



Виктор Жданкин

Измерение уровня посредством направленного электромагнитного излучения

Метод направленного электромагнитного излучения позволяет решать задачи измерения уровня для жидкостей, сыпучих твёрдых материалов, веществ промежуточного состояния в условиях агрессивной среды, широких диапазонов изменения температуры и давления, при низкой диэлектрической проницаемости контролируемого продукта. В статье не только описана физическая природа таких особенностей метода, но и проведено его сравнение с ультразвуковым и бесконтактным радарным методами. В качестве примера датчиков, реализующих метод направленного излучения, рассмотрены уровнемеры Pulscon. Приведены рекомендации по практическому применению микроволновых контактных уровнемеров.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ И КРИТЕРИИ ИХ ВЫБОРА

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.

Существует широкая номенклатура средств контроля и измерения уровня, использующих различные физические методы: ёмкостный, фазово-ёмкостный, электроконтактный, гидростатический, поплавковый, ультразвуковой, радиоволновый [1], [2]. Свыше 160 поставщиков предлагают уровнемеры одного или более типов. Это многообразие методов и средств позволяет контролировать уровень разных сред: жидких (чистых, загрязнённых), пульпы, нефтепродуктов, твёрдых сыпучих различной дисперсности. При выборе уровнемера, реализующего определённый метод, необходимо учиты-

вать такие физические и химические свойства контролируемой среды, как температура, абразивные свойства, вязкость, электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость, химическая агрессивность и т.д. Кроме того, следует принимать во внимание рабочие условия в резервуаре или около него: давление, нагрев/охлаждение, способ заполнения/опорожнения (пневматический или механический), наличие мешалки, огнеопасность, взрывобезопасность и другие.

МИКРОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ

Широко распространёнными являются бесконтактные радарные уровнемеры, принцип действия которых состоит в измерении времени прохождения излучаемого датчиком электромагнитного сигнала от поверхности продукта после его отражения до датчика, расположенного над поверхностью продукта и не контактирующего с ним [3]. Бесконтактные радарные уровнемеры применяются для измерения уровня жидкостей, паст, суспензий, шлама, пульпы, сыпучих материалов

различной дисперсности. Преимуществами уровнемеров этого класса являются широкая область применения, независимость показаний от проявлений практически любых агрессивных свойств измеряемой среды, простота эксплуатации, высокая точность измерения. Но вот в случаях, когда необходимо определить положение уровня в резервуаре, наполненном расплавленной серой или другим веществом с низкой диэлектрической проницаемостью, бесконтактный датчик может оказаться не лучшим средством измерения.

Применение микроволновых контактных уровнемеров, которые также известны как уровнемеры, основанные на методе направленного электромагнитного излучения, утвердилось в качестве ведущей технологии для измерения уровня сыпучих материалов, жидкостей и различных веществ в промежуточном состоянии. Этот метод надёжно работает в химически агрессивных средах, при воздействии изменяющихся в широких пределах температуры и давления, успешно применяется для контроля уровня веществ с низкой диэлектрической



Рис. 1. Совмещение излученного и отраженного сигналов при реализации метода направленного электромагнитного излучения

проницаемостью. Инженеры-технологи, имеющие дело с расплавленной серой, жидким аммиаком, нефтепродуктами и многими другими веществами, измерение уровня которых традиционно считалось трудной задачей, высоко оценивают возможности современных микроволновых контактных уровнемеров, а также простоту их комплексирования с большинством цифровых коммуникационных протоколов для получения данных о степени наполнения цистерн, бункеров, смесительных бассейнов и резервуаров.

Вначале рассмотрим особенности метода направленного электромагнитного излучения, сравним микроволновые контактные уровнемеры со средствами контроля уровня, тоже основанными на измерении времени прохождения отраженного сигнала, такими как радарные с излучением через воздух (микроволновые бесконтактные) и ультразвуковые, а затем ознакомим читателей с некоторыми рекомендациями по применению микроволновых контактных уровнемеров.

Метод направленного электромагнитного излучения

В основе данного метода лежит измерение коэффициента отражения посредством совмещения прямого и отраженного испытательных сигналов (time-domain reflectometry). Метод использует излучение сверхвысокочастотных импульсов, проникающих до дна резервуара сквозь заполняющее его вещество. В случае, когда импульс достигает поверхности вещества, импеданс среды распространения излучения

изменяется из-за влияния диэлектрических характеристик содержимого резервуара. Часть сигнала отражается обратно к приёмнику, который с высокой точностью определяет интервал времени между излученным и отраженным сигналами (рис. 1), анализирует его и указывает уровень вещества в заданных единицах (футах, метрах и др.).

Радарная технология излучения через воздух (микроволновые бесконтактные уровнемеры) базируется на аналогичных принципах измерения, но ложные эхосигналы были и остаются для неё существенной проблемой. При ориентации излучателя радара в направлении дна бункера возникают условия для отражения излученного сигнала от стенок резервуара и образования паразитных отраженных сигналов, которые должны быть подавлены в приёмнике. Кроме того, зачастую внутри резервуара имеются внутренние препятствия, такие как системы трубопроводов, патрубки, лестницы и т.п., которые способствуют появлению дополнительных паразитных сигналов. Главной причиной возникновения ложных отражений является излучение радарных сигналов в расширенном конусе, то есть с относительно широкой диаграммой направленности. Подобная проблема существует и для ультразвуковых уровнемеров, причём углы расхождения до 20° являются для них вполне обычными.

В методе направленного электромагнитного излучения (микроволновые контактные уровнемеры) радарный луч фокусируется волноводом (зондом) в форме специально сконструированного металлического стержня или троса. Волновод опускается в вещество, уровень которого необходимо определить, и создаёт вдоль своей оси диаграмму направленности излучения цилиндрической формы с относительно небольшим диаметром, предотвращая тем самым рассеивание излучаемого сигнала в резервуаре. Результатом этого являются более высокая надёжность и лучшие рабочие характеристики по сравнению с бесконтактными методами. К тому же нет необходимости настраивать уровнемер для игнорирования



Рис. 2. Микроволновые контактные уровнемеры с волноводами стержневой и коаксиальной конструкции

ложных показаний от стенок резервуара.

Конструктивно волновод микроволнового контактного уровнемера может быть выполнен как одинарный стержень или трос (кабель), двоянный стержень или трос (рис. 2), стержень в трубе (коаксиальная труба).

Конструкции со двоянными стержнями или тросами имеют преимущество, заключающееся в том, что электрическое поле сконцентрировано вокруг волновода и поэтому достаточно устойчиво к влиянию со стороны элементов конструкции резервуара (рис. 3). Однако уровнемеры с зондом из двоянных стержней чувствительны к налипанию контролируемых веществ между стержнями, следствием кото-

рого может быть появление в процессе измерения паразитных эхосигналов. Конструкции с коаксиальной трубой тоже чувствительны к эффекту налипания и, как правило, даже в большей степени, только критичной зоной для них является пространство внутри коаксиальной трубы. В силу этого уровнемеры с коаксиальной трубой используются исключительно с жидкостями, а уровнемеры со двоянными стержнями используются преимущественно с жидкостями.

Проблемы, связанные с налипанием, в гораздо меньшей степени проявляются в случае применения конструкций с одним стержнем или тросом. Однако силовые линии электрического поля одинарного волновода не являются замкнутыми (рис. 4), из-за чего на поле могут оказывать ощутимое влияние внутренние элементы конструкции резервуара. По этой причине волновод должен быть установлен на расстоянии не менее 300 мм от стенок резервуара или любых других элементов его конструкции. В противном случае создаются условия для возникновения паразитных эхосигналов.

Для измерения уровня порошкообразных, гранулированных и сыпучих материалов применение уровнемеров с зондом из одинарного троса является более предпочтительным, чем использование уровнемеров с зондом из двоянного троса.

Применительно к сыпучим материалам можно утверждать, что метод на-

правленного электромагнитного излучения является более дешёвой в реализации альтернативой бесконтактному микроволновому (радарному) методу и имеет определённые преимущества перед другими методами измерения уровня, такими, например, как ёмкостный.

СРАВНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО РАДАРНОГО МЕТОДА И МЕТОДА НАПРАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Энергетика сигнала

Дополнительно к проблемам, которые создаются паразитными сигналами, возникающими при отражении излучаемого сигнала от стенок и элементов внутренней конструкции резервуара, бесконтактные радарные уровнемеры оказываются весьма чувствительными к изменениям условий работы, таким как налипание продукта на стенки резервуара, образование пены или конденсата, возникновение турбулентности. Аналогичные проблемы существуют и для ультразвуковых уровнемеров с той лишь разницей, что здесь необходимо учитывать и те факторы, которые влияют на скорость распространения звука. Каза-

лось бы, что соотношение сигнал/шум может быть улучшено увеличением мощности излучаемого сигнала, но не всё так просто. Энергетический ресурс устройств, запитываемых через информационный канал, ограничен. Вместе с тем бесконтактные уровнемеры тратят много энергии для обеспечения широкой диаграммы направленности излучения. Микроволновые контактные уровнемеры с направленным излучением используют энергию значительно эффективнее, фокусируя её вдоль волновода, что позволяет достичь требуемого соотношения сигнал/шум даже в условиях ограничения потребляемой энергии.

Время отклика

В бесконтактных радарных и ультразвуковых уровнемерах селекция полезного сигнала на фоне паразитных отражений производится с использованием нечёткой логики. Необходимая обработка сигнала увеличивает время отклика (время транспортного запаздывания показаний датчика — интервал времени от начала изменения измеряемой величины до момента появления этого изменения на выходе прибора) и снижает скорость обновления данных (максимально возможную частоту измерений).

Микроволновый контактный уровнемер с направленным излучением может проводить до 10 измерений в секунду без необходимости в дополнительной фильтрации сигнала; соответственно, и скорость обновления данных у него может быть выше.

Работа с диэлектриками

Бесконтактные радарные уровнемеры плохо работают со средами с низкой диэлектрической проницаемостью, так как в этом случае основная составляющая сигнала рассеивается в диэлектрической среде и лишь меньшая его составляющая отражается от границы сред. Для бесконтактных уровнемеров, излучающих через воздух, эта проблема усугубляется тем, что существенное ослабление сигнала происходит уже при его переходе в воздушную среду из-за значительного увеличения импеданса канала передачи.

В контактных уровнемерах с направленным излучением стержень зонда помещён в трубу из нержавеющей стали, действующую подобно противове-су антенны и применяемую для улучшения канала передачи электромагнитной энергии. Стержень с трубой образуют цельную коаксиальную кон-

струкцию волновода, погружаемого в контролируемое вещество. В результате сохраняется постоянный и относительно невысокий импеданс вдоль всего сплошного волновода и минимизируются потери мощности сигнала во всем диапазоне измерения, что позволяет датчику определять едва различимые диэлектрические изменения и безошибочно измерять уровень вещества. Таким способом посредством контактных уровнемеров с направленным излучением могут быть определены уровни материалов с очень низкой диэлектрической проницаемостью (до 1,4) в таких применениях, где другие методы измерения терпят неудачу.

Для радарных уровнемеров при измерении уровня материалов с низкой диэлектрической проницаемостью посредством излучения через воздух тоже можно применять подобную трубную конструкцию, но при этом надо учитывать, что измерительная система станет чувствительной к налипанию контролируемого вещества, а полученные результаты будут сильно зависеть от конструкции трубы.

Отдельные рекомендации по применению микроволновых контактных уровнемеров

Работа с налипающими веществами и материалами

В отраслях промышленности, имеющих дело с веществами и материалами, которые прилипают ко всему, чего касаются (например, расплавленная сера в стадии затвердевания или парафин, применяемые в нефтехимических технологических процессах), получение точных значений уровней сопряжено с определёнными трудностями. Как уже говорилось, уровнемеры с коаксиальной конструкцией волновода, а также с волноводом в виде сдвоенного стержня или троса в этом случае оказываются в особенно невыгодном положении, так как налипание вещества приводит к изменению импеданса и непредсказуемому искажению показаний датчика. Поэтому предпочтительным решением в такой ситуации является применение в качестве волновода одинарного стержня или троса, подвешенного в резервуаре: налипание на одиночном зонде будет минимально влиять на функционирование датчика.

Применение датчиков с одинарным зондом ограничено более высокими

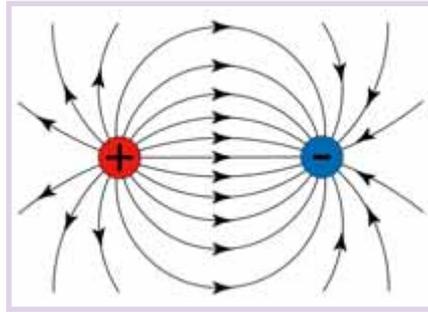


Рис. 3. Электрическое поле микроволнового контактного уровнемера со сдвоенным стержнем или тросом

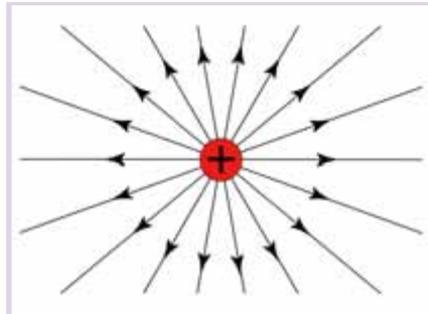


Рис. 4. Электрическое поле микроволнового контактного уровнемера с одним стержнем или тросом

значениями допустимой диэлектрической проницаемости контролируемого продукта. Однако размещение зонда внутри успокоительного колодца позволит датчику измерять уровень веществ и материалов с более низкими значениями диэлектрической проницаемости.

Устранение влияния турбулентности

Микроволновые уровнемеры, как контактные, так и бесконтактные, могут быть адаптированы к функционированию в среде с высокой турбулентностью. Естественно, что в таких условиях прежде всего надо стремиться к формированию излучения с узкой диаграммой направленности, но наряду с этим существуют и специальные решения.

Монтирование успокоительного колодца вокруг зонда или области распространения луча может помочь сохранить стабильным измеряемый уровень. Успокоительный колодец (обычно это труба диаметром около 100 мм) должен иметь отверстия вдоль всей своей длины, позволяющие контролируемому веществу сохранять полный контакт с волноводом или прямым электромагнитным излучением.

Микроволновые бесконтактные уровнемеры требуют прецизионной конструкции успокоительного колодца



Рис. 5. Пример установки микроволнового бесконтактного уровнемера на успокоительную трубу

с жёсткими допусками (рис. 5). При его монтаже используется специальная сварка, тщательно проводится юстировка. Некачественная сборка конструкции колодца может служить причиной ошибочных показаний бесконтактного датчика.

В микроволновых контактных уровнемерах волновод фокусирует сигнал и направляет его мимо вырезов в трубе успокоительного колодца прямо на контролируемый материал. В силу этого микроволновые контактные уровнемеры менее критичны к турбулентности, а ограничения на конструкцию успокоительного колодца для них не являются такими жёсткими.

Выбор исполнения датчика

Ничто не приносит такого разочарования, как попытка найти готовый универсальный уровнемер, отвечающий всему многообразию требований конкретного применения. Выход может быть найден только в ориентации на конфигурируемые решения, адаптируемые к определённым условиям и задачам.

Производители микроволновых контактных уровнемеров предлагают широкий ряд излучателей, оправ, муфт и

измерительных головок для удовлетворения почти любых специфических требований. Они располагают множеством видов жёстких и гибких зондов. Гибкие зонды легко укорачиваются до нужной длины (как правило, это делается уже непосредственно при установке датчика).

Монтаж микроволнового контактного уровнемера является более простым и связан с меньшим количеством жёстких требований, чем монтаж микроволнового бесконтактного радара, эксплуатационные параметры которого зависят от точности установки антенны. Для монтажа микроволнового контактного уровнемера достаточно иметь в резервуаре отверстие $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм) с нормальной трубной резьбой. В зависимости от условий применения рекомендуется монтировать над излучателем предохранительную крышку или прикрывать его алюминиевым кожухом. В особых случаях излучатели помещаются во взрывонепроницаемые оболочки.

Особенности контролируемой среды определяют выбор материала, из которого изготовлены излучатели и зонды. Приведём два примера. Нержавеющей стали отдаётся предпочтение на морских буровых установках, где морская вода подвергает коррозии даже покрытие, нанесённое методом спекания алюминиевого порошка. Измерение уровня фтористоводородной (плавиковой) кислоты производится зондами из медно-никелевого сплава, которому отдаётся предпочтение перед нержавеющей сталью.

Современный уровнемер должен быть интеллектуальным, то есть программируемым, и совместимым со стандартными коммуникационными сетями для передачи данных. Программируемые датчики выполняют необходимые преобразования измеряемых сигналов, самодиагностику, дистанционную настройку параметров, первичную вычислительную обработку измерительной информации [4]. Современные микроволновые контактные уровнемеры не только могут иметь традиционный токовый выход 4...20 мА, но и обладают способностью подключаться к наиболее широко распространённым стандартным коммуникационным сетям с HART-протоколом, PROFIBUS-PA, Foundation Fieldbus.

Радарные уровнемеры могут измерять уровни в бункерах и резервуарах высотой 60 м и даже более. Конечно

же, при таких расстояниях, учитывая скорость распространения сигнала порядка 0,3 м/нс, чрезвычайно трудно получить отчёты с высоким разрешением, а следовательно, и обеспечить высокую точность. Например, при высоте бункера 30 м и уровне содержимого 1,2 м время возвращения отражённого сигнала будет только на 8 нс меньше, чем от дна пустого бункера; значит, для получения точности порядка 6 мм (среднее значение точности, характерное для современных уровнемеров) датчик должен производить измерения с пикосекундным разрешением по дальности. Это возможно только при использовании в составе излучателя специальных электронных схем, и данный факт надо учитывать при выборе датчика для подобных применений.

УРОВНЕМЕРЫ СЕРИИ PULSCON LTC ФИРМЫ PEPPERL+FUCHS

Описание датчиков Pulscon, которые вобрали в себя многие передовые решения из области измерения уровня, может быть наиболее удачной иллюстрацией к материалу, рассказывающему о характеристиках, возможностях и

особенностях современных уровнемеров, реализующих метод направленного электромагнитного излучения.

Микроволновые контактные уровнемеры серии Pulscon предназначены для работы с сыпучими твёрдыми веществами различной дисперсности (от порошкообразных до гранулированных), а также с жидкостями и веществами в промежуточных состояниях. Такой датчик может успешно применяться в условиях колебания плотности и температуры контролируемого вещества, изменения концентрации пыли в резервуаре или образования пены в жидких средах. Диапазон измерения — до 35 м. Допускается использование совместно с датчиком зондов разной конструкции; например, измерение уровня сжиженных газов обычно производится посредством коаксиального зонда.

В процессе монтажа, настройки и эксплуатации уровнемеров серии Pulscon проявляются следующие их достоинства:

- простой и быстрый ввод в эксплуатацию;
- безопасная и быстрая параметризация посредством действий, задаваемых в режиме меню;

Технические характеристики микроволновых контактных уровнемеров серии Pulscon

Измерение уровня сыпучих материалов (при использовании тросового зонда диаметром 4 мм)	
Диапазон измерения	1...35 м
Рабочее давление	Вакуум...40 бар
Допустимая температура измеряемого вещества	-40...+150°C
Допустимая температура окружающей среды	-40...+80°C
Способ крепежа	Резьбовые соединения G1½" или 1½" NPT; фланцевые соединения от DN50/ANSI2" и более
Прочность на разрыв тросового зонда (диаметр 4 мм)	15 кН
Минимальная диэлектрическая постоянная измеряемого вещества	ε=1,6
Допустимый размер структурных компонентов сыпучих материалов (гранул)	До 20 мм (макс.)
Точность измерения	±10 мм
Электропитание:	
• 2-проводное исполнение датчика	16...36 В постоянного тока (стандартное исполнение); 16...30 В постоянного тока (искробезопасное исполнение)
• 4-проводное исполнение датчика	85...250 В переменного тока (50/60 Гц); 10,8...36 В постоянного тока
Выходной сигнал	Унифицированный токовый 4...20 мА/HART (2- или 4-проводная линия связи); PROFIBUS-PA; Foundation Fieldbus
Измерение уровня жидкостей (при использовании стержневого или коаксиального зонда)	
Диапазон измерения	0,3...4 м
Допустимая температура измеряемого вещества	-40...+150°C
Допустимая температура окружающей среды	-40...+80°C
Способ крепежа	Резьбовые соединения G¾" или ¾" NPT; фланцевые соединения от DN50/ANSI2" и более
Материал стержня	Сталь 1.4435
Герметизирующий материал	Уплотнительное кольцо из Viton/EPDM/Kalrez
Минимальная диэлектрическая постоянная измеряемого вещества	ε=1,6 (стержневой зонд); ε=1,4 (коаксиальный зонд)
Вязкость	1000 сСт — стержневой зонд; 500 сСт — 1½" коаксиальный зонд; 100 сСт — ¾" коаксиальный зонд
Точность измерения	±5 мм
Электропитание:	
• 2-проводное исполнение датчика	16...36 В постоянного тока (стандартное исполнение); 16...30 В постоянного тока (искробезопасное исполнение)
• 4-проводное исполнение датчика	85...250 В переменного тока (50/60 Гц); 10,8...36 В постоянного тока
Выходной сигнал	Унифицированный токовый 4...20 мА/HART (2- или 4-проводная линия связи); PROFIBUS-PA; Foundation Fieldbus

- возможность подключения к сетям с HART-протоколом, PROFIBUS-PA и Foundation Fieldbus;
- независимость результатов измерения от плотности, дисперсности, веса вещества;
- недорогой двухпроводной способ подключения к системе управления;
- простое управление на месте установки посредством меню, высвечиваемого 4-строчным плоским дисплеем.

Документирование и диагностика работы уровнемера осуществляется рабочей программой PACTware™ [5].

Основные технические параметры уровнемеров Pulscon приведены в табл. 1.

Далее приведены наиболее важные рекомендации по монтажу уровне-

ров для работы с сыпучими материалами и жидкостями.

Рекомендации по монтажу уровнемеров для работы с сыпучими материалами

- Устанавливать уровнемер как можно дальше от отверстий для заполнения и опорожнения бункера, для того чтобы свести к минимуму механическую нагрузку на датчик и износ элементов его конструкции.
- Для предотвращения возникновения ложных эхо-сигналов от стенок бункера рекомендуется устанавливать зонд на расстоянии от ближайшей стенки, равном 1/6...1/4 диаметра бункера.

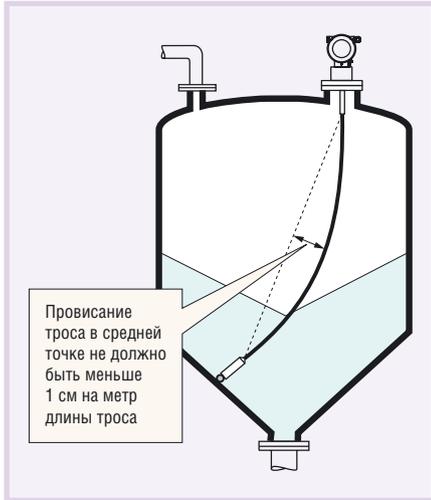


Рис. 6. Пример применения уровнемера с неvertикальным монтажом зонда (конец зонда крепится к стенке бункера)

- В бетонных бункерах конструкция зонда на всём своём протяжении должна быть удалена от стенки бункера на расстояние около 1 м, но не ближе чем на 0,5 м.
- В металлических и пластиковых бункерах не рекомендуется устанавливать зонд по центру, но допускается размещать его сколь угодно близко к стенке бункера, пока обеспечена гарантия того, что в любых режимах эксплуатации зонд не будет её касаться.
- Длина зонда определяет диапазон измерений. Заказывать длину зонда нужно такой, чтобы его конец находился на расстоянии примерно 150 мм над дном бункера. Для каждого конкретного зонда необходимо учитывать размеры верхней и нижней зон блокирования.
- Лучше заказывать зонды значительно длиннее, чем требуется, так как при необходимости их легко можно укоротить.
- Температурные условия применения датчика должны соответствовать его спецификации.
- Рекомендуется применять предохранительную крышку или специальный кожух для защиты датчика от воздействия прямых солнечных лучей и дождя.
- Необходимо выбирать место установки зонда так, чтобы в любом режиме эксплуатации расстояние от него до внутренних элементов конструкции бункера (конечные выключатели, укосины и т.п.) было больше 300 мм по всей длине зонда.
- В процессе измерения уровня зонд не должен касаться каких-либо эле-

ментов конструкции бункера; если существует угроза, что в процессе эксплуатации это условие может быть не выполнено, или если в силу специфики применения предполагается неvertикальное положение зонда, его конец должен быть специально закреплён (рис. 6).

- Если измеряемый материал накапливает электростатический заряд, необходимо организовать заземляющую цепь на наполняющей шторке или заземлённое закрепление конца зонда.

Рекомендации по монтажу уровнемеров для работы с жидкостями

- Рекомендуемое расстояние между стенкой резервуара и зондом (рис. 7) должно быть порядка $1/6...1/4$ диаметра резервуара (справедливо для диаметров не менее 100 мм).
- В металлических резервуарах нельзя устанавливать зонд уровнемера по центру.
- Не рекомендуется устанавливать датчик около заполняющих отверстий.
- Конец зонда должен возвышаться над дном резервуара приблизительно на 100 мм.
- Для защиты датчика от атмосферных воздействий или агрессивной среды рекомендуется использовать предохранительную крышку или специальную крышку.
- Для уменьшения влияния помех при работе с жидкостями, вязкость которых меньше 500 сСт, стержневой или коаксиальный зонд может быть помещён в байпас или успокоительный колодец, располагаемый в произвольном месте резервуара (рис. 8).

Более подробные инструкции по монтажу, настройке, эксплуатации микроволновых

контактных уровнемеров серии Pulscon приведены в [6].

Выводы

Современные микроволновые контактные уровнемеры легко конфигурируются как для новых, так и для традиционных применений, имеют возможность передавать цифровые измерительные сигналы через коммуникационные сети с различными протоколами.

Благодаря более простой конструкции и рабочим частотам 0,1...1,5 ГГц они дешевле, чем микроволновые бесконтактные уровнемеры, но обладают при этом теми же преимуществами: микроволновые контактные уровнемеры фактически не подвержены влиянию воздействий температуры, давления (вплоть до вакуума) и агрессивных испарений, а точность измерения не зависит от проводимости, плотности и влажности содержимого резервуара. Помимо этого контактные уровнемеры предполагают относительно простой монтаж и могут быть откалиброваны при пустом резервуаре, чего не скажешь про бесконтактные радарные датчики.

Микроволновые контактные уровнемеры часто демонстрируют большую надёжность измерений, чем микровол-

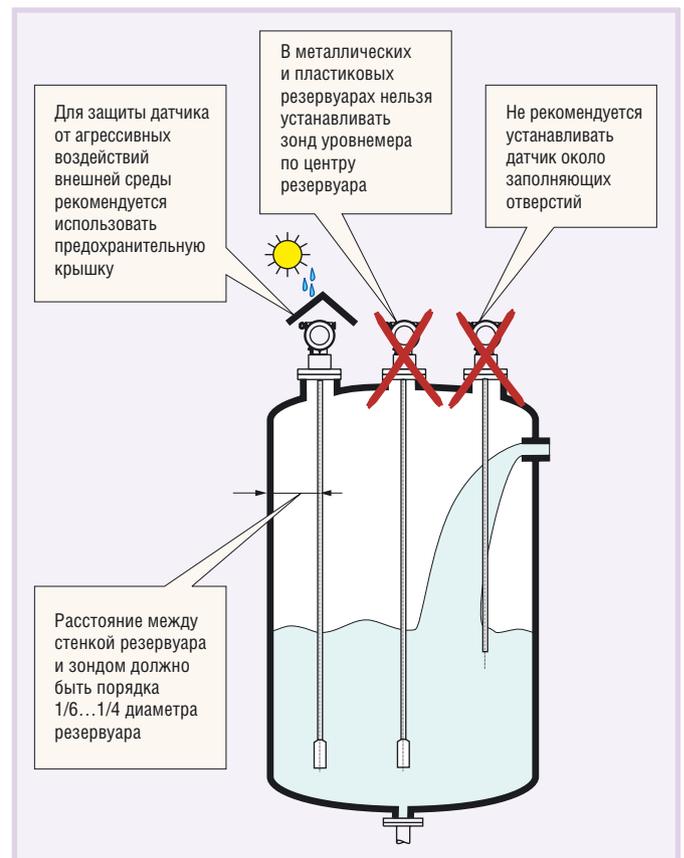


Рис. 7. Иллюстрация к основным рекомендациям по монтажу уровнемера в резервуаре с жидкостью

новые бесконтактные радары, при работе с материалами, для которых характерны очень низкие значения относительной диэлектрической проницаемости, такими, например, как полиэтиленовый порошок.

Однако существенным недостатком контактных микроволновых уровнемеров является тот факт, что они находятся в непосредственном соприкосновении с контролируемым веществом или материалом, из-за чего

- трудно устанавливать такие датчики на резервуары, в которых происходит процесс перемешивания вещества;
- для работы в агрессивных средах контактирующие части датчика должны быть выполнены из стойких и, как правило, дорогостоящих материалов;
- уровнемеры могут быть повреждены в случае контакта с абразивными материалами;
- точность измерения может пострадать от налипания на зонд вязких жидкостей или шламов.

Тем не менее микроволновые контактные уровнемеры дают достаточно точные результаты при работе со многими веществами, неудобными для контроля другими средствами, при та-

ких неблагоприятных условиях, как низкая диэлектрическая проницаемость контролируемых материалов, едкие (щелочные) химические среды, широкие диапазоны изменения рабочей температуры и давления. Данная технология является предпочтительной для применения с агрессивными жидкостями, сыпучими материалами и веществами в промежуточных состояниях, такими как сырая нефть, бутан, пропан, расплавленная сера, зольная пыль, жидкий аммиак, кислоты и хлор, а также пластиковые гранулы, порошки, пульпы, шламы. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданкин В.К. Сигнализаторы изменения уровня// Современные технологии автоматизации. — 2002. — № 2.
2. Жданкин В.К. Приборы для измерения уровня// Современные технологии автоматизации. — 2002. — № 3.
3. Бармин А.В. Радарные системы контроля уровня// Современные технологии автоматизации. — 2002. — № 4.
4. Ицкович Э.Л. Современные интеллектуальные датчики общепромышленного назначения, их особенности и достоинства// Датчики и системы. — 2002. — № 2.

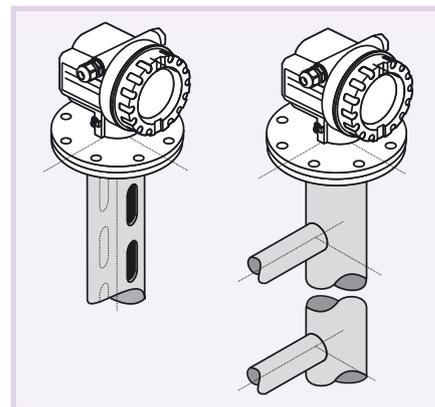


Рис. 8. Размещение зонда в успокоительном колодце (слева) и в байпасе (справа)

5. Жданкин В.К. Спецификации FDT/DTM и консорциум PACTware// Современные технологии автоматизации. — 2002. — № 3.
6. Guided Level Radar Pulscon LTC. Operating instructions (Part.No. 120 776 05/02 00). — Mannheim: Pepperl+Fuchs PA, 2002.

В.К. Жданкин —
сотрудник фирмы ПРОСОФТ
119313 Москва, а/я 81
Телефон: (095) 234-0636
Факс: (095) 234-0640
E-mail: victor@prosoft.ru