

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:
Волгоград (844)278-03-48, Воронеж (473)204-51-73, Екатеринбург (343)384-55-89, Казань(843)206-01-48, Краснодар(861)203-40-90, Красноярск(391)204-63-61,
Москва(495)268-04-70, Нижний Новгород(831)429-08-12, Самара(846)206-03-16, Санкт-Петербург(812)309-46-40, Саратов(845)249-38-78,
Единый адрес: rse@nt-rt.ru

www.rosemeter.nt-rt.ru

Радарные уровнемеры Rosemount для использования на НПЗ

Практическое руководство пользователя



По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:
Волгоград (844)278-03-48, Воронеж (473)204-51-73, Екатеринбург (343)384-55-89, Казань(843)206-01-48, Краснодар(861)203-40-90, Красноярск(391)204-63-61,
Москва(495)268-04-70, Нижний Новгород(831)429-08-12, Самара(846)206-03-16, Санкт-Петербург(812)309-46-40, Саратов(845)249-38-78,
Единый адрес: rse@nt-rt.ru

Радарные уровнемеры Rosemount для использования на НПЗ

Практическое руководство пользователя

ВНИМАНИЕ!

Изделия, описанные в данном документе, НЕ предназначены для использования в атомной промышленности.

Использование изделий в условиях, требующих специального оборудования, аттестованного для атомной промышленности, может привести к ошибочным результатам измерений.

За информацией об изделиях производства компании Rosemount, аттестованных для использования в атомной промышленности, следует обращаться в местное торговое представительство Rosemount.

Данное изделие разработано в соответствии с требованиями FCC и R&TTE для непреднамеренных излучателей. Для него не требуется никаких лицензий, а также отсутствуют ограничения по установке на резервуары, связанные с воздействием на телекоммуникационные системы.

Данное устройство соответствует части 15 правил FCC. Эксплуатация производится при соблюдении следующих двух условий: (1) Это устройство не должно создавать недопустимых помех, и (2) это устройство должно быть устойчиво к любым помехам, в том числе и к помехам, способным приводить к сбоям в работе.

Содержание

РАЗДЕЛ 1	Введение	1-1
Введение		
РАЗДЕЛ 2	Указания по технике безопасности	2-1
Особенности монтажа	Введение	2-2
	Особенности монтажа	2-2
	Монтаж в выносных камерах	2-2
	Выбор уровнемера	2-2
	Промывочные и продувочные соединения	2-4
	Изготовление камеры и выбор зонда	2-5
	Замена буйковых уровнемеров в имеющихся выносных камерах	2-8
	Варианты настройки диапазона измерений	2-8
	Изоляция камеры	2-10
	Монтаж в успокоительном колодце	2-10
	Монтаж на резервуаре	2-12
	Рекомендации по монтажу	2-12
	Особенности монтажа на патрубках	2-14
	Изолирование от процесса для проведения обслуживания	2-17
	Выбор зонда и антенны	2-17
РАЗДЕЛ 3	Указания по технике безопасности	3-1
Использование на НПЗ	Введение	3-2
	Использование на НПЗ	3-2
	Применения в выносных камерах	3-2
	Измерение уровня при высокой температуре и среднем / низком давлении	3-2
	Измерение уровня при высокой температуре и высоком давлении	3-4
	Измерение уровня и уровня границы раздела сред при высокой температуре и высоком давлении	3-6
	Измерение уровня при стандартных значениях температуры и давления	3-7
	Измерение уровня границы раздела сред при стандартных значениях температуры и давления	3-8
	Применения в успокоительном колодце	3-9
	Применение в обессоливателях	3-9
	Измерение уровня сжиженных газов	3-9
	Применения в резервуарах	3-10
	Измерение уровня аммиака	3-10
	Измерение уровня сыпучих и твердых сред	3-10
	Резервуары-хранилища	3-12
	Резервуары с мешалками	3-12
	Резервуары-компрессоры	3-13
	Резервуары с очень быстрыми изменениями уровня	3-13
	Ограничения по применению радаров	3-14

РАЗДЕЛ 4	Указания по технике безопасности.....	4-1
Ввод в эксплуатацию	Введение	4-2
	Ввод в эксплуатацию	4-2
	Коррекция ближней зоны (только для Rosemount серии 5300).....	4-2
	Сохранение данных настройки и резервных копий	4-3
	Проверка на стенде (по желанию заказчика)	4-3
	Пример.....	4-4
РАЗДЕЛ 5	Указания по технике безопасности.....	5-1
Проверка измерений в рабочих условиях	Введение	5-2
	Проверка измерений в рабочих условиях.....	5-2
	Шаг 1: проверка корректности показаний уровня	5-2
	Шаг 2: проверка аналогового выходного сигнала	5-3
	Шаг 3: проверка графика эхо-сигнала.....	5-4
	Шаг 4: обзор диагностической информации.....	5-4
	Шаг 5: мониторинг показаний при опустошении резервуара.....	5-5
	Шаг 6: проверка графика эхо-сигнала при пустом резервуаре	5-6
	Шаг 7: мониторинг показаний при наполнении резервуара.....	5-6
РАЗДЕЛ 6	Указания по технике безопасности.....	6-1
Устранение неполадок	Введение	6-2
	Анализ графика эхо-сигнала (эхо-кривой).....	6-3
	Составляющие кривой эхо-сигнала	6-3
	Настройки порогов для Rosemount серии 5300	6-5
	Настройки порогов для Rosemount серий 5400 и 5600	6-5
	Распространенные проблемы	6-6
	Причины ошибок измерений	6-11
	Неправильный монтаж	6-11
	Геометрия резервуара	6-12
	Настройки аналогового выходного сигнала	6-12
	Неверное значение ДП верхней среды	6-13
	Наличие «воздушной подушки» при измерениях с полностью погруженным зондом.....	6-14
	Некорректная компенсация изменений ДП пара	6-15
	Соответствие результатов измерений уровня, произведенных посредством разных методов измерений	6-15
РАЗДЕЛ 7	Указания по технике безопасности.....	7-1
Контрольные таблицы	Контрольные таблицы	7-2
	Контрольная таблица процедуры ввода в эксплуатацию	7-2
	Контрольная таблица процедуры проверки измерений в рабочих условиях	7-3

Раздел 1

Введение

Введение	Стр. 1-1
--------------------	----------

ВВЕДЕНИЕ

В этом документе описан ряд оптимальных практических методов применения радарных уровнемеров компании Rosemount, основанных на опыте, полученном в результате установки тысяч уровнемеров на НПЗ. Однако этот документ не является полным набором инструкций, за более подробной информацией обратитесь к руководству по эксплуатации соответствующего изделия:

- Руководство по эксплуатации Rosemount серии 5300 (Документ № 00809-0100-4530)
- Руководство по эксплуатации Rosemount серии 5400 (Документ № 00809-0100-4026)
- Руководство по эксплуатации Rosemount серии 5600 (Документ № 00809-0100-4024)
- Руководство по эксплуатации Rosemount 9901 (Документ № 00809-0100-4601)

Местные ограничения, нормы или оптимальные практические методы, которые могут применяться, также следует принимать во внимание.

Данное руководство ориентировано на задачи по непрерывному измерению уровня и уровня границы раздела сред в выносных камерах, успокоительных колодцах и непосредственно в емкостях, применяющихся в процессах нефтепереработки.

Раздел 2

Особенности монтажа

Указания по технике безопасности	Стр. 2-1
Введение	Стр. 2-2
Особенности монтажа	Стр. 2-2
Монтаж в выносных камерах	Стр. 2-2
Монтаж в успокоительном колодце	Стр. 2-10
Монтаж на резервуаре	Стр. 2-12

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

ВВЕДЕНИЕ

Помимо выбора соответствующего условиям процесса радарного уровнемера, механический монтаж является одним из наиболее важных этапов процедуры ввода в эксплуатацию. При правильном монтаже последующее конфигурирование уровнемера существенно упрощается.

Большая часть данного раздела посвящена монтажу в выносных камерах, ввиду их широкой распространенности на НПЗ. Основы монтажа в успокоительные трубы и непосредственно на резервуары также приведены в данном разделе.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА

Монтаж в выносных камерах

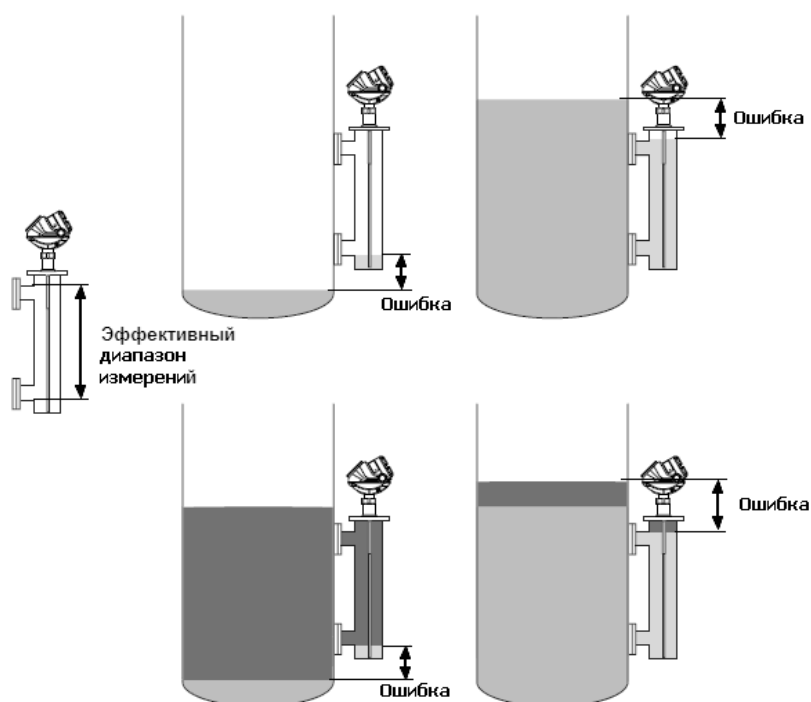
Выносные камеры, также называемые байпасами или выносными трубами, обычно используются по следующим причинам:

- Внешний монтаж с отсечными вентилями позволяет производить обслуживание уровнемера даже при измерении уровня в резервуарах под давлением, которые находятся в непрерывной эксплуатации многие годы.
- Камера позволяет измерять уровень с помощью радарного уровнемера в установках/аппаратах с наличием только боковых присоединений, таких как колонны.
- Камера обеспечивает более спокойную поверхность среды в условиях повышенной турбулентности, кипения и других возмущающих факторов.

В то же время, камеры имеют некоторые недостатки:

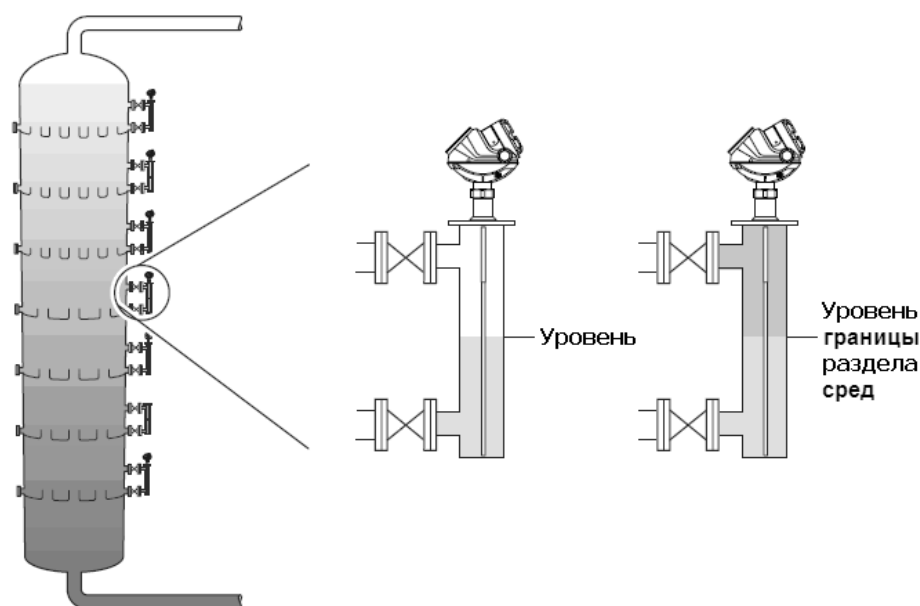
- Засоры/загрязнения отводов камеры могут приводить к несоответствию уровня внутри камеры и уровня в технологическом аппарате.
- Диапазон измерений ограничен расстоянием между верхней и нижней отводными трубами камеры.

Рис. 2-1. Эффективный диапазон измерений и возможные источники возникновения погрешности измерений



Для измерений в камерах обычно используются волноводные радары, так как бесконтактные радары будут воспринимать помехи от отводных труб. Волноводные радары Rosemount серии 5300 могут использоваться в камерах, как для измерений уровня, так и уровня границы раздела сред.

Рис. 2-2. Уровнемеры Rosemount серии 5300 идеально подходят для монтажа в выносных камерах



Выбор уровнемера

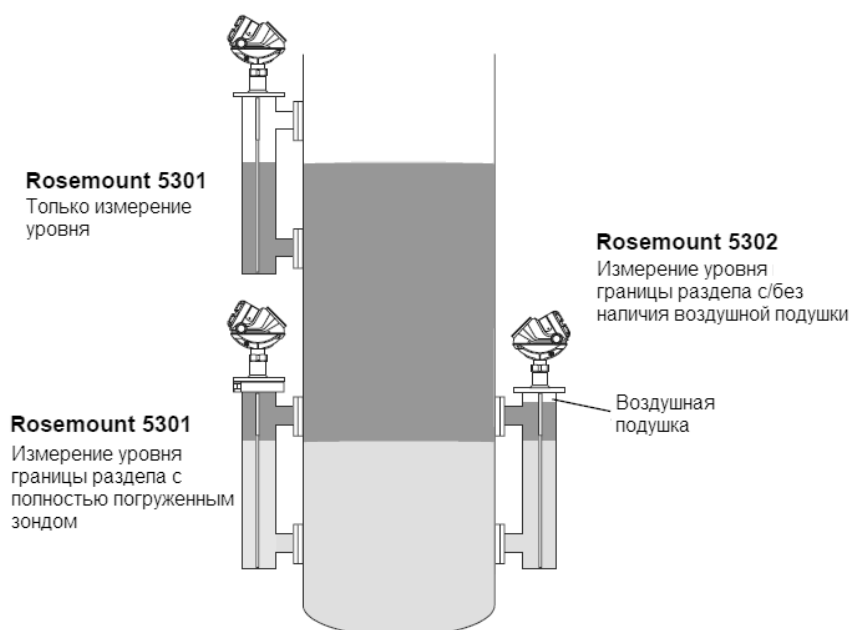
Уровнемеры Rosemount серии 5300 обеспечивают измерения уровня нефти, уровня границы раздела нефть/вода или других жидкостей со значительной разницей в диэлектрической постоянной (ДП) и четкой границей между ними. Для рекомендаций по применению обратитесь к разделу «Использование на НПЗ» на стр. 3-2 или к листу технических данных Rosemount серии 5300 (документ № 00813-0100-4530).

На НПЗ используют две модели данной серии - Rosemount 5301 и Rosemount 5302. Требуемый тип измерений определяет нужную модель.

Таблица 2-1. Типы измерений

Только уровень	Используйте Rosemount 5301 (или Rosemount 5302, настроенный на измерение только уровня)
Уровень границы раздела с полностью погруженным зондом	В данном случае также может быть использована модель 5301. Если в верхней части камеры присутствует «воздушная подушка», то она создаст смещение показаний уровнемера в соответствии с формулой: $\text{Смещение} = \text{Расстояние до «воздушной подушки»} \times (1 - 1/\sqrt{\text{ДП нижней среды}})$ Например, «воздушная подушка» высотой 100 мм (верхняя среда – нефть, ДП = 2) вызовет смещение показаний на 25 мм в большую сторону. В случае, если высота воздушной подушки постоянна, то выходной сигнал можно скорректировать, изменяя опорную высоту уровнемера в соответствии с данным смещением.
Уровень границы раздела сред	Если высота «воздушной подушки» велика или постоянно изменяется, необходимо использовать модель 5302.

Рис. 2-3. Уровнемеры Rosemount серии 5300 для измерения уровня и уровня границы раздела сред

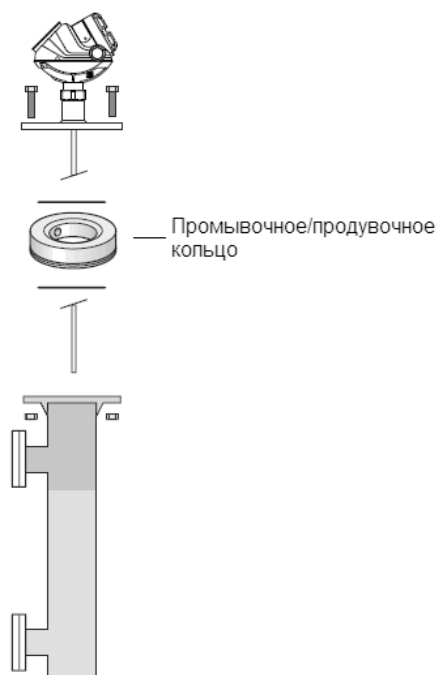


Промывочные и продувочные соединения

Подобные соединения рекомендуются для устранения «воздушной подушки» при измерении уровня границы раздела с полностью погруженным зондом (модель 5301):

- Отдельное кольцо с соединением для промывки/продувки может быть установлено между фланцем уровнемера и фланцем камеры, если используются фланцы DIN или ANSI

Рис. 2-4. Уровнемеры Rosemount серии 5300 с промывочным кольцом



- Оригинальные фланцы производителя уровнемера так же доступны со встроенным промывочным/продувочным соединением, которое используется с зондами с резьбовым соединением 1,5 дюйма (37,5 мм) NPT.

За более подробной информацией обращайтесь к листу технических данных уровнемеров Rosemount серии 5300 (документ № 00813-0100-4530).

Продувка может понадобиться для изменения уровня среды в камере для проверки выходного сигнала уровнемера, или для дренирования камеры. Если необходимо выполнять только данные операции, то для этих целей подходят камеры со встроенным промывочным/продувочным соединением, обратитесь к листу технических данных выносных камер Rosemount 9901 (документ № 00813-0100-4601).

Изготовление камеры и выбор зонда

Правильный выбор требуемых размеров камеры и соответствующего типа зонда является ключевым условием для успешной работы уровнемера на объекте. Выносную камеру можно изготовить самостоятельно при наличии необходимого оборудования и материалов, соблюдая приведенные ниже рекомендации. Кроме того, Rosemount предлагает камеры собственного производства: уровнемеры Rosemount серии 5300 могут поставляться в сборе с выносной камерой Rosemount 9901, в конструкции которой будут учтены все необходимые требования и условия процесса.

Рекомендуемый диаметр камеры составляет 75 или 100 мм (3 или 4 дюйма). В камерах с диаметром менее 75 мм (3 дюйма) могут возникать проблемы, связанные с отложениями продукта или грязи на стенках камеры и, возможно, с центровкой зонда. Применение камер диаметром более 150 мм (6 дюймов) также возможно, но это не обеспечивает каких-либо дополнительных преимуществ для радарного измерения уровня.

В случае применения радаров Rosemount серии 5300 в камерах диаметром 75 или 100 мм, рекомендуется использовать одинарные зонды. Зонды других типов более восприимчивы к отложениям и их не следует использовать при работе в подобных процессах ⁽¹⁾.

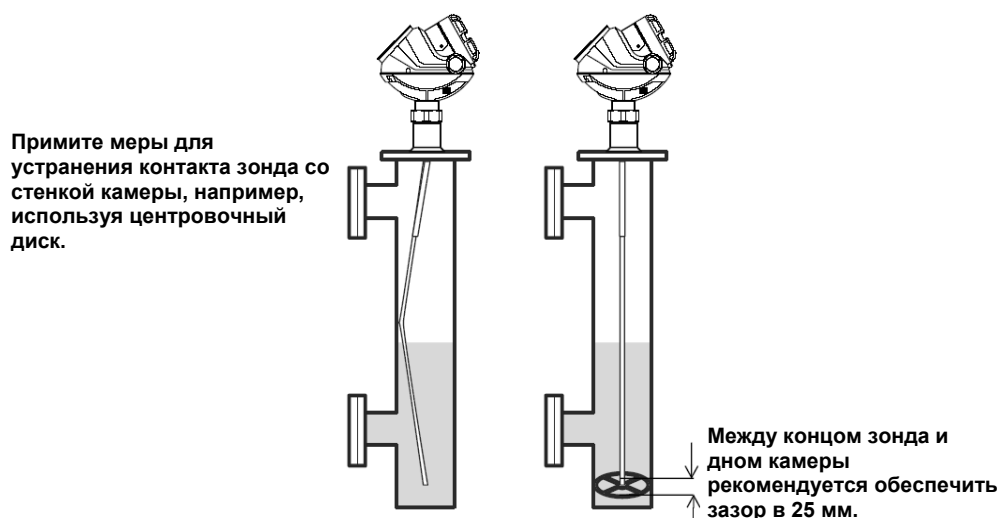
Зонд не должен соприкасаться со стенками камеры. Его длина должна быть равной высоте камеры, но он не должен контактировать с дном камеры. Выбор типа зонда зависит от его длины:

- **Длина зонда менее 1 м:** используйте одинарный жесткий зонд, необходимости в использовании центровочного диска нет ⁽²⁾
- **Длина зонда от 1 до 3 м:** используйте одинарный жесткий или гибкий зонд с грузом и центровочным диском. Одинарный жесткий зонд легче очищается и имеет переходные зоны меньшей величины, в то время как для гибкого зонда требуется меньше свободного пространства для монтажа и вероятность его повреждения ниже.
- **Длина зонда более 3 м:** используйте гибкий одинарный зонд с грузом и центровочным диском

(1) Одинарный зонд, установленный в камере, работает по принципу коаксиального зонда, в котором стенки камеры играют роль внешней трубы. Дополнительный коэффициент усиления, обеспечиваемый двойными и коаксиальными зондами, в данном случае не критичен, так как электроника уровнемеров серии 5300 имеет высокую чувствительность.

(2) Величина переходных зон и высота груза ограничивают использование одинарных гибких зондов длиной менее 1 м.

Рис. 2-5. Неправильное и правильное положение зонда



Во избежание изгиба зонда (при наличии жесткого зонда) или скручивания и контакта зонда со стенкой камеры (при наличии гибкого зонда) между центровочным диском и дном камеры рекомендуется оставлять небольшой зазор величиной 25 мм. При выборе этого расстояния следует учитывать куполообразную форму нижней части камеры, чтобы исключить касание центрирующего диска дна камеры.

Положение выносных камер и эффективный диапазон измерений определяются положением сопрягаемых соединений камеры и резервуара. Ограничений по диаметру боковых труб (отводов) не существует, однако, следует принять во внимание возможность образования наростов и засорения. Впускные трубы не должны выступать внутрь камеры, поскольку это может создавать помехи для радарных измерений. Всегда используйте одинаковый конструкционный материал для камеры и резервуара, иначе в боковых присоединениях могут возникнуть механические напряжения.

Рис. 2-6. Переходные зоны и диапазон измерений



Табл. 2-2. Переходные зоны уровнемеров Rosemount серии 5300.

	Диэлектрическая постоянная	Одинарный жесткий зонд ⁽¹⁾	Одинарный жесткий зонд с металлическим центровочным диском	Одинарный гибкий зонд
Верхняя переходная зона ⁽²⁾	80 (вода)	11 см	11 см	11 см
	2 (нефть)	16 см	16 см	18 см
Нижняя переходная зона ⁽³⁾	80 (вода)	5 см	5 см	0 см ⁽⁴⁾⁽⁵⁾
	2 (нефть)	7 см ⁽⁵⁾	20 см	5 см ⁽⁴⁾

(1) Одинарный жесткий зонд без центровочного диска из нержавеющей стали или с центровочным диском из PTFE.

(2) Расстояние от верхней опорной точки, где измерения имеют пониженную точность, см. рис. выше.

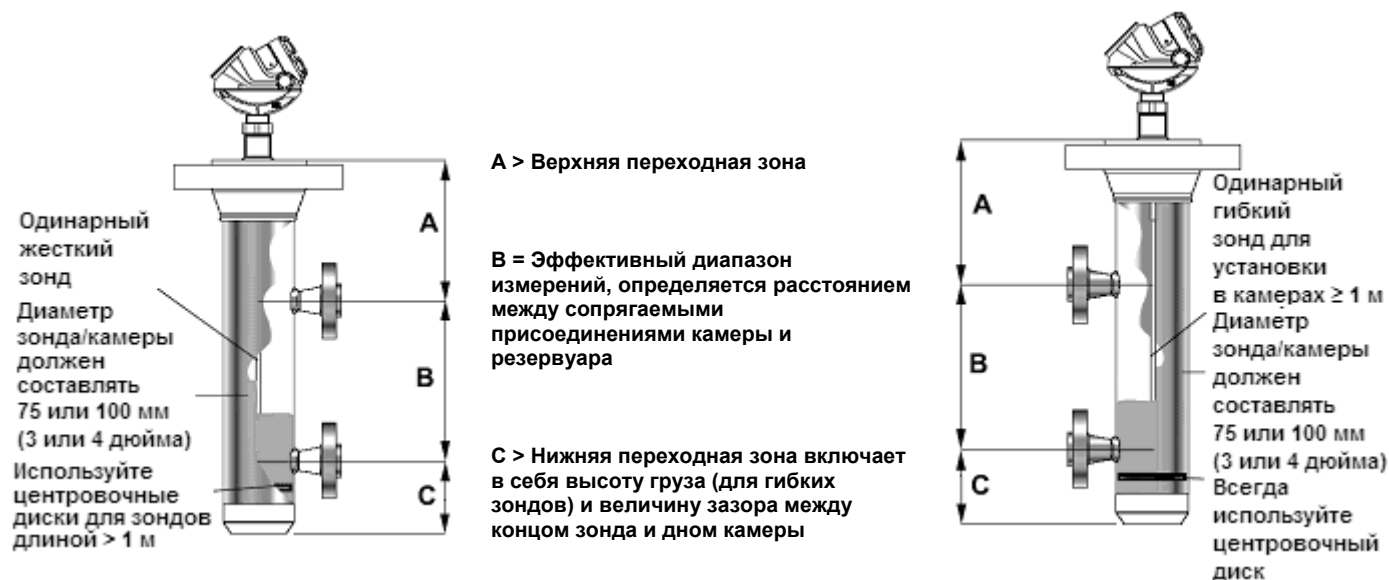
(3) Расстояние от нижней опорной точки, где измерения имеют пониженную точность, см. рис. выше.

(4) Примите к сведению, что длина груза добавляется к высоте переходной зоны. За дополнительной информацией обратитесь к разделу «Габаритные размеры» в Листе технических данных уровнемеров Rosemount серии 5300 (документ № 00813-0100-4530).

(5) Диапазон измерений для одинарного гибкого зонда с покрытием из PTFE включает в себя размеры груза при измерениях в среде с высокой диэлектрической проницаемостью.

Переходные зоны, находящиеся на верхней и нижней части зондов, представляют собой области пониженной точности измерений. На размер переходных зон влияют различные факторы – тип зонда, наличие или отсутствие центровочного диска, а также материал и свойства среды, в которой производятся измерения, как показано в таблице 2-2. Груз на гибком зонде уменьшает диапазон измерений соответственно длине груза. Поэтому рекомендуется выбирать размер камеры (А, С) таким образом, чтобы в эффективном диапазоне измерений (В) не создавалось помех. Переходные зоны также ограничивают минимальную длину зонда.

Рис. 2-7. Деление камеры на зоны.



Пример использования рекомендаций по изготовлению камер

(См. таблицу 2-2 на стр.2-7 для информации по переходным зонам).

В качестве примера рассмотрим измерение уровня нефти (один из наиболее сложных случаев). При использовании одинарного жесткого зонда с металлическим центровочным диском размер $A > 16$ см и размер $C > 25$ см. При использовании одинарного гибкого зонда со стандартным грузом размер $A > 18$ см и размер $C > 24$ см. В размер C включено расстояние от конца зонда до дна камеры, равное 5 см.

Замена буйковых уровнемеров в имеющихся выносных камерах

При замене устаревших механических уровнемеров, таких как буйковые, часто используются уже имеющиеся камеры. За подробной информацией о данном типе замены обратитесь к технической заметке "Замена буйковых уровнемеров на волноводные радарные уровнемеры Rosemount" (документ № 00840-2200-4811).

Варианты настройки диапазона измерений

Выносные камеры устанавливаются на резервуар в соответствии с желаемым типом и диапазоном измерений. Диапазон, измеряемый в камерах, часто является небольшой частью полной высоты резервуара.

В случае с буйковыми уровнемерами диапазон измерений и пределов выходного сигнала соответствует длине буйка. Нижний (НПД) и верхний (ВПД) пределы диапазона измерений соответствуют низу и верху буйка. В выносных камерах верхний и нижний пределы соответствуют высоте осевых линий отводных труб.

Вариант 1 –Установка НПД на уровень нижнего отбора (0мм)

Установите опорную высоту как расстояние до точки, где уровень является нулевым. В этом примере осевая линия нижней отводной трубы находится на расстоянии 483 мм от опорной точки. Диапазон выходного сигнала будет равен разнице высот осевых линий отводных труб относительно точки нулевого уровня. НПД нужно установить на 0 мм, ВПД должен быть установлен на 356 мм. Длина зонда должна быть установлена в соответствии с его реальной длиной.

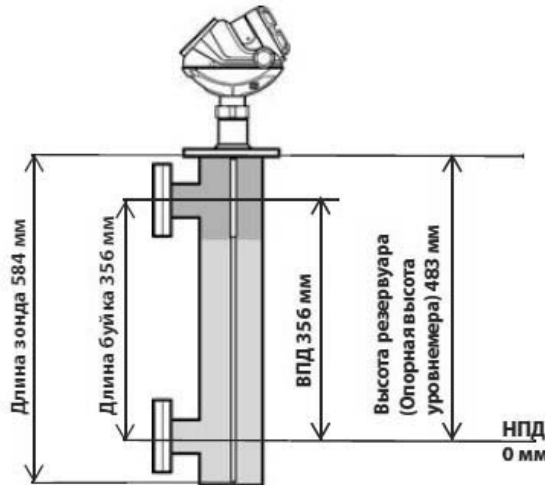
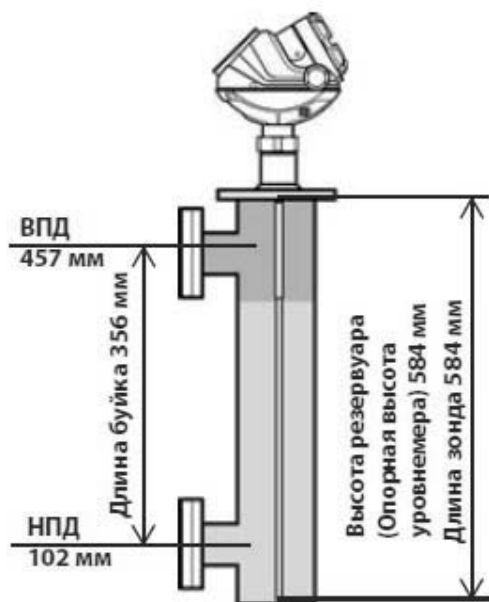


Рис. 2-8. Настройка диапазона измерений. Вариант 1 – установка НПД на уровень нижнего отбора.

Вариант 2 – Соответствие выходному сигналу буйкового уровнемера

Опорная высота должна равняться длине зонда. НПД равняется расстоянию от конца зонда до нижней отводной трубы. ВПД – это НПД плюс расстояние до осевой линии верхней отводной трубы. В этом примере опорная высота уровнемера равняется длине зонда (584 мм), НПД равняется 102 мм и ВПД равняется 457 мм.

Рис. 2-9. Настройка диапазона измерений. Вариант 2 – соответствие выходному сигналу буйкового уровнемера.



Вариант 3 – Соответствие общему уровню в резервуаре

Для того чтобы результат измерений соответствовал реальному уровню жидкости в резервуаре, в настройки уровнемера необходимо ввести корректную высоту резервуара. НПД равняется расстоянию от дна резервуара (нижней опорной точки) до осевой линии нижней отводной трубы. ВПД равно НПД плюс межцентровое расстояние между верхней и нижней отводными трубами. Также необходимо ввести реальную длину зонда.

Рис. 2-10. Настройка диапазона измерений. Вариант 3-соответствие общему уровню в резервуаре.



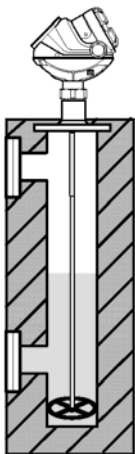
Пример: замена буйка длиной 813 мм зондом длиной 1041 мм. Опорная высота равняется расстоянию от монтажного фланца до дна резервуара. Длина зонда в настройках уровнемера должна соответствовать его реальной длине. НПД соответствует расстоянию от осевой линии нижней отводной трубы до дна резервуара.

Изоляция камеры

При наличии высоких температур процесса необходимо обеспечить изоляцию камеры. Это нужно для того, чтобы предотвратить ожоги обслуживающего персонала и уменьшить количество тепловой энергии, необходимой для обогрева. Часто изоляция обеспечивает некоторые преимущества и даже необходима для работы радарного уровнемера:

- При высокой температуре процесса изоляция снизит количество конденсата, так как предотвращает охлаждение верхней части камеры;
- Изоляция предотвращает затвердевание среды и, соответственно, закупорку отводных труб.

Рис. 2-11. При наличии высоких температур процесса необходимо обеспечить изоляцию камеры.



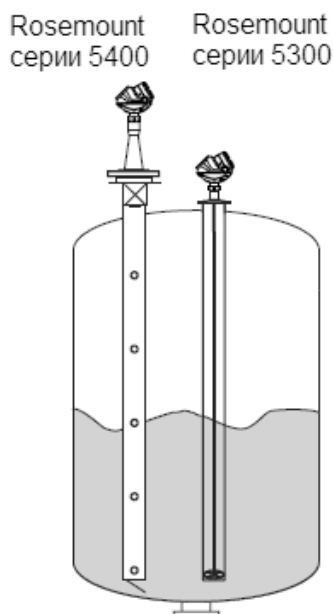
Монтаж в успокоительном колодце

Успокоительные колодцы или трубы используются в различных процессах и резервуарах различных типов. Причины использования успокоительных труб различны, но, как правило, главным преимуществом является то, что они обеспечивают более спокойную поверхность технологической среды и исключают влияние внутренних конструкций на результаты измерений.

Оба типа радарных уровнемеров – как волноводные, так и бесконтактные, обеспечивают надежные измерения в трубах:

- При наличии короткой трубы (длиной менее 3 м) или в случае измерения уровня границы раздела сред рекомендуется использовать радары серии 5300.
- При наличии более длинной трубы (длиной более 3 м) или в случае высокой вероятности образования отложений на зонде рекомендуется использовать радары серии 5400.
- Уровнемеры серии 5300 не могут быть изолированы от воздействия процесса, поэтому, на позициях, которые нельзя вывести из эксплуатации для технического обслуживания, рекомендуется использовать уровнемеры серии 5400 с шаровым клапаном.

Рис. 2-12. Установка радаров серии 5400 и 5300 в успокоительных колодцах/трубах.



При установке уровнемеров серии 5400 в трубах следует использовать конические антенны или антенны с уплотнением, при этом размеры перфорационных отверстий в трубе должны быть ограничены. См. рис. 2-14 на стр. 2-12. Отверстия должны располагаться на одной стороне трубы. Зазор между краем конической антенны и внутренней стенкой трубы должен составлять не более 5 мм; при необходимости, уровнемер может быть оснащен конической антенной большего диаметра, которую можно укоротить по месту. Если бесконтактный радарный уровнемер измеряет жидкость с малым значением диэлектрической постоянной, на конце трубы установите пластину – отражатель под углом 45°. Пренебрежение данными рекомендациями может сказаться на надежности и точности измерений.

Рис. 2-13. Радар серии 5400, установленный в успокоительном колодце и величина зазора между стенкой трубы и краем антенны.

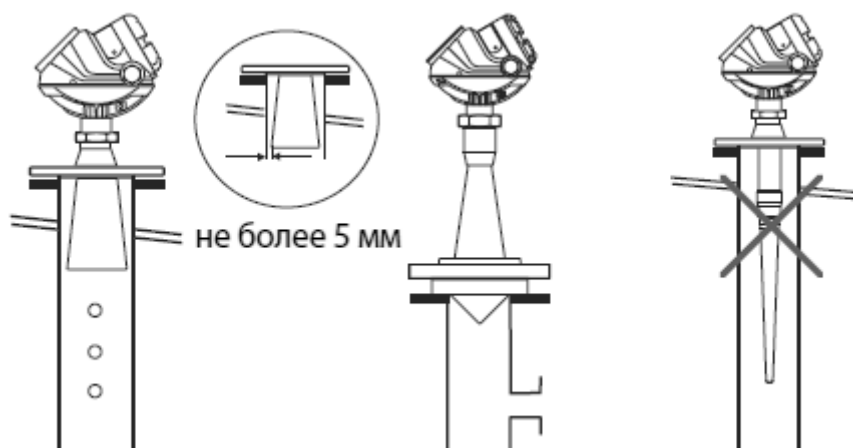
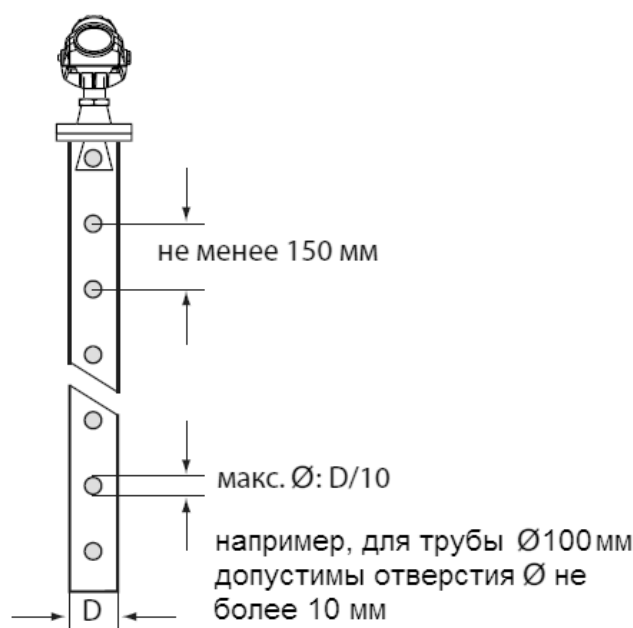


Рис. 2-14. Рекомендованный размер перфорационных отверстий для установки уровнемеров Rosemount серии 5400 в успокоительных колодцах.



Для уровнемеров серии 5300 рекомендации по монтажу в успокоительных колодцах практически идентичны рекомендациям по монтажу в выносных камерах, которые рассмотрены в предыдущем разделе.

Для получения более подробной информацией обратитесь к технической заметке «Рекомендации по выбору и монтажу радарных уровнемеров в успокоительных колодцах и выносных камерах» (документ № 00840-0300-4024).

Монтаж на резервуаре

Рекомендации по монтажу

Выбирая оптимальное место для монтажа уровнемера на резервуаре, примите во внимание следующие условия.

Для Rosemount серии 5300:

- Уровнемер не должен быть установлен вблизи впускных труб и отверстий, при этом следует убедиться, что зонд не будет касаться со стенок патрубка (вариант X на рис. 2-15).
- Если вероятность касания зонда стенки резервуара, патрубка или других внутренних конструкций все-таки существует, в таких случаях рекомендуется использовать коаксиальный зонд. Для определения минимальных расстояний между зондом и стенками резервуара, обратитесь к таблице 2-3 на стр. 2-13.
- Для измерения уровня в резервуарах с мешалками, как правило, рекомендуется использовать бесконтактные радары. Если все же используется волноводный уровнемер, то зонд следует закрепить к дну резервуара (вариант Y на рис. 2-15) с целью ограничения его раскачивания из-за турбулентности. Рекомендации по креплению зонда приведены в руководстве по эксплуатации радаров серии 5300. Так же примите во внимание то, что интенсивное движение жидкости может оказывать сильную боковую нагрузку на зонд, что может привести к его обрыву или поломке.

Рис. 2-15. Пример монтажа уровнемера серии 5300 на резервуаре с мешалкой.

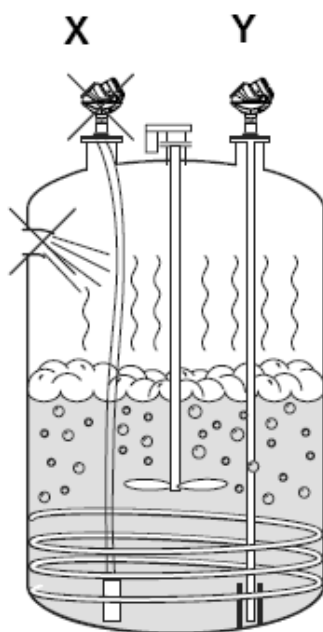


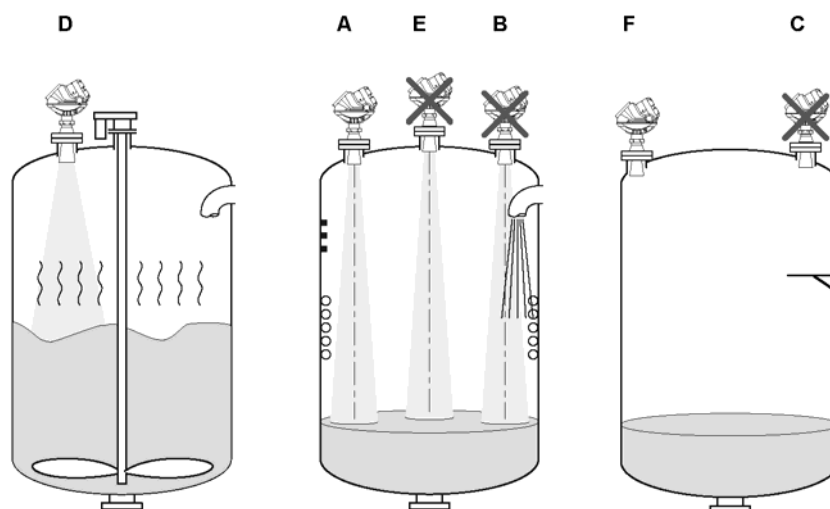
Табл. 2-3. Минимальное расстояние от зонда до стенки резервуара или внутреннего объекта.

	Коаксиальный	Двойной жесткий	Двойной гибкий	Одинарный жесткий	Одинарный гибкий
Мин. расстояние от стенки резервуара или внутреннего объекта	0 см	10 см	10 см	10 см при наличии гладкой металлической стенки 50 см при наличии внутренних конструкций, шероховатых металлических или бетонных / пластиковых стенок	10 см при наличии гладкой металлической стенки 50 см при наличии внутренних конструкций, шероховатых металлических или бетонных / пластиковых стенок

Для достижения требуемых результатов, радары Rosemount серии 5400 рекомендуется устанавливать в местах, с которых обеспечивается беспрепятственная видимость поверхности жидкости (вариант А на рис. 2-16):

- Впускные патрубки (вариант В на рис. 2-16) и неподвижные металлические объекты, имеющие горизонтальные поверхности (вариант С на рис. 2-16), должны оставаться на достаточном расстоянии, чтобы не попадать в зону распространения радарного сигнала уровнемера. За дополнительной информацией обратитесь к листу технических данных радаров серии 5400 (документ № 00813-0100-4026).
- Мешалки с большими горизонтальными лопастями могут препятствовать работе уровнемера, поэтому его следует устанавливать там, где влияние мешалок будет минимальным. Вертикальные и наклонные лопасти зачастую не создают помех для измерений, но создают турбулентность (вариант D на рис. 2-16)
- Радарный уровнемер следует устанавливать не по центру резервуара (вариант Е на рис. 2-16).

Рис. 2-16. Правильное и неправильное расположение радара серии 5400 на резервуаре.



Особенности монтажа на патрубках

В зависимости от выбранной модели радара и антенны/зонда существуют различные способы минимизирования влияния помех, создаваемых патрубками, на результаты измерений.

Rosemount серии 5300

Патрубки не оказывают никакого влияния на распространение сигналов в коаксиальном зонде. Одинарные и двойные зонды имеют некоторые ограничения по монтажу в патрубках, например, избегайте монтажа таких зондов в патрубки, имеющие сужения, а также в слишком высокие и слишком узкие патрубки.

Рис. 2-17. Монтаж в патрубки

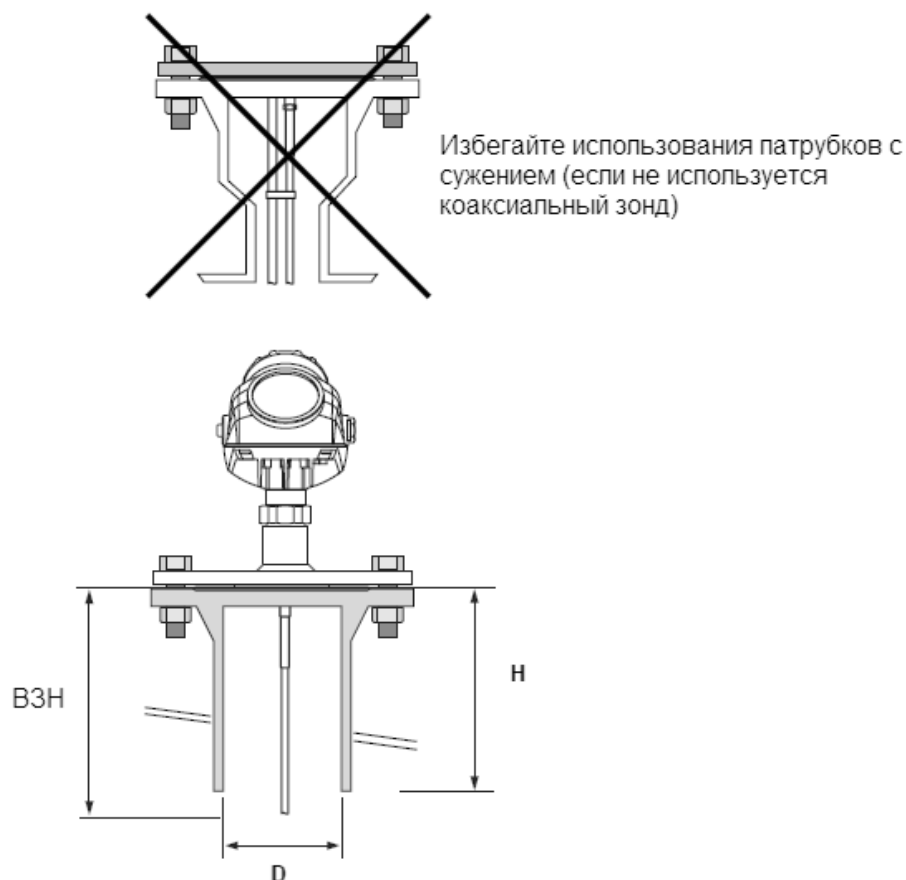


Табл. 2-4. Требования к патрубкам.

	Одиночный (жесткий / гибкий) зонд	Коаксиальный зонд	Двойной (жесткий / гибкий) зонд
Рекомендуемый диаметр патрубка (D)	100-150 мм	> диаметра зонда	100-150 мм
Минимальный диаметр патрубка (D)⁽¹⁾	50 мм	> диаметра зонда	50 мм
Максимальный диаметр патрубка (H)	100 мм + диаметр патрубка	НЕТ	100 мм + диаметр патрубка патрубка ⁽²⁾

(1) В этом случае может потребоваться настройка верхней зоны нечувствительности (B3H или UNZ) для минимизирования помех от патрубка, что, в свою очередь, может сократить максимальный диапазон измерений.

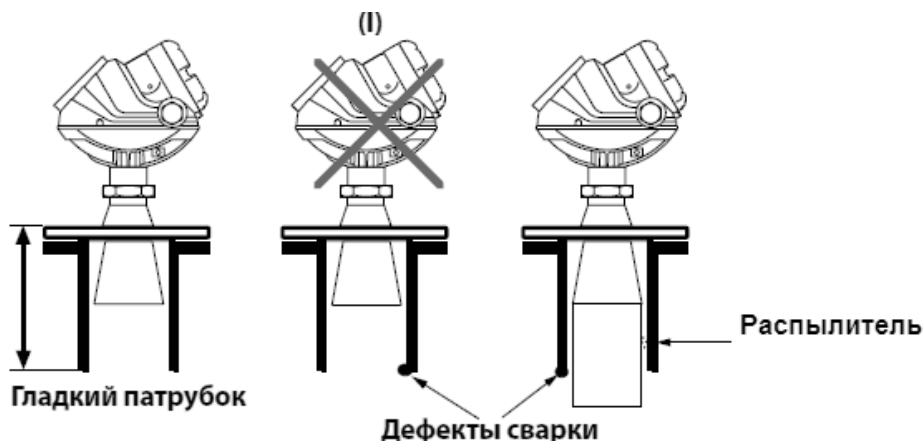
(2) При монтаже одиночного гибкого зонда в высоком патрубке рекомендуется использовать удлиняющий стержень (код опции LS).

Rosemount серии 5400

Модель 5402 с конической антенной

Антенна может монтироваться в патрубках диаметром не менее 50 мм (2 дюйма), а также в гладких патрубках высотой до 2 м. Если стенки патрубка не гладкие или имеются объекты, создающие помехи, рекомендуется использовать удлиненную коническую антенну (вариант I на рис. 2-18).

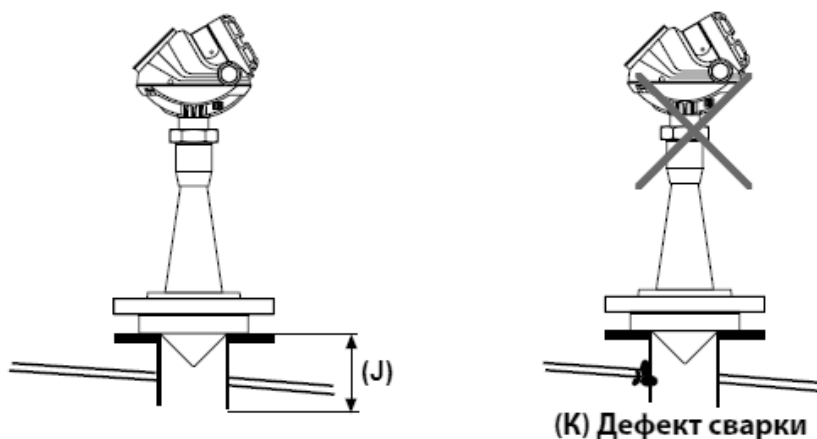
Рис. 2-18. Монтаж модели 5402 с конической антенной в патрубке.



Модель 5402 с антенной с уплотнением

Антенна с уплотнением может монтироваться в патрубках диаметром 50, 75 и 100 мм (2, 3 и 4 дюйма), и высотой до 2 м, (вариант J на рис. 2-19), но препятствия внутри патрубка (вариант K на рис. 2-19) могут быть причиной возникновения помех и ложных эхо-сигналов. Такие препятствия следует устранить или минимизировать их воздействие. Монтажный фланец на резервуаре должен быть плоским или с выступом, но возможно применение фланцев и другой конструкции. Обратитесь за технической консультацией в местное представительство Emerson.

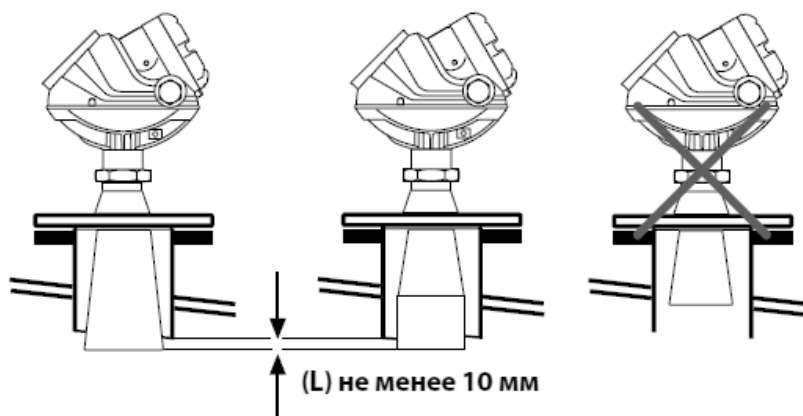
Рис. 2-19. Модель 5402 с антенной с уплотнением.



Модель 5401 с конической антенной

Модель 5401 с конической антенной может монтироваться на резервуарах с патрубками диаметром не менее 100 мм (4 дюйма). Нижний край антенны должны выступать из патрубка как минимум на 10 мм (вариант L на рис. 2-20). При необходимости возможно использование удлиненной конической антенны.

Рис. 2-20. Модель 5401 с конической антенной.



Изолирование от процесса для проведения обслуживания

В тех случаях, когда резервуар не может быть выведен из эксплуатации долгое время, а уровнемеру может потребоваться обслуживание, например, поверка, для изолирования уровнемера от процесса рекомендуется использовать шаровые клапаны.

Для таких случаев рекомендуется использовать модель 5402 с антенны с уплотнением, так как данная конфигурация не требует использования дополнительных трубных секций («катушек»). Также возможно использование стандартной конической антенны, но при этом потребуется установка «катушки».

Необходимо убедиться, что переход между клапаном патрубком, как и внутренняя поверхность клапана, являются ровными и гладкими.

Уровнемеры серии 5300 не могут быть использованы с шаровыми клапанами из-за наличия зонда. Для изоляции от процесса уровнемеров данного типа необходимо применение выносной камеры.

Выбор зонда и антенны

В дополнение к месту монтажа, монтажа на патрубках и вариантах изоляции от технологического процесса, имеются и другие факторы, которые следует принимать во внимание при выборе антенны или зонда:

- В большинстве случаев рекомендуется использование одинарных зондов и конических антенн. Антенна должна быть максимально возможного размера.
- При наличии турбулентности или пенообразования на поверхности измеряемой среды следует рассмотреть возможность применения волноводных уровнемеров с коаксиальным зондом. При использовании бесконтактного радара в таких условиях, необходимо использовать в успокоительный колодец/трубу.
- Коаксиальные и жесткие зонды имеют меньший диапазон измерений по сравнению с одинарными и более чувствительны к загрязнениям и отложениям.

Табл. 22-5. Факторы, влияющие на выбор зонда.

Коаксиальный	Двойной	Одинарный
Максимальная вязкость		
500 сП ⁽¹⁾	1500 сП ⁽²⁾	8000 сП ⁽³⁾
Отложения		
Отложения не допускаются	Допускается тонкий слой отложений без образования перемычек	Отложения допускаются

(1) Примерно равно вязкости моторного масла SAE30 при комнатной температуре.

(2) Примерно равно вязкости моторного масла SAE70 при комнатной температуре.

(3) Примерно равно вязкости патоки при комнатной температуре.

Следует обязательно удостовериться в том, что материалы зонда или антенны устойчивы к воздействию технологической среды, а температуры и давления процесса находятся в допустимом для работы уровнемера диапазоне.

За более подробной информацией обращайтесь к «Рекомендациям по выбору приборов для измерения уровня» (документ № 00803-0100-6112).

Раздел 3

Использование на НПЗ

Указания по технике безопасности	Стр. 3-1
Использование на НПЗ	Стр. 3-2
Применения в выносных камерах.....	Стр. 3-2
Применения в успокоительном колодце	Стр. 3-9
Применения в резервуарах.....	Стр. 3-10
Ограничения по применению радаров	Стр. 3-14

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе рассмотрены применения уровнемеров в выносных камерах, успокоительных колодцах/трубах и на резервуарах с различным давлением и температурой, встречающиеся на НПЗ.

В дополнение к списку типовых применений, характеристикам применений, и информации об опыте использования радарных уровнемеров, в конце данного раздела приведены ограничения по их применению.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА НПЗ

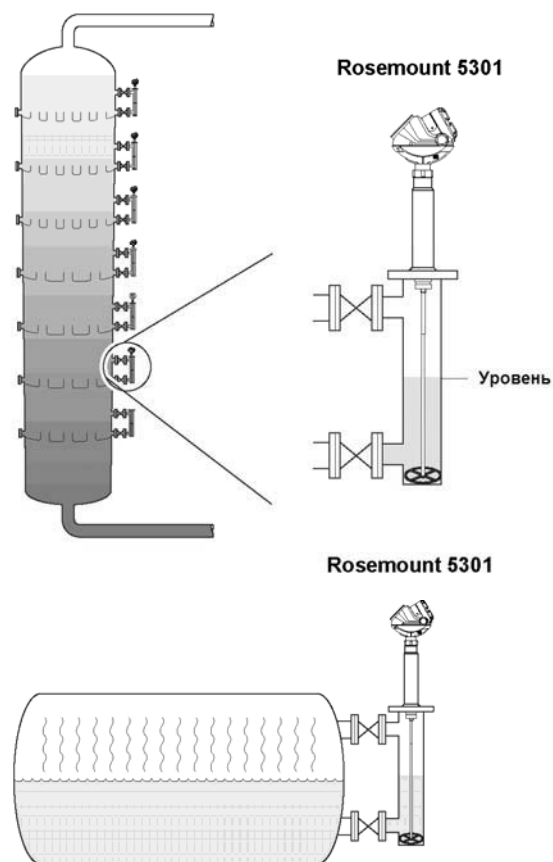
Применения в выносных камерах

Измерение уровня при высокой температуре и среднем/низком давлении

Типовые применения

- Кубы ректификационных колонн
- Теплообменники/оросители
- Резервуары-накопители

Рис. 3-1. Rosemount 5301, установленные на выносных камерах ректификационной колонны и теплообменника.



Характеристика технологического процесса

- Кипение жидкости приводит к снижению силы отраженных сигналов, особенно при измерении уровня углеводородов, например, нефти и дизельного топлива в атмосферных ректификационных колоннах сырой нефти.
- Продукт может быть очень вязким и образовывать сильные отложения в камере и на зонде.
- Тяжелые пары могут образовывать сильные отложения на зонде.

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется уровнемер Rosemount 5301 с одинарным зондом (код опции «4А» или «5А»). При необходимости следует использовать центровочный диск.
- Температурные условия:
 - Для высокотемпературных процессов следует использовать технологическое уплотнение исполнения НТНР. Оно рассчитано для работы при максимальной температуре процесса до 400°C.
 - Используйте металлические центрирующие диски, код опции «Sx».
- В процессах с низкой отражающей способностью измеряемого продукта рекомендуется использовать программную функцию «Проецирование конца зонда» (PER). Дополнительная информация приведена в руководстве по эксплуатации волноводных радарных уровнемеров Rosemount серии 5300 (документ № 00809-0100-4530).
- Для минимизирования конденсации необходимо обеспечить термоизоляцию камеры.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях, например, в колоннах перегонки вакуумного остатка, жидкость может оказаться слишком вязкой для практического применения камер. В таких случаях рекомендуется использовать датчик перепада давления, оснащенный диафрагмами с промывкой.

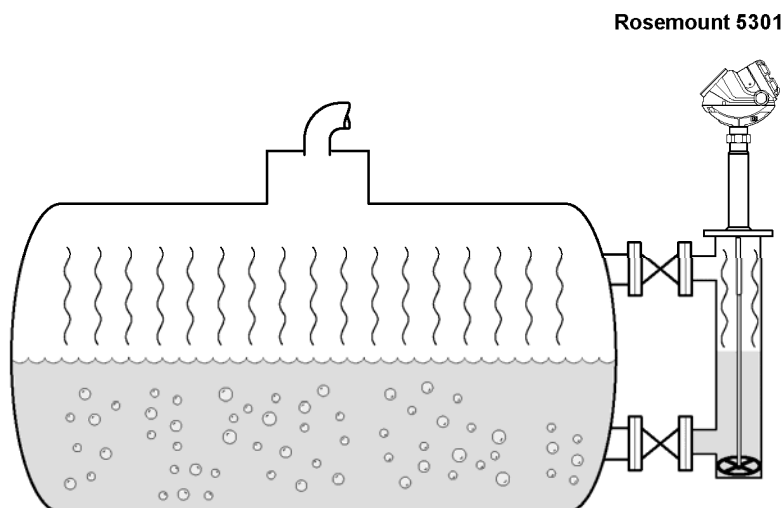
При температурах ниже 150°C и давлениях ниже 4 МПа (40 бар) вместо уплотнения НТНР можно использовать стандартное технологическое уплотнение. Например, оно подходит для измерений верхней части ректификационной колонны. См. Раздел 4 «Ввод в эксплуатацию» на стр. 4-2.

Измерение уровня при высокой температуре и высоком давлении

Типовые применения

- Паровые котлы и системы питательной воды

Рис. 3-2. Нагреватель системы питательной воды.



Характеристики технологического процесса

- Кипящая вода с насыщенным водяным паром
- Интенсивная конденсация
- Вода и насыщенный водяной пар обладают особыми свойствами, см. табл. 3-1.
- Сила эхо-сигнала от поверхности воды снижается по мере роста температуры и давления процесса.
- Насыщенный пар снижает скорость распространения микроволновых импульсов, что приводит к возникновению дополнительной погрешности измерений. Если не принять этот факт во внимание, то дополнительная погрешность в значении уровня будет пропорциональна измеренному расстоянию. Изменение давления и температуры будут также влиять на величину погрешности.

Табл. 3-1. Свойства воды и насыщенного водяного пара.

Температура, °C	Давление, МПа (бар)	ДП жидкости	ДП пара	Погрешность измерений (%), без компенсации
38	0,01 (0,1)	74	1,001	0,0
93	0,1 (1)	57	1,005	0,2
149	0,5 (5)	44	1,022	1,1
204	1,7 (17)	34	1,069	3,4
260	4,7 (47)	25	1,180	8,6
316	10,6 (106)	18	1,461	20,9
364	20,0 (200)	~13	2,5	58

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование уровнемера Rosemount 5301 с одинарным зондом (код опции «4А») и центровочным диском, при необходимости.
- Температурные условия:
 - необходимо использовать технологическое уплотнение для высоких температур и высоких давлений (НТНР, код опции «Н»), рассчитанное на следующие максимальные значения температуры и давления: 20,3 МПа (203 бар) при 400°C.
 - Используйте металлические центровочные диски, код опции «Sx».
- Для минимизирования конденсации необходимо обеспечить термоизоляцию камеры.
- При вводе уровнемера в эксплуатацию должны быть приняты во внимание специфические свойства воды и насыщенного пара.

Уровнемер необходимо настраивать при активном технологическом процессе, в противном случае эхо-сигнал от поверхности среды будет слишком сильным, и уровнемер не будет настроен корректно.

ПО Rosemount Radar Master (RRM) может быть использовано для компенсации погрешности, вызванной ДП насыщенного пара:

Setup > Tank > Environment > Activate Advanced Mode > Vapor Dielectric Constant Calculator

(Настройка > Параметры резервуара > Активировать расширенные настройки > Калькулятор ДП пара)

Рис. 3-3. Калькулятор диэлектрической постоянной пара.

ПРИМЕЧАНИЕ

Компенсация ДП насыщенного пара является фиксированной и корректирует измерения уровня только при заданных условиях. Это означает, что уровнемер будет корректно измерять уровень в рабочих условиях, но не при пуске или останове процесса, когда значения параметров процесса отличаются от рабочих. См. таблицу 3-2 на стр. 3-6.

Табл. 3-2. Погрешность измерений уровня с установленной фиксированной компенсацией ДП пара во время останова процесса.

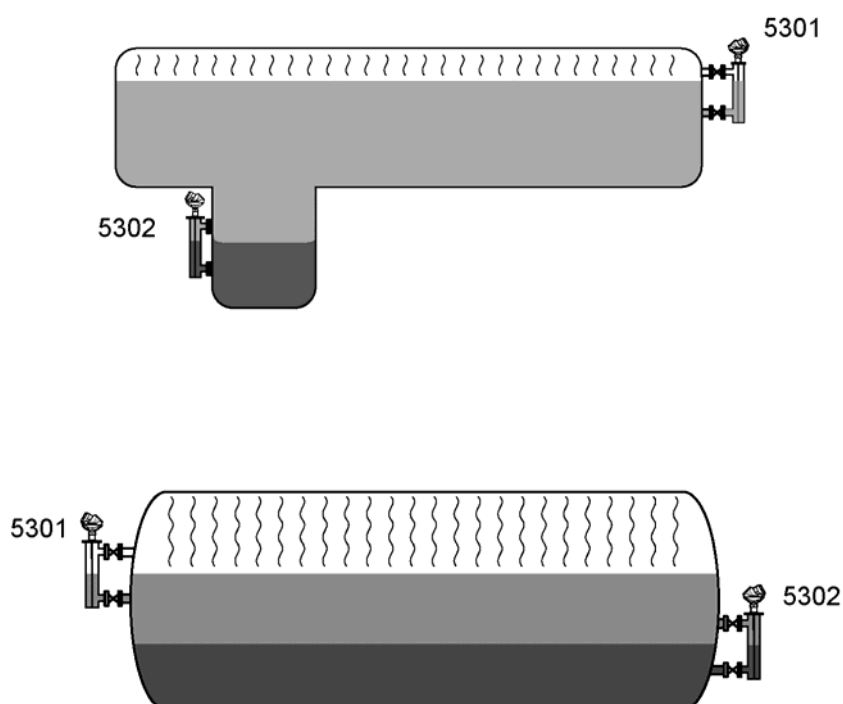
Заданная ДП пара	Ошибка в показаниях, если установлена ДП = 1 (соответствует ДП водяного пара при комнатной температуре)		Смещение показаний, если ДП пара задана верно
	Поверхность среды в 380 мм от фланца	Поверхность среды в 760 мм от фланца	
1,001	0 мм	0 мм	0 мм
1,022	4 мм	8 мм	0 мм
1,180	33 мм	65 мм	0 мм

Измерение уровня и уровня границы раздела сред при высокой температуре и высоком давлении

Типовые применения

- Сепараторы, в частности, с низкой температурой и высоким давлением и с высокой температурой и низким давлением в установке гидроочистки
- Коагуляторы

Рис. 3-4. Сепараторы с установленными уровнемерами Rosemount серии 5300.



Характеристики технологического процесса

- Между средами возможно образование значительного эмульсионного слоя, который размывает границу раздела сред.
- Испарения могут стать причиной образования отложений и продукта.

Рекомендуемое решение

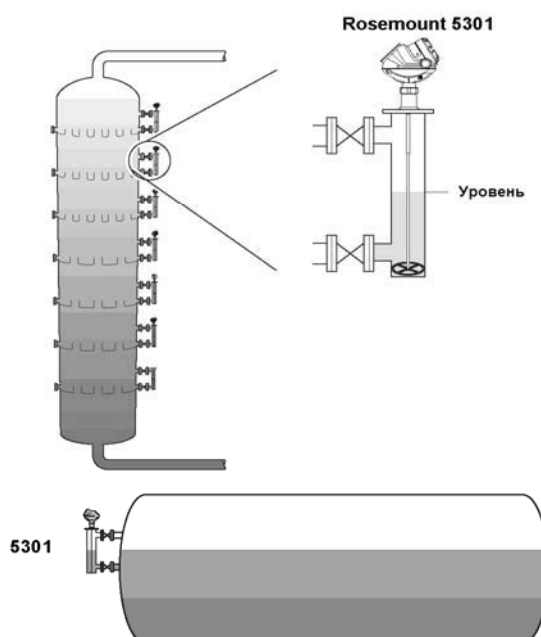
- Рекомендуется использование уровнемер Rosemount 5301 с отдельным промывочным кольцом или фланцем со встроенной промывкой. В качестве альтернативы, при наличии парогазовой подушки, рекомендуется использование уровнемера Rosemount модели 5302.
- Чтобы удостовериться, что все необходимые условия для успешного измерения уровня границы раздела, особенно в отношении эмульсионного слоя, выполнены, обратитесь к листу технических данных уровнемеров серии 5300 (документ № 00813-0100-4530).
- При использовании выносных камер рекомендуется применять одинарные зонды исполнений «4А» или «5А», с установленным при необходимости центровочным диском.
- Условия температуры и давления:
 - Используйте уплотнение для высоких температур и высоких давлений (НТНР, код опции «Н»), рассчитанное на следующие максимальные значения температуры и давления: 20,3 МПа (203 бар) при 400°C.
 - Используйте металлические центровочные диски, код опции «Sx».
- При наличии эмульсионного слоя, может потребоваться ручная подстройка параметра Interface Threshold (порог эхо-сигнала уровня границы раздела сред) в ПО уровнемера.

Измерение уровня при стандартных значениях температуры и давления

Типовые применения

- Ректификационные колонны (верхняя часть)
- Сепараторы
- Буферные резервуары
- Накопительные / питательные резервуары

Рис. 3-5. Ректификационная колонна и сепаратор с установленными уровнемерами Rosemount серии 5300.



Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount 5301 с одинарными зондами (код опции «4А»), с центрирующим диском, при необходимости.
- Используйте стандартное технологическое уплотнение (код опции «S»), рассчитанное на следующие максимальные значения температуры и давления: 4 МПа (40 бар) при 150°C
- Кроме металлических центровочных дисков также могут использоваться диски из PTFE, код опции «Рх»

Измерение уровня границы раздела сред при стандартных значениях температуры и давления

Типовые применения

- Накопительные резервуары
- Резервуары-отстойники
- Нефтеесборники
- Сепараторы

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount 5301 с отдельным промывочным кольцом или фланцем со встроенной промывкой. В качестве альтернативы, при наличии парогазовой подушки, используйте уровнемер Rosemount модели 5302.
- При использовании выносных камер рекомендуется применять одинарные зонды исполнений «4А» или «5А», с установленным при необходимости центровочным диском.
- Используйте стандартное технологическое уплотнение (код опции «S»), рассчитанное на следующие максимальные значения температуры и давления: 4 МПа (40 бар) при 150°C.
- Кроме металлических центровочных дисков также могут использоваться диски из PTFE, код опции «Рх».

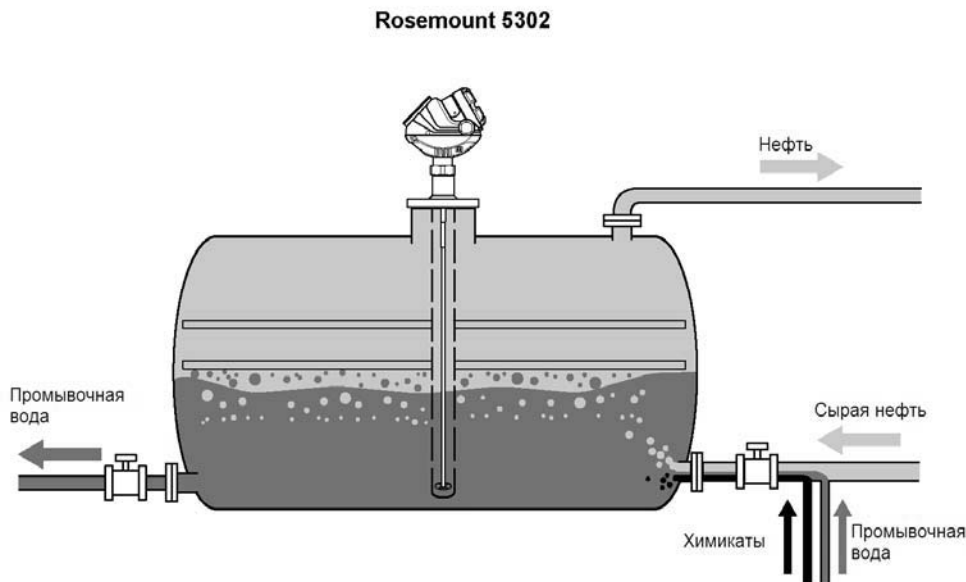
Рис. 3-6. Измерение уровня границы раздела при помощи уровнемера Rosemount 5302.



Применения в успокоительном колодце

Рис. 3-7. Обессоливатель с
установленным
уровнемером
Rosemount 5302.

Применения в обессоливателях



Характеристики технологического процесса

- Вязкая и грязная сырая нефть, содержащая воду и твердые включения
- Граница раздела нефти/вода может быть нечеткой из-за толстого слоя эмульсии

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использовать многопараметрический уровнемер Rosemount 5302 для одновременного измерения уровня и уровня границы раздела сред.
- При установке уровнемера в успокоительном колодце/трубе, ее диаметр должен составлять как минимум 100 мм (4 дюйма). Успокоительный колодец/труба должен быть перфорирован по всей длине, для обеспечения равномерной циркуляции жидкости.
- Уровнемер рекомендуется оснащать одинарным зондом, коды опций «4А» или «5А», с центровочным диском из нержавеющей стали или PTFE, коды опций «Рх» или «Sx».
- Используйте стандартное технологическое уплотнение (код опции «S»), рассчитанное на следующие максимальные значения температуры и давления: 4 МПа (40 бар) при 150°C.
- Корпус электроники не должен нагреваться выше допустимой температуры. При необходимости рекомендуется использовать уплотнение для высоких давлений (HTHP, код опции «Н»), для изоляции блока электроники уровнемера от воздействия температур процесса.
- При наличии эмульсионного слоя, может потребоваться ручная подстройка параметра Interface Threshold (порог эхо-сигнала уровня границы раздела сред) в ПО уровнемера.

Измерение уровня сжиженных газов

Типовые применения

- Небольшие резервуары со сжиженным природным и углеводородным/нефтяным газом

Характеристики технологического процесса

- Сжиженные газы имеют очень низкую диэлектрическую проницаемость и коэффициент отражения эхо-сигналов.
- Кипение сжиженных газов является дополнительным фактором уменьшения силы отраженных сигналов.

Рекомендуемое решение

- Для измерений, не связанных с учетом продукта, возможно использование уровнемера Rosemount 5402 с конической антенной или антенной с технологическим уплотнением.
- При наличии турбулентности и возмущений на поверхности среды необходимо использовать колодец диаметром 2-4 дюйма (Ду50-Ду100).
- Для изоляции уровнемера 5402 от воздействия технологического процесса можно использовать полнопроходной шаровой вентиль/клапан.

Применения в резервуарах

Измерение уровня аммиака

Характеристики технологического процесса

- Жидкий безводный аммиак образует тяжелые пары, которые ослабляют радарный сигнал.

Рекомендуемое решение

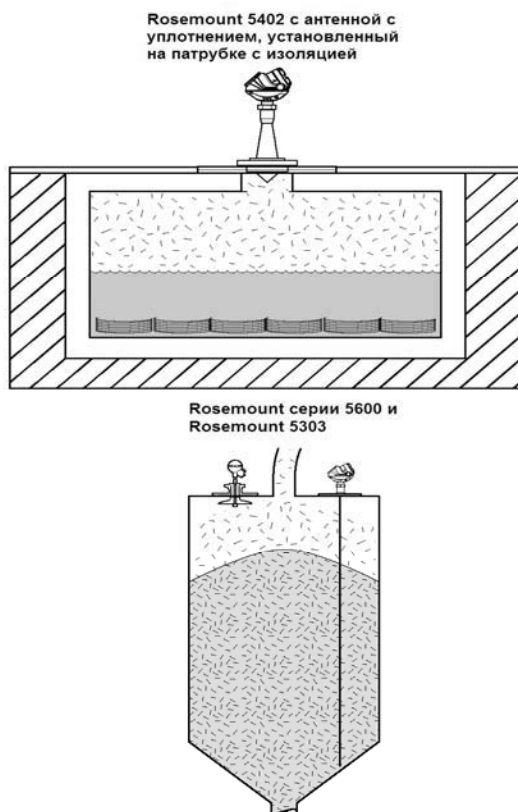
- Рекомендуется использовать Rosemount 5301 с любым зондом.
- Смачиваемые материалы должны быть совместимы с технологическими средами. Например, многие инженеры КИПиА считают, что технологические уплотнения зондов или антенн из материалов Viton® и Buna-N® неустойчивы к аммиаку. Если предпочтение отдается решениям без таких уплотнений, то можно использовать уплотнение для высоких давлений (НР, код опции «Р»).
- Дополнительная информация по измерению уровня аммиака радарными уровнемерами приведена в соответствующей технической заметке (документ № 00840-0100-4811).

Измерение уровня сыпучих и твердых сред

Типовые применения

- Бункеры с коксом
- Бункеры с отработанным катализатором
- Хранилища серы

Рис. 3-8. Хранилище серы с уровнемером Rosemount 5402 (вверху) и бункер с отработанным катализатором с уровнемерами Rosemount серии 5600 и Rosemount 5303 (внизу).



Характеристики технологического процесса

- Поверхность сыпучих и твердых материалов редко бывает горизонтальной или плоской, угол наклона поверхности будет меняться в зависимости от того, наполняется бункер или опустошается.
- Большинство сыпучих материалов имеют достаточно низкую диэлектрическую постоянную. Для радарных уровнемеров этот фактор является ключевым и определяет силу отраженных эхо-сигналов, принимаемых преобразователем уровнемера.
- При наполнении бункера образуется много пыли.
- Сыпучие материалы оказывают растягивающие нагрузки на зонд, воздействие которых может привести к его обрыву. Этот фактор необходимо учитывать при установке уровнемера в резервуаре высотой более 15 м.

Рекомендуемое решение

- Хранилища серы: рекомендуется использование Rosemount 5402, с антенной с технологическим уплотнением. Для снижения количества отложений рекомендуется применять продувку, изоляцию, обогрев места установки.
- Бункеры с отработанным катализатором
высотой до 18 м: рекомендуется использование Rosemount 5303 с стандартным зондом (код опции 6A), оснащенным удлиняющим стрижнем.
высотой более 18 м: рекомендуется использование Rosemount 5601 с параболической антенной и защитным кожухом.
- Бункеры с коксом: рекомендуется использование Rosemount серии 5600 с параболической антенной и защитным кожухом.

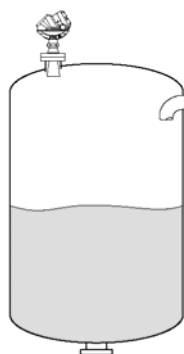
Резервуары-хранилища

Типовые применения

- Хранение химических реагентов - кислот, щелочей и топлива
- Емкости временного хранения сырой нефти
- Измерение уровня сточных вод

Рис. 3-9. Хранилище химикатов.

Rosemount 5402



Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использовать Rosemount 5402 с конической антенной
- Перед установкой необходимо проверять стойкость/совместимость материалов

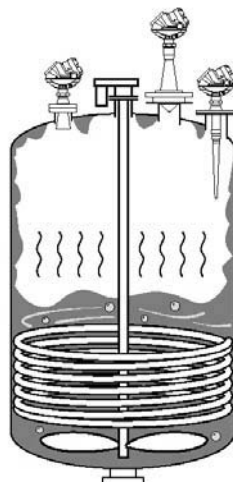
Резервуары с мешалками

Типовые применения

- Резервуары-смесители – например, кислот, катализаторов
- Резервуары-смесители
- Реакторы

Рис. 3-10. Резервуар с мешалкой и уровнемером Rosemount серии 5400.

Rosemount серии 5400



Характеристики технологического процесса

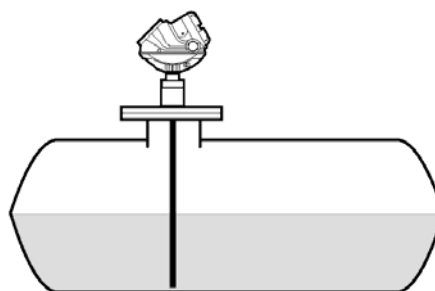
- Среда может быть агрессивной, возможно образование паров, наличие турбулентности, пены.

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount серии 5400

Резервуары-компрессоры

Рис. 3-11. Резервуар-компрессор.



Характеристики технологического процесса

- Небольшие емкости с нефтью
- Емкость может быть слишком мала для монтажа выносной камеры – предпочтительнее будет установка непосредственно на резервуар

Рекомендуемое решение

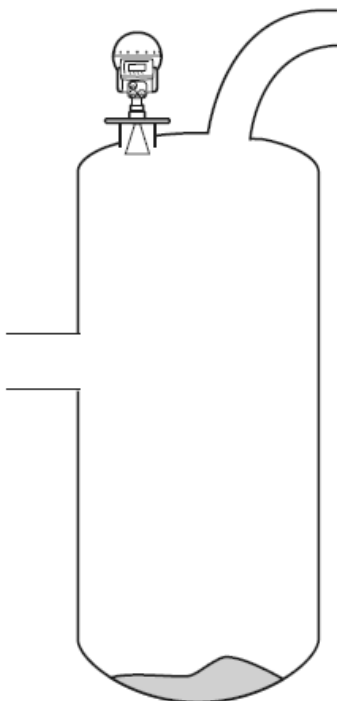
- Рекомендуется использование Rosemount 5301 со стандартным одинарным зондом.

Резервуары с очень быстрыми изменениями уровня

Типовые применения

- Продувочный сепаратор

Рис. 3-12. Продувочный сепаратор с уровнемером Rosemount серии 5600.



Характеристики технологического процесса

- Резервуар может очень быстро заполняться, например, из-за аварийной ситуации в технологическом процессе.

Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount серии 5600

Ограничения по применению радаров

В большинстве случаев волноводные радары не являются подходящим решением для измерения уровня очень вязких сред, имеющих низкую текучесть. Если волноводный уровнемер используется для измерения уровня очень вязкой среды и смонтирован в камере, то камера должна быть оборудована обогревом и теплоизоляцией для обеспечения текучести среды. Примером такого процесса является установка для перегонки вакуумного остатка. Для измерения уровня в процессах с образованием тяжелых отложений, таких как асфальт, следует использовать бесконтактные радары.

Измерения в очень маленьких емкостях (высотой менее 450 мм) могут происходить в переходных зонах, а не в зоне активных измерений, что может являться причиной снижения точности и линейности измерений. В дополнение к этому, если среда имеет низкую диэлектрическую проницаемость, является горячей и/или неспокойной, может потребоваться тщательная настройка пороговых значений в ПО уровнемера. Свяжитесь с местным представителем Emerson Process Management для получения технической поддержки.

Раздел 4

Ввод в эксплуатацию

Указания по технике безопасности	Стр. 4-1
Ввод в эксплуатацию.	Стр. 4-2
Коррекция ближней зоны (только для Rosemount серии 5300)Стр. 4-2	
Сохранение данных настройки и резервных копий	Стр. 4-3
Проверка на стенде (по желанию заказчика)	Стр. 4-3

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

⚠ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

ВВЕДЕНИЕ

Данный раздел представляет собой краткое описание процедуры ввода в эксплуатацию и не содержит полной информации.

Для выполнения процедуры ввода в эксплуатацию необходимо выполнить действия, описанные в кратком руководстве по монтажу или руководстве по эксплуатации соответствующего изделия. В конце данного справочного руководства приведены специальные контрольные таблицы, которые можно использовать при вводе уровнемера в эксплуатацию и техническом обслуживании.

ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Установка уровнемера должна производиться в соответствии с описаниями, приведенными в кратком руководстве по монтажу или руководстве по эксплуатации, входящим в комплект поставки. Несмотря на то, что уровнемер можно установить на стенде, его следует конфигурировать в соответствии с реальными условиями технологического процесса.

Не изгибайте зонд уровнемеров серии 5300 ни на одном из этапов установки. Если необходимо, укоротите зонд, установите центровочный диск или зафиксируйте зонд во время механического монтажа. За дополнительными сведениями обратитесь к соответствующему руководству по эксплуатации (документ № 00809-0100-4530).

Помимо вышеперечисленных действий, для достижения оптимальной производительности рекомендуется выполнить действия, описанные ниже.

Коррекция ближней зоны (только для Rosemount серии 5300)

Микропрограмма уровнемеров Rosemount серий 5300 имеет встроенные функции, при помощи которых возможно минимизирование верхней переходной зоны в соответствии с реальными условиями монтажа. Данные функции особенно полезны при установке уровнемера в короткую выносную камеру, что довольно часто встречается на НПЗ.

Для активации этих функций убедитесь в том, что выносная камера свободна от продукта, либо в том, что (верхний) продукт находится на расстоянии не менее 1 м от технологического присоединения, а затем выполните команду коррекции ближней зоны (Trim Near Zone) в ПО уровнемера.

Rosemount Radar Master > Advanced > Near Zone > Trim Near Zone
(Расширенные настройки > Ближняя зона > Коррекция ближней зоны)

Рис. 4-1. Окно расширенных настроек.



Для получения подробной информации о функции коррекции ближней зоны (Trim Near Zone) обратитесь к руководству по эксплуатации уровнемеров серии 5300 (документ № 00809-0100-4530).

Сохранение данных настройки и резервных копий

В качестве заключительного этапа процедуры ввода в эксплуатацию рекомендуется сохранить настройки уровнемера и график кривой эхо-сигнала. Эта информация может использоваться для последующей диагностики уровнемера, а также поиска и устранения неисправностей.

Rosemount Radar Master > Device > Backup Config to file (Устройство > Запись резервной копии настроек в файл)

Rosemount Radar Master > Tools > Echo Curve > Record (Инструменты > Эхо-кривая > Запись)

Проверка на стенде (по желанию заказчика)

В тех случаях, когда настройку в условиях реального технологического процесса провести невозможно, уровнемер проходит предварительную настройку и проверку на стенде. В подобных случаях уровень, как правило, имитируется при помощи металлических пластин, воды или других средств.

Подобная процедура обеспечивает проверку основных функций уровнемера, однако не гарантирует того, что уровнемер будет корректно работать в условиях реального технологического процесса.

Проверка на стенде только дополняет испытания в реальных условиях, но не заменяет их. Для проведения проверки рекомендуется следовать инструкциям, приведенным в Разделе 5 «Проверка измерений в рабочих условиях».

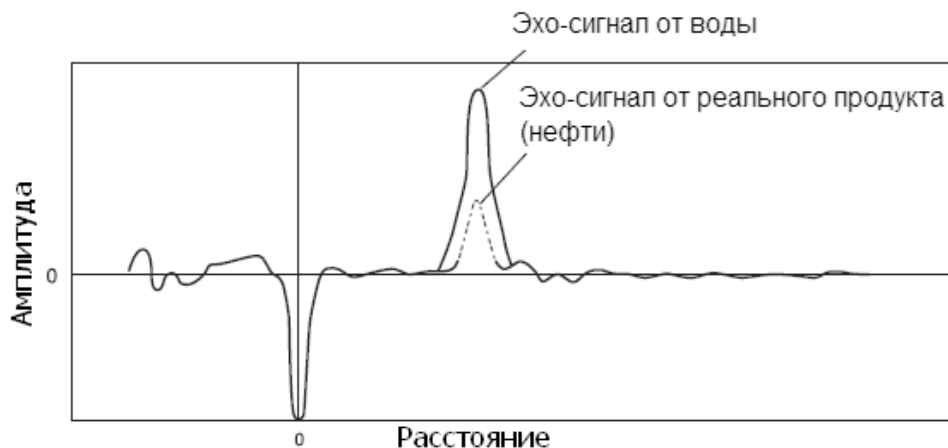
Одно из наиболее заметных различий между имитацией уровня среды и ее реальным уровнем при рабочих условиях – это амплитуда эхо-сигнала. Например, значение амплитуды эхо-сигнала, получаемое уровнемером Rosemount серии 5300 с одинарным зондом, установленным в выносной камере диаметром 100 мм (4 дюйма), равняется 10 000 мВ, в то время как в тех же условиях значение амплитуды эхо-сигнала от поверхности нефти может равняться 2 000 мВ.

Никогда не настраивайте значения порогов по имитированному эхо-сигналу, так как присутствует значительный риск установить их слишком высокими, вызвав, тем самым, некорректную работу уровнемера.

В общем случае рекомендуется использовать автоматическую настройку пороговых значений. При необходимости ручной корректировки, проводите подстройку тогда, когда технологический процесс выйдет на нормальный рабочий режим.

Как правило, пороговые значения не требуют каких-либо ручных корректировок.

Рис. 4-2. Разница между амплитудами имитированного и реального сигналов от поверхности среды.



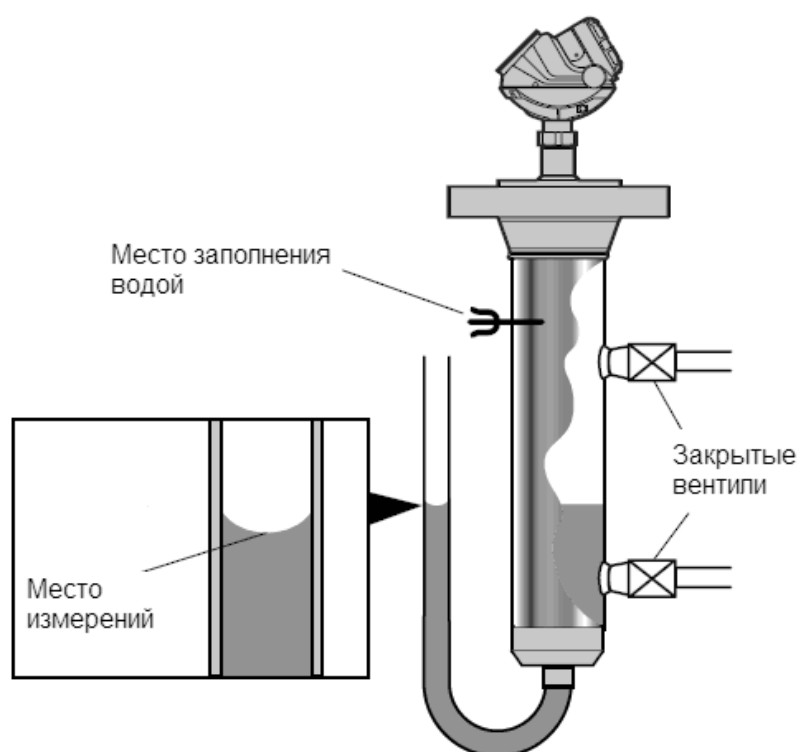
Пример

Уровнемер серии 5300, установленный в выносной камере можно проверить, подключив гибкую прозрачную трубку к нижнему дренажному вентилю. Удостоверьтесь, что трубка не имеет изгибов и скручиваний, которые могут повлиять на проток жидкости.

Так как отводные трубы заглушены закрытыми вентилями, заполнение камеры проводится через верхний продувочный вентиль. Уровень изменяется между точками, соответствующими 4 и 20 мА, для проверки того, что основные параметры и настройки уровнемера выполнены корректно.

Как только камера будет смонтирована на резервуаре и технологический процесс будет запущен, можно провести полную проверку работы уровнемера в соответствии с Разделом 5 «Проверка измерений в рабочих условиях».

Рис. 4-3. Проверка показаний уровнемера в камере при помощи прозрачной трубки.



Раздел 5

Проверка измерений в рабочих условиях

Указания по технике безопасности	Стр. 5-1
Введение	Стр. 5-2
Шаг 1: проверка корректности показаний уровня	Стр. 5-2
Шаг 2: проверка аналогового выходного сигнала	Стр. 5-3
Шаг 3: проверка графика эхо-сигнала	Стр. 5-4
Шаг 4: обзор диагностической информации	Стр. 5-4
Шаг 5: мониторинг показаний при опустошении резервуара	Стр. 5-5
Шаг 6: проверка графика эхо-сигнала при пустом резервуаре ..	Стр. 5-6
Шаг 7: мониторинг показаний при наполнении резервуара	Стр. 5-6

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе описаны шаги и процедуры проверки корректности измерений в рабочих условиях.

Для обеспечения номинальной погрешности измерений, проверку необходимо производить на реальной среде технологического процесса.

ПРОВЕРКА ИЗМЕРЕНИЙ В РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ

После установки и конфигурирования радарные уровнемеры Rosemount обеспечивают непрерывные измерения и практически не требуют обслуживания. Электроника уровнемера контролирует параметры измерений, поэтому, повторной калибровки не требуется.

Предполагается, что процедура проверки будет являться частью процесса ввода в эксплуатацию или являться повторяющейся процедурой функциональной проверки, проводимой для проверки работоспособности уровнемера в условиях текущего технологического процесса. Если уровнемер не прошел проверку, обратитесь к Разделу 6 «Устранение неполадок».

Все шаги и процедуры в данном разделе функциональной проверки являются независимыми, некоторые из них могут быть пропущены, хотя рекомендуется выполнить их все.

Перед тем как начать процедуру проверки, удостоверьтесь, что приняты все меры, обеспечивающие безопасность и нормальный ход технологического процесса.

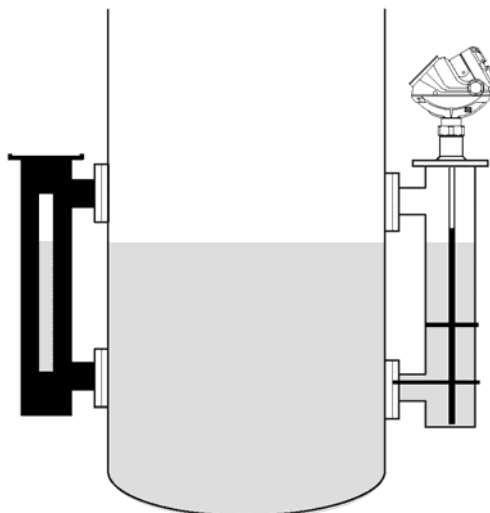
В конце данного справочного руководства приведены специальные контрольные таблицы, которые можно использовать при вводе уровнемера в эксплуатацию и техническом обслуживании.

Шаг 1: подтверждение корректности показаний уровня

При нормальных рабочих условиях сравните выходной сигнал уровнемера, соответствующий уровню или уровню границы раздела с результатами независимого измерения. К сожалению, нередко случаи, когда два типа независимых измерений не обеспечивают одинаковых результатов. В этом случае необходимо проверить исправность используемых приборов и/или принять приемлемое соответствие их показаний.

Независимое измерение можно выполнить, используя несколько дополнительных средств измерения уровня – от смотрового стекла и ручного измерения метроштоком до датчика перепада давления или буйкового уровнемера.

Рис. 5-1. Проверка показаний
уровнемера при помощи
смотрового стекла.



Шаг 2: проверка аналогового выходного сигнала

ПРИМЕЧАНИЕ

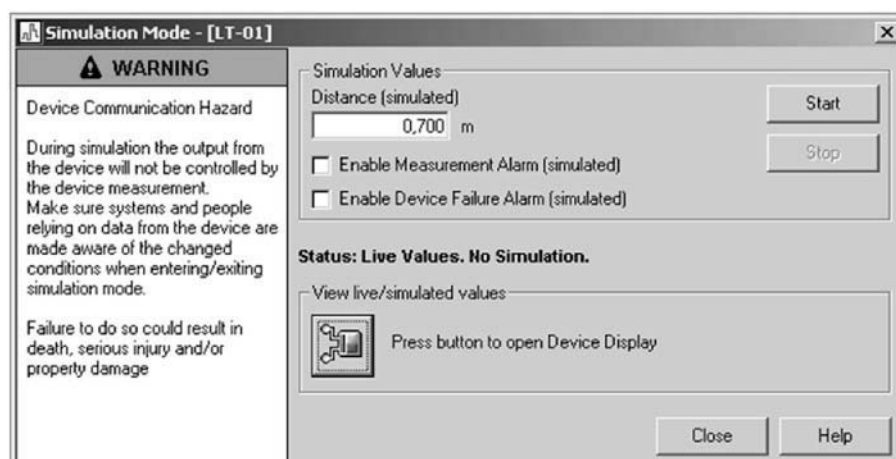
В данном разделе приведены сведения, относящиеся только к уровнемерам с выходным сигналом 4-20 мА/HART.

Убедитесь, что контур управления PCU, в котором работает уровнемер, переведен в ручной режим.

Для проверки настроек аналогового выходного сигнала воспользуйтесь встроенным режимом имитации. Сымитируйте, по крайней мере, 1 значение уровня или уровня границы раздела сред и убедитесь, что значение выходного сигнала в PCU совпадает с заданным.

Rosemount Radar Master > Tools > Simulation Mode
Инструменты > Режим имитации

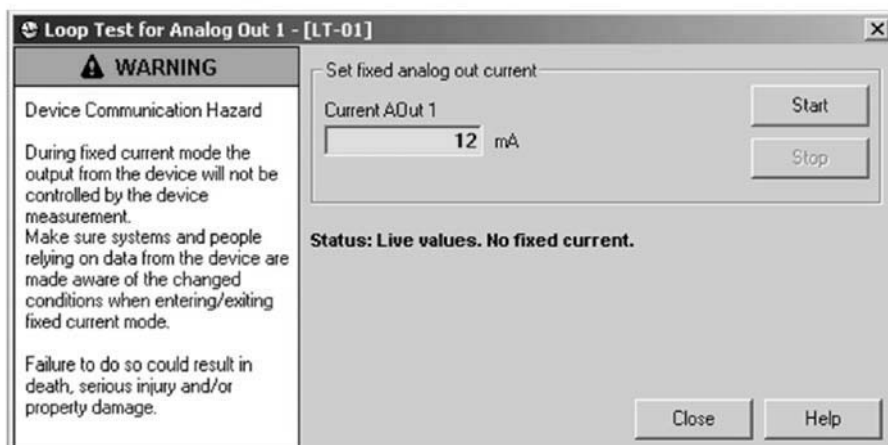
Рис. 5-2. Режим имитации.



В дополнение к вышеприведенным действиям, или вместо них, задействуйте функцию проверки токовой петли, встроенную в уровнемер. Проверьте значения 4, 12 и 20 мА и убедитесь, что показания в PCU совпадают.

Rosemount Radar Master > Output > Analog Out > Loop Test
Выходной сигнал > Аналоговый выходной сигнал > Проверка токовой петли

Рис. 5-3. Проверка токовой петли.



Шаг 3: проверка графика эхо-сигнала

В нормальных рабочих условиях, считайте и просмотрите эхо-кривую в соответствии с изложенной ниже последовательностью действий:

1. *Проверьте положение и амплитуду опорного импульса.*
Сравните результаты с предыдущими графиками, сохраненными ранее и при запуске в эксплуатацию.

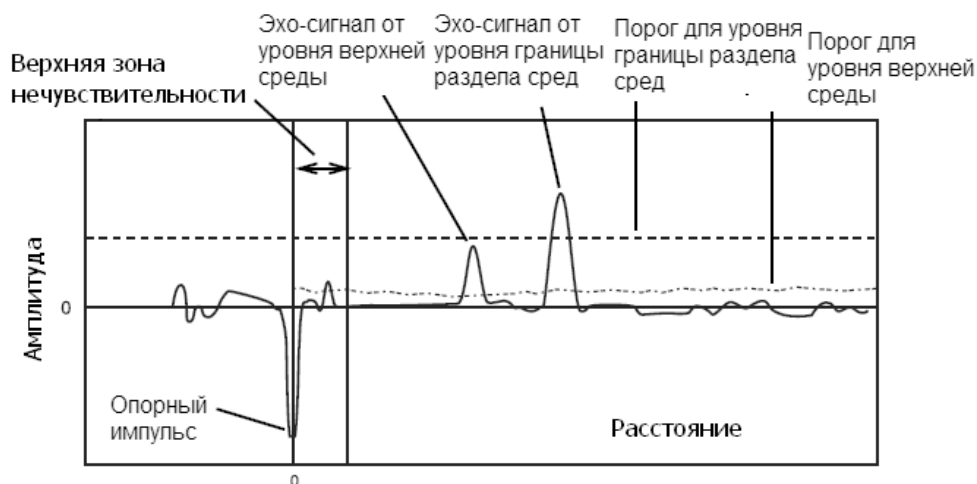
2. *Просмотрите настройки пороговых значений и амплитуду эхо-сигналов*

Убедитесь, что эхо-сигналы от уровня и/или уровня границы раздела хорошо различимы, и пороговые значения установлены в соответствии с рекомендациями, приведенными в Разделе 6 «Устранение неполадок». По возможности, сравните график эхо-сигнала с предыдущими графиками, сохраненными при рабочих условиях. Между ними не должно быть заметных различий.

3. *Сохраните график эхосигнала*

Постоянно сохраняйте график эхо-сигнала для последующего использования во время повторных проверок.

Рис. 5-4. Амплитуда эхо-сигналов и настройка пороговых значений.

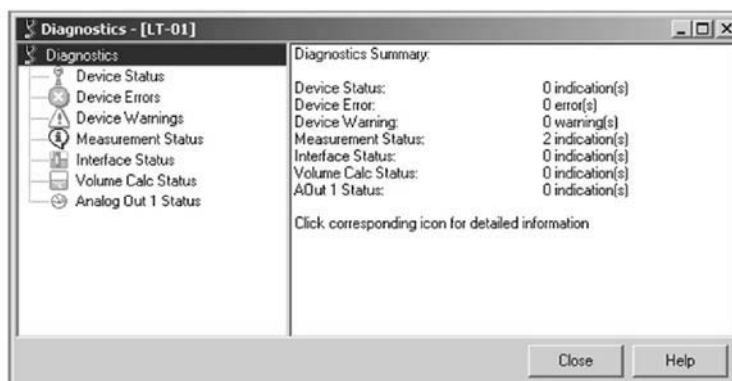


Шаг 4: обзор диагностической информации

Уровнемер поддерживает функции диагностики, которые обеспечивают мониторинг состояния прибора, позволяют отслеживать корректность его работы и оповещают пользователя об ошибках и предупреждениях.

Rosemount Radar Master > Tools > Diagnostics

Рис. 5-5. Окно диагностики.



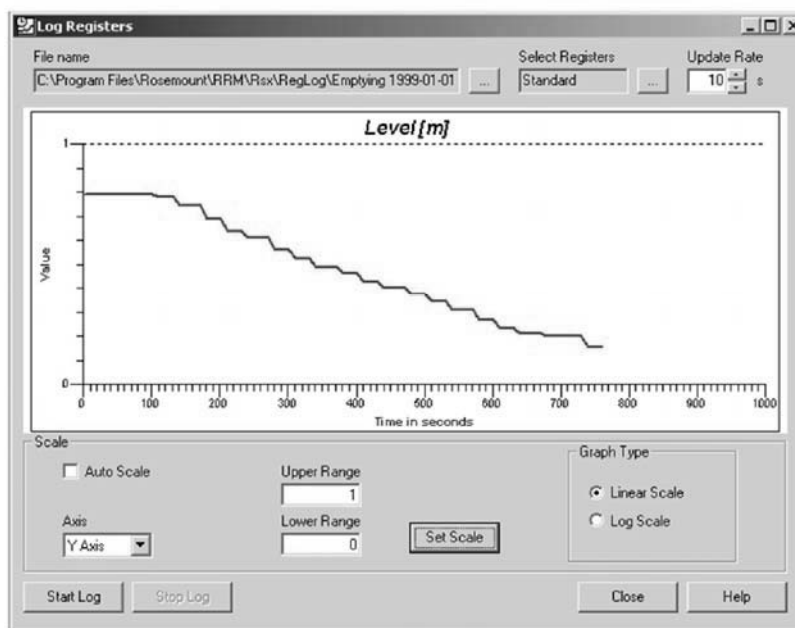
Шаг 5: мониторинг показаний при опустошении резервуара

Допустим, что после проведения шага 1 текущие показания уровня/уровня границы раздела сред были признаны корректными. На данном шаге производится подтверждение того, что уровнемер корректно отслеживает эхо-сигнал при опустошении резервуара.

Вначале необходимо включить функцию записи выходного сигнала, соответствующего измерениям уровня/уровня границы раздела сред. Данная функция доступна как в РСУ, так и в ПО уровнемера как отдельный инструмент записи:

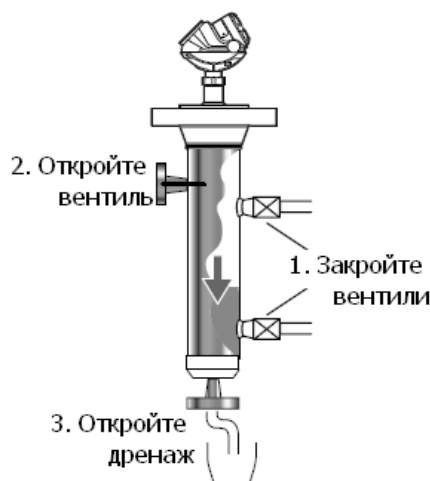
Rosemount Radar Master > Tools > Log
Инструменты > Запись

Рис. 5-6. Окно записи значений регистров уровнемера.



Начните опустошение резервуара/камеры; не останавливайте процесс до полного опустошения. При наличии камеры, не забудьте закрыть вентили на отводных трубах перед ее опустошением.

Рис. 5-7. Опустошение камеры или резервуара.



Шаг 6: проверка графика эхо-сигнала при пустом резервуаре

В завершение просмотрите график выходного сигнала и проверьте погрешность измерений.

Когда резервуар или камера пуст, загрузите и просмотрите график эхо-сигнала в следующем порядке:

1. *Сравните график с графиками, записанными ранее.*

Сравните текущий график с графиками, записанными во время ввода уровнемера в эксплуатацию. Значительных различий быть не должно. Особенно обратите внимание на:

- амплитуду и положение опорного импульса
- амплитуду шумов (она должна находиться ниже порогов)
- амплитуду и положение импульса от конца зонда

2. *Сохраните график эхо-сигнала в файл.*

Постоянно сохраняйте график эхо-сигнала для последующего использования во время повторных проверок.

Шаг 7: мониторинг показаний при наполнении резервуара

Повторите действия шага 5, но во время наполнения резервуара.

Раздел 6

Устранение неполадок

Указания по технике безопасности.....	Стр. 6-1
Введение.	Стр. 6-2
Анализ графика эхо-сигнала (эхо-кривой).....	Стр. 6-3

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

ВВЕДЕНИЕ

Данный раздел содержит информацию о наиболее распространенных проблемах, которые возникают в ходе эксплуатации радарных уровнемеров.

Как правило, процесс диагностики выполняется следующим образом (местные нормы и ограничения могут менять порядок действий):

1. Просмотрите графики выходного сигнала и опросите персонал, ответственный за технологический процесс, чтобы определить время возникновения проблемы и масштабы ее воздействия. Возможно, данная проблема относится к какой-либо другой деятельности на предприятии.
2. Выполните проверку условий технологического процесса для определения источника проблемы. Удостоверьтесь, что уровнемер был подобран в соответствии с рекомендациями, изложенными в Разделе 2 «Особенности монтажа» и Разделе 3 «Использование на НПЗ».
3. Проверьте отсутствие основных неполадок, например в проводке и в диагностических сообщениях уровнемера. Затем снова выполните инструкции, приведенные в Разделе 4 «Ввод в эксплуатацию».
4. Если необходимо, выполните процедуру проверки уровнемера, описанную в Разделе 5 «Проверка измерений в рабочих условиях» или другую процедуру, которая поможет смоделировать условия, ведущие к возникновению неполадок.
5. А) Если измерения непрерывны, но присутствует смещение показаний или повышенная погрешность измерений, обратитесь к разделу «Анализ графика эхо-сигнала (эхо-кривой)» на стр. 6-3.
Б) Для того чтобы попытаться определить источник проблемы, выполните анализ графика эхо-сигнала в том порядке, как это описано в «Анализ графика эхо-сигнала (эхо-кривой)» на стр. 6-3.

Как только проблема будет разрешена, необходимо провести процедуру проверки уровнемера, описанную в Разделе 5 «Проверка измерений в рабочих условиях» или любую другую процедуру проверки работы уровнемера.

В том случае если проблему разрешить не удалось, свяжитесь с местным представителем Emerson и опишите ему проблему. Так же подготовьте файл с сохраненным графиком эхо-сигнала (*.dat) и файл резервной копии настроек уровнемера (*.bak).

ЗАМЕЧАНИЕ

Перед тем как проводить работы с уровнемером, ознакомьтесь с соответствующим руководством по эксплуатации. Для обеспечения безопасности персонала и системы управления, а так же для обеспечения оптимальной работы уровнемера, перед тем как устанавливать, использовать или обслуживать прибор, убедитесь, что вы его хорошо изучили.

Техническая поддержка Emerson на территории СНГ:

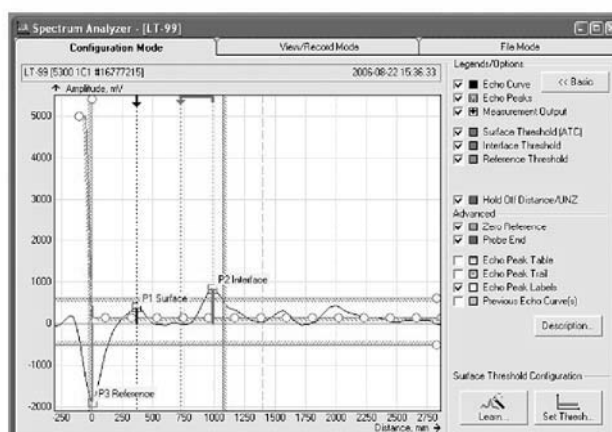
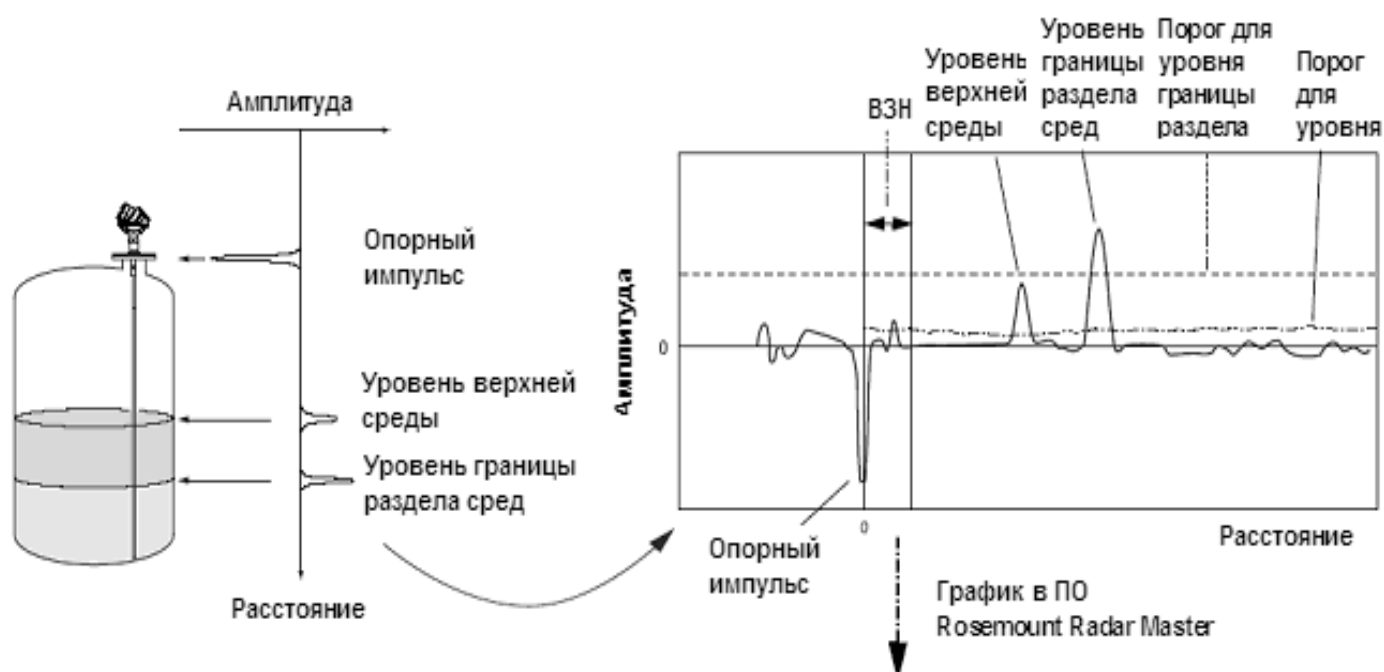
Центр поддержки заказчиков ЗАО "ПГ Метран":

Многоканальные телефоны: +7(351) 247-15-55, 247-16-02, факс +7(351) 247-16-67.

Анализ графика эхо-сигнала (эхо-кривой)

Эхо-кривая представляет состояние измерений внутри резервуара, которые производятся радарным уровнемером. Каждый пик соответствует отражению радарного импульса (например, уровень или уровень границы раздела сред, препятствие и т. д.). Путем просмотра эхо-кривой в отдельные моменты времени или записей изменений эхо-кривой за определенный временной промежуток, произвести тонкую настройку уровнемера. В дополнение к этому, эхо-кривая позволяет составить представление о функциональности уровнемера. Как правило, анализа эхо-кривой не требуется, поскольку уровнемер автоматически задает соответствующие параметры на основании базовой информации, такой как высота резервуара и характеристики содержащейся в нем среды. Однако, в сложных условиях использования эхо-кривая является мощным инструментом диагностики и устранения неполадок.

Составляющие эхо-кривой



Обычно на эхо-кривой присутствуют следующие пики (максимумы):

Опорный импульс. Опорный импульс вызван переходом радарного импульса из блока электроники к зонду. Для уровнемеров серии 5300 этот импульс имеет отрицательную амплитуду, а для уровнемеров серий 5400 и 5600 он имеет положительную амплитуду.

Уровень верхней среды. Этот импульс порождается отражением от поверхности (верхней) среды.

Уровень границы раздела сред (только модель 5302). Данный импульс обусловлен отражением радарного сигнала от границы раздела между верхней и нижней средой. Этот пик будет определяться уровнемеров лишь в том случае, если он настроен на режим измерений *уровня и уровня границы раздела сред*.

Табл. 6-1. Типичные амплитуды пиков выходного сигнала для уровнемера Rosemount серии 5300 с одинарным зондом, установленного в выносной камере диаметром 100 мм (4 дюйма).

Пик выходного сигнала	Приблизительная интенсивность сигнала, в идеальных условиях для одинарного зонда, установленного в камере диаметром 100 мм (4 дюйма)
Опорный импульс	~10000 мВ ⁽¹⁾
Уровень верхней среды (нефть, диэлектрическая постоянная = 2), модель 5301	~2000 мВ
Уровень верхней среды (вода на расстоянии 1 м, диэлектрическая постоянная = 80), модель 5301	~10 000 мВ
Уровень границы раздела сред, модель 5302, нефть / вода	~8 000 мВ

(1) Это значение может быть существенно меньше в том случае, когда зонд полностью погружен в продукт.

Используя различные пороговые значения амплитуды, можно отфильтровать нежелательные эхо-сигналы и выделить различные пики. Для выбора пиков выходного сигнала, соответствующих реальному уровню и уровню границы раздела сред, уровнемер использует определенный критерий.

Если вести отсчет от верхней точки резервуара, то первый импульс, находящийся выше порога для уровня считается соответствующим уровню (верхней) среды. Импульсы, находящиеся дальше верхней точки, но выше порога для уровня, игнорируются. Когда эхо-сигнал от уровня идентифицирован, следующий импульс ниже уровня (верхней) среды, имеющий интенсивность сигнала выше порога для уровня границы раздела сред, считается соответствующим уровню границе раздела сред.

Порог для уровня - пороговое значение амплитуды для обнаружения пика, соответствующего уровню/поверхности (верхней) среды. Порог для уровня представляет собой ряд независимо корректируемых точек пороговых значений амплитуды, которые называются кривой амплитудного порога (Amplitude Threshold Curve, ATC).

Порог для уровня границы раздела сред (только для серии 5300) - пороговое значение амплитуды для обнаружения пика, соответствующего уровню границы раздела сред.

Верхняя зона нечувствительности (ВЗН) / игнорирования – в пределах верхней зоны нечувствительности (ВЗН) / игнорирования измерения не производятся. Данный параметр можно использовать для запрета измерений выше определенного уровня, например, при наличии возмущений, вызванных патрубком.

Настройки порогов для Rosemount серии 5300

Рекомендации для уровнемеров Rosemount серии 5300:

1. Используйте автоматические настройки порогов; убедитесь в том, что диэлектрические постоянные для верхней и нижней среды заданы правильно.
2. При необходимости примените функцию *Measure and Learn* (*Измерить и научиться*).
3. При необходимости используйте следующие оптимальные практические методы при выполнении пользовательских настроек порогов:
 - Как правило, пороговое значение должно составлять 40-50% от величины пика эхо-сигнала от поверхности. Пример: если интенсивность эхо-сигнала от поверхности составляет 2000 мВ, то порог следует установить на 800-1000 мВ.
 - Значение порога не должно быть ближе 300 мВ по отношению к объекту, создающему возмущения. Пример: впускная труба формирует пик значением 1100 мВ, при этом значения порога вокруг должны составлять как минимум 1400 мВ.
 - Значение порога не должно быть менее 800 мВ в диапазоне 0-0,3 м и менее 500 мВ в диапазонах более 0,3 м.

При измерении уровня сред с очень низкими значениями диэлектрической постоянной, например, кипящих углеводородов и сыпучих сред, может потребоваться дополнительно понизить порог и/или задействовать функцию проецирования конца зонда (Probe End Projection).

Настройки порогов для Rosemount серий 5400 и 5600

Рекомендации для уровнемеров Rosemount серий 5400 и 5600:

1. Примените функцию *Measure and Learn* (*Измерить и научиться*), только для серии 5400.
2. При необходимости следуйте изложенным ниже рекомендациям:
 - Как правило, пороговое значение должно составлять 20% от величины пика эхо-сигнала от поверхности. Пример: если интенсивность эхо-сигнала от поверхности составляет 2000 мВ, то порог следует установить на 400 мВ.
 - Значение порога не должно быть ближе 200 мВ по отношению к объекту, создающему возмущения. Пример: объект внутри резервуара формирует пик значением 500 мВ, при этом значения порога вокруг должны составлять как минимум 700 мВ.
 - Значение порога никогда не должно быть менее 300 мВ.

При измерении уровня сред с очень низкими значениями диэлектрической постоянной, например, сыпучих сред, может потребоваться дополнительно понизить порог.

Эхо-сигнал от «воздушной подушки» определяется как эхо-сигнал от уровня границы раздела сред

В данном примере уровнемер некорректно определяет эхо-сигнал от воздушной подушки как эхо-сигнал от уровня границы раздела сред (рис. 6-3). Проблема может быть устранена увеличением верхней зоны нечувствительности (ВЗН, UNZ, рис. 6-4) или же увеличением соответствующего порогового значения (рис. 6-5).

Рис. 6-3. Уровнемер определяет эхо-сигнал от воздушной подушки как эхо-сигнал от уровня границы раздела сред.

Rosemount
5301

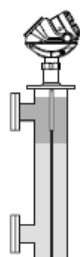


Рис. 6-4. Эхо-сигнал от поверхности находится выше порога для уровня, но находится в верхней зоне нечувствительности.

Rosemount
5301

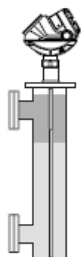


Рис. 6-5. Эхо-сигнал от поверхности находится ниже порога для уровня.

Rosemount
5301



Уровень границы раздела сред определяется как уровень верхней среды

В данном примере уровнемер некорректно определяет эхо-сигнал, отраженный от границы раздела сред, так как это первый эхо-сигнал, превышающий значение порога для уровня (рис. 6-6). Проблема может быть устранена уменьшением значения порога для уровня (рис. 6-7); так же убедитесь, что значение порога для уровня границы раздела сред меньше значения амплитуды соответствующего эхо-сигнала.

Рис. 6-6. Уровнемер определяет эхо-сигнал от уровня границы раздела сред как эхо-сигнал от уровня верхней среды.



Рис. 6-7. Корректное определение эхо-сигналов от уровня и уровня границы раздела сред.



Помеха воспринимается как эхо-сигнал от измеряемой среды

В данном примере уровнемер некорректно определяет ложный эхо-сигнал от отводной трубы как эхо-сигнал от поверхности среды, так как эхо-сигнал от помехи является первым эхо-сигналом, амплитуда которого больше порога для уровня (рис. 6-8). Проблему можно устранить посредством увеличения значения порога для уровня (рис. 6-9). В некоторых случаях, когда эхо-сигнал от помехи расположен близко к фланцу уровнемера, можно увеличить верхнюю зону нечувствительности (ВЗН, UNZ) или выполнить коррекцию ближней зоны (функция Trim Near Zone).

Рис. 6-8. Ложный эхо-сигнал от помехи определяется как эхо-сигнал от поверхности среды.

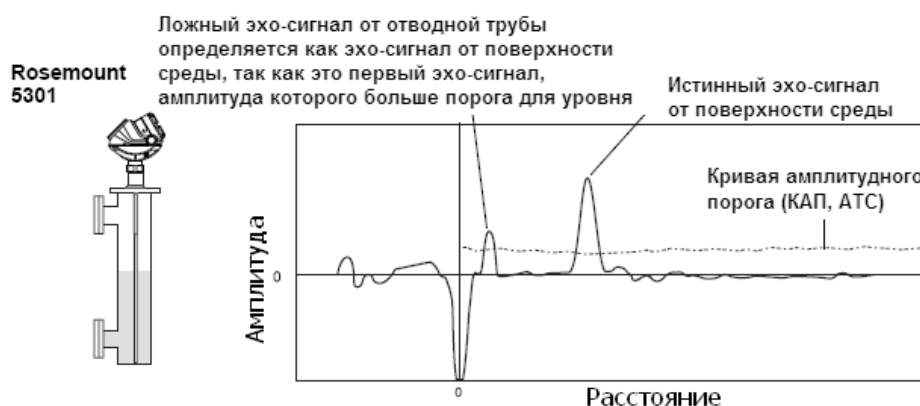


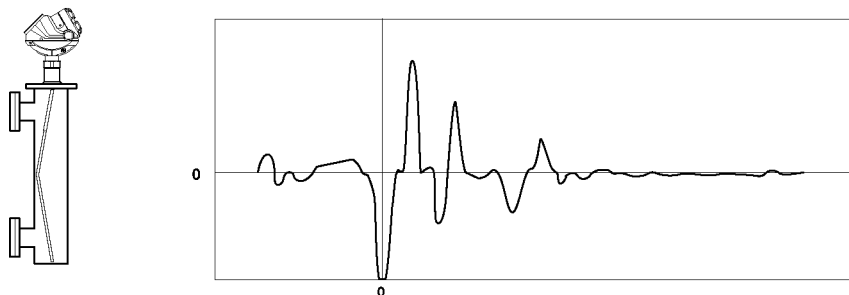
Рис. 6-9. Эхо-сигнал от поверхности среды определяется верно.



Некорректные показания из-за изогнутого зонда

Если зонд был изогнут, перекручен и т.п. при монтаже в камере, на графике эхо-сигнала будут появляться случайные пики (рис. 6-10). В этом случае нужно заново выполнить механический монтаж и убедиться, что выполнены все рекомендации, приведенные в Разделе 2 «Особенности монтажа». Зачастую проблему можно устранить, установив на конец зонда центровочный диск, но возможны случаи, когда потребуется замена всего зонда целиком.

Рис. 6-10. График эхо-сигнала при наличии изогнутого зонда.



Причины ошибок измерений

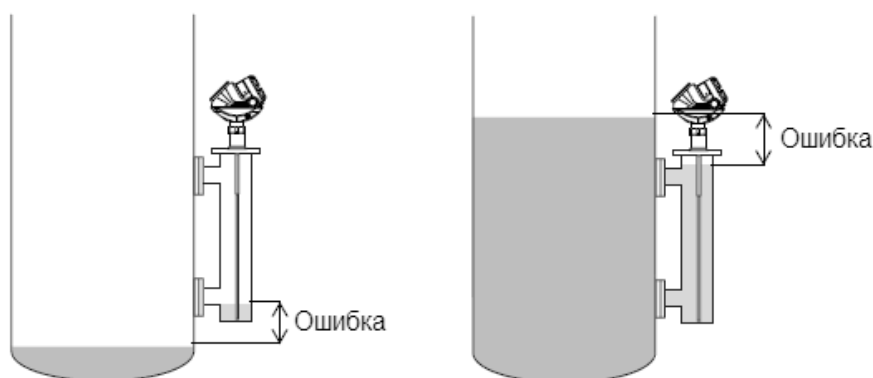
В данном разделе приведены сведения касательно уровнемеров, которые надежно отслеживают измеряемую среду, но измерения обладают повышенной погрешностью или постоянным смещением показаний. Причин возникновения погрешности может быть достаточно много, например неверные настройки или же неверное толкование информации, передаваемое по выходному сигналу уровнемера. Так как радарные уровнемеры обеспечивают очень точные измерения и не склонны к дрейфу показаний, то можно сказать, что практически все источники подобной погрешности связаны с внешними условиями, в которых работает уровнемер.

Неправильный монтаж

Обследуйте место монтажа уровнемера, для определения измеряемой поверхности, и ожидаемого значения выходного сигнала

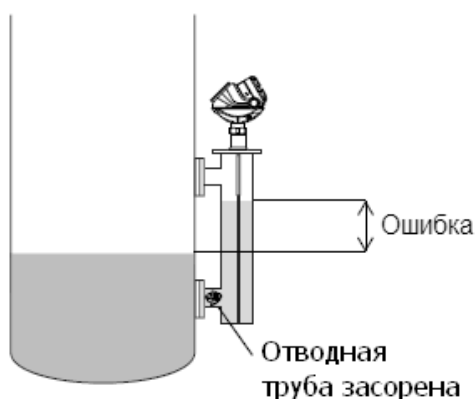
В случае монтажа в выносную камеру проверьте, что уровень/уровень границы раздела сред в камере соответствует уровню/уровню границы раздела сред в резервуаре. Также проверьте, что камера установлена в месте, в котором возможно адекватно отслеживать уровень/уровень границы раздела сред в резервуаре.

Рис. 6-11. Неправильный монтаж - диапазон измерений уровня/уровня границы раздела сред не соответствует длине зонда.



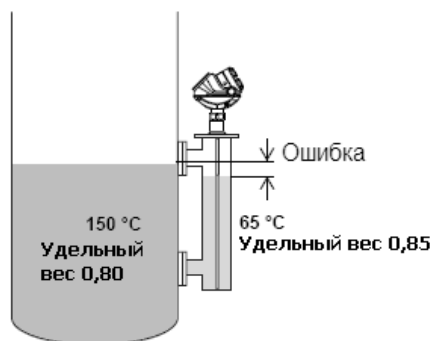
Отводные трубы между резервуаром и камерой должны обеспечивать проток жидкости. Вероятность засора должна быть минимальной.

Рис. 6-12. Отводная труба засорена.



На работу радарных уровнемеров не влияют изменения температуры процесса, однако жидкость обладает такой зависимостью и расширяется и сжимается в зависимости от своей температуры. Для некоторых жидкостей влияние температурного расширения будет заметно при измерении уровня/уровня границы раздела сред при высоких температурах и при большой разнице в значении температур внутри камеры и резервуара. Для уменьшения этой разницы необходимо термоизолировать камеру.

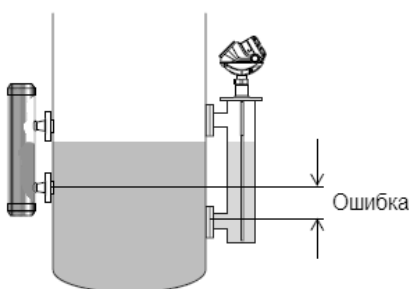
Рис. 6-13. Снижение температуры в камере без термоизоляции.



Геометрия

Проверьте геометрию резервуара на предмет любых обстоятельств, которые могут вызвать увеличение погрешности измерений. Например, предполагается, что расположение смотрового стекла на вспомогательной выносной камере совпадает с расположением выносной камеры, в которую установлен радар, но в реальности это не так.

Рис. 6-14. Смотровое стекло и камера уровнемера находятся на разных уровнях.



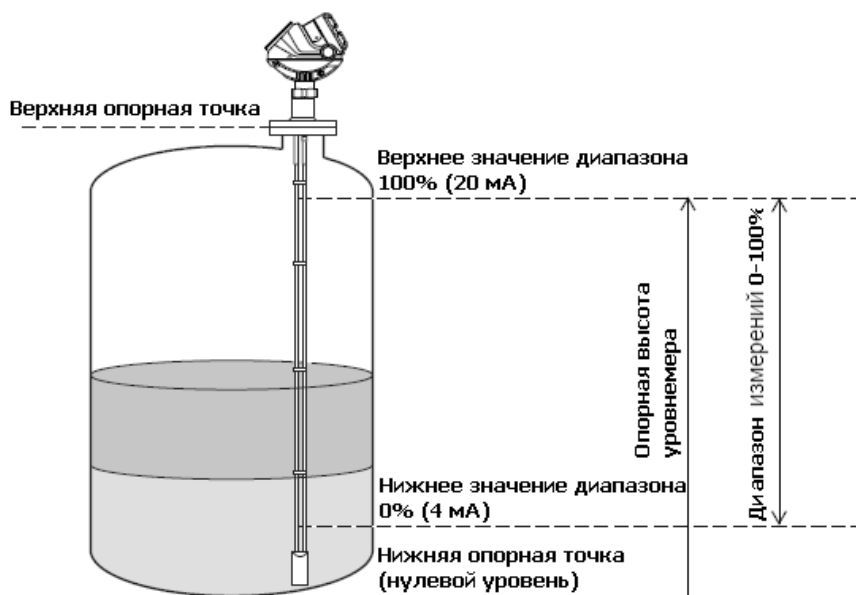
Настройки аналогового выходного сигнала

Проверьте настройки аналогового выходного сигнала. Первичная переменная уровнемера определяет источник данных для аналогового выходного сигнала, и обычно установлена как "Уровень". Уровень определяется как:

Уровень = Опорная высота (высота резервуара) – Измеренное расстояние до поверхности среды

Следовательно, нулевой уровень находится на расстоянии от фланца уровнемера, равном опорной высоте. Нижний предел диапазона измерений (НПД, уровень, соответствующий 4 мА) и верхний предел диапазона измерений (ВПД, уровень, соответствующий 20 мА) нужно установить относительно данного нулевого уровня. Длина зонда и опорная высота (высота резервуара) в этом случае могут не совпадать.

Рис. 6-15. Настройки аналогового выходного сигнала: диапазон измерений и опорные точки.



Неверное значение ДП верхней среды

Уровень границы раздела сред и толщина слоя верхней среды являются рассчитываемыми параметрами. При использовании значения ДП, не соответствующего реальному, возможно увеличения погрешности измерений (погрешность измерения уровня верхней среды не увеличивается). Если увеличение данной погрешности нежелательно, нужно воспользоваться следующими инструментами:

Rosemount Radar Master > Tank/Environment > Dielectric Constant Calculator

Параметры резервуара > Калькулятор диэлектрической постоянной

Рис. 6-16. Калькулятор диэлектрической постоянной.

Rosemount Radar Master > Tank/Environment > Dielectric Constant Chart

Параметры резервуара > Таблица диэлектрических постоянных

Рис. 6-17. Таблица диэлектрических постоянных.

Dielectric Constant Chart			
Product name		Dielectric constant	
Product name	State	Temperature	Dielectric constant
ABS (PLASTIC)	Solid	22.22°C	1.90
ABS GRANULATE, BLACK	Solid	RT	1.70
ABS resin, lump	Solid	23.89°C	2.4-4.1
ABS resin, pellets	Solid	23.89°C	1.5-2.5
Acenaphthene	Liquid	21.11°C	3.00
Acetal	Liquid	21.00°C	3.60
ACETAL (1, 1-DIETHOXYETHANE)	Liquid	25.00°C	3.80
Acetal Bromide	-	5.00°C	16.50
ACETALDEHYDE	Liquid	5.00°C	21.80
ACETALDEHYDE	Liquid	20.00°C	14.80
Acetaldehyde oxime	Liquid	23.00°C	3.00
ACETALDOXIM	Liquid	23.00°C	3.00
Acetaldoxime	Liquid	21.00°C	3.40
ACETAMIDE	Liquid	20.00°C	41.00
ACETAMIDE	Liquid	77.00°C	59.20

Наличие «воздушной подушки» при измерениях с полностью погруженным зондом

Рис. 6-18. Наличие «воздушной подушки» при измерениях с полностью погруженным зондом.



Рис. 6-19. Формула для расчета смещения уровня границы раздела сред.

Если при измерении уровня границы раздела сред уровнемером Rosemount 5301 с полностью погруженным зондом в верхней части камеры присутствует «воздушная подушка», то она создаст смещение показаний уровнемера в соответствии с формулой:

Смещение = Расстояние до «воздушной подушки» X $(1 - 1/\sqrt{\text{ДП нижней среды}})$

Например, «воздушная подушка» высотой 100 мм (верхняя среда – нефть, ДП = 2) вызовет смещение показаний на 25 мм в большую сторону. В случае, если высота воздушной подушки постоянна, то выходной сигнал можно скорректировать, изменяя опорную высоту уровнемера в соответствии с данным смещением. Как вариант, использование модели 5302 обеспечит автоматическую компенсацию даже при наличии изменяющейся «воздушной подушки».

Некорректная компенсация измерений ДП пара

Некоторые специфические процессы с наличием высоких температур и давлений, такие как измерение уровня воды при высоком давлении и температуре, требуют компенсации влияния диэлектрической постоянной пара. Компенсация ДП насыщенного пара является фиксированной и корректирует измерения уровня только при заданных условиях. Это означает, что уровнемер будет корректно измерять уровень в рабочих условиях, но не при пуске или останове процесса, когда значения параметров процесса отличаются от рабочих.

При отсутствии компенсации показания уровнемера будут верны при останове, но не при пуске и рабочих условиях. Обратитесь к табл. 3-1 на стр. 3-4 и табл. 3-2 на стр. 3-6.

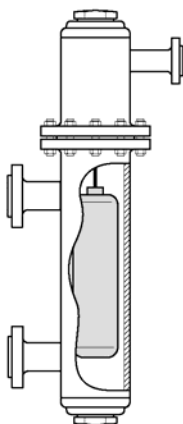
Сравнение показаний радарного уровнемера с другими уровнемерами

При сравнении показаний уровнемеров, построенных на основе разных технологий, часто возникают случаи их несовпадения. Этому есть множество причин, наиболее известная из которых относится к величине, которая измеряется в качестве уровня. Непосредственно уровень измеряется небольшим числом уровнемеров, зачастую, вместо этого выполняется косвенное измерение, например давления, выталкивающей силы или емкости, на основе которых затем вычисляется уровень среды. Погрешность измерений также может возникнуть на этапе пересчета величин, так как иногда измеряется непосредственно не та величина, которую требуется измерять в действительности.

Буйковый уровнемер

Буйковые уровнемеры – одни из наиболее распространенных типов уровнемеров. В процессе измерений они используют принцип Архимеда и измеряют вес частично погруженного в жидкость тела буйка, пересчитывая его в уровень среды. Такие уровнемеры требуют точной калибровки, кроме того, механические части подвержены износу и заклиниванию. Изменение плотности, например, из-за изменения состава среды или из-за ее температуры влечет за собой повышенную погрешность измерений.

Рис. 6-20. Буйковый уровнемер.



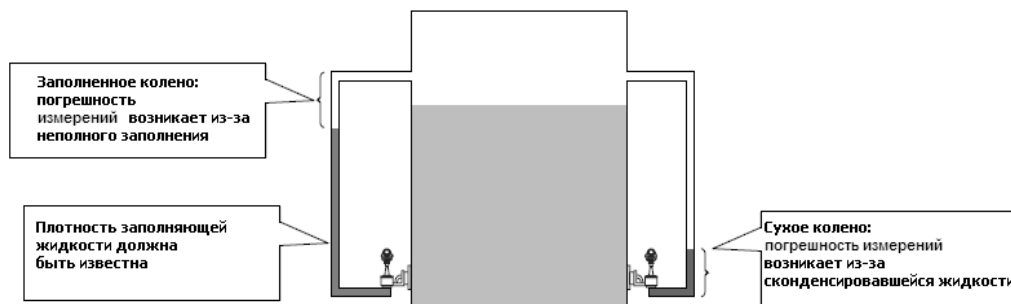
Пример: буйковый уровнемер с буйком длиной 122,5 см, откалиброванный на удельный вес, равный 0,9, сможет показать максимальный уровень значением 107,8 см при полностью заполненном резервуаре и среде с удельным весом 0,8; таким образом, погрешность измерений составит $122,5 - 107,8 = 14,7$ см.

Датчики перепада давления

Другой распространенный тип уровнемеров – датчики перепада давления, измеряющие гидростатическое давление жидкости. Ниже приведены примеры некорректного пересчета давления в уровень и некорректного монтажа. Потенциальные источники проблем:

- **Изменение плотности жидкости:** изменение сырья, сорта, продукта и температуры влияют на плотность среды и, соответственно, на показания уровнемера.
- В случае, если используется **заполненное колено** – заполнено ли оно полностью? Или, если используется **сухое колено** – отсутствует ли в нем жидкости? Утечка жидкости или наличие конденсата, соответственно, создают дополнительную погрешность измерений уровнемера. Этот момент необходимо учитывать как при использовании электронных, так и капиллярных выносных мембран.
- Если используется **заполняющая жидкость**, известна ли ее плотность? Был ли уровнемер правильно откалиброван?
- Если используется датчик давления с одним отбором, то избыточное давление так же обусловит наличие погрешности измерений уровнемера. Рассмотрите возможность применения датчика дифференциального давления.

Рис. 6-21. Датчик перепада давления.



Раздел 7

Контрольные таблицы

Указания по технике безопасности.....	Стр. 7-1
Контрольные таблицы	Стр. 7-2
Контрольная таблица процедуры ввода в эксплуатацию.	Стр. 7-3
Контрольная таблица процедуры проверки измерений в рабочих условиях	Стр. 7-3

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедуры и инструкции, изложенные в этом разделе, могут потребовать специальных мер предосторожности для обеспечения безопасности персонала, выполняющего работу. Информация, касающаяся потенциальных проблем безопасности, обозначается предупреждающим символом (⚠). Перед выполнением операций, которым предшествует этот символ, обратитесь к следующим указаниям по технике безопасности.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Взрывы могут привести к смерти или серьезной травме.

Проверьте, соответствуют ли условия эксплуатации устройства параметрам, указанным в его сертификатах для использования в опасных зонах.

Перед подключением HART-коммуникатора во взрывоопасной атмосфере убедитесь в том, что все приборы в контуре установлены в соответствии с принятой практикой монтажа полевых устройств, обеспечивающей искробезопасность и невоспламеняемость.

Не отсоединяйте крышку устройства во взрывоопасной атмосфере, если контур находится под напряжением.

Несоблюдение указаний по безопасной установке и обслуживанию могут привести к смерти или серьезным травмам.

Установку должен производить только квалифицированный персонал.

Используйте только указанное в данном руководстве оборудование. Несоблюдение этого требования может неблагоприятно повлиять на класс защиты, который обеспечивает устанавливаемое оборудование.

Не выполняйте никакого технического обслуживания, кроме описанного в этом руководстве, если вы не имеете соответствующей квалификации.

Высокое напряжение на токоведущих частях может привести к поражению электрическим током.

Избегайте контакта с токоведущими частями и клеммами.

Убедитесь в том, что сетевое питание уровнемеров отключено, а кабельные линии отсоединены от любых других внешних источников питания или не находятся под напряжением во время монтажа устройства.

Зонды с пластиковым покрытием и/или с пластиковыми дисками могут при определенных условиях генерировать электростатический заряд, способный вызвать возгорание. Поэтому, при использовании зонда в потенциально взрывоопасной атмосфере, необходимо принять соответствующие меры для предотвращения электростатического разряда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Контрольная таблица процедуры ввода в эксплуатацию

Процедура ввода в эксплуатацию была выполнена в соответствии с приложенным руководством по быстрой установке.

Идентификационные данные уровнемера	
ТЭГ	
Код модели	
Серийный номер	
Сервис	

Шаг	Задача	Результат	Выполнено
1	Укорачивание зонда	Новая длина зонда: _____	Да / Нет / Не проводилось ⁽¹⁾
2	Установка центровочного диска	Диаметр диска: _____ Диаметр камеры: _____	Да / Нет / Не проводилось
3	Механический монтаж	Зонд: - механическая целостность: _____ - устойчивость смачиваемых частей к воздействию процесса: _____ - устойчивость к давлению/температуре процесса: _____ Прокладка: _____	Да / Нет
4	Закрепление гибкого зонда	Способ: _____	Да / Нет / Не проводилось
5	Электрический монтаж	Источник питания: _____ Обмен данными: _____ Ввод/Вывод: _____ Классификация зоны: _____	Да / Нет / Не проводилось
6	Настройка уровнемера	Инструмент настройки: _____ ТЭГ: _____ Опорная высота: _____ ДП продукта: _____ НПД (4 мА): _____ ВПД (20 мА): _____	Да / Нет
7	Коррекция ближней зоны	Выполнена: _____	Да / Нет / Не проводилось
8	Сохранение файлов настройки	Путь к файлам: _____ - График эхо-сигнала: _____ - Настройки: _____	Да / Нет
9	Проверка на стенде	Метод: _____	Да / Нет
10	Проверка измерений в рабочих условиях	См. следующую таблицу	Да / Нет

Комментарии: _____

Контрольная таблица процедуры проверки измерений в рабочих условиях

Процесс проверки был выполнен в соответствии с Разделом 6.

Идентификационные данные уровнемера

ТЭГ	
Код модели	
Серийный номер	
Сервис	

Шаг	Выполнено	Задача	Результат	Успешно
1	Да / Нет	Подтвердить корректность показаний уровнемера	Показания радарного уровнемера: Второй уровнемер: Показания второго уровнемера:	Да / Нет
2	Да / Нет	Проверка аналогового выходного сигнала (только для приборов с 4-20мА/HART)	Выходной сигнал (уровень): Выходной сигнал (мА): Показания РСУ (%): Показания РСУ (мА):	Да / Нет
3	Да / Нет	Проверка графика эхо-сигнала в рабочих условиях	Опорный импульс: Порог для уровня: Порог для уровня границы раздела: Путь к файлу графика:	Да / Нет
4	Да / Нет	Обзор диагностических сообщений уровнемера	Активные предупреждения: Активные сигнализации:	Да / Нет
5	Да / Нет	Измерение уровня при опустошении резервуара	Выходной сигнал:	Да / Нет
6	Да / Нет	Проверка графика эхо-сигнала во время опустошения резервуара/камеры	Опорный импульс: Уровень шумов: Эхо-сигнал от дна/конца зонда: Путь к файлу графика:	Да / Нет
7	Да / Нет	Измерение уровня при наполнении резервуара	Выходной сигнал:	Да / Нет

Комментарии: _____

Результат:

Уровнемер прошел проверку

Уровнемер не прошел проверку

Стандартные условия и положения о порядке сбыта приведены на странице www.rosemount.com/terms_of_sale.

Логотип Emerson является торговой и сервисной маркой компании Emerson Electric Co.

Логотипы Rosemount и "the Rosemount" являются зарегистрированными торговыми марками компании Rosemount Inc.

HART является зарегистрированной торговой маркой компании HART Communication Foundation.

Modbus является зарегистрированной торговой маркой компании Modicon.

PlantWeb является зарегистрированной торговой маркой одной из компаний концерна Emerson Process Management.

Teflon, VITON и Kalrez являются зарегистрированными торговыми марками компании DuPont Performance Elastomers.

Asset Management Solutions является торговой маркой Emerson Process Management.

Все остальные торговые марки являются собственностью соответствующих владельцев.

©2008 Rosemount Inc. Все права защищены.

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Волгоград (844)278-03-48, Воронеж (473)204-51-73, Екатеринбург (343)384-55-89, Казань(843)206-01-48, Краснодар(861)203-40-90, Красноярск(391)204-63-61,
Москва(495)268-04-70, Нижний Новгород(831)429-08-12, Самара(846)206-03-16, Санкт-Петербург(812)309-46-40, Саратов(845)249-38-78,

Единый адрес: rse@nt-rt.ru