

# Сбор, обработка и представление первичной технологической информации

Инструментально-программный  
методический комплекс

## ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ

# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

Для измерения уровня жидкости наиболее распространены уровнемеры :

- **поплавковые,**
- **гидростатические,**
- **электрические,**
- **ультразвуковые,**
- **акустические**

Технические средства, применяемые для измерения уровня, называются уровнемерами. Приборы, предназначенные для сигнализации предельного уровня, называются сигнализаторами уровня.

В ряде металлургических производств аппаратура работает в условиях высоких температур и давлений, а контролируемые среды обладают коррозионной активностью, токсичностью, большой вязкостью, что усложняет измерение уровня

# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

## ПОПЛАВКОВЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

В поплавковом уровнемере перемещение поплавка на поверхности жидкости передается на показывающее устройство или преобразователь для преобразования перемещения или силы в выходной сигнал.

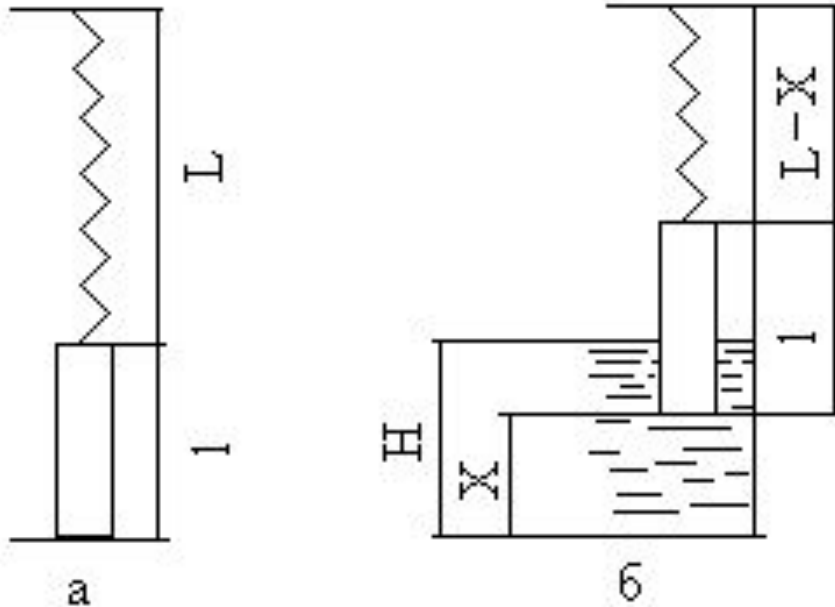
- В первом случае противодействующая силе Архимеда  $F$  сила создается силой тяжести поплавка  $G$ , т. е.  $F = G = \text{const}$ .  
Соответственно уровень погружения поплавка  $x = G/(S\rho g) = \text{const}$ , и поплавок повторяет изменение уровня жидкости
- Во втором случае противодействующая сила создается пружиной и изменяется при перемещении поплавка. При этом поплавок имеет форму длинного цилиндра (буйка) переменного погружения.

# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

## БУЙКОВЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

Для положения, показанного на рисунке ( а), условие равновесия поплавка (буйка) имеет вид:

$$Sl\rho_n g = LZ$$



где  $S$  — площадь поперечного сечения поплавка;

$\rho_n$  — плотность материала поплавка;

$g$  — ускорение свободного падения;

$Z$  — жесткость пружины.

Схема перемещения поплавка буйкового уровнемера:

а — без жидкости;

б — в присутствии жидкости

# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

## БУЙКОВЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

Для положения, показанного на рисунке (б), условие равновесия имеет вид:

$$S\rho g - (H - X)S\rho g = (L - X)Z \quad (7.2)$$

После вычитания из уравнения (7.1) уравнения (7.2) получим

$$(H - X)S\rho g = LZ - (L - X)Z$$

откуда

$$X = \frac{H}{1 + \frac{Z}{S\rho g}}$$

# БУЙКОВЫЙ УРОВНЕМЕР



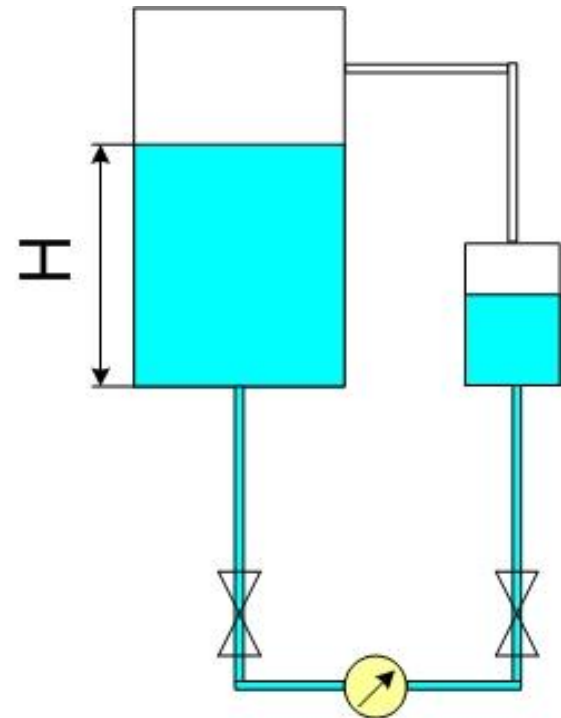
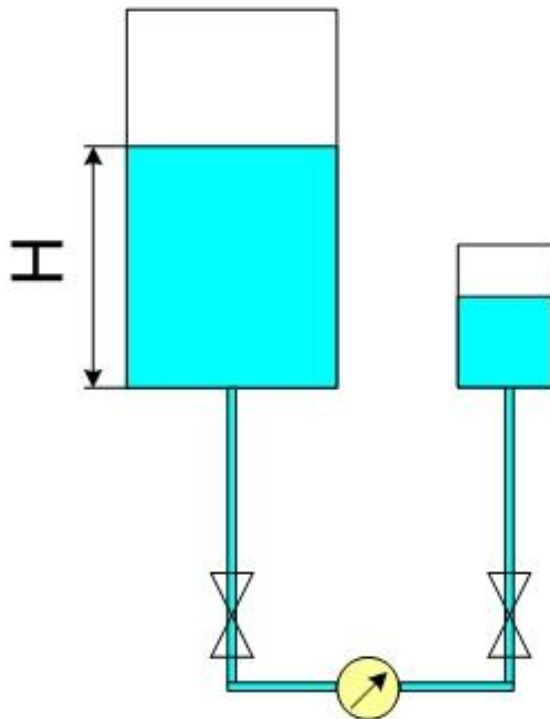
# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ И СЫПУЧИХ ТЕЛ

## ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

В этих приборах измерение уровня жидкости **постоянной плотности** сводится к измерению давления, создаваемого столбом жидкости, т. е.

$$p = H\rho g.$$

Существуют гидростатические уровнемеры с непрерывным продуванием воздуха или газа (пьезометрические уровнемеры) и с непос



# ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ МЕМБРАННЫЙ УРОВНЕМЕР





# ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ



# ПОПЛАВКОВЫЙ УРОВНЕМЕР С ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕМ



# ПОПЛАВКОВЫЙ УРОВНЕМЕР С ГЕРКОНОМ



# ДИФМАНОМЕТРИЧЕСКИЙ УРОВНЕМЕР



# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

В **электрических уровнемерах** положение уровня жидкости преобразуется в какой-либо электрический сигнал. Из электрических уровнемеров наиболее распространены емкостные и омические. В емкостных уровнемерах используются диэлектрические свойства контролируемых сред, в омических — свойство контролируемой среды проводить электрический ток.

**Емкостный уровнемер.** Преобразователь емкостного уровнемера является электрическим конденсатором, емкость которого зависит от уровня жидкости. Преобразователи емкостных уровнемеров выполняют цилиндрического и пластинчатого типов, а также в виде жесткого стержня.

Цилиндрический емкостной преобразователь выполнен из двух или нескольких концентрично расположенных труб, а пластинчатый — из двух или нескольких параллельных пластин, между которыми находится слой жидкости высотой  $h$ .

# ЭЛЕКТРОДНЫЙ УРОВНЕМЕР



# ЕМКОСТНОЙ УРОВНЕМЕР

**Емкость** преобразователя равна сумме емкостей двух участков — погруженного в жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_{\text{ж}}$  и находящегося в среде с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_{\text{ср}}$  (для воздуха  $\varepsilon_{\text{ср}} = 1$ ).

При измерении высоты уровня агрессивных, но неэлектропроводных жидкостей обкладки преобразователя выполняют из химически стойких сплавов или покрывают тонкой антикоррозионной пленкой (винипластом или фторопластом), диэлектрические свойства которой учитывают при расчете. Покрытие обкладок тонкими пленками, обладающими высокими изолирующими свойствами, применяют также при измерении уровня электропроводной жидкости.

Электрическую емкость измеряют обычно с применением резонансных и мостовых схем. При резонансном методе конденсатор с контролируемой емкостью, включенный параллельно с катушкой индуктивности, образует резонансный контур, настроенный в резонанс с частотой питающего напряжения при определенной начальной емкости преобразователя, которая соответствует наличию или отсутствию контролируемого вещества на заданном уровне. Изменение емкости преобразователя приводит к изменению собственной частоты контура и срыву резонанса. Этот метод используют в большей части емкостных **сигнализаторов уровня**.

# ЕМКОСТНОЙ УРОВНЕМЕР





# ОМИЧЕСКИЙ УРОВНЕМЕР

**Омические уровнемеры** используют главным образом для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня электропроводных жидкостей (кислот, щелочей). Принцип действия омических сигнализаторов основан на замыкании электрической цепи источника питания через контролируемую среду, представляющую собой участок электрической цепи с определенным омическим сопротивлением. Практически омические сигнализаторы уровня можно применять для сред с проводимостью от  $2 \cdot 10^{-3}$  Ом/см и более.

Прибор представляет собой электромагнитное реле, включаемое в цепь между электродом и контролируемым материалом.

В качестве электродов применяют металлические стержни или трубы и угольные электроды (агрессивные жидкости).

Основной недостаток всех электродных приборов — невозможность их применения в средах вязких, кристаллизующихся, образующих твердые осадки и налипающих на электроды преобразователей.

# ОМИЧЕСКИЙ УРОВНЕМЕР



# РАДИОИЗОТОПНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

Положение уровня жидкостей или сыпучих материалов в закрытых емкостях можно контролировать с использованием проникающего  $\gamma$ -излучения. Измерение уровня основано на поглощении  $\gamma$ -лучей при прохождении их через слой вещества. Интенсивность  $\gamma$ -излучения при поглощении его веществом выражается экспоненциальной зависимостью:

$$J_x = J_0 \exp(-\mu x),$$

(7.5)

где  $J_x$  — интенсивность  $\gamma$ -лучей после прохождения слоя вещества толщиной  $x$ ;  $J_0$  — начальная интенсивность  $\gamma$ -излучения;  $\mu$  — коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения, зависящий от природы и толщины слоя вещества.

Для плотителя сложного химического состава коэффициент ослабления

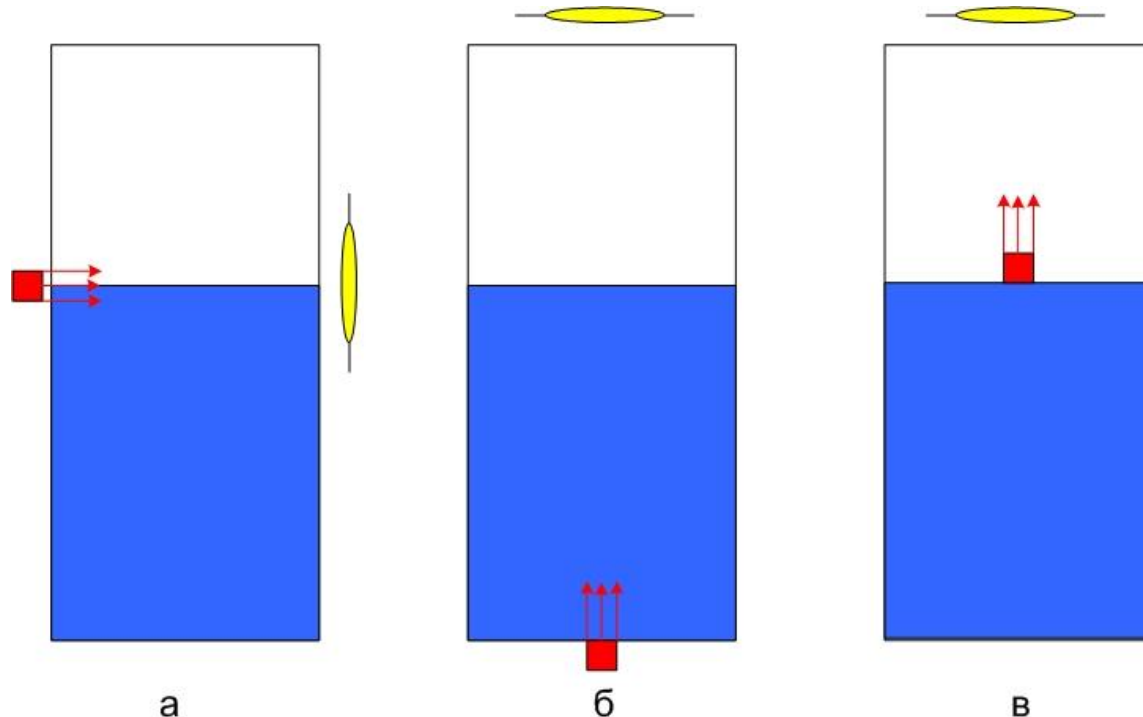
$$\mu = \frac{q_1 \mu_1}{\rho_1} + \frac{q_2 \mu_2}{\rho_2} + \dots,$$

(7.6)

где  $q_1, q_2$  — массовые доли составных частей вещества;  $\rho_1, \rho_2$  — плотности составных частей вещества.

## РАДИОИЗОТОПНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

Возможны три принципиальные схемы радиоактивных уровнемеров. Схемы *а* и *б* применяют в случаях, когда излучатель нельзя поместить в сосуде. Схему, показанную на рис. *а* можно применять в качестве сигнализатора максимального или минимального уровня (при неподвижных излучателе *1* и приемнике излучения *2*) или для непрерывного измерения уровня (уровнемеры со следящей системой).



При небольшой высоте столба жидкости (для легких жидкостей до 1 м) можно применять схему, показанную на рис. *б*. Схему, приведенную на рис. *в*, целесообразно применять в случаях, когда в сосуд можно поместить поплавки.

# РАДИОИЗОТОПНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ



# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

**Ультразвуковые** и **акустические** уровнемеры позволяют измерять уровень при отсутствии контакта с контролируемой средой и в труднодоступных местах. В этих уровнемерах используется принцип отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела двух сред с различными акустическими сопротивлениями. В ультразвуковых уровнемерах используется принцип отражения ультразвуковых колебаний со стороны жидкости, а в акустических — со стороны газовой среды.

К неконтактным измерителям относятся устройства, принцип действия которых основан на лоцировании поверхности жидкости акустическими или электромагнитными волнами (соответственно сонары и радары).

***К достоинствам подобных измерителей следует отнести отсутствие подвижных деталей и контакта датчика с жидкостью, простоту установки и обслуживания датчика на резервуаре, продолжительный срок службы.***

# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

Сонары TS\_01 и TS\_02, выпускаемые фирмой **Valcom®**, являются неконтактными акустическими измерителями дистанции. Действие приборов основано на излучении импульсного акустического сигнала в направлении к поверхности жидкости, приеме отраженного от поверхности сигнала и определении расстояния до поверхности через измерение времени распространения сигнала до поверхности и обратно.

На работу измерителя могут оказывать влияние дополнительные отражатели акустического сигнала, например элементы конструкции емкости, в которой происходит измерение. Устранение негативного влияния этих отражений в измерителях производится путем пространственной локализации акустического луча.

В описываемых измерителях реализовано два метода

# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

- использование антенны с острой диаграммой направленности (TS\_01). Ширина диаграммы направленности измерителя TS\_01 составляет  $12^\circ$  при диаметре антенны 40 мм. Его рабочая частота лежит в ультразвуковом диапазоне частот (60\_80 кГц);
- создание специального «канала» для распространения звукового сигнала (TS\_02). В измерителях типа TS\_02 канал распространения звука выполнен в виде обычной трубы диаметром 25\_50 мм, проходящей через весь резервуар, а для создания наилучших условий распространения звука в трубе рабочая частота измерителя этого типа составляет 1\_3 кГц.

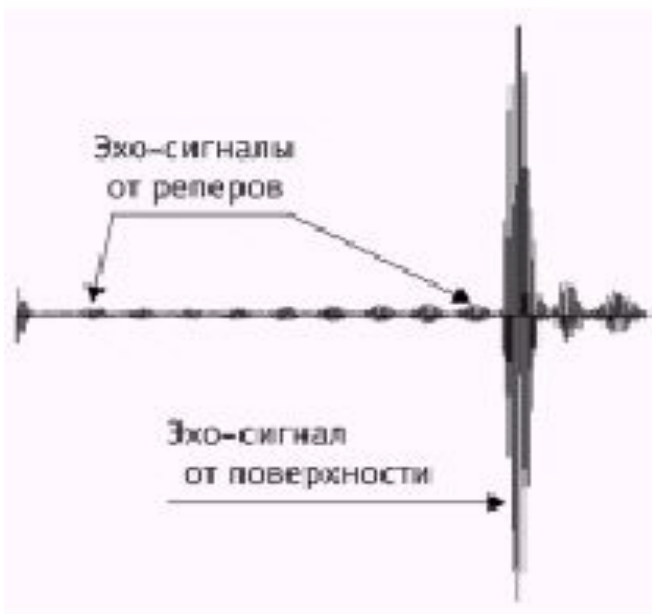
Реперные отражатели располагаются на пути следования акустического луча. У датчиков TS\_01 они крепятся на специальном тросе или кронштейнах и представляют собой плоские отражатели. У датчиков TS\_02 реперные отражатели выполнены в трубе.



# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ УРОВНЕМЕРЫ

Алгоритм работы измерителя дистанции не зависит от модификации основан на излучении импульсного акустического сигнала и приеме отраженных импульсов. Антенна периодически излучает в направлении поверхности короткий акустический сигнал.

Принятый сигнал – это совокупность импульсов, отраженных от поверхности и от реперных отражателей.

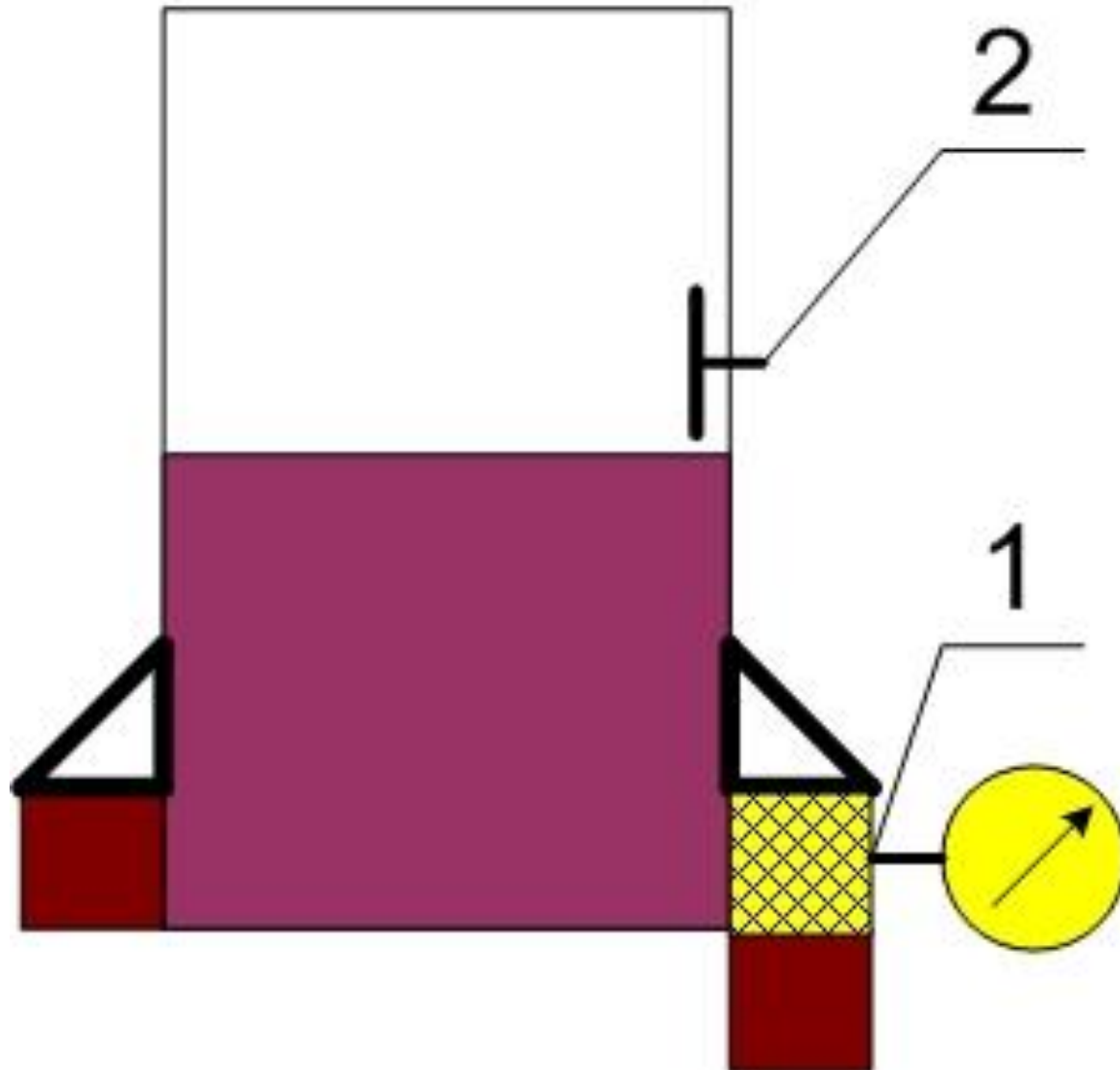


|                           |   |
|---------------------------|---|
| Измеряемая дистанция      | 0,5-20 м  |
| Точность                  | не хуже $\pm 2$ мм  |
| Выходной сигнал           | интерфейсный (TS-01), 4 -20 мА (TS-02)                    |
| Степень взрывозащиты      | 0Ex ia IIC T6   |
| Защищенность корпуса      | IP68  |
| Электропитание            | 24 В  |
| Рабочая температура       | -40... +85°C (для датчика), -150... +180°C (для продукта) |
| Электрическое подключение | 2 провода (TS-02), 3 провода (TS-01)                      |
| Материал корпуса          | нержавеющая сталь 316L                                    |
| Вес                       | 0,8 кг  |

# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ УРОВНЕМЕРЫ



# УРОВНЕМЕРЫ ДЛЯ СЫПУЧИХ ТЕЛ



# РАДАРНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ



## РАДАРНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

В основу работы положен принцип бесконтактного радиолокационного измерения расстояния до уровня раздела сред при помощи линейного частотно-модулированного непрерывного излучения (FMCW). Излученная антенной радиоволна отражается от поверхности продукта и через определенное время, зависящее от скорости распространения и расстояния до поверхности продукта, вновь попадает в антенну. Обработывается излученный и принятый сигнал, и по разности частот определяется расстояние до уровня раздела сред.

В уровнемере применена частота 10 ГГц, способствующая уменьшению чувствительности к помехам. Луч радара постоянно остается узким, что уменьшает погрешности от препятствий внутри резервуара

# РАДАРНЫЕ УРОВНЕМЕРЫ

