторой огибающей. Это вносит дополнительную погрешность в определение расстояния.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

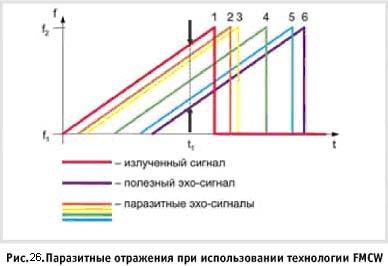


Рисунок 17 – Паразитные отражения при использовании технологии FMCW

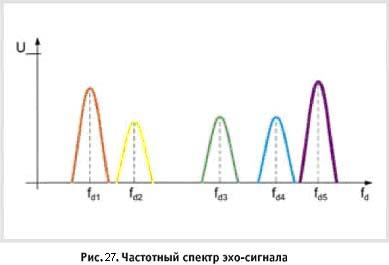


Рисунок 18 – Частотный спектр эхо-сигнала

В радарах импульсного типа используется метод определения расстояния, основанный на непосредственном измерении времени прохождения СВЧ - импульса от излучателя до контролируемой поверхности и обратно. В результате для отраженного сигнала применение процедуры быстрого преобразования Фурье не требуется. Однако время прохождения сигналом дистанции в несколько метров составляет всего единицы наносекунд. Поэтому для обеспечения измерения столь малых значений с требуемой точностью все-таки требуется применение специальных методов обработки сигнала. Для этого обычно используется преобразование СВЧ - сигнала в сигнал промежуточной частоты ультразвукового диапазона. Так, например, в радарных уровнемерах фирмы Endress+Hauser с несущей частотой 6,3 ГГц промежуточная частота равна 70 кГц, а частота повторения импульсов с 3,6 МГц уменьшается до 44 Гц. После такого преобразования к обработке сигналов радарного уровнемера могут быть легко применимы методы и алгоритмы, используемые в ультразвуковых приборах контроля уровня.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Радарные уровнемеры импульсного типа обладают рядом преимуществ перед устройствами, использующими технологию FMCW. Во-первых, принимаемые эхо-сигналы вне зависимости от природы их источника разнесены во времени, что обеспечивает их более простое разделение. Во-вторых, среднее энергопотребление импульсных уровнемеров составляет единицы мкВт (пиковая мощность при излучении СВЧ-импульса составляет около 1 мВт), что позволяет использовать для их подключения двухпроводную схему с питанием от измерительной цепи со стандартным токовым сигналом 4-20 мА; в приборах, работающих по технологии FMCW, энергопотребление существенно выше из-за непрерывного характера излучения, а также постоянно выполняемой математической обработки эхо-сигнала. И, в-третьих, в импульсных уровнемерах электроника для выполнения первичной обработки сигнала проще, а сама обработка выполняется исключительно аппаратными средствами; в результате благодаря меньшему числу комплектующих надёжность прибора получается потенциально выше.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Одним из самых важных элементов радарного уровнемера является его антенная система. Именно от антенны зависит, какая часть излучённого сигнала достигнет поверхности контролируемого материала и какая часть отражённого сигнала будет принята и передана на вход электронного блока для последующей обработки.

В радарных системах контроля уровня преимущественно используются антенны пяти типов:

- рупорная;

- стержневая;

- трубчатая;

- параболическая;

- планарная.

Рупорная и стержневая антенны (рисунок 19) наиболее широко используются в составе приборов, предназначенных для контроля уровня в технологических установках. Трубчатые антенны (рисунок 20) применяются в тех случаях, когда выполнение измерения посредством рупорной или стержневой антенны связано с очень большими трудностями или просто невозможно, например, при наличии пены, сильного испарения или высокой турбулентности контролируемой жидкости. Параболические и планарные антенны (рисунок 21, 22) используются исключительно в составе систем коммерческого учета нефтепродуктов.



Рисунок 19 – Радарные уровнемеры Siemens Milltronics с рупорной и стержневой антеннами



Рисунок 20 – Радарный уровнемер Siemens Milltronics с трубчатой антенной

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016



Рисунок 21 – Радарный уровнемер Endress + Hauser с параболической антенной

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016



Рисунок 22 – Радарный уровнемер Endress + Hauser с планарной антенной

При контроле уровня в закрытых емкостях, а это наиболее частое применение радарных уровнемеров, антенна, находясь внутри резервуара, подвергается воздействию всех неблагоприятных факторов, которые там только могут присутствовать. К ним относятся и высокое давление, и высокая температура, и агрессивные испарения, и пыль, и т.д. Безусловно, конструкция антенны и материалы, используемые для ее изготовления, должны всему этому успешно противостоять. Кроме того, конструкция самих резервуаров отличается огромным разнообразием и потому способна создать массу проблем при установке уровнемера. Вот почему у ведущих мировых производителей радарных уровнемеров в программе поставок имеется большое количество вариантов исполнения оборудования, и особенно антенных систем.

Электронный блок радарного уровнемера составляет единое целое с антенной системой вследствие особенностей используемого принципа действия. Данный блок отвечает, как за формирование зондирующего сигнала, так и за обработку принятого эхо-сигнала. Измерительная информация (расстояние, уровень, объем и т.п.) может либо просто отображаться на встроенном индикаторе, либо выдаваться вовне с помощью различных аналоговых и цифровых интерфейсов. В простейшем случае применяется стандартная токовая петля 4-20 мА с 2- или 3-проводной схемой подключения. В последнее время в таких приборах обычно имеется поддержка HART-протокола, который используется, в частности, для удаленной настройки измерительной системы. Для этой же цели производители оборудования предлагают специальные программные продукты, функционирующие на сервисном компьютере и обеспечивающие в удобной и наглядной форме настройку, калибровку и диагностику уровнемеров. Одной из важнейших функций таких программ является построение профиля отраженного сигнала по всей трассе измерения и отстройка от паразитных эхо-сигналов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Вне зависимости от используемого принципа в радарных уровнемерах применяются СВЧ - сигналы с несущей частотой, лежащей в диапазоне от 5,8 до 26 ГГц. К сожалению, не существует какой-то одной оптимальной частоты для всех возможных случаев применения радарных систем контроля уровня: любое преимущество в одном случае может оказаться существенным недостатком в другом. С этой позиции и рассмотрим особенности низкочастотных и высокочастотных радарных уровнемеров.

В высокочастотных приборах антенна имеет меньшие размеры и при равных размерах с антенного низкочастотного прибора обеспечивает более узкую диаграмму направленности. Это позволяет использовать для установки уровнемера отверстия в резервуаре гораздо меньших размеров, что в некоторых случаях может иметь решающее значение. Сравните: рупорная антенна радарного уровнемера диапазона 26 ГГц диаметром 40 мм имеет диаграмму направленности приблизительно такой же ширины, что и антенна уровнемера диапазона 6 ГГц диаметром 150 мм. Более узкая диаграмма направленности очень важна для получения эхо-сигнала с наименьшим числом паразитных отражений от различных внутренних конструктивных элементов резервуара, таких как швы, дефлекторы, мешалки и т.д. Для высокочастотных уровнемеров ситуация осложняется тем, что из-за более короткой длины волны излучения паразитные эхо-сигналы будут формироваться от более мелких объектов, которые для низкочастотных уровнемеров будут просто незаметны.

По этой же причине высокочастотные уровнемеры более чувствительны к наличию разного рода неровностей на контролируемой поверхности, которые вызывают повышенное рассеивание зондирующего излучения и, как следствие, снижают уровень полезного эхо-сигнала. Вот почему низкочастотные уровнемеры лучше приспособлены для контроля уровня жидкостей с неспокойной поверхностью и сыпучих материалов.

Высокочастотные уровнемеры более чувствительны к наличию конденсата и отложениям материала на поверхности антенны, поскольку эти факторы вызывают более сильное ослабление именно высокочастотного сигнала. Кроме того, одинаковый уровень отложений или конденсата сильнее сказывается на эффективности работы антенн с меньшими размерами. В то же время, например, рупорная антенна диаметром 6 дюймов для диапазона 5,8 ГГц практически нечувствительна к конденсату и гораздо более устойчива к отложениям материала на ее поверхности.

Для контроля уровня при наличии высокого уровня пыли (цемент) или испарений (паровой котёл) низкочастотные уровнемеры имеют преимущество благодаря меньшему ослаблению сигнала, вызываемому указанными факторами.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Влияние пены на результат измерения определяется такими её параметрами, как плотность, диэлектрическая проницаемость и проводимость. Сухая пена достаточно легко проницаема для СВЧ - излучения. В то же время, мокрая пена, присутствующая, например, в бродильных чанах, представляет для него труднопреодолимое препятствие. В общем же случае низкочастотные уровнемеры показывают лучшие результаты работы при наличии пены на поверхности контролируемого вещества. Так, например, тонкий слой пены моющего средства на поверхности воды непреодолим для сигнала высокочастотного уровнемера, в то время как уровнемер диапазона 5,8 ГГц позволяет производить измерения при толщине слоя пены до 150 мм и даже выше. Здесь следует иметь в виду, что толстый слой пены способен вносить небольшую дополнительную погрешность в результат измерения из-за различия скорости распространения СВЧ - сигнала в воздушной среде и пене.

Для высокочастотных уровнемеров характерны гораздо меньшие размеры зоны нечувствительности по сравнению с низкочастотными, поэтому они имеют дополнительное преимущество при использовании в резервуарах и успокоительных трубах небольшого размера.

Между радарными уровнемерами импульсного типа и уровнемерами, использующими технологию FMCW, не существует принципиального различия по достигаемой точности измерения.

Приборы, используемые для контроля уровня в технологических установках, обладают точностью порядка нескольких миллиметров. Реально же достигаемая точность измерения определяется и такими факторами, как конкретные условия применения, тип и конструктивное исполнение антенны, качество электронных компонентов, возможности программного обеспечения обработки эхо-сигнала.

Существует особый класс радарных уровнемеров, предназначенных для использования в системах коммерческого учета нефтепродуктов. Для этих приборов гарантированная точность измерения должна быть не хуже +1 мм. Для ее обеспечения предпринимается ряд специальных мер. В частности, используются антенны параболического или планарного типа для получения максимально узкой диаграммы направленности излучения, а в алгоритм обработки эхо-сигнала дополнительно вводится оценка фазы сигнала. Кроме того, несмотря на очень малую зависимость от температуры и давления, в результат измерения также вводится поправка на изменение значения этих параметров в контролируемом резервуаре.

Благодаря своим уникальным возможностям радарные уровнемеры, использующие микроволновый бесконтактный метод измерения, способны обеспечить достоверной информацией о контролируемом параметре в самых разнообразных условиях применения. Безусловно, некоторым сдерживающим фактором является относительно высокая стоимость оборудования. Однако следует иметь в виду, что при его использовании доля эксплуатационных расходов в общей структуре затрат существенно ниже по сравнению с традиционными средствами измерения. Кроме того, наблюдающийся значительный прогресс в этой области техники в сочетании с жесткой конкуренцией между производителями неизбежно ведет к постоянному снижению цен. Поэтому будущее радарных уровнемеров видится вполне оптимистичным.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

## 2.11 Выбор наиболее рационального метода измерения и приборов

Так как пульпа имеет высоко абразивные свойства и вкрапления твердых частиц, необходимо применять бесконтактный метод измерения уровня.

Химические и физические свойства среды не влияют на результат измерения, полученный микроволновым бесконтактным методом (радарный), поэтому без проблем может измеряться уровень агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ.

Этот метод, с одной стороны, обеспечивает минимальный контакт измерительного устройства с контролируемой средой, а с другой стороны — практически полностью нечувствителен к изменению её температуры и давления.

Безусловно, главным минусом является относительно высокая стоимость оборудования. Однако следует иметь в виду, что при его использовании доля эксплуатационных расходов в общей структуре затрат существенно ниже по сравнению с традиционными средствами измерения.

В настоящее время в радарных системах контроля уровня применяются преимущественно две технологии: с непрерывным частотно-модулированным излучением (FMCW — frequency modulated continuous wave) и импульсным излучением сигнала.

Идеальными для уровнемера FMCW являются условия, когда поверхность контролируемой среды имеет достаточно большую площадь, на ней отсутствуют какие-либо возмущения, а сам резервуар полностью свободен от каких-либо внутренних конструктивных элементов. По этим причинам технология FMCW не подходит по ряду характеристик:

- поверхность имеет маленькую площадь контролируемой среды;

- присутствуют разного рода возмущения;

- в резервуаре присутствуют подвижные конструктивные элементы;

Поэтому нам для измерения уровня подойдет технология импульсного излучения сигнала.

В радарных системах контроля уровня преимущественно используются антенны пяти типов:

- рупорная;

- стержневая;

- трубчатая;

- параболическая;

- планарная.

Рупорного и стержневого типа антенны наиболее широко используются в составе приборов, предназначенных для контроля уровня в технологических установках.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

По выше перечисленным условиям подходит уровнемер непрерывного измерения Siemens SITRANS LR 300 (рисунок 23).



Рисунок 23 – Уровнемер непрерывного измерения Siemens SITRANS LR 300

SITRANS LR 300 это импульсный радар для измерения уровня жидкостей и взвесей в рабочих резервуарах при экстремальных условиях и в случае опасности взрыва.

Диапазон измерения составляет от 0,4 м до 20 м. Имеются SITRANS LR 300 как для использования в стандартных приложениях, так и для использования во взрывоопасных зонах. SITRANS LR 300 характеризуется компактной и прочной конструкцией с корпусом из алюминия с эпоксидным покрытием или нержавеющей стали. Благодаря низкой частоте и высокой скорости передачи сигнала температура и атмосферные условия практически не влияют на измерение. Оно остается надежным даже в агрессивных химикалия и при паре, пыли, отложениях или тряске. Стержневая антенна из PTFE является химически стойкой и нечувствительной к отложениям вещества. SITRANS LR 300 может осуществлять коммуникацию по следующим протоколам: Modbus®, Hart® или PROFIBUS-PA как опция.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

При использовании опции антенны с фланцем или резьбой SI-TRANS LR 300 очень просто монтируется, для этого прибор устанавливается на стояк, прикручивается или вкручивается и подключается к питанию. Ввод в эксплуатацию и калибровка не требует наполнения или опустошения резервуара.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

Преимущества

- автоматическое подавление паразитного отражения

- инфракрасный, искробезопасный ручной программатор или

дистанционное программирование

- 5,8 ГГц

- встроенная функция диагностики

- имеются различные фланцевые, рупорные и трубные опции

антенн

- очень хорошее соотношение сигнал-шум.

Рабочие условия:

Условия монтажа:

- место монтажа: внутри/снаружи

Внешние условия (корпус):

- внешняя температура -40 до +60 °C;

- категория монтажа II;

- степень загрязнения 4.

Для данного уровнемера подойдет программируемый контроллер SIMATIC S7-300.

SIMATIC S7-300 – универсальный модульный программируемый контроллер, для решения задач автоматического управления относительно низкой и средней степени сложности. Основные особенности контроллера:

- модульная конструкция, монтаж модулей на профильной шине (рельсе);

- естественное охлаждение;

- применение локального и распределённого ввода -вывода;

- возможности коммуникаций по сетям MPI, Profibus Industrial Ethernet/PROFInet, AS-i, BACnet, MODBUS TCP;

- поддержка на уровне операционной системы функций, обеспечивающих работу в реальном времени;

- поддержка на уровне операционной системы аппаратных прерываний;

- поддержка на уровне операционной системы обработки аппаратных и программных ошибок;

- свободное наращивание возможностей при модернизации системы;

- возможность использования распределённых структур ввода-вывода и простое включение в различные типы промышленных сетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Siemens SIMATIC S7-200 программируемые контроллеры [Электронный ресурс]: Сайт производителя Siemens. – Режим доступа: <http://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/ia/fapa/plc/pages/simatic-s7-200.aspx> .

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

КП-220700.62.01-2016

1. SITRANS LR300 технические характеристики [Электронный ресурс]: Сайт производителя Siemens. – Режим доступа: <https://www.automation.siemens.com/w1/efiles/feldg/files/retired_product_info/brochures/sitranslr300_brochure_en.pdf> .
2. Баранов, В.Ф. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: справочник / Баранов В.Ф. [и др.]. – Москва: Недра, 1988. – 374 с.
3. Козин, В.З. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках: учеб. пособие для вузов / В.З. Козин, А.Е. Троп, А.Я. Комаров. – Москва: Недра, 1980. – 336 с.
4. Сажин, С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров: учебник / С.Г. Сажин. – Москва: Лань, 2014. – 368 с.