



Виктор Жданкин

Сигнализаторы изменения уровня

Данная публикация открывает цикл обзорных статей, посвящённых средствам контроля уровня, и знакомит читателей с сигнализаторами изменения уровня контролируемой среды на примере изделий фирмы Pepperl+Fuchs GmbH. В статьях рассматриваются основные свойства измерительных средств и некоторые особенности их применения, что должно помочь специалистам сделать правильный выбор датчиков уровня для различных сред.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время операция измерения уровня является ключевой для организации контроля и управления технологическими процессами в химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем производствах, в пищевой промышленности, промышленности строительных материалов, в системах экологического мониторинга и во многих других отраслях. 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 проводи-

мость, 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 [1].

В качестве примеров в статьях будут использоваться изделия фирмы Pepperl+Fuchs, которая предлагает широкую гамму средств контроля и измерения уровня: от простых поплавковых концевых выключателей (сигнализаторов предельных значений) до бесконтактных приборов непрерывного определения уровня на основе различных физических принципов. Фирма производит целый ряд так называемых интеллектуальных датчиков, являющихся многофункциональными программируемыми измерительными средствами, имеющими связи со стандартными промышленными коммуникационными сетями.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СИГНАЛИЗАТОРОВ УРОВНЯ

Концевые выключатели предельного уровня формируют электрический сигнал в тех случаях, когда уровень контролируемого материала достигает, поднимается выше или опускается ниже определённого уровня, заданного

относительно высоты установки датчика. Примерами могут служить: защита от переполнения, защита оборудования от режима «сухого хода», проверка минимального и максимального уровня заполнения резервуаров. Для определения предельного уровня предлагаются следующие средства контроля: поплавковые выключатели, концевые выключатели с вибрирующим чувствительным элементом, кондуктометрические выключатели, ёмкостные зонды, погружные магнитные зонды, выключатели на основе гидростатического давления жидкости. В таблице 1 представлены основные типы средств определения предельного уровня и области их применения [2].

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

Таблица 1. Основные типы средств определения предельного уровня и соответствующие им виды контролируемых сред

Средства контроля уровня	Определение предельного уровня	
	Жидкости	Сыпучие материалы
Поплавковые выключатели	Да	Нет
Вибрационные концевые выключатели	Да	Да
Кондуктометрические выключатели	Да	Нет
Ёмкостные выключатели	Да	Да
Магнитные погружные зонды	Да	Нет
Гидростатические концевые выключатели	Да	Нет

любом направлении, как это представлено на рис. 1. 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°C).

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

Современные поплавковые датчики используют три разновидности не со-



Рис. 1. Принцип действия поплавкового выключателя

держащих ртути коммутационных устройств.

1. Шаровой микровыключатель с определением положения на основе индуктивного метода (рис. 2 а):

- пригоден для применения во взрывоопасных зонах класса 1;
- номинальное напряжение 8 В (NAMUR, в соответствии с EN 60947-5-6);
- подключается через барьер безопасности с гальванической изоляцией (например KFD2-SR...);
- угол срабатывания $\pm 12^{\circ}$ относительно горизонтальной плоскости.

2. Шаровой концевой микровыключатель (рис. 2 б):

- тип выхода — коммутируемые каналы;
- непосредственно подключается ко входу измерительного преобразователя, не требует дополнительных средств сопряжения;
- коммутируемое напряжение 250 В переменного/постоянного тока, коммутируемый ток до 3 А (1 А);
- угол срабатывания $+18 \pm 6^{\circ}$ (верхняя точка), $+5 \pm 3^{\circ}$ (нижняя точка) от-

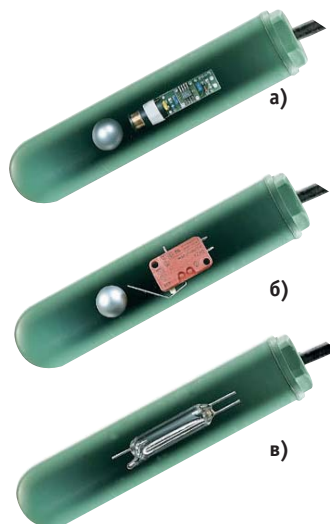


Рис. 2. Не содержащие ртути коммутационные устройства поплавковых выключателей

носителю горизонтальной плоскости.

3. Микровыключатель, использующий жидкий металлический сплав Galinstan (рис. 2 в):

- коммутируемое напряжение 250 В переменного тока (150 В постоянного тока), коммутируемый ток до 4 А;
- тип выхода — коммутируемые контакты;
- подключается непосредственно ко входу измерительного преобразователя, не требует дополнительных средств сопряжения;
- угол срабатывания: $\pm 5^{\circ}$ относительно горизонтальной плоскости.

В качестве поплавков применяют преимущественно полые шаровидные или сферо-цилиндрические тела, выполненные из полипропилена, устойчивого к воздействию неконцентрированных кислот и щелочей, большинства растворителей, спирта, бензина, воды, консистентных смазок и масел. Датчики имеют выход типа NAMUR или 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 горючесмазочным материалам, нагретым маслам и жидкостям, содержащим масла; из хлоросульфированного полиэтилена (CSM, Nuralon), 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, больше или равной G1A, или посредством дополнительной массы или стержней, зафиксированных в верхней части резервуара. Изгиб кабеля допускается только в горизонтальной плоскости. Минимальная длина кабеля между точкой закреп-

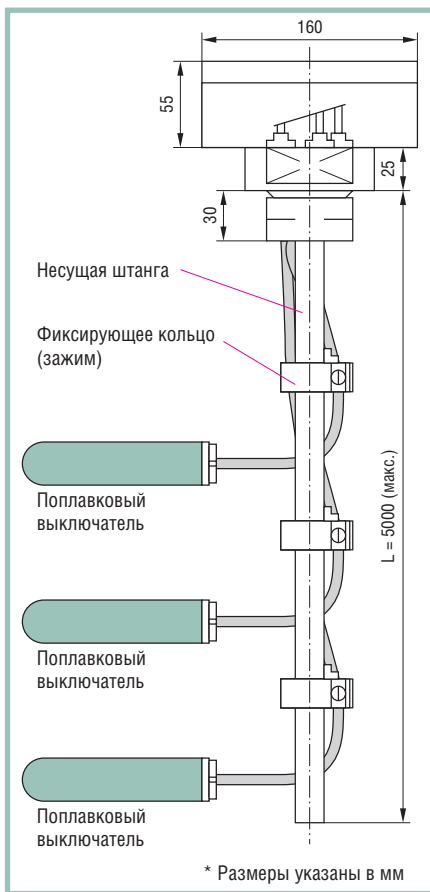


Рис. 3. Регулируемое комбинированное устройство с поплавковыми выключателями предельного уровня

ления 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 (рис. 3).

Поплавковые выключатели с интерфейсом NAMUR имеют согласно директиве ATEX 95 маркировку взрывозащиты II 2G EExia IIB T5 ($T_{max}=70^{\circ}C$) и могут устанавливаться во взрывоопасных зонах класса 1. Ограничивающим фактором для их установки в зонах класса 0 является площадь поверхности поплавка (более 20 см²), способной накапливать избыточный электростатический заряд.

На рис. 4 показаны некоторые способы применения поплавковых выключателей.

Общие технические данные поплавковых выключателей

Точность: зависит от угла срабатывания ($5...25^{\circ}$) и длины кабеля.

Температура контролируемой среды: до 120°C.

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 вязких жидкостей;
- проблемы с плещущимися жидкостями;
- плавучесть зависит от размеров поплавка;
- точка срабатывания зависит от изменений (колебаний) плотности вещества.

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 [1]. При этом функционирование данных устройств не зависит от флуктуаций 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

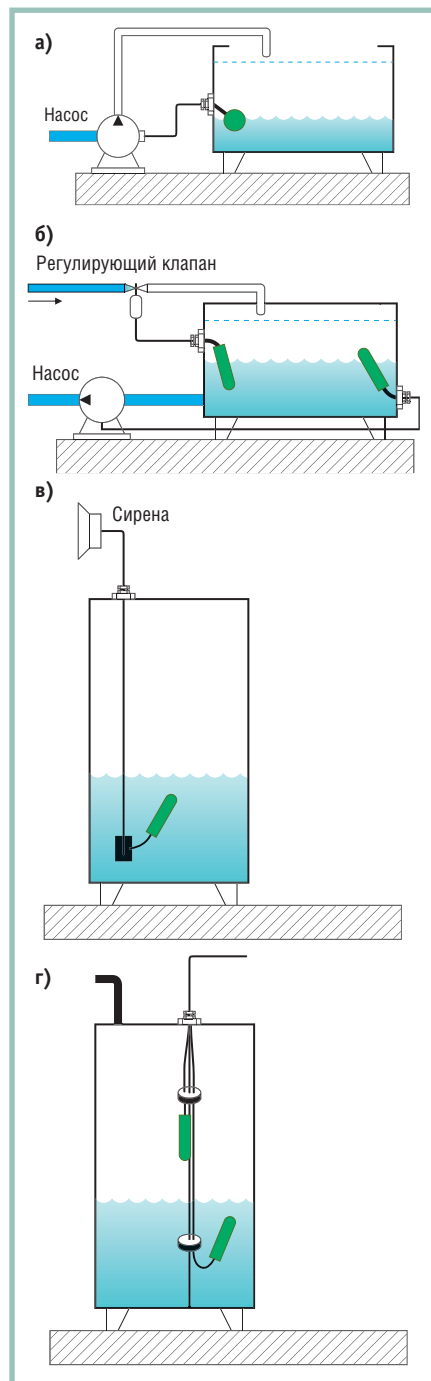


Рис. 4. Некоторые способы применения поплавковых выключателей:

- а) управление уровнем жидкости;
- б) управление уровнем жидкости в диапазоне установленных предельных значений;
- в) аварийная сигнализация;
- г) контроль уровня жидкости с помощью двух поплавковых выключателей

конструктивных исполнениях, с различными техническими характеристиками.

Общие технические данные вибрационных концевых выключателей

Точность: до 10 мм.

Температура контролируемой среды: до 150°C.

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 ρ);
- + 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.

Вибрационные концевые выключатели Vibracon Mini LVL-A1

Вибрационные концевые выключатели Vibracon Mini LVL-A1 применяются для определения уровня жидкостей там, где ранее использовались поплавковые выключатели, кондуктометрические, ёмкостные и оптические датчики, но оказались малопригодными из-за электропроводности или налипания измеряемого вещества, проявления турбулентности в жидкости, образования всплесков или воздушных пузырьков. Вибрационные выключатели применяются в очистных и фильтрующих системах, резервуарах со смазочными материалами и теплоносителями с низкой температурой, трубопроводах, а также могут быть использованы для защиты насосов. Но главной областью их применения остаются резервуары, содержащие жидкости.

Vibracon Mini LVL-A1 может быть установлен в любом положении в резервуаре или трубопроводе диаметром до 40 мм, так как длина самого датчика составляет всего 148,5 мм (рис. 5). Образование пены не ухудшает его функционирование.

Эти датчики применимы для любых жидкостей, которые после извлечения колебательной вилки из контролируемой среды стекают с неё и не препятствуют свободной вибрации. В жидкости допускается содержание частиц с размерами меньше 5 мм.

При установке в замкнутых объёмах или при контакте с вязкими жидкостями колебательная вилка может полностью не освободиться от контролируемого вещества, что приводит к ложному срабатыванию датчика (рис. 6).

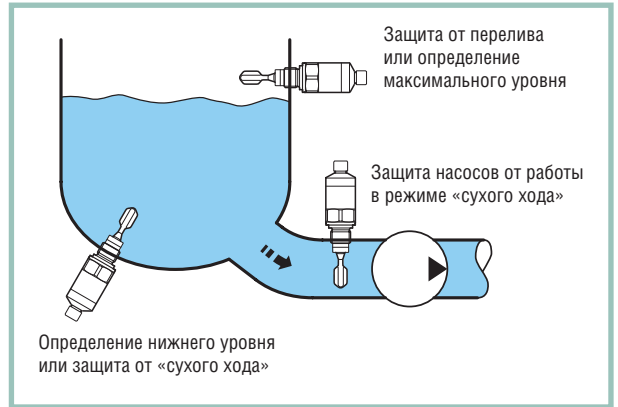


Рис. 5. Применения вибрационного концевых выключателя Vibracon Mini LVL-A1

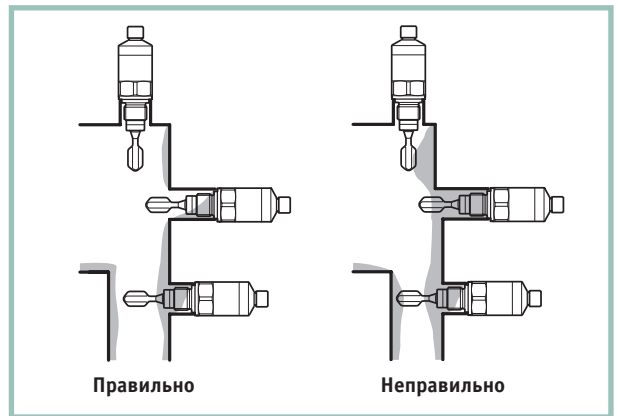


Рис. 6. Монтаж датчиков Vibracon Mini LVL-A1 с учётом свойств контролируемой среды



Общий вид датчика серии Vibracon Mini LVL-A1

LVL1-A1 может быть включен в двух рабочих режимах. Вне зависимости от выбранного режима работы датчик безопасно выключится даже в случае аварии (например при обрыве линии сети электропитания).



Режим MAX — безаварийный режим при определении максимального уровня: LVL-A1 сохраняет электронный ключ в замкнутом состоянии, пока уровень жидкости находится ниже уровня колебательной вилки (светится только зелёный светодиодный индикатор); применение — защита от переполнения.



Режим MIN — безаварийный режим при определении минимального уровня: LVL-A1 сохраняет электронный ключ в замкнутом состоянии, пока колебательная вилка погружена в жидкость (светится только зелёный светодиодный индикатор); применение — защита насосов от «сухого» режима работы.

Электронный ключ разомкнётся, если уровень жидкости достигнет предела, или если случится авария, или если возникнет перебой в электропитании. Основные характеристики и параметры датчиков серии Vibracon Mini приведены в табл. 2.

Для проверки работоспособности вибрационного концевых выключателя Vibracon Mini LVL-A1 применяется тестовый магнит. При приближении магнита к контрольной точке датчика текущее состояние его выходного каскада изменяется на противоположное. У моделей для AS-интерфейса изменяется состояние бита D0.

Вибрационные концевые выключатели Vibracon LVL1-A2

Вибрационные выключатели серии LVL-A2 (табл. 3) также предназначены для определения уровня жидкостей. Выпускаются модели в компактном и удлиненном исполнениях (рис. 7 а, б). Компактная модель имеет длину корпуса 110 мм и длину колебательной вилки 127 мм; удлиненные модели могут иметь удлинительную трубку длиной 220...3000 мм.

Для жёстких условий эксплуатации предлагается модель с корпусом из нержавеющей стали (рис. 7 в). Для применений в пищевой промышленности имеется модель с полированной колебательной вилкой. Для определения уровня агрессивных жидкостей выпускаются датчики (рис. 7 г), колебательные вилки которых покрыты термопластичным фторопластом (Halar). Необходимо отметить следующее обстоятельство: модели с вилками, покрытыми термопластичным фторопластом, имеют исполнение только с крепёжными фланцами (нерезьбовое со-

единение), так как в процессе резьбового соединения со стенками резервуара покрытие может нарушиться и защитные свойства утратятся.

Вибрационные выключатели серии LVL-N имеют выход NAMUR, маркировку взрывозащиты EEx ia IIC T6/T5/T4/T3 и могут уста-

Таблица 2. Технические характеристики датчиков серии Vibracon Mini

Модель для коммутации цепей напряжения переменного тока	
Напряжение питания переменного тока, В	19...253 (50/60 Гц)
Максимальный ток нагрузки, мА	250 (автоматическая проверка нагрузки при подключении)
Потребляемый ток, мА	3,8 (макс.)
Соединитель	Вентильный штекер
Модель для коммутации цепей напряжения постоянного тока	
Напряжение питания постоянного тока, В	10...35
Максимальный ток нагрузки, мА	250 (защита от перегрузки)
Потребляемый ток, мА	15 (макс.)
Соединитель	Вентильный штекер или M12x1
Модель для AS-интерфейса	
Напряжение питания постоянного тока, В	26,5...31,9
Максимальный ток нагрузки, мА	В соответствии с EN 5029 или IEC 62026-2
Потребляемый ток, мА	25 (макс.)
Соединитель	M12x1
Допустимые условия эксплуатации	
Температура окружающей среды	-40...+70°C
Температура жидкости	-40...+80°C; -40...+100°C при температуре окружающего воздуха до +50°C
Рабочее давление (p)	-1...+40 бар
Плотность жидкости (ρ)	Мин. 0,7 г/см ³
Вязкость жидкости (ν)	Макс. 10000 мм ² /с (10000 сСт)
Степень защиты	IP68; IP65 с вентильным штекером; IP65/67 с соединителем M12x1
Общие параметры выхода	
Время включения	Около 0,5 с при погруженной в жидкость колебательной вилке Около 1 с при оголенной колебательной вилке
Гистерезис	Около 2 мм при вертикальном монтаже

Таблица 3. Основные технические характеристики Vibracon LVL-A2

Напряжение питания постоянного тока, В	18...30
Ток нагрузки, мА	До 40
Схема подключения	4-проводная
Тип выходного каскада	PNP, защита от перегрузки по току и короткого замыкания
Время срабатывания	Около 0,5 с при погруженной в жидкость колебательной вилке Около 0,5 с при оголенной вилке
Температура окружающей среды	-20...+70°C
Температура измеряемой жидкости	-40...+150°C
Рабочее давление	До 40 бар
Плотность жидкости	Мин. 0,6 г/см ³
Вязкость жидкости	Макс. 10000 мм ² /с
Степень защиты	IP67
Индикаторы	Зелёный светодиод для цепей питания Жёлтый светодиод для определения состояния выхода

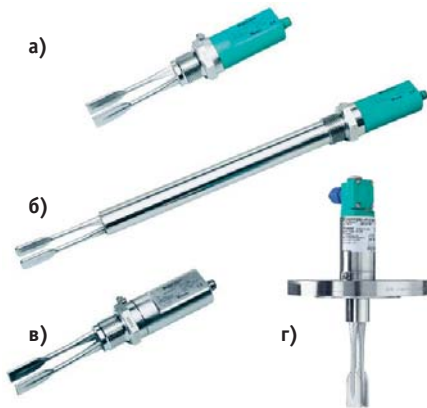


Рис. 7. Вибрационные концевые выключатели с колебательной вилкой серии LVL1-A2:

- а) модель в компактном исполнении;
 б) в удлиненном исполнении;
 в) модель с корпусом из нержавеющей стали;
 г) модель с монтажными фланцами

наливаться во взрывоопасных зонах. Их основные технические характеристики подобны характеристикам устройств серии LVL-A2.

Выключатели серии LVL-Exd имеют маркировку взрывозащиты EEx d IIC T5/T6 и могут быть использованы для определения уровня как жидкостей, так и сыпучих материалов. Эти выключатели оснащены устройством индикации изменения реальной консистенции вещества по сравнению с ожидаемой, устанавливаемой переключателем (жидкость/сыпучий материал). Изменения консистенции вещества определяются независимо от измерения уровня. Подобная индикация может сигнализировать об изменении вещества, о коррозии или о налипании продукта на вилку датчика.

Вибрационные концевые выключатели Vibracon LVL-E5

Вибрационные выключатели LVL-E5 используются для определения уровня как жидкостей, так и сыпучих материалов; предлагаются изделия в компактном и удлиненном исполнениях (длина трубки 220...3000 мм). Встроенные средства самодиагностики обеспечивают проверку датчика от колебательной вилки до схемы обработки; коммутационный выход настраивается как нормально открытый или нормально закрытый; имеется возможность выбора времени задержки включения (в зависимости от режима работы — 0,2/1/5 с). Функция отображения изменения консистенции материала (жидкость/сыпучий материал) у датчиков этой серии аналогична подобной



Использование датчика серии Vibracon в качестве сигнализатора предельного уровня жидкости

функции у изделий серии LVL-N и также может быть использована для сигнализации об изменении контролируемой среды, о коррозии или о налипании продукта на колебательную вилку.

Состояние датчика отображают четыре светодиода индикатора.

Вибрационные концевые выключатели Vibracon T/S

Вибрационные концевые выключатели серий LVL-T1 и LVL-S1 предназначены для определения предельных уровней жидкостей в небольших резервуарах и баках со смесителями. Корпуса изделий выполнены из нержавеющей стали, а кор-

пуса выключателей серии LVL-S1, кроме того, отполированы, что позволяет применять их в технологических процессах производства пищевых продуктов и фармацевтической промышленности. Датчики LVL-T1 имеют двухпроводной выход, способный коммутировать цепи с напряжениями 19...253 В переменного тока, и 3-проводной выход (PNP), способный коммутировать цепи с напряжениями 10...55 В постоянного тока.

Примеры установки выключателей данных серий показаны на рис. 8, а их внешний вид — на рис. 9.

Допустимые условия эксплуатации датчиков Vibracon T/S приведены в табл. 4.

Вибрационные концевые выключатели Vibracon M

Вибрационные концевые выключатели серии Vibracon M (рис. 10) предназначены для применения на предприятиях химической, фармацевтической, пищевой промышленности. Эти датчики во взрывозащищенном исполнении с видами взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» и «взрывонепроницаемая оболочка» можно устанавливать во взрывоопасных зонах.

Особенности конструктивного исполнения и защита от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел и воды позволяют эксплуатировать датчики серии Vibracon M в ус-

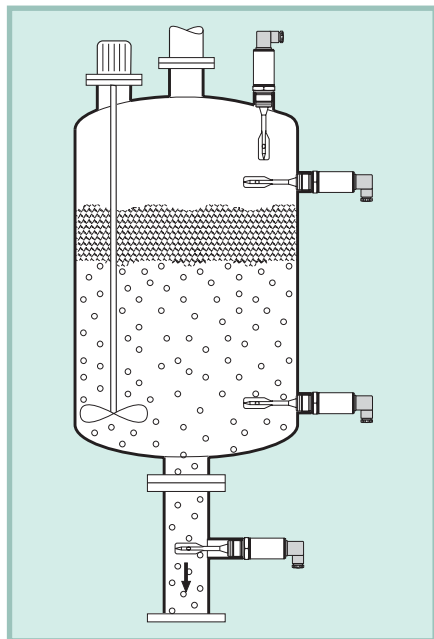


Рис. 8. Примеры установки вибрационных выключателей серий Vibracon T/S



Рис. 9. Внешний вид вибрационных выключателей Vibracon LVL-T1 и LVL-S1

ловиях повышенного и пониженного давления, в широком температурном диапазоне, подвергать их воздействию дезинфицирующих растворов и стерилизации. Данные датчики можно применять для сигнализирования о предельных значениях абразивных веществ, жидкостей с включениями твёрдых материалов, для работы в условиях турбулентности и налипания продукта.

Основными достоинствами вибрационных концевых выключателей серии Vibracon M являются:

- простой ввод в промышленную эксплуатацию;

Таблица 4. Допустимые условия эксплуатации вибрационных выключателей серии Vibracon T/S

Температура окружающей среды	-40...+70°C
Температура контролируемого вещества	-40...+150°C
Рабочее давление (р)	-1...+40 бар
Температура хранения	-40...+85°C
Степень защиты	IP65/IP67 с разъёмным соединителем, IP68 со встроенным кабелем (24 часа, глубина 1,5 м)
Плотность вещества (ρ)	Мин. 0,7 г/см ³
Вязкость вещества (ν)	Макс. 10000 мм ² /с
Электромагнитная совместимость	Невосприимчивы к электрическим полям с напряжённостью 10 В/м

- миллиметровая точность и постоянный уровень срабатывания;
- отсутствие необходимости технического обслуживания и повышенный ресурс;
- возможность различного исполнения корпусов (прочный алюминиевый корпус, пластиковый корпус, корпус из нержавеющей стали);
- различные типы выходных каскадов (PNP для коммутации цепей постоянного тока, двухпроводные для коммутации цепей переменного тока, реле переменного и постоянного тока, NAMUR);
- размер удлинительной трубки, к которой крепится колебательная вилка, от 40 мм до 3 м;
- допускаются разнообразные виды монтажа.

Основные технические особенности датчиков серии Vibracon M отражает табл. 5, а допустимые условия их эксплуатации приведены в табл. 6.

Метод определения предельного уровня на основе измерения проводимости (кондуктометрический метод)

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.

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



Рис. 10. Внешний вид концевых выключателей с колебательной вилкой серии Vibracon M

тей 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.

Кондуктометрические концевые выключатели с одностержневыми электродами HR-6001

Эта серия включает модели с электродом диаметром 4 или 6 мм. Длина электродов диаметром 6 мм достигает 1,5 м. Для изготовления электродов применяются различные материалы: нержавеющая сталь, Hastelloy B (NiMo28), Hastelloy C (NiMo16Cr16Ti), титан, тантал, а также покрытие из политетрафторэтилена; материал резьбовых соединителей: нержавеющая сталь, политетрафторэтилен (устойчив

Таблица 5. Основные технические особенности Vibracon M

	LVL-M1 Компактный корпус	LVL-M2 Удлиненная вилка до 3 м	LVL-M2C Удлиненная вилка с покрытием из фторопластового термопластика (ECTFE)	LVL-M1H/M2H Компактная/удлиненная форма для применений в пищевой промышленности
Сертификация	Сертифицированы для применения в системах предупреждения переливов (WHG, закон ФРГ об охране водных ресурсов) ATEX (EEx ia, EEx d) FM IS, XP CSA общее применение, IS, XP			EHEDG, 3A — экспертиза соответствия санитарно-гигиеническим нормам и требованиям
Типы входов	2-проводная линия для коммутации цепей переменного тока; 3-проводная линия для коммутации цепей постоянного тока (PNP); токовый выход 8/16 мА; NAMUR			
Способ крепежа	Резьба G 3/4" BSP, G1" BSP (DIN ISO 228/1), R3/4" BSPT (DIN 2999), 3/4" NPT (ANSI B 1.20.1), 1" NPT Фланцы по DIN, ANSI, JIS с DN 25/1"			Фланцы по DIN, ANSI, JIS с DN 25/1"

Таблица 6. Допустимые условия эксплуатации Vibracon M

Температура окружающей среды	-50...+70°C
Температура контролируемого вещества	-40...+150°C
Рабочее давление (p)	-1...+64 бар
Плотность вещества (ρ)	Мин. 0,5 г/см³
Вязкость вещества (ν)	Макс. 10000 мм²/с
Размер твёрдых частиц в жидкости	5 мм (макс.)
Степень защиты	IP66/IP67 (алюминиевый корпус) IP66/IP68 (алюминиевый корпус с маркировкой EEx d)
Скорость изменения температуры вещества	120°C/с
Электромагнитная совместимость	Невосприимчивы к электрическим полям с напряжённостью до 10 В/м

к воздействию многих химикатов), полипропилен (устойчив к воздействиям кислот, щелочей, смазок, масел и растворителей).

Принцип действия выключателя с одностержневыми электродами достаточно прост: реле электрода вырабатывает измерительное напряжение переменного тока; когда проводящая среда устанавливает контакт с электродом, измерительная цепь замыкает-



Внешний вид кондуктометрического концевого выключателя

ся и реле электрода формирует переключательный сигнал в соответствии с выбранным порогом чувствительности.

Основные технические характеристики датчиков серии HR-6001 приведены в табл. 7.

Кондуктометрические концевые выключатели с многостержневыми электродами HR-6051

Серия HR-6051 включает модели с числом электродов от 1 до 4. Основные технические характеристики этих датчиков аналогичны характеристикам изделий серии HR-6001.

Общие технические данные кондуктометрических выключателей

Точность: 4 мм.
Температура контролируемого вещества: до 150°C.
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 кон-

Таблица 7. Основные технические характеристики HR-6001

Допустимая температура контролируемого вещества при материале резьбовых соединителей: ● нержавеющая сталь ● полипропилен ● политетрафторэтилен	До 150°C До 90°C До 150°C
Допустимое рабочее давление при материале резьбовых соединителей: ● нержавеющая сталь ● полипропилен ● политетрафторэтилен	До 30 бар До 16 бар До 10 бар
Материал корпуса	Полибутентерефталат (PBT)
Электрические соединители	В соединительной коробке или зажим в штепсельной розетке электрода Соединительный штекер (макс. 1 мм ²) Соединительный штекер (макс. 2,5 мм ²)
Способ крепежа	Резьба G1/2A (нержавеющая сталь, PP, PTFE)

тролируемое 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 одностержневым 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.

Основные технические характеристики концевых выключателей на основе измерения электрического поля серии HR-6011 приведены в табл. 8.

Кроме описанного, поставляются устройства с двумя электродами, выполненными из различных материалов: нержавеющая сталь, Hastelloy B (NiMo28), Hastelloy C

Таблица 8. Основные технические характеристики HR-6011

Допустимая температура окружающей среды	-20...+70°C
Допустимая температура контролируемого вещества	-20...+70°C
Допустимое рабочее давление	До 30 бар
Материал корпуса	Полибутентерефталат (PBT)
Материал стержня электрода	Нержавеющая сталь с покрытием из политетрафторэтилена (PTFE)
Способ крепежа	Резьба G1/2A (нержавеющая сталь)
Степень защиты	IP65

(NiMo16Cr16Ti), тантал — и покрытыми политетрафторэтиленом, а также датчики с выходом NAMUR и во взрывозащищённом исполнении (могут быть установлены в зоне класса 0). Основные технические характеристики этих изделий подобны характеристикам кондуктометрических устройств.

Ёмкостный метод определения предельного уровня

Название метода предполагает, что в его основе лежит определение изменений электрической ёмкости в зависимости от уровня наполнения резервуара. Конденсатор образован стен-

кой резервуара и щупом, погруженным в его содержимое. Измерение ёмкости осуществляют, как правило, при помощи резонансных схем или 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 [1].

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

Ёмкостные средства контроля предельного уровня представлены в номенклатуре фирмы Pepperl+Fuchs концевыми выключателями серии LCL.

Ёмкостные сигнализаторы предельного уровня LCL

Новая серия ёмкостных концевых выключателей LCL предназначена для определения уровня как жидкостей, так и сыпучих материалов в бункерах и хранилищах. Типичными сыпучими материалами являются гипс, цемент, песок, известь, угольная пыль, стиральный порошок, крупы, смешанный фураж, мука или сухое молоко. Поставляются датчики в компактном исполнении с длиной зонда всего 140 мм и модели с длиной кабеля зонда 6000 мм. Ёмкостные выключатели легко вводятся в эксплуатацию (технология plug-and-play), активная компенсация влияния раскачивания зонда и конструктивная прочность являются их дополнительными достоинствами.

Ёмкостные выключатели LCL представляют в следующих вариантах исполнения:

- релейный выход, питание от сетей переменного и постоянного тока;
- PNP-выход, трёхпроводная схема питания напряжением постоянного тока.

Допустимые условия эксплуатации и связанные с ними характеристики ёмкостных выключателей приведены в табл. 9, а внешний вид их конструкции показан на рис. 11.

Рис. 12 и 13 показывают требования к установке ёмкостных датчиков LCL1 и LCL2 с кабельным зондом.

Если стенка резервуара выполнена из

электропроводящего материала, то её необходимо соединить с землёй; если резервуар изготовлен из неметаллического материала, то следует снабдить электроды дополнительным противоположным электродом (или металлической лентой) и соединить его с землёй.

Основные достоинства:

- + простота установки и эксплуатации;
- + многофункциональность применения;
- + возможность использования с клейкими веществами;
- + активная компенсация влияния раскачивания зонда.

Таблица 9. Допустимые условия эксплуатации LCL1 и LCL2

Температура контролируемой среды	-40...+120°C
Рабочее давление	-1...+25 бар
Степень защиты	IP66
Размер гранул	30 мм (макс.)
Максимальная боковая нагрузка	1400 Н
Прочность на разрыв	3000 Н
Способ крепежа	Резьба R1", 1" NPT; R1 1/2", 1 1/2" NPT
Сертификация	Установка во взрывоопасной зоне класса 20; ATEXII1/3D; FM; CSA

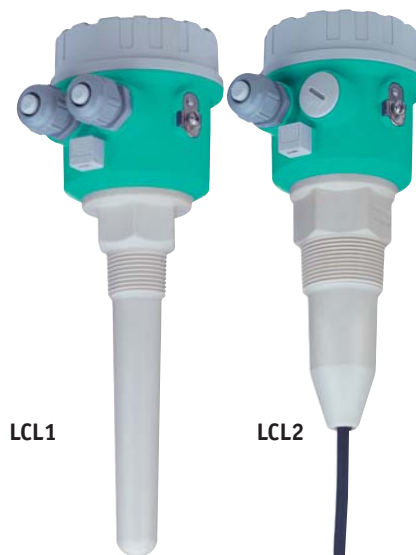


Рис. 11. Внешний вид конструкции ёмкостных выключателей

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 (маркировка взрывозащиты EEx ia IIC T3-T6) для горючих жидкостей, таких как топливо, растворители, спирты.

Эти датчики работают следующим образом: поплавков, 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



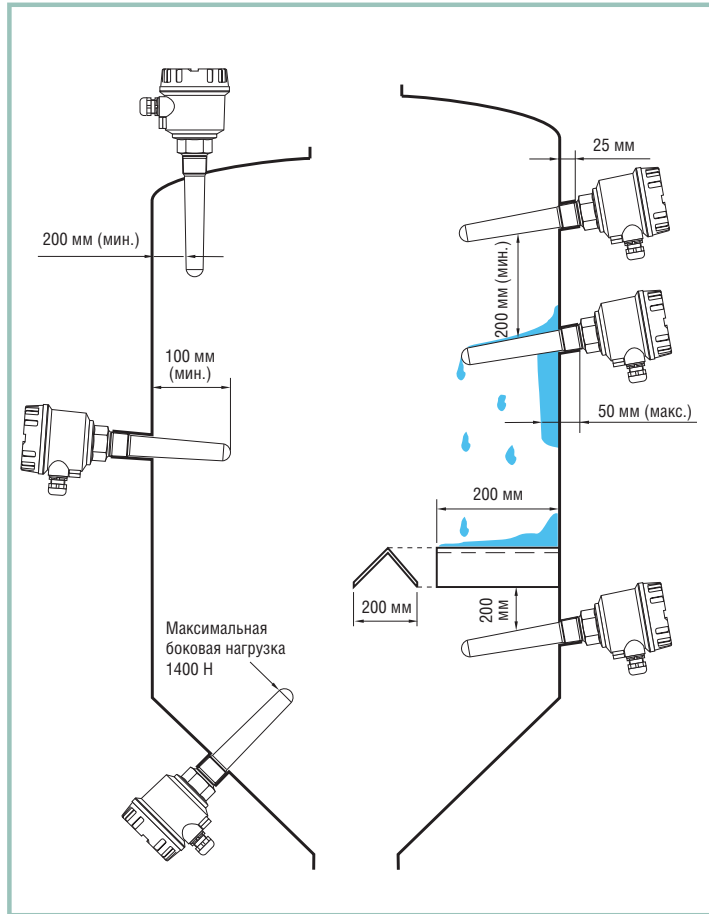


Рис. 12. Требования к установке датчиков LCL1

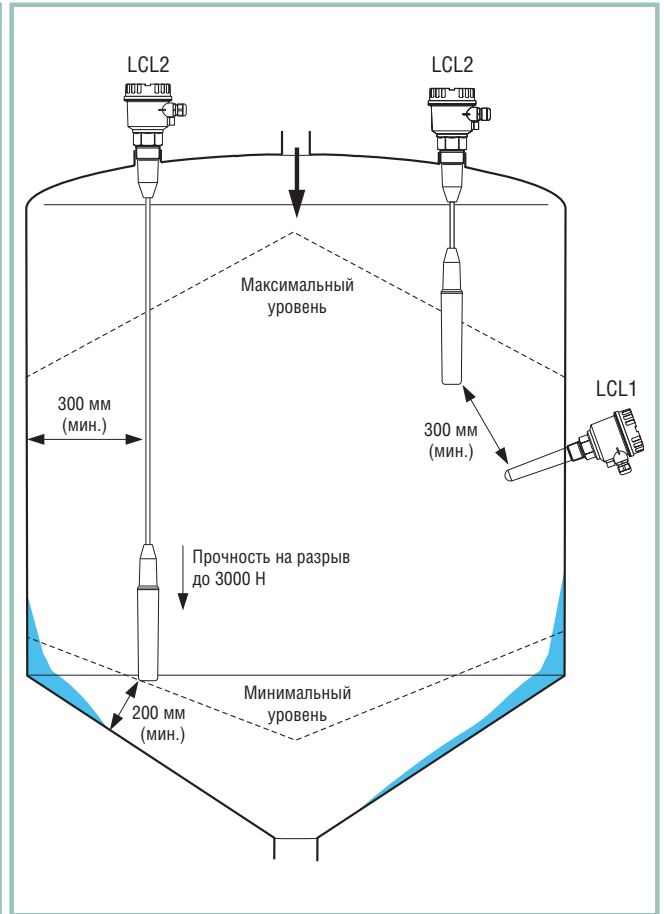


Рис. 13. Требования к установке датчиков LCL2

щие и переключающие. Точность измерения не зависит от давления, плотности и электрических свойств жидкости. Внешний вид конструкции магнитного погружного зонда серии LML показан на рис. 14, а рис. 15 иллюстрирует его применение в реальном технологическом процессе.

Общие технические данные магнитных погружных зондов

Температура контролируемой жидкости: $-20...+70^{\circ}\text{C}$.

Рабочая плотность контролируемого вещества: не менее $0,7 \text{ г/см}^3$.



Рис. 14. Внешний вид магнитного погружного зонда серии LML для сигнализации о предельных значениях уровня

Рабочее давление: до 3 бар (исполнение из пластика); до 25 бар (исполнение из нержавеющей стали).

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 $0,7 \text{ г/см}^3$.
- можно использовать только в очищенных жидкостях.

Гидростатический метод определения предельного уровня

Гидростатический метод подходит для определения уровня любых жидко-



Рис. 15. Пример использования магнитного погружного зонда

стей. Здесь непосредственно используется давление, оказываемое жидкостью на дно резервуара: давление, создаваемое в трубке зонда, в случае когда уровень жидкости повышается, воздействует на мембранное устройство; как только давление достигает значения, соответствующего установленному значению уровня, срабатывает переключающее коммутационное устройство (контактор, реле, формирователь

сигналов или клапан); мембранное устройство возвращается в первоначальное состояние, когда уровень жидкости и, соответственно, давление снова понизится.

В гидростатических сигнализаторах (рис. 16) используются различные способы подключения к измерительной системе; существуют модификации датчиков из нержавеющей стали и пластика. Основные технические характеристики гидростатических сигнализаторов на примере изделий серии HR-0211 приведены в табл. 10.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в обзоре средства контроля предельного уровня жидкостей и сыпучих материалов явля-



Рис. 16. Внешний вид конструкции гидростатического концевого выключателя HR-0211

Таблица 10. Основные технические характеристики гидростатического сигнализатора предельных значений HR-0211

Напряжение питания	250 В (макс.) переменного тока (50 Гц)
Максимальный ток нагрузки	6 А
Тип коммутационного устройства	Переключающий
Точка включения	12±4 бар
Точка выключения	5±3 бар
Максимальное значение гидростатического давления	500 мбар
Допустимая температура окружающей среды	-20...+70°C
Допустимая температура контролируемой жидкости	-20...+70°C
Степень защиты	IP54

ются неотъемлемой частью многих систем автоматизации производства, поэтому от их метрологических параметров, функциональных возможностей и эксплуатационной надёжности в значительной степени зависят качество и эффективность этих систем.

В промышленности лидерами среди устройств контроля уровня являются поплавковые датчики из-за своей низкой стоимости, простоты и достаточной надёжности, а также вибрационные концевые выключатели, отличающиеся более широкими функциональными возможностями. Однако обзор не ограничен этими группами изделий. Приведённые описания других методов с акцентом на их достоинства и недостатки, характеристика конструктивного исполнения датчиков и используемых видов взрывозащиты, информация о сертификации должны помочь специалистам сделать

правильный выбор устройств контроля предельного уровня для различных применений.

В следующей статье цикла планируется рассказать об устройствах непрерывного измерения уровня жидких и сыпучих материалов. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Измерения в промышленности: Справ. изд. в 3-х кн. / Кн. 2. Способы измерения и аппаратура: Пер. с нем./Под ред. Профоса П. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1990.
2. Stegmüller W. Level Technology. Introduction to the product-lines and their physical principles. — Mannheim: Pepperl+Fuchs Kolleg GmbH, 1998.

**В.К. Жданкин — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
117313 Москва, а/я 81
Телефон: (095) 234-0636
Факс: (095) 234-0640
E-mail: victor@prosoft.ru**