



  
**EMERSON**<sup>™</sup>  
Process Management

**Справочное  
руководство по  
эксплуатации  
уровнемеров  
на НПЗ**

**ROSEMOUNT**<sup>®</sup>





## Содержание

1. Нефтеперерабатывающая промышленность
  2. Методы измерения и контроля уровня
  3. Решения Rosemount для измерения и контроля уровня
  4. Практический опыт применений
  5. Особенности монтажа
  6. Документация
  7. Соответствие требованиям безопасности
- Приложения

## 1. Нефтеперерабатывающая промышленность

### 2. Методы измерения и контроля уровня

2.1	Волноводные радары	12
2.2	Бесконтактные радары	13
2.3	Ультразвуковые уровнемеры	14
2.4	Датчики давления	15
2.5	Емкостные уровнемеры	16
2.6	Буйковые уровнемеры	16
2.7	Радиоизотопные уровнемеры	17
2.8	Магнитострикционные уровнемеры	18
2.9	Вибрационные сигнализаторы уровня	18
2.10	Поплавковые и буйковые сигнализаторы уровня	19
2.11	Сравнительный обзор методов	20

### 3. Решения Rosemount для измерения и контроля уровня

3.1	Непрерывное измерение уровня	22
3.1.1	Волноводные радары	22
3.1.2	Бесконтактные радары	22
3.1.3	Ультразвуковые уровнемеры	22
3.1.4	Датчики перепада давления	23
3.2	Дискретный контроль уровня	23
3.2.1	Вибрационные сигнализаторы	23
3.2.2	Электромеханические поплавковые и буйковые сигнализаторы	23
3.2.3	Выбор сигнализатора: вибрационный или поплавковый?	24
3.3	Выносные камеры	25

### 4. Практический опыт применений

4.1	Применение радара в выносной камере	28
4.1.1	Измерение уровня при высокой температуре / низком давлении или высоком давлении / низкой температуре	28
4.1.2	Измерение уровня при высокой температуре и высоком давлении	29
4.1.3	Измерение уровня границы раздела сред при высокой температуре	29
4.1.4	Измерение уровня при стандартных значениях температуры и давления	30
4.1.5	Измерение уровня границы раздела сред при стандартных значениях температуры и давления	30
4.2	Применение радара в успокоительном колодце	31
4.2.1	Измерение уровня сжиженных газов	31

# Содержание

4.3	Применение на резервуаре	31
4.3.1	Измерение уровня сыпучих и твердых сред	31
4.3.2	Резервуары-хранилища	32
4.3.3	Резервуары с мешалками	32
4.3.4	Небольшие котлы, резервуары и сепараторы	33
4.3.5	Резервуары с очень быстрыми изменениями уровня	33
4.3.6	Измерение уровня и уровня границы раздела сред	33
4.4	Применение в сточных ямах и колодцах	33
4.5	Применения сигнализаторов уровня	34
4.5.1	Типовые применения	34
4.5.2	Практический опыт применений вибрационных сигнализаторов	34
4.5.3	Практический опыт применений поплавковых сигнализаторов	35
4.6	Применение в обессоливателе	35
4.7	Особые условия применения	35
4.8	Ограничения по применению радаров	38

## 5. Особенности монтажа

5.1	Монтаж радаров в выносных камерах	40
5.2	Монтаж радаров в успокоительном колодце	41
5.3	Монтаж радаров на резервуаре	42
5.4	Монтаж ультразвуковых уровнемеров	44
5.5	Монтаж сигнализаторов уровня	45

## 6. Документация

6.1	Примеры применений	48
6.1.1	Волноводные радарные уровнемеры	48
	- Измерение уровня топочного мазута	49
	- Измерения уровня границы раздела сред в обессоливателе и снижение затрат на эксплуатацию	51
	- Замена буйкового уровнемера при измерении уровня границы раздела нефть/вода в сепараторе	53
	- Повышение качества и эффективности измерений на предприятии Petro-Canada™	55
	- Измерение уровня и уровня границы раздела нефть/вода в зумпфе насоса	56
	- Непрерывное измерение уровня границы раздела сред на предприятии BP	58
	- Экономия \$57000 ежегодно за счет повышения качества измерений в сепараторе	60
	- Измерение уровня жидкого аммиака	62
	- Сокращение расходов на техническое обслуживание резервуаров со сжиженным газовым конденсатом	64
	- Измерение уровня жидкого пропана	66

## Содержание

6.1.2	Бесконтактные радарные уровнемеры	68
	- Повышение безопасности эксплуатации и снижение расходов на эксплуатацию продувочного сепаратора	69
	- Надежные измерения уровня в резервуаре с жидким пропиленом	71
	- Обеспечение надежных измерений уровня в резервуаре для смешивания смазочных масел	73
	- Измерение уровня в подземном сепараторе факельной системы	75
	- Оптимизация технологического процесса и увеличение объемов выработки жидкой серы	77
6.1.3	Ультразвуковые уровнемеры	80
	- Контроль уровня ливневых вод и устранение угрозы затопления на очистных сооружениях в Австралии	81
6.1.4	Сигнализаторы уровня	82
	- Предотвращение переливов в резервуарах с плавающей крышей	83
	- Повышение эффективности работы турбинных насосов	85
6.2	Технические заметки	87
	- Замена буйковых уровнемеров на волноводные радары	88
	- Рекомендации по выбору и монтажу радарных уровнемеров в успокоительных колодцах и выносных камерах	93
	- Измерение уровня аммиака радарными уровнемерами	100
	- Применения волноводных радаров в процессах с насыщенным паром и высоким давлением	102
	- Рекомендации по непосредственному монтажу выносных разделительных мембран	108
	- Рекомендации по выбору решения для вакуумных процессов	111
6.3	Справочная информация	115
	- Изменения диэлектрической проницаемости углеводородов	116
	- Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными	119
	- Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами	125

## 7. Соответствие требованиям безопасности

7.1	Требования безопасности SIL	134
7.2	Соответствие радаров рекомендациям NACE	136

## Приложения

1	Справочник диэлектрических постоянных	A2
2	Таблицы преобразования физических величин	A17
3	Глоссарий	A27
4	Ссылки и библиография	A42

## Приложение 5. Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount

A43



# Нефтеперерабатывающая промышленность

## 1. Нефтеперерабатывающая промышленность

### 1.1 Измерение и контроль уровня в нефтеперерабатывающей промышленности

В настоящее время мировая и отечественная нефтеперерабатывающая промышленность переживает значительные перемены. Множество из ныне существующих нефтеперерабатывающих предприятий решается на модернизацию процессов и производств для сохранения своей конкурентоспособности и получения максимально возможной прибыли от реализации продукции. На современном этапе развития нефтеперерабатывающей отрасли необходимо решение многих задач, но самое главное – это проблемы низкого технического и технологического уровня предприятий, который обусловлен значительным моральным и физическим износом оборудования на НПЗ, введенном в эксплуатацию десятки лет назад. В настоящее время отечественные НПЗ по уровню технологии переработки нефти, к сожалению, не входят в число мировых лидеров. В среднем глубина переработки нефти по отрасли составляет чуть более 70%, что является причиной производства нефтепродуктов, менее качественных, чем их мировые аналоги (в особенности, автобензин и дизельное топливо). Как следствие, основным направлением развития нефтеперерабатывающей отрасли является коренная реконструкция и модернизация НПЗ с опережающим строительством мощностей по углублению переработки нефти, повышению качества нефтепродуктов, производству новых высокоэффективных катализаторов.

По этой причине, разработка проектов модернизации действующих предприятий направлена, в первую очередь, на увеличение глубины переработки нефти, повышение эффективности использования энергоресурсов, достижение максимальной производительности и повышения качества конечных продуктов. Особое внимание уделяется вопросам энергосбережения, безопасности, и снижению расходов на эксплуатацию и обслуживание технологического и контрольно-измерительного оборудования. Безопасность производства, в широком понимании этого слова, в настоящее время приобретает чуть ли не ключевое и определяющее значение в связи с ужесточающимися требованиями законодательства по охране окружающей среды. С аналогичным комплексом требований сталкиваются и разработчики проектов новых нефтеперерабатывающих производств, но в дополнение к этому проект должен предусматривать минимизацию капитальных затрат.

Кроме всего вышеперечисленного, перед руководством предприятий постоянно стоит непростая задача оптимизации численности обслуживающего персонала в условиях повышения сложности, функциональности и эксплуатационных требований используемого

оборудования. Для того чтобы извлечь максимальную выгоду от переработки высокосернистой или тяжелой нефти, добываемой в Российской Федерации (основная марка российской нефтяной смеси «Urals» стоит в среднем на 4–6\$/баррель меньше, чем смесь марки «Brent», цена которой принимается за эталон), и обеспечить соответствие продукции техническим требованиям, предприятиям приходится модернизировать не только технологию переработки, но и средства автоматизации и КИП.

Данный справочник разработан для инженеров-проектировщиков и инженеров КИПиА с целью ознакомления с оборудованием и мировой практикой использования средств измерения и контроля уровня Rosemount на различных нефтеперерабатывающих предприятиях.

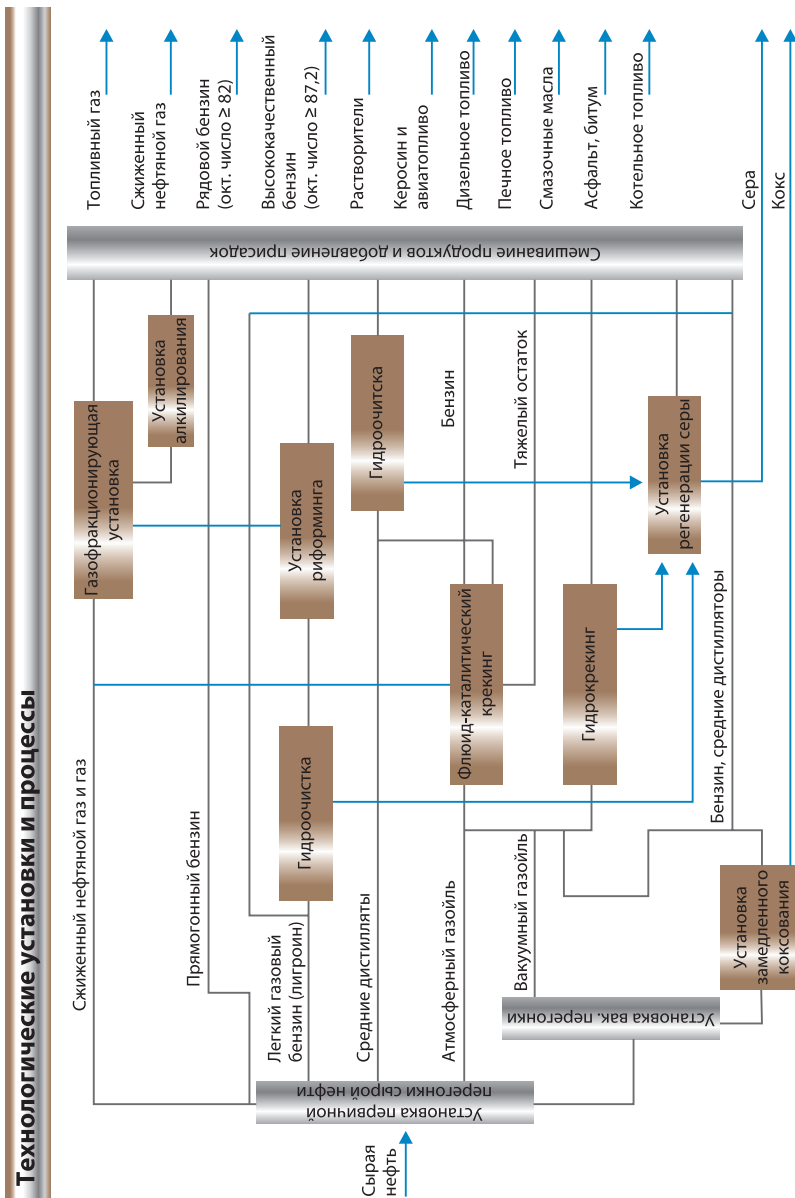
По нашим оценкам, в среднем на типовом нефтеперерабатывающем предприятии насчитывается более 1000 точек измерения уровня. Приблизительно в 80% случаев для такого рода измерений традиционно используются буйковые и поплавковые уровнемеры. Несмотря на простоту таких устройств и хорошо известный метод измерений, во время их эксплуатации возникает множество проблем, связанных с ростом погрешности измерений из-за непостоянства значения плотности, температуры, возникновения отложений на смачиваемых деталях, износом механических частей и так далее. В свою очередь, мы хотим познакомить вас с альтернативными решениями Rosemount на основе волноводной и бесконтактной технологий, датчиков давления и других, предназначенных для измерения и контроля уровня.

Наряду с повышением надежности работы, и высокой достоверностью измерений, современные приборы Rosemount способны предоставить пользователям ряд диагностических возможностей для мониторинга процесса, состояния измерительного прибора, и предотвращения непредвиденных остановов за счёт прогностического планирования периодического обслуживания.

Одним словом, модернизация парка контрольно-измерительной аппаратуры на НПЗ призвана повысить эффективность работы предприятия при одновременном снижении эксплуатационных расходов. Однако, следует помнить, что универсального метода измерений уровня для всех областей применений сегодня не существует, и решение о применении того или иного прибора должно приниматься с учетом параметров технологического процесса, характеристик среды, условий монтажа и так далее. Мы надеемся, что данный справочник, разработанный на основе многолетнего опыта накопленного специалистами Emerson в области технологических измерений уровня, позволит найти решения или необходимые рекомендации для решения конкретных задач на существующих, модернизирующихся или строящихся нефтеперерабатывающих производствах.



1.2 Схема процесса переработки нефти



**Типичного нефтеперерабатывающего предприятия**

## 1.3 Обзор нефтеперерабатывающих установок

**Установка первичной переработки** используется для разделения сырой нефти на различные фракции методом дистилляции в соответствии с температурными диапазонами их точек кипения. Благодаря этой установке все последующие установки переработки получают исходное сырье, удовлетворяющее определенным для них техническим требованиям. Типичными продуктами перегонки при атмосферном давлении являются газ, легкий газовый бензин (лигроин), прямогонный бензин, керосин, дизельное топливо, тяжелый газойль и мазут, который направляется на установку вакуумной перегонки для последующей дистилляции и разделения в условиях вакуума.

**Установка каталитического крекинга:** каталитический крекинг - это наиболее важный процесс преобразования в нефтеперерабатывающем производстве. Использование каталитического крекинга для преобразования молекул тяжелых углеводородов позволяет получить более ценные фракции, в частности, бензин, дизельное топливо, газообразные олефины и другие продукты.

**Гидроочистка:** целью процесса гидроочистки является удаление загрязнений и примесей в различных продуктах перегонки путем использования водорода для связывания серы и азота в присутствии катализатора. Процессы гидроочистки помогают удовлетворить требования по низкому содержанию серы в бензине дизельного топлива, а также обеспечивая установку каталитического крекинга сырьем с низким содержанием серы, и снижают количество вредных выбросов в окружающую среду.

**Гидрокрекинг** - это процесс «расщепления» тяжелых углеводородов на бензиновые компоненты с применением нагрева, катализатора и водорода под высоким давлением. На первой стадии гидрокрекинга удаляются азот и примеси серы аналогично тому, как это происходит в процессе гидроочистки. На следующей стадии вырабатывается высококачественное дизельное топливо, топливо для реактивных двигателей, а также сырье для установки риформинга.

**Установка риформинга:** на данной установке используется нагрев, катализатор и умеренные давления для преобразования прямогонного бензина, полученного в процессе первичной переработки нефти и замедленного коксования, в компонент высокооктанового бензина, так называемый риформат. В этом процессе осуществляется преобразование молекул парафиновых и

циклических углеводородов в продукты с повышенным содержанием ароматических соединений. Кроме того, эта установка является генератором водорода, который используется в других процессах переработки нефти.

**Установка алкилирования:** в процессе алкилирования применяются кислотные катализаторы, в частности, фтористоводородная (HF) или серная кислота, для объединения небольших молекул углеводородов, например, пропилена и изобутана в более крупные, собирательно называемые алкилатами. Продуктом установки алкилирования является высокооктановый компонент моторного топлива, который входит в состав бензинов наивысшего качества.

**Установка замедленного коксования:** обрабатывает тяжелый вакуумный остаток, который нагревается до температур свыше 480°C и помещается в коксовые камеры, где подвергается термическому крекингу, так как нефть разлагается в условиях экстремального нагрева. В состав продуктов входят газ, прямогонный бензин для процесса риформинга, дизельное топливо, газойль для каталитического крекинга, а также топливный нефтяной кокс.

**Установка регенерации серы:** предназначена для осуществления процесса десульфирования, используемого для восстановления свободной серы из газообразного сероводорода. Клаус-процесс широко применяется для извлечения серы из разнообразных газов нефтепереработки, содержащих H<sub>2</sub>S в достаточно высокой концентрации (более 25%).

**Газофракционирующая установка:** основным назначением данной установки является извлечение ценных компонентов C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> и C<sub>6</sub> из газов, вырабатываемых на других установках по переработке нефти, в частности, установок первичной переработки нефти, замедленного коксования, каталитического крекинга, риформинга и гидрокрекинга. Процесс осуществляется при помощи ректификационных колонн и абсорберов.

**Смешение и хранение:** продукты, полученные на разнообразных установках переработки нефти, смешиваются в различных пропорциях для соответствия техническим параметрам готовой продукции - бензин, дизельное топливо и другие продукты, которые отгружаются с предприятия по трубопроводам или на танкерах.

# 2

## Методы измерения и контроля уровня

Раздел	Стр.
2.1 Волноводные радары_____	12
2.2 Бесконтактные радары_____	13
2.3 Ультразвуковые уровнемеры_____	14
2.4 Датчики давления_____	15
2.5 Емкостные уровнемеры_____	16
2.6 Буйковые уровнемеры_____	16
2.7 Радиоизотопные уровнемеры_____	17
2.8 Магнитострикционные уровнемеры_____	18
2.9 Вибрационные сигнализаторы уровня_____	18
2.10 Поплавковые и буйковые сигнализаторы уровня_____	19
2.11 Сравнительный обзор технологий_____	20

### 2. Методы измерения и контроля уровня

#### 2.1 Волноводные радары

– непрерывное измерение уровня и уровня границы раздела сред

##### 2.1.1 Принцип измерений

Волноводный радар (Guided wave radar - GWR) иногда также называют радаром с временным разрешением (TDR), микроимпульсным радаром (MIR) или флекс (Flex) радаром.

При установке, волноводный радар монтируется на крыше резервуара или в камере, при этом зонд обычно погружается на полную глубину емкости.

Микроволновый импульс малой мощности сгенерированный электроникой волноводного радара, распространяется со скоростью света, вниз по всей длине зонда. В точке контакта зонда радара и жидкости (границы раздела воздух/вода) значительная часть микроволновой энергии отражается и возвращается в обратном направлении по зонду в приемник.

Уровнемер измеряет временную задержку между излучением и приемом излученного и отраженного сигнала, после чего встроенный микропроцессор рассчитывает расстояние до поверхности измеряемой среды по формуле:

Расстояние = (Скорость света × время задержки)/2

Если при конфигурировании уровнемера было введено расстояние до опорной точки - обычно это днище резервуара или камеры, то микропроцессор рассчитывает толщину слоя жидкости.

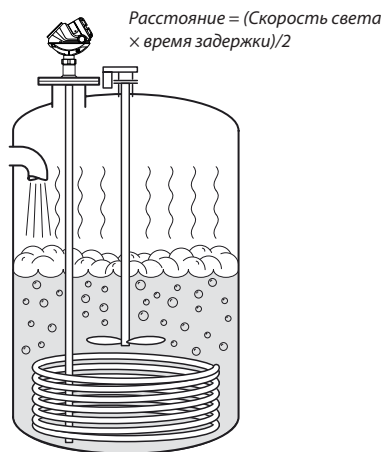


Рис. 2.1.1. Волноводный радар может работать вблизи объектов, создающих помехи, и в жестких условиях процесса.

Так как часть энергии микроволнового импульса продолжает распространяться вдоль зонда, то при наличии в резервуаре двух жидкостей (с низкой и более высокой диэлектрической проницаемостью), радар может зарегистрировать второй эхо-сигнал, отраженный от границы раздела двух жидкостей.

Благодаря этой особенности волноводные радары успешно применяются для измерения уровня границы раздела жидкость/жидкость, таких, к примеру, как, нефть/нефтепродукты и вода, в том числе при наличии некоторого слоя пены.

Волноводные радары можно использовать в резервуарах со сложной геометрией, выносных камерах и емкостях с высокими патрубками. Они подходят для измерений уровня жидкостей с малыми значениями диэлектрической проницаемости при условиях турбулентности, барботаж или слива/налива. Поскольку работа волноводного радара не зависит от того, насколько «плоской» является отражающая поверхность, такие уровнемеры можно с успехом использовать для измерения уровня порошковых, гранулированных материалов с наклонной поверхностью или жидкостей, поверхность которых представляет собой воронку.

##### 2.1.2 Преимущества

Волноводные радары (GWR) способны обеспечивать одновременное измерение уровня и уровня границы раздела сред (жидкость/жидкость), обеспечивая надежные измерения в самых разнообразных технологических процессах. Волноводные радары обеспечивают прямое измерение расстояния до поверхности технологической среды, что обуславливает возможность их применения на различных жидкостях, шламе, и некоторых видах сыпучих материалов. Важнейшим преимуществом таких радаров является отсутствие потребности какой-либо коррекции настроек при изменении плотности, диэлектрической постоянной или электропроводности жидкости. На точность измерений радара не влияют перепады рабочего давления, температуры и состояние парогазового пространства над жидкостью. Что особенно важно, волноводные радары не имеют подвижных частей, что сводит к минимуму потребность в техническом обслуживании. Быстрый и простой монтаж и настройка на объекте позволяют производить замену устаревших устройств, например, буйковых, поплавковых или емкостных уровнемеров, в считанные минуты.

##### 2.1.3 Ограничения

Несмотря на то, что волноводные радары могут работать в самых разнообразных условиях, их следует очень тщательно подбирать под условия конкретного процесса. К примеру, каждый тип зонда выбирается в зависимости от типа среды (липкая, вязкая), от диапазона измерений и монтажных ограничений. В ходе работы зонды не должны находиться в непосредственном контакте с металлическими объектами (кроме коаксиальных), так как это вызовет помехи и ложные отражения. Если измеряемая среда имеет тенденцию к налипанию или образованию отложений, то следует использовать только одинарный зонд.

### 2.2 Бесконтактные радары

– непрерывное измерение уровня

#### 2.2.1 Принцип измерений

Принцип измерений бесконтактного радара в общем основывается на том же принципе, что и для волноводного радара. Бесконтактный радар посылает измерительный сигнал сквозь парогазовое пространство, который, отразившись от поверхности измеряемой среды, возвращается обратно в приемник. Поскольку измерения осуществляются бесконтактно и части уровнемера практически не подвергаются воздействию коррозии, такие уровнемеры являются идеальным выбором для измерений вязких, клейких сред и жидкостей с твердыми, абразивными включениями. Довольно часто бесконтактные уровнемеры применяются в резервуарах с мешалками. При необходимости радарный уровнемер может быть изолирован от технологического процесса посредством отсечного клапана. Большинство изготовителей предлагают бесконтактные радары для диапазонов измерений от 1 до 30 или 40 метров.

Рабочая частота бесконтактного радара может повлиять на его характеристики сильнее, чем используемая методика измерений. С понижением рабочей частоты уменьшается восприимчивость радара к парам, пене и загрязнениям антенны, а более высокие частоты способствует большей концентрации радарного луча, что позволяет свести к минимуму влияние на процесс измерений патрубков, стенок и других объектов во внутреннем объеме резервуара. Ширина луча обратно пропорциональна размеру антенны, что значит, что при одинаковой рабочей частоте ширина измерительного луча уменьшается по мере увеличения размера антенны.

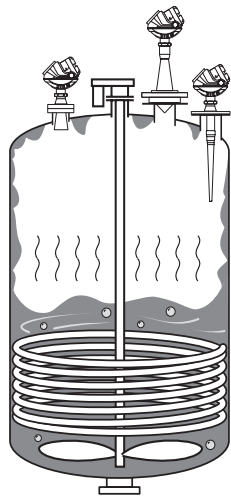


Рис. 2.2.1. Бесконтактные радары с антеннами различных типов для применения в различных условиях.

#### 2.2.2 Преимущества

Бесконтактный радар производит прямое измерение расстояния от опорной поверхности (фланца) до поверхности измеряемой среды. Он может применяться для работы с жидкостями, шламами и некоторыми видами сыпучих материалов. Важнейшим преимуществом бесконтактного радара является отсутствие каких-либо подвижных частей, а также потребности в корректировке значений плотности, диэлектрических свойств или электропроводности среды в ходе измерений.

На погрешность измерений радара не влияют перепады давления, температуры и состояние парогазового пространства над жидкостью. Отсутствие подвижных или контактирующих с технологической средой частей сводит к минимуму потребность в техническом обслуживании. При необходимости, бесконтактные радарные уровнемеры можно изолировать от технологического процесса посредством защитных экранов или окон, выполненных из политетрафторэтилена (PTFE), или клапанов. Так как прибор не контактирует с измеряемой средой, его с успехом можно применять для работы с агрессивными средами.

#### 2.2.3 Ограничения

Ключевым условием успешной работы бесконтактного радара является его правильная установка на объекте. Поверхность измеряемой среды должна беспрепятственно просматриваться с места планируемой установки без попадания каких-либо объектов в зону распространения радарного луча.

Измеряемая поверхность должна быть относительно ровной и по возможности не иметь наклона. Бесконтактный радар может использоваться в условиях турбулентности и перемешивания, но успешность и качество измерений будет зависеть от сочетания свойств жидкости и степени создаваемых возмущений. На измерения оказывают влияние свойства и состояние поверхности среды, например, при работе с жидкостями, имеющими низкую диэлектрическую проницаемость, большая часть энергии микроволновых импульсов поглощается жидкостью, и лишь небольшая ее часть отражается назад.

При наличии турбулентной поверхности среды, например, из-за перемешивания, смешивания или налива продукта большая часть сигнала может рассеиваться в пространстве резервуара. Таким образом, сочетание низкой диэлектрической проницаемости жидкости и турбулентности может значительно понизить силу отраженного сигнала, попадающего в приемник бесконтактного радара. Устранить эту проблему можно путем использования выносных камер или успокоительных колодцев/труб для уменьшения влияния турбулентности и повышения стабильности измерений.

### 2.3 Ультразвуковые уровнемеры

– непрерывное измерение уровня

#### 2.3.1 Принцип измерений

Ультразвуковой уровнемер монтируется на крыше резервуара. В процессе работы уровнемер посылает ультразвуковые импульсы вниз по направлению к среде, уровень которой необходимо измерять. Ультразвуковой импульс распространяется в пространстве со скоростью звука. Отразившись от поверхности жидкости, импульс возвращается в приемник уровнемера. Электроника измеряет время задержки между моментом излучения и приема отраженного импульса. Далее, встроенный микропроцессор вычисляет расстояние до поверхности жидкости по формуле:

$$\text{Расстояние} = (\text{Скорость звука} \times \text{время задержки})/2$$

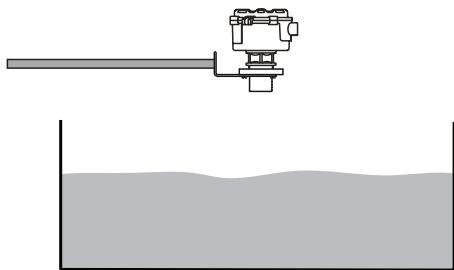


Рис. 2.3.1. Пример установки ультразвукового уровнемера

Если при конфигурировании уровнемера была введена значение опорной высоты (высота резервуара/расстояние от дна резервуара до уровнемера), то в этом случае уровнемер сможет вычислять уровень (толщину слоя жидкости) в резервуаре.

#### 2.3.2 Преимущества

Ультразвуковые уровнемеры могут быть установлены как на пустой, так и заполненный резервуар. Как правило, настройка таких приборов очень проста благодаря встроенному дисплею и кнопкам, или средствам удаленной настройки, позволяющем обеспечить ввод в эксплуатацию за считанные минуты.

Благодаря отсутствию подвижных частей и контакта с измеряемой средой, ультразвуковые уровнемеры практически не нуждаются в обслуживании. Смачиваемые (контактирующие с атмосферой процесса) части обычно изготовлены из инертных фторуглеродных материалов устойчивых к коррозии, обусловленной конденсацией паров.

Поскольку уровнемер является бесконтактным, результаты измерений не зависят от изменений плотности, диэлектрических свойств или вязкости среды; ультразвуковые уровнемеры хорошо подходят для измерения уровня различных водных растворов и химикатов.

Изменения температуры процесса вызывают изменения скорости распространения ультразвукового импульса через парогазовое пространство над жидкостью, эти отклонения, как правило, автоматически корректируются с использованием встроенного или внешнего датчика температуры. Изменения давления процесса на результат измерений не влияют.

#### 2.3.3 Ограничения

Работа ультразвуковых уровнемеров основывается на допущении, что ультразвуковой импульс не изменяет свои характеристики за время его распространения до поверхности среды и обратно, при этом скорость его распространения сохраняется постоянной. Следует избегать таких применений, где над поверхностью жидкостей образуются испарения или плотные пары. В таких случаях рекомендуется использовать радарные уровнемеры. Ультразвуковой метод измерений также нельзя использовать в процессах с вакуумметрическим давлением.

Область применений ультразвуковых уровнемеров также ограничивается свойствами конструкционных материалов. Диапазон рабочих температур в большинстве случаев ограничивается температурой процесса до 70°C и давлением до 0,3 МПа (3 бар).

Состояние поверхности жидкости также имеет большое значение. Некоторая турбулентность допустима, но пенообразование зачастую ослабляет отраженный эхо-сигнал.

Внутренние конструкции резервуаров, такие как, например, трубы, перегородки, мешалки и т.д., вызывают ложные отражения, но в большинстве уровнемеров заложены специальные программные алгоритмы, которые позволяют отслеживать или игнорировать эти отражения.

Ультразвуковые уровнемеры могут использоваться в силосах, содержащих сыпучие материалы в виде гранул, зерен или порошков, но реализация этого метода затруднена в связи с необходимостью учета таких факторов, как угол наклона насыпной поверхности, запыленность пространства и большой диапазон измерений. Для работы с сыпучими материалами лучше использовать волноводные или бесконтактные радары.

## 2 – Методы измерения и контроля уровня

### 2.4 Датчики давления

– непрерывное измерение уровня

#### 2.4.1 Принцип измерений

Датчики давления – это наиболее распространенная технология измерения уровня жидкости. Они имеют несложную конструкцию, отличаются простотой монтажа и эксплуатации, и работают в самых разных применениях и в широком диапазоне условий технологических процессов.

Если измерение уровня осуществляется в открытом/вентилируемом резервуаре, то может использоваться один датчик избыточного гидростатического давления (GP) или датчик дифференциального (перепада) давления (DP). Если резервуар закрыт или находится под давлением, то для компенсации давления в резервуаре должен применяться датчик DP.

В дополнение к основным измерениям уровня датчики DP могут быть настроены для измерения плотности и определения уровня границы раздела сред.

#### Измерение уровня в открытом резервуаре

Для того, чтобы получить значение уровня в открытом резервуаре, необходимо измерить гидростатическое давление жидкости.

Столб жидкости оказывает воздействие на основание столба, обусловленное собственным весом. Это воздействие, называемое гидростатическим давлением или давлением столба жидкости, может быть измерено в единицах давления. Гидростатическое давление определяется следующим уравнением:

$$\text{Гидростатическое давление} = \text{Высота} \times \text{Удельный вес}$$

При изменении уровня (высоты столба) жидкости пропорционально изменяется и гидростатическое давление. Поэтому простейшим способом измерения уровня в резервуаре является установка датчика давления на самом нижнем уровне жидкости: тогда уровень жидкости над точкой измерения может быть получен соответственно величине гидростатического давления, преобразуемой в высоту по приведенной выше формуле.

#### Измерение уровня в закрытом резервуаре

Если резервуар находится под давлением, то показаний одного датчика избыточного давления недостаточно, так как изменение суммарного давления в резервуаре может повлиять на процесс измерения уровня. Для решения этой задачи в закрытых резервуарах должен применяться датчик перепада давления, чтобы скомпенсировать давление в резервуаре.

При использовании датчика перепада давления изменение суммарного давления в резервуаре в равной степени воздействует на верхнюю и нижнюю мембраны, поэтому влияние внутреннего давления полностью исключается.

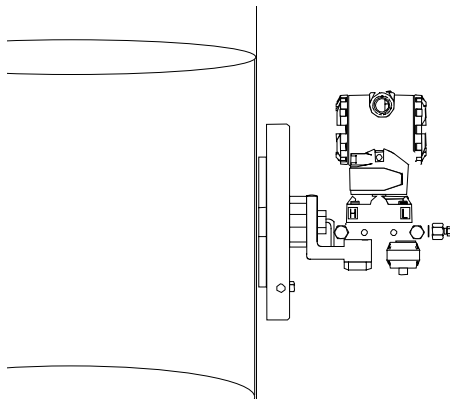


Рис. 2.4.1. Датчик перепада давления (DP)

Датчик DP высокого давления, установленный вблизи дна резервуара, измеряет гидростатическое давление плюс давление в парогазовом пространстве. Датчик DP низкого давления, установленный в верхней части резервуара, измеряет только давление в парогазовом пространстве. Разность показаний этих двух датчиков (дифференциальное давление) используется для определения уровня.

$$\text{Уровень} = \text{Дифференциальное давление} / \text{Удельный вес}$$

#### 2.4.2 Преимущества

В целом, датчики давления являются экономичным, простым в эксплуатации и хорошо изученным решением. В дополнение к этому, датчики давления могут использоваться практически с любыми резервуарами и жидкостями, включая суспензии, и могут работать в широком диапазоне давлений и температур.

#### 2.4.3 Ограничения

На точность измерения уровня датчиками давления может повлиять изменение плотности жидкости, поэтому, при работе с густыми, едкими или иными агрессивными жидкостями необходимо соблюдать особые меры предосторожности.

Кроме того, некоторые среды (например, бумажная масса) имеют тенденцию к отвердеванию по мере возрастания концентрации. Датчики давления плохо работают с материалами, находящимися в затвердевшем состоянии.

## 2 – Методы измерения и контроля уровня

### 2.5 Емкостные уровнемеры

– непрерывное и дискретный контроль уровня

#### 2.5.1 Принцип измерений

При установке электрода для измерения уровня в резервуаре образуется конденсатор. Металлический стержень электрода выступает в качестве одной из обкладок/пластин конденсатора, а стенка резервуара (или электрод сравнения в неметаллических резервуарах) действует как другая пластина. При повышении уровня воздух или газ, окружающий электрод, вытесняется материалом, имеющим другое значение диэлектрической проницаемости. Изменение емкости конденсатора происходит из-за изменения диэлектрических свойств объема среды между пластинами. Это изменение регистрируется приборами для измерения емкости в радиочастотном диапазоне (radio frequency - RF) и преобразуется в команду для исполнительного реле или в пропорциональный выходной сигнал.

Зависимость для емкости конденсатора выражается следующим уравнением:

$$C = 0,225 K (A / D), \text{ где:}$$

C = емкость в пикофарадах

K = диэлектрическая проницаемость материала

A = площадь пластин

D = расстояние между пластинами

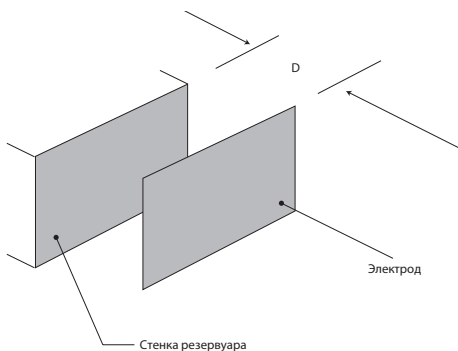


Рис. 2.5.1. Принцип работы емкостного уровнемера

Диэлектрическая проницаемость - это численное значение по шкале от 1 до 100, которая характеризует способность диэлектрика (среды между пластинами) удерживать электростатический заряд. Диэлектрическая проницаемость материала определяется на испытательном стенде.

В реальных условиях изменение емкости происходит различным образом, в зависимости от измеряемого материала и выбора электрода для измерения уровня. Однако, основной принцип всегда остается в силе. Если среда с низкой диэлектрической проницаемостью вытесняется средой с высокой диэлектрической

проницаемостью, то суммарная емкость системы возрастает.

При увеличении размеров электрода (возрастании эффективной площади поверхности) емкость возрастает; при увеличении расстояния между измерительным и опорным электродами емкость уменьшается.

#### 2.5.2 Преимущества

Емкостной уровнемер может использоваться в широком диапазоне технологических параметров, в частности, в условиях переменной плотности, повышенных температур (до 540 °С), высоких давлений (до 34,5 МПа/345 бар), при наличии вязких / клейких продуктов, пенистых материалов и паст. Он может применяться для непрерывного или точечного измерения уровня жидкостей и твердых сыпучих материалов, и пригоден для измерения уровня границы раздела сред. Кроме того, емкостные уровнемеры отличаются экономичностью и прочностью.

#### 2.5.3 Ограничения

Изменение диэлектрических свойств материала, а также осаждение продукта на зонде, приводят к ошибкам измерений емкостного уровнемера. Для компенсации влияния отложений продукта на емкостных зондах применяются дополнительные принадлежности. В неметаллических резервуарах или в баках, не имеющих вертикальных стенок, требуется применение дополнительного электрода сравнения. Калибровка емкостного уровнемера может вызывать затруднения, особенно в случае невозможности «калибровки на стенде», а изменение характеристик парогазового пространства может повлиять на выходной сигнал. Кроме того, работа емкостных уровнемеров сильно затруднена в условиях сильного пенообразования.

### 2.6 Буйковые уровнемеры

– непрерывное измерение уровня

#### 2.6.1 Принцип измерений

Буйковый уровнемер устанавливается на крыше резервуара или, что чаще, в выносной камере (байпассе), подсоединяемой к резервуару через вентили. Конструктивно состоит из буйка (элемент, вытесняемый из жидкости), подвеса буйка, соединенного через торсионный вал или пружинного подвеса с электронным преобразователем уровнемера. Тело буйка рассчитывается таким образом, чтобы его вес был больше веса вытесняемой жидкости, чтобы, даже при полном погружении буйка в жидкость, на подвес и торсионный вал воздействовала направленная вниз сила тяжести.

По мере того как уровень жидкости в резервуаре повышается, боек погружается в нее всё глубже и глубже. На боек воздействует выталкивающая сила, пропорциональная весу жидкости, вытесненной буйком (закон Архимеда). Эта сила и ее изменения воспринимаются электронным преобразователем уровнемера.



## 2 – Методы измерения и контроля уровня

Снижение силы тяжести, создаваемой весом буйка, подвешенного в жидкости, пропорционально уровню жидкости, и, на основании изменений силы тяжести, микропроцессор, расположенный в блоке электроники уровнемера, рассчитывает уровень жидкости.

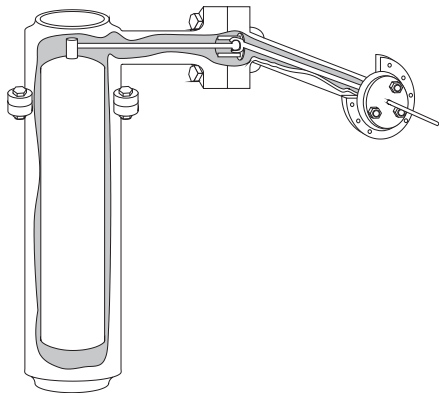


Рис. 2.6.1. Общий вид буйкового уровнемера

### 2.6.2 Преимущества

Парк установленных буйковых уровнемеров и сигнализаторов огромен, и, при условии, что техническое обслуживание и контроль калибровки выполняются регулярно, они безотказно работают в течение многих лет. Эти приборы получили широкое распространение благодаря способности работать при экстремальных значениях давления и температуры процесса, а также возможности определения уровня границы раздела двух жидкостей даже при наличии эмульсионных слоев между ними, что позволяет осуществлять измерение уровня в тяжелых условиях эксплуатации.

### 2.6.2 Ограничения

Погрешность измерений уровня зависит от правильности калибровки прибора в условиях эксплуатации. При нарушении калибровки показания уровня не будут соответствовать действительности.

В частности, большинство буйковых уровнемеров (например, с торсионным валом) требуют регулярного технического обслуживания и повторной калибровки, и могут быть повреждены в условиях частых перепадов уровня. Изменения плотности измеряемой среды также сильно влияют на точность измерений, в таком случае практически всегда необходима повторная калибровка. В зимнее время буйки имеют свойство замерзать в камере; также нередки случаи их заклинивания из-за перекоса.

Применение буйковых уровнемеров с диапазоном измерений более 5 м считается нецелесообразным, в основном из-за сложности монтажа.

## 2.7 Радиоизотопные уровнемеры

– непрерывное измерение и дискретный контроль уровня

### 2.7.1 Принцип измерений

Радиоизотопные уровнемеры состоят из экранированного радиоизотопного источника, прикрепляемого с одной стороны резервуара или трубы, и приемника, размещаемого на противоположной стороне. Гамма-лучи излучаются источником и направляются через стенку резервуара, через находящуюся в нем среду, в сторону противоположной стенки резервуара, где находится приемник.

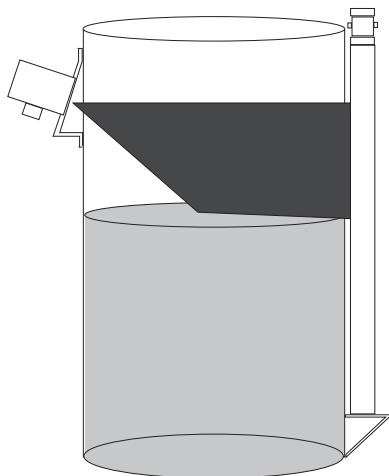


Рис. 2.7.1. Общий вид радиоизотопного уровнемера

В радиоизотопных сигнализаторах уровня применяются радиоизотопные источники определенного размера, обеспечивающие уровень радиации который обнаруживается при отсутствии материала между источником и приемником.

В радиоизотопных уровнемерах используются аналогичные радиоизотопные источники, но они определяют величину поглощения гамма-излучения, проходящего от источника к детектору через толщину измеряемого продукта. Доза облучения, регистрируемого приемником, обратно пропорциональна количеству продукта в резервуаре.

Несмотря на то, что слово «радиоизотопные» иногда вызывает опасения, имеется документально подтвержденный опыт безопасного применения данного метода в промышленности, в течение более чем 30 лет.

## 2 – Методы измерения и контроля уровня

### 2.7.2 Преимущества

Самым большим преимуществом радиоизотопного метода измерений является то, что он абсолютно не требует контакта с процессом, то есть технологических присоединений для установки прибора на резервуаре не требуется. Кроме того, радиоизотопные уровнемеры являются бесконтактными и не подвергаются влиянию высоких температур, высоких давлений, едких, абразивных и вязких материалов, не чувствительны к перемешиванию, засорению или заиливанию. Они могут применяться для непрерывного измерения уровня или сигнализации уровня жидкостей и твердых сыпучих сред, а также для определения уровня границы раздела сред.

### 2.7.3 Ограничения

Значительные колебания плотности, особенно изменения концентрации водорода в продукте, могут вызывать ошибки измерений. Отложения материала на стенках резервуара также могут влиять на результаты измерений. Для использования радиоизотопного метода требуется разрешение на использование и обязательный контроль отсутствия утечек, а также соблюдение жестких требований по охране труда и технике безопасности при обращении с источниками излучения и утилизации отходов. К тому же радиоизотопные уровнемеры имеют довольно высокую стоимость.

## 2.8 Магнестрикционные уровнемеры

– непрерывное измерение уровня

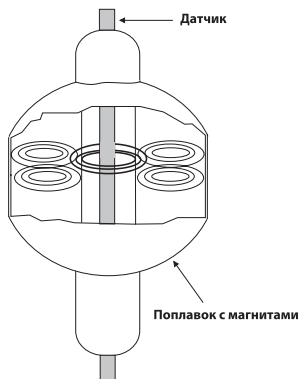


Рис. 2.8.1. Возникновение магнестрикции при взаимодействии магнитных полей.

### 2.8.1 Принцип измерений

Магнестрикционные устройства определяют момент пересечения двух магнитных полей, одно из которых создается магнитом поплавка, а другое – волноводом. Электроника генерирует токовый импульс малой мощности, распространяющийся по волноводу, и, когда магнитное поле импульса взаимодействует с полем, создаваемым магнитом поплавка, возникает «скручивание» чувствительного элемента. При этом

создается ультразвуковая волна, время распространения которой измеряется электроникой уровнемера.

### 2.8.2 Преимущества

Магнестрикционные уровнемеры отличаются низкой погрешностью измерений ( $\pm 1$  мм). Одним уровнемером можно измерять как уровень, так и уровень границы раздела сред, а также измерять температуру процесса в одной или нескольких точках.

### 2.8.3 Ограничения

Поплавок магнестрикционного уровнемера должен находиться в непосредственном контакте с технологической средой. На нем возможно образование отложений, способных привести к потере подвижности; поплавки могут подвергаться коррозии и подходят для измерения уровня только жидких сред.

## 2.9 Вибрационные сигнализаторы уровня

– непрерывное измерение уровня

### 2.9.1 Принцип действия

Вибрационный сигнализатор состоит из двухкомпонентного камертона, который вибрирует на собственной частоте, благодаря пьезоэлементу, и чувствительного элемента – вилки. Сигнализатор монтируется сверху или сбоку резервуара при помощи фланцевого или резьбового технологического присоединения таким образом, чтобы вилка находилась внутри резервуара.

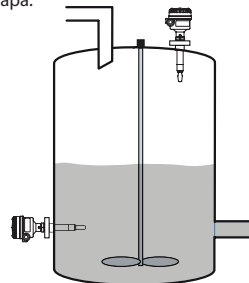


Рис. 2.9.1. Примеры монтажа вибрационных сигнализаторов уровня на резервуаре.

В парогазовой атмосфере элементы вилки вибрируют на собственной резонансной частоте, которая постоянно контролируется электроникой.

В момент, когда вилка погружается в технологическую среду, частота вибрации изменяется. Изменение частоты детектируется электроникой сигнализатора, которая в свою очередь, изменяет выходное состояние сигнализатора для управления сигнализацией, насосом, клапаном или другими устройствами.

Рабочая частота сигнализатора выбирается таким образом, чтобы избежать резонанса с частотами вибраций от механизмов, работающих вблизи, во избежание ложных срабатываний.

## 2 – Методы измерения и контроля уровня

Конструкция сигнализатора не содержит каких либо внешних уплотнений и обычно выполняется из нержавеющей стали, что позволяет использовать его при высоких давлениях и температурах. Также применяются различные варианты покрытий смачиваемых частей или специальные материалы для работы в агрессивных средах.

### 2.9.2 Преимущества

На работу вибрационных сигнализаторов уровня практически не оказывают воздействия: потоки жидкости, турбулентность, пузырьки, пена, вибрации, твердые включения, налипания, отложения, а также изменение свойств/характеристик жидкости. После установки на объекте дополнительной калибровки не требуется. Сигнализаторы имеют минимальные требования к монтажу, отсутствие подвижных частей и зазоров практически полностью исключает потребность в техническом обслуживании.

Встроенные функции самодиагностики в процессе работы, делают вибрационные сигнализаторы надежными средствами контроля верхнего или нижнего предельных уровней, которые соответствуют современным требованиям производств. В некоторых моделях предусмотрен анализ технического состояния компонентов и контроль характеристик для диагностики возможных неисправностей и выдачи сообщений оператору еще до того, как они фактически будут иметь место.

### 2.9.3 Ограничения

Вибрационные сигнализаторы уровня непригодны для работы в очень вязких средах. В некоторых случаях отложения между зубцами вилки нарушают надежность их работы и приводят к ложным срабатываниям.

## 2.10 Поплавковые и буйковые сигнализаторы уровня

– дискретный контроль уровня

### 2.10.1 Принцип действия

Поплавковый сигнализатор уровня обычно монтируется на боковой стенке резервуара или в выносной камере и срабатывает, когда поплавок всплывает под действием жидкости, достигающей заданного уровня сигнализации.

В конструкцию поплавковых сигнализаторов входят постоянные магниты, взаимодействующие друг с другом, один из которых находится на поплавке, а другой в корпусе сигнализатора. Переключение происходит в момент пересечения двух магнитных полей. Конструкция не содержит уплотнений, так как магниты взаимодействуют через стенку корпуса сигнализатора.

Эти простые электромеханические устройства практически безотказны и обеспечивают надежное переключение при контроле верхнего или нижнего уровня.

Такие сигнализаторы имеют множество исполнений и моделей с различными типами технологических присоединений или типов переключения, удовлетворяющих требованиям практически любой прикладной задаче.

В тех случаях, когда точки переключения находятся значительно ниже точки монтажа сигнализатора, можно использовать буйковый сигнализатор, принцип действия которого аналогичен принципу действия буйкового уровнемера.

Бук в подвесе крепится к пружине ниже точки монтажа на требуемом уровне переключения.

Бук/поплавок определенного веса поддерживается пружиной. Когда бук погружается в жидкость, действующая на пружину сила тяжести уменьшается, рабочий постоянный магнит поднимается, взаимодействуя с другим постоянным магнитом, расположенным в корпусе сигнализатора. Буйковые сигнализаторы часто используются в процессах с очень высокими давлениями и с жидкостями, имеющими низкую плотность.

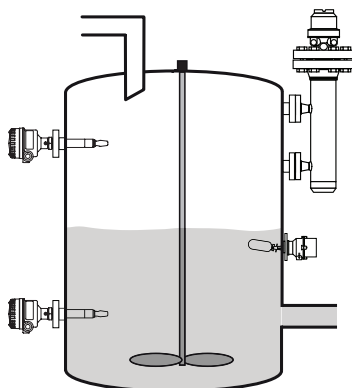


Рис. 2.10.1. Пример монтажа поплавкового сигнализатора уровня в камере и на боковой стенке резервуара.

### 2.10.2 Преимущества

Благодаря простой конструкции с небольшим количеством элементов, поплавковые и буйковые сигнализаторы очень надежны и просты в обслуживании. Они хорошо подходят для процессов с высокими давлениями и температурами, а разнообразие материалов смачиваемых деталей позволяет использовать такие сигнализаторы практически с любыми жидкостями.

### 2.10.3 Ограничения

Поплавковые и буйковые сигнализаторы являются простыми пассивными устройствами, не имеющими функций самодиагностики, поэтому для обеспечения их бесперебойной работы рекомендуется осуществлять регулярный контроль и техническое обслуживание. Подвижные части таких сигнализаторов подвержены загрязнению липкими или вязкими жидкостями.

## 2 – Методы измерения и контроля уровня

### 2.11 Сравнительный обзор методов

Условия процесса / Метод	Давление	Емкостной	Ультразвук	Волноводный радар	Бесконтактный радар	Радиоизотопный	Буйковый	Магнитострикционный	Поплавковый	Вибрационная вилка
Аэрация	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1
Перемешивание	1	2	3	2	2	1	1	2	2	1
Изменения температуры окружающей среды	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
Коррозия	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2
Изменения плотности	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Изменения диэлектрической постоянной среды*	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Пыль	1	1	3	1	2	1	3	1	3	3
Пена	1	2	3	2	2	1	1	1	1	2
Высокая температура процесса	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1
Высокое давление в резервуаре	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1
Внутренние конструкции в резервуаре	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1
Низкие температуры процесса	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Вакуумметрическое давление в резервуаре (разрежение)	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Помехи (ЭМП, двигатели, компрессоры)	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Отложения, налипания продукта	3	3	2	2	1	2	3	3	2	2
Суспензии	2	1	1	2	1	1	3	2	2	2
Сыпучие материалы	3	2	2	1	1	1	3	3	3	3
Пары	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Вязкие, липкие среды	2	2	1	2	1	1	3	3	2	2

Таблица 2.11.1. Сравнительная таблица и оценка методов с учетом их работоспособности в различных условиях процесса.

1 = Хорошо: это условие слабо влияет или не оказывает воздействия на эффективность данного метода

2 = Удовлетворительно: этот метод может работать в данных условиях, но надежность измерений может быть снижена или может потребоваться специальный монтаж

3 = Плохо: этот метод не подходит для данных условий.

\*Изменения значений диэлектрической постоянной влияет на погрешность измерений уровня границы раздела сред.

# 3

## Решения Rosemount для измерения и контроля уровня

Раздел	Стр.
3.1 Непрерывное измерение уровня	22
3.2 Дискретный контроль уровня	23
3.3 Выносные камеры	25

### 3. Решения Rosemount для измерения и контроля уровня

#### 3.1 Непрерывное измерение уровня

##### 3.1.1 Волноводные радары

###### Волноводные радарные уровнемеры Rosemount

- Обеспечивают прямой метод измерения уровня с низкой погрешностью и высокой надежностью измерений
- Обеспечивают одновременное измерение нескольких переменных процесса (уровень, уровень границы раздела сред, расстояние до поверхности среды, толщина слоя верхнего продукта, общий объем среды в резервуаре, мощность сигнала и т. д.) и их передачу в систему управления посредством многопараметрического выходного сигнала MultiVariable™.

###### Высокопроизводительные волноводные радары серии 5300

- Надежно работают в наиболее тяжелых условиях технологических процессов, при наличии сложной геометрии технологических аппаратов, требований к средствам контроля и обеспечения безопасности
- Технология Direct Switch обеспечивает усиление мощности сигналов, позволяет увеличить диапазон измерений и расширить спектр применений серии 5300 с одинарными зондами
- Расширенные возможности конфигурирования и доступа к диагностической информации при помощи ПО Radar Master и интерфейса описания устройств EDDL
- Функция проецирования конца зонда обеспечивает надежность измерений сред с низкой отражательной способностью.



Rosemount 5300



Rosemount 3300

###### Универсальные и простые в использовании волноводные радары серии 3300

- Подходят для решения большинства задач оперативного контроля уровня жидкостей
- Первый 2-проводный уровнемер для измерения уровня и уровня границы раздела сред с надежностью, подтвержденной тысячами эксплуатируемых приборов

##### 3.1.2 Бесконтактные радары

###### Высокопроизводительные 2-проводные радары Rosemount серии 5400

- Лидирующая на рынке логика программной обработки сигналов для работы в резервуарах с быстро меняющимися условиями процесса.
- Круговая поляризация, позволяющая устанавливать уровнемер вблизи стенок резервуара и отфильтровывать больше ложных эхо-сигналов и помех.
- Для максимального охвата возможных областей применения используются модели с высокой и низкой рабочими частотами
- Расширенные возможности пользовательского интерфейса с поддержкой EDDL обеспечивают визуализацию информации о конфигурировании и возможностях диагностики
- Двухпортовая система приема-передачи сигналов Dual Port позволяет излучать больше энергии на поверхности среды, чем любой другой 2-проводный радар



Rosemount 5400



Rosemount 5600

###### 4-проводная серия 5600 для особых применений

- Возможности 4-проводной схемы подключения обеспечивают максимальную чувствительность и эффективность при измерениях уровня сыпучих материалов, при работе в реакторах, в условиях быстрого изменения уровня среды и при других экстремальных условиях технологических процессов
- Расширенные возможности конфигурирования и обработки эхо-сигналов для достижения максимального результата в сложных условиях эксплуатации
- Лучшая на рынке обработка сигнала для работы в резервуарах со сложными условиями процесса

##### 3.1.3 Ультразвуковые уровнемеры

###### Ультразвуковые уровнемеры Rosemount серии 3100

- Надежное и экономичное решение для измерений уровня жидкостей в диапазоне до 11 м
- Прямое измерение уровня
- Минимальные расходы на эксплуатацию
- Локальный интерфейс оператора или дистанционное программирование для быстрого ввода в эксплуатацию
- Два встроенных реле для управления и/или сигнализации
- Устойчивые к воздействию агрессивных сред материалы смачиваемых частей
- Усовершенствованные алгоритмы обработки и обнаружения эхо-сигналов для повышения надежности измерений уровня



Rosemount 3100

## 3 – Решения Rosemount для измерения и контроля уровня

### 3.1.4 Измерение уровня по дифференциальному давлению

#### Датчики гидростатического давления (уровня)

##### Rosemount

- Доступны для заказа датчики серий 3051S, 3051C и 2051
- Расширенные средства диагностики и технологических оповещений
- Беспроводные конфигурации обеспечивают доступ к новым точкам измерения
- Единая модель для простоты оформления заказа



**Rosemount 3051S с интегрированной мембраной**



**Rosemount 3051S с выносными мембранами 1199**

#### Выносные разделительные мембраны Rosemount 1199

- Множество вариантов исполнения непосредственной установки или с капиллярными присоединениями для соответствия монтажным требованиям на резервуаре
- Выпускаются для датчиков любой конфигурации

#### Гидростатические датчики уровня серии 9700



- Погружные или внешние уровнемеры для использования в вентилируемых и открытых резервуарах
- Прочная конструкция из нержавеющей стали или алюминиевой бронзы
- Жесткий керамический сенсор утопленного монтажа для продления срока службы
- Простота и экономичная установка

## 3.2 Дискретный контроль уровня

### 3.2.1 Вибрационные сигнализаторы

#### Вибрационные сигнализаторы уровня Rosemount

- Надежный инструмент для контроля предельных уровней жидкостей в технологических емкостях и товарных резервуарах
- Конструкция с короткой вилкой для минимального проникновения в резервуар или монтажа в трубе
- Компактная и легкая конструкция для монтажа на стенке или крыше резервуара
- Возможность использования с преобразователем дискретного сигнала в беспроводной Rosemount 702
- Малое время переключения для обеспечения быстрой реакции сигнализатора

#### Стандартная модель

- Различные типы модулей электроники, включая искробезопасный и релейный
- Защита от переливов в соответствии со стандартом DIBT/WHG
- Широкий ряд фланцевых и резьбовых присоединений
- Возможность изготовления удлиненной вилки (до 3000 мм)



**Rosemount 2120 – стандартная модель**



**Rosemount 2130 – высокотемпературная модель**

#### Модель для работы в условиях высоких температур процесса

- Расширенный диапазон рабочих температур от -70 до 260°C
- Встроенные средства самодиагностики для непрерывного контроля состояния электроники и механических частей
- Идеально подходит для сложных задач сигнализации

### 3.2.2 Электромеханические поплавковые и буйковые сигнализаторы

- Устойчивая и надежная работа в большинстве типов жидкости
- Уникальная магнитная система переключения
- Подходят для эксплуатации при экстремальных давлениях и температурах процесса
- Широкий выбор вариантов технологических присоединительных фланцев, размеров поплавков и типов выходного сигнала
- Исполнения для вертикального монтажа в резервуаре или в выносной камере
- Широкий выбор конструкционных материалов
- Возможность комплексной поставки реле в комплекте с выносной камерой стандартного или специального исполнения для соответствия уже имеющимся технологическим присоединениям



## 3 – Решения Rosemount для измерения и контроля уровня

### 3.2.3 Выбор сигнализатора: вибрационный или поплавковый?



	Поплавковый сигнализатор	Вибрационный сигнализатор
<b>Требования по монтажу</b>	Сверху, сбоку, в камере	Сверху, сбоку, в камере
<b>Давление процесса</b>	от вакуума до 20 МПа (200 бар)	от вакуума до 10 МПа (100 бар)
<b>Температура процесса</b>	Горизонтальное исполнение: от -30 до 400°C Вертикальное исполнение: от -50 до 300°C	от -70 до 260°C
<b>Типы электроники</b>	Сухой контакт типа SPCO, DPCCO. Поставляются с золочеными контактами, в герметичном исполнении. Возможность использования беспроводной технологии передачи сигнала	Непосредственное подключение нагрузки, реле DPDT, ПЛК/PNP-выход, искробезопасный выход по стандарту Namur
<b>Внешнее самотестирование, диагностика</b>	Да - механическое тестирующее устройство доступно только для горизонтального исполнения	Да, магнитная тестовая точна для тестирования функциональности
<b>Точка переключения</b>	Зависит от способа установки, конфигурации и т. д.	Для воды: 13 мм (зависит от плотности среды)
<b>Разрешение на применение в опасных зонах</b>	Да	Да
<b>Соответствие требованиям стандарта SIL 2</b>	Нет	Да
<b>Конструкционные материалы</b>	Нерж. сталь, сплав 400 (Monel), касательно других материалов проконсультируйтесь с заводом-изготовителем	Нерж. сталь, сплав C-276 (Hastelloy) и нерж. сталь с сопоставимым покрытием ECTFE/PFA
<b>Чувствительность</b>	Плотность среды от 400 кг/м <sup>3</sup> , допускается образование отложений среды	Плотность среды от 500 кг/м <sup>3</sup> , допускается образование сильных отложений Вязкость от 0,2 до 10000 сП

Таблица 3.2.1. Сравнение характеристик поплавковых и вибрационных сигнализаторов уровня



### 3.3 Выносные камеры 9901 для технологических уровнемеров

#### 3.3.1 Общая информация

Выносные камеры Rosemount 9901 – это законченное решение для внешнего монтажа уровнемеров Rosemount на стенках технологических резервуаров

Внешний монтаж уровнемеров в камерах, позволяет, при необходимости, изолировать их от воздействия технологического процесса и для обеспечения планового технического обслуживания без вывода установки из эксплуатации. Такое решение делает измерения уровня доступным в резервуарах с множеством внутренних или других ограничений, не позволяющих монтировать уровнемеры непосредственно внутри резервуара.



Рис. 3.3.1.

Установка уровнемеров в выносных камерах имеет ряд преимуществ при наличии сложных условий процесса:

Ограничения внутри резервуара:

- мешалка
- теплообменник
- внутренние конструкции

Изолирование уровнемеров от воздействия процесса:

- оперативное техническое обслуживание
- безопасность
- опасные жидкости
- высокое давление
- высокая температура

Турбулентные условия процесса:

- камера работает как успокоительный колодец

#### 3.3.2 Камера

В камере, называемой также байпасом, гильзой или врезкой, находится измеряемая жидкость и чувствительный элемент прибора.

Для монтажа уровнемеров подходят два типа камер, различающихся по расположению присоединений к резервуару, находящихся на корпусе камеры (рис. 3.3.2).

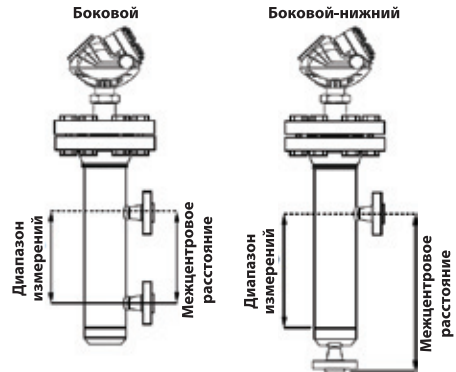


Рис. 3.3.2. Тип/форма камер, подходящих для монтажа уровнемеров

Уровеньмер монтируется на камере сверху при помощи фланцевого или резьбового присоединения. Резьбовое присоединение применяется для поплавковых сигнализаторов уровня вертикального исполнения

Стандартными конструкционными материалами камер являются углеродистая или нержавеющая сталь; по вопросам использования других материалов проконсультируйтесь с заводом-изготовителем.

#### 3.3.3 Конструкция камеры

Конструкция камеры 9901 соответствует стандарту ASME B31.3 и отвечает требованиям директив, распространяемых на оборудование, работающее под давлением (PED).

Для данных камер используются ответные фланцы и сварные швы, соответствующие стандартами EN ISO 15614-1:2004 и ASME «Коды по котлам и сосудам высокого давления», Раздел IX. Все сварщики имеют квалификацию, отвечающую требованиям стандартов EN ISO 15614-1:2004 и ASME «Коды по котлам и сосудам высокого давления», Раздел IX.

Все конструкционные материалы имеют сертификаты происхождения типа 3.1 в соответствии с EN 10204.

Каждая выпускаемая камера серии 9901 проходит гидравлические испытания. Кроме того, существует целый ряд испытаний методом неразрушающего контроля (NDT).



# 4

## Практический опыт применений

Раздел	Стр.
4.1 Применение радара в выносной камере _____	28
4.2 Применение радара в успокоительном колодце _____	31
4.3 Применение внутри резервуара _____	31
4.4 Применение в сточных ямах и колодцах _____	33
4.5 Применение сигнализаторов уровня _____	34
4.6 Применение в обессоливателе _____	35
4.7 Особые условия применения _____	35
4.8 Ограничения по применению радаров _____	38

### ПРИМЕЧАНИЕ:

Следует учесть, что все приведенные в данном справочном руководстве практические примеры рекомендуются на основании существующего опыта эксплуатации. Тем не менее, каждый технологический процесс имеет свои особенности, поэтому, при выборе прибора обратитесь за консультацией к местному представителю компании Emerson.

### 4. Практический опыт применений

#### 4.1 Применение радара в выносной камере

Рекомендации по выбору и установке радаров в выносных камерах приведены в соответствующей технической заметке на стр. 93.

##### 4.1.1 Измерение уровня при высокой температуре / низком давлении ИЛИ высоком давлении / низкой температуре

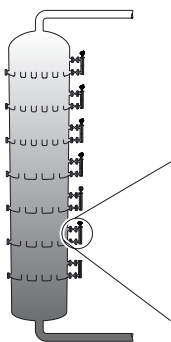
Характеристика технологического процесса

- 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

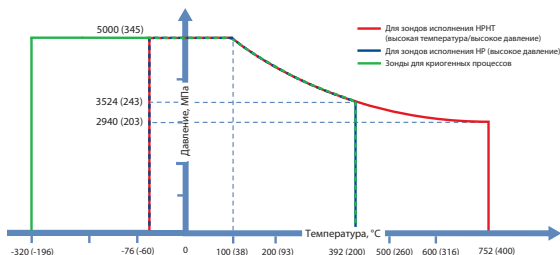
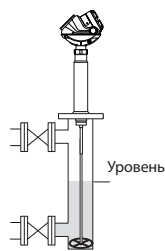
**A: Высокая температура при давлении от низкого до умеренного - рекомендуется использование уплотнения для высоких температур / высоких давлений (НТНР)**

Типовые применения

- Кубы дистилляционных колонн
- Асфальт / битум
- Нафта
- Коксовое сырье



Rosemount 5301



**B: Высокое давление при температуре от низкой до умеренной - рекомендуется использования уплотнения для высоких давлений (НР)**

Типовые применения

- Компрессоры и связанные с ними газожидкостные сепараторы и скрубберы
- Теплообменники/оросители
- Колонна для отгона бутановой фракции из бензина
- Пропанотогонная колонна

Рекомендуемое решение для условий А и В

- Рекомендуется уровнемер Rosemount 5301 с одинарным зондом (код опции «4А» или «5А»). При необходимости следует использовать центровочный диск
- Для установки в камере могут использоваться гибкие зонды, но в этом случае следует использовать груз, (код опции W2) и центровочный диск. Тем самым обеспечивается вертикальность и центрирование зонда в камере, а также минимальный размер нижней переходной зоны.
- Температурные условия:
  - Для высокотемпературных процессов следует использовать технологическое уплотнение исполнения НТНР. Оно рассчитано для работы при максимальной температуре процесса до 400°C.
  - Для процессов с высокими давлениями и при умеренных температурах следует использовать уплотнения исполнения НР.
  - Используйте металлические центрирующие диски, код опции «5х»
- В процессах с низкой отражающей способностью измеряемого продукта рекомендуется использовать программную функцию «Проецирование конца зонда» (РЕР). 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 НР можно использовать стандартное технологическое уплотнение. Например, оно подходит для измерений верхней части ректификационной колонны.

*Номинальные диапазоны рабочих давлений и температур для уплотнений НТНР, НР и криогенных.*

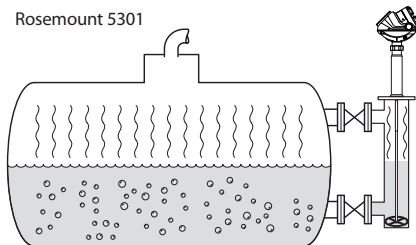
## 4 – Практический опыт применений

### 4.1.2 Измерение уровня при высокой температуре и высоком давлении

#### Типовые применения

- Паровые котлы и системы питательной воды

Rosemount 5301



#### Характеристика технологического процесса

- Кипящая вода с насыщенным водяным паром
- Интенсивная конденсация
- Вода и насыщенный водяной пар обладают особыми свойствами
  - Сила эко-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 пропорциональная измеренному расстоянию. Изменение давления и температуры будут также влиять на величину погрешности.

#### Рекомендуемое решение

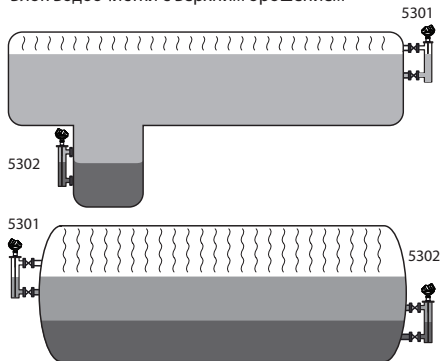
- Рекомендуется использование уровнемера Rosemount 5301 с одинарным зондом (код опции «4А») и центрирующим диском, при необходимости.
- Температурные условия:
  - необходимо использовать технологическое уплотнение для высоких температур и высоких давлений (НТР, код опции «Н»), рассчитанное на следующие 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.
- Для процессов с давлением более 4 МПа (40 бар) рекомендуется использовать функцию динамической компенсации диэлектрической постоянной пара. Это позволит снизить погрешность измерений до менее чем 2%.

*Дополнительная информация о динамической компенсации пара приведена в соответствующей технической заметке на стр. 102.*

### 4.1.3 Измерение уровня границы раздела сред при высокой температуре

#### Типовые применения

- Сепараторы, в частности, с низкой температурой и высоким давлением и с высокой температурой и низким давлением в установке гидроочистки
- Коагуляторы
- Измерение уровня границы раздела бензин /вода
- Блок водоочистки с верхним орошением



#### Характеристика технологического процесса

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

#### Рекомендуемое решение

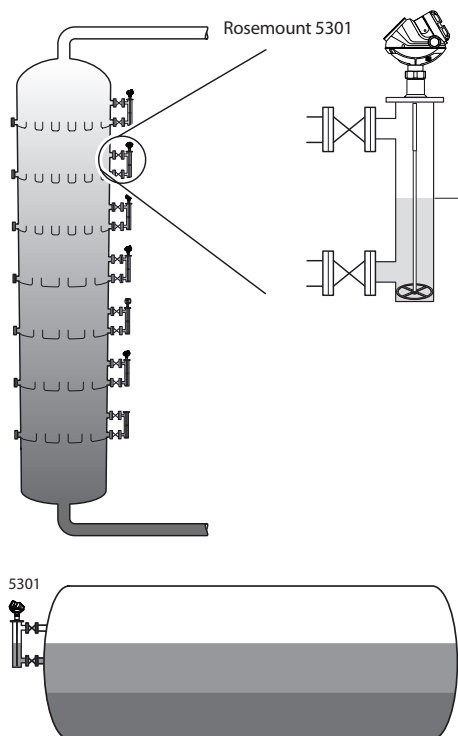
- Рекомендуется использование уровнемера Rosemount 5301 с отдельным промывочным кольцом или фланцем со встроенной промывкой. В качестве альтернативы, при наличии парогазовой подушки, рекомендуется использование уровнемера Rosemount модели 5302
- Чтобы удостовериться, что все необходимые условия для успешного 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 исполнения «4А» или «5А», с установленным при необходимости центровочным диском
- Условия температуры и давления:
  - Используйте уплотнение для высоких температур и высоких давлений (НТР, 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 эко-сигнала уровня границы раздела сред) в ПО уровнемера.

## 4 – Практический опыт применений

### 4.1.4 Измерение уровня при стандартных значениях температуры и давления

#### Типовые применения

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



#### Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount 5301 с одинарными зондами (код опции «4A»), 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 «Px»

### 4.1.5 Измерение уровня границы раздела сред при стандартных значениях температуры и давления

#### Типовые применения

- Аккумуляторы
- Резервуары-отстойники
- Нефтеборники
- 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 исполнения «4A» или «5A», 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 «Px»



### 4.2 Применение радара в успокоительном колодце

Рекомендации по выбору и монтажу радаров в успокоительных колодцах приведены в соответствующей технической заметке на стр. 93.

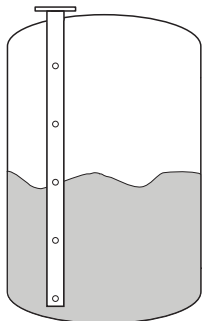
#### 4.2.1 Измерение уровня сжиженных газов или жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью в крупных резервуарах

##### Типовые применения

- Небольшие резервуары со сжиженным природным и сжиженным углеводородным/ нефтяным газом
- Большие резервуары (например, сферические) для хранения бутана, изобутана
- Вертикальные резервуары с сырой нефтью
- Измерение уровня пропилена
- Факельные сепараторы с доступом через успокоительный колодец

##### Характеристика технологического процесса

- Сжиженные газы имеют очень низкую диэлектрическую проницаемость и коэффициент отражения эхо-сигналов
- Кипение сжиженных газов является дополнительным фактором уменьшения силы отраженных сигналов
- Нечеткое положение уровня и уровня границы раздела сред



##### Рекомендуемое решение

- Сырая нефть может храниться в резервуарах, оборудованных успокоительными колодцами или комбинацией плавающей крышки и успокоительного колодца
- Доступ к содержимому факельных сепараторов может осуществляться только через успокоительный колодец. Рекомендуется использование уровнемеры серий 5400 или 5300. При использовании серии 5300 диаметр успокоительного колодца должен составлять не менее 3 дюймов. Дополнительная информация приведена в Приложении 5, стр. А 43.
- 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 использоваться полнопроходной шаровой вентиль/клапан.
- При измерении уровня и уровня границы раздела жидкостей при помощи волноводного радара, установленного в успокоительный колодец, колодец должен иметь перфорацию в виде отверстий или пазов, по всей длине и обеспечивать свободное циркулирование жидкостей.

### 4.3 Применение на резервуаре

#### 4.3.1 Измерение уровня сыпучих и твердых сред

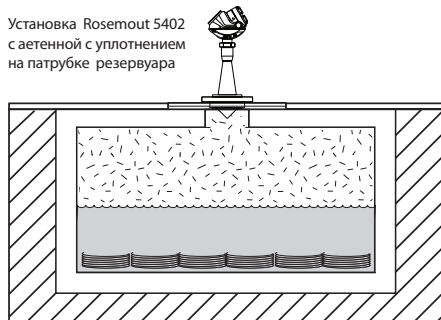
##### Типовые применения

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

##### Характеристика 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 растягивающее нагрузки на зонд, воздействие которых может привести к его обрыву. Этот фактор необходимо учитывать при установке уровнемера в резервуаре высотой более 15м. При наличии таких условий рассмотрите возможность применения бесконтактных радаров.

Установка Rosemount 5402 с атенной с уплотнением на патрубке резервуара

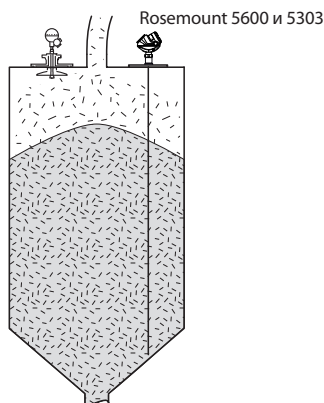


##### Рекомендуемое решение

- Хранилища серы: рекомендуется использование Rosemount 5402, оснащенной антенной с технологическим уплотнением. Для снижения количества отложений рекомендуется применять продувку, изоляцию, обогрев места установки. Также возможно использование уровнемеров Rosemount серии 5600 с параболической антенной; антенна при этом должна располагаться внутри резервуара.

## 4 – Практический опыт применений

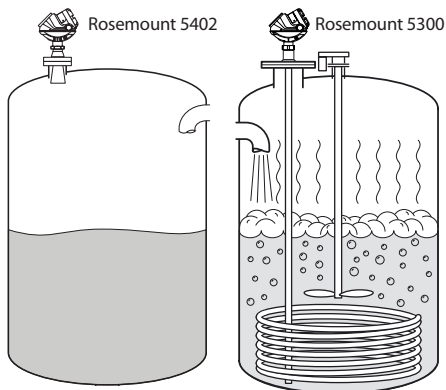
- Бункеры с отработанным катализатором высотой до 18 м: рекомендуется использование Rosemount 5303 с стандартным зондом (код опции 6A), оснащенный длинным штифтом. При высоте бункера более 18 м: рекомендуется использование Rosemount 5601 с параболической антенной и защитным чехлом.
- Бункеры с коксом: рекомендуется использование Rosemount серии 5600



### 4.3.2 Резервуары-хранилища

#### Типовые применения

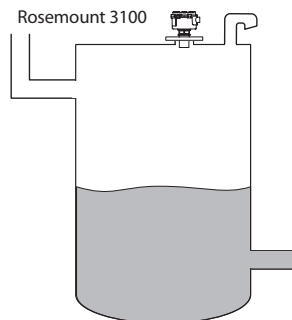
- Хранение химических реагентов - кислот, щелочей и топлива
- Емкости временного хранения сырой нефти
- Измерение уровня сточных вод



#### Рекомендуемое решение

- Емкости временного хранения сырой нефти: рекомендуется использовать Rosemount 5402 с конической антенной
- Перед установкой необходимо проверять стойкость/совместимость материалов
- Волноводные уровнемеры возможно использовать на неглубоких резервуарах (например: бассейны градирен) или в условиях ограниченного пространства

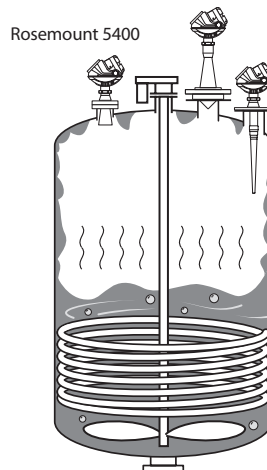
- Для несложных измерений уровня водных растворов и нелетучих химических реактивов вне опасных зон рекомендуется использовать уровнемеры серии 3100



### 4.3.3 Резервуары с мешалками

#### Типовые применения

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



#### Характеристика технологического процесса

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

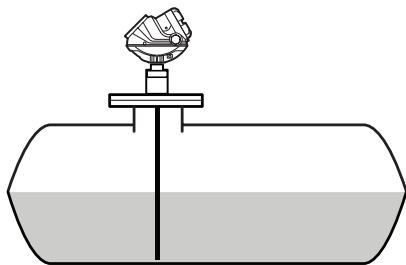
#### Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount серии 5400



## 4 – Практический опыт применений

### 4.3.4 Небольшие котлы, резервуары и сепараторы



#### Типовые применения

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

#### Характеристика 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

### 4.3.5 Резервуары с очень быстрыми изменениями уровня

#### Типовые применения

- Продувочный сепаратор

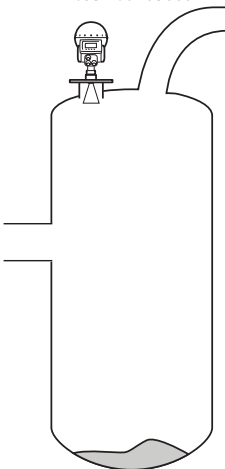
#### Характеристика технологического процесса

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

#### Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование Rosemount серии 5600

Rosemount 5600



### 4.3.6 Измерение уровня и уровня границы раздела сред

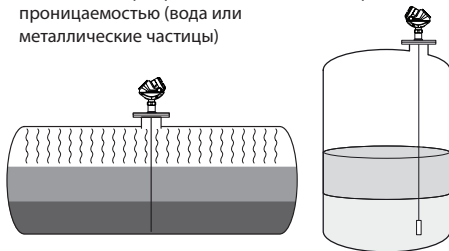
#### Типовые применения

- Нефтесборники
- Дренажные колодцы
- Резервуары отработанным катализатором
- Сепараторы

- Накопительные резервуары
- Отстойники кислот

#### Характеристика технологического процесса

- Углеводороды с низкой диэлектрической проницаемостью поверх среды с высокой диэлектрической проницаемостью (вода или металлические частицы)



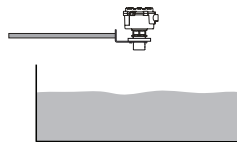
#### Рекомендуемое решение

- Рекомендуется использование уровнемера Rosemount 5302 с одинарным гибким зондом
- Монтаж уровнемера должен производиться на отдалении от стенок резервуара или расположенных поблизости препятствий/объектов
- Эффективное измерение уровня и уровня границы раздела сред возможно выполнять в успокоительных колодцах, перфорированных по всей длине. Диаметр успокоительного колодца должен составлять как минимум 80 мм.

## 4.4 Применение в сточных ямах и колодцах

#### Рекомендуемое решение

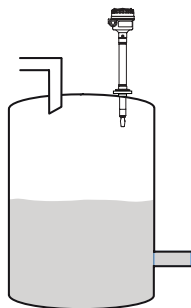
- В большинстве случаев рекомендуется использовать уровнемеры Rosemount серии 3100. При наличии паров, необходимо использовать низкочастотный уровнемер Rosemount 5401.
- Уровнемеры следует устанавливать в местах, защищенных от воздействия прямых солнечных лучей, или используйте солнцезащитные козырьки.
- Уровнемеры не следует монтировать в непосредственной близости от стенок резервуаров. При необходимости обратитесь к руководству по эксплуатации для определения оптимального монтажного положения.
- Уровнемеры не следует монтировать непосредственно над впускным патрубком (поток поступающей жидкости создает ложные отражения и турбулентность).
- Уровнемеры серии 3100 возможно использовать совместно с универсальными контроллерами серии 3490 для регистрации переменных процесса или управления исполнительными механизмами (к примеру, насосами, клапанами и т. д.)



### 4.5 Применение сигнализаторов уровня

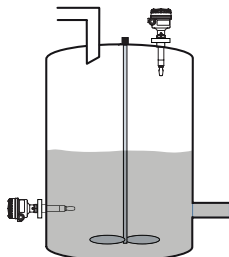
#### 4.5.1 Типовые применения

- Защита от переливов



Переливы, вызванные переполнением резервуара, могут представлять опасность для персонала предприятия и для окружающей среды, приводя к потерям продукта и последующим высоким затратам на ликвидацию последствий. Сигнализаторы уровня Rosemount 2120 обеспечивают защиту от переливов в соответствии со стандартом DIBt/WHG.

- Контроль верхнего и нижнего предельных уровней

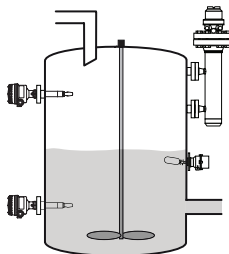


Контроль максимального или минимального уровня налива различных типов жидкостей в резервуарах является идеальной областью применения для поплавковых и вибрационных сигнализаторов уровня. Благодаря высокой надежности, вибрационные сигнализаторы уровня

Rosemount обеспечивают бесперебойный контроль уровня в диапазоне температур процесса от -70 до 260°C и давлениях процесса до 10 МПа (100 бар), благодаря чему они прекрасно подходят для контроля верхнего или нижнего предельных уровней.

Сигнализаторы уровня часто применяются в качестве дублирующего прибора для контроля верхнего предельного уровня на случай отказа основного уровнемера.

Поплавковые сигнализаторы уровня могут быть смонтированы либо непосредственно на резервуаре, либо в выносной камере. Благодаря возможности надежного контроля уровня при экстремальных значениях давления и температуры, поплавковые сигнализаторы широко используются в системах противоаварийной защиты.

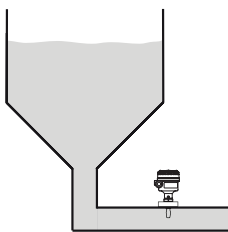


- Управление работой насосов

Технологические резервуары достаточно часто оснащены мешалками. При использовании сигнализаторов Rosemount серии 2100, пользователь может самостоятельно на-

строить время задержки переключения в диапазоне от 0,3 до 30 с в зависимости от условий процесса, что позволяет исключить риск ложного срабатывания сигнализатора из-за разбрызгивания или турбулентности среды.

- Защита насосов от холостого хода или контроль опустошения трубы



Короткие вилки обеспечивают минимальное проникновение в технологический процесс. Вибрационные сигнализаторы при необходимости можно устанавливать под любым углом в трубах или резервуарах. В трубах малого диаметра можно применять модели 2120 или 2130, которые оснащены вилкой со стандартной длиной всего 44 мм. Модели 2120 или 2130 с электроникой с переключателем непосредственной нагрузки идеально подходят для управления насосами и а также для защиты насосов от холостого хода.

#### 4.5.2 Практический опыт применений вибрационных сигнализаторов

Модели 2120 и 2130 могут использоваться в опасных зонах (искробезопасное исполнение Ex ia или взрывонепригодная оболочка Ex d) при температурах процесса до 150°C (модель 2120) или до 260°C (модель 2130).

Модели 2120 и 2130 могут быть смонтированы на резервуаре или трубе в любом положении, для чего имеется широкий ряд резьбовых и фланцевых присоединений.

##### Характеристика технологического процесса

- Вязкость жидкости должна соответствовать рекомендуемой для использования вибрационных сигнализаторов.
- Плотность жидкости должна составлять более 600 кг/м<sup>3</sup> для модели 2120, или более 500 кг/м<sup>3</sup> для модели 2130.
- Между элементами вилки не должны образовываться перемишки. Примерами продуктов, склонных к образованию перемишек между элементами вилки, являются вязкие растворы, такие как пульпы или битум.
- При наличии в жидкости твердых включений, максимальный диаметр твердых частиц в жидкости должен составлять не более 5 мм. При большем диаметре таких частиц по вопросу применения вибрационного сигнализатора необходимо проконсультироваться с заводом-изготовителем.
- В большинстве случаев сигнализаторы моделей 2120 и 2130 нечувствительны к пенообразованию (не реагируют на присутствие пены).

### 4.5.3 Практический опыт применений поплавокных сигнализаторов

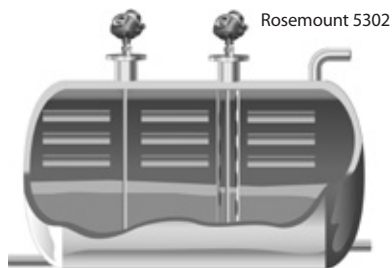
Поплавокные сигнализаторы обеспечивают контроль уровня практически любых жидкостей в широком диапазоне температур и давлений процесса.

Они могут монтироваться на боковой стенке или сверху резервуара, а также в выносной камере, что позволяет осуществлять оперативное техническое обслуживание и исключить воздействие помехи от внутренних препятствий либо ложные срабатывания при наличии сильной турбулентности.

#### Характеристика технологического процесса

- Контроль уровня производится только тех жидкостях, к которым материалы сигнализатора химическую стойкость.
- При наличии чистых жидкостей, поплавокные сигнализаторы монтируются на боковой стенке резервуара, а при наличии вязких жидкостей – сверху резервуара
- Материалы и конструкция поплавка должны соответствовать условиям технологического процесса
- Внутреннее пространство резервуара не должно содержать механических препятствий для поплавка
- При монтаже сигнализатора на патрубке необходимо убедиться в том, что его внутренний патрубок обеспечивает прохождение поплавка, а длина патрубка не слишком велика и не препятствует перемещению поплавка.

### 4.6 Применение уровнемера в обессоливателе



#### Характеристика технологического процесса

- Вязкая и грязная сырая нефть, содержащая воду и твердые включения
- Граница раздела нефть/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), при этом уровнемер оснащается гибким зондом (код опции 5A) с центри-

рующим диском. Успокоительный колодец/труба должен быть перфорирован по всей длине, для обеспечения равномерной циркуляции жидкости.

- Если успокоительный колодец/труба не используется, рекомендуется использовать жесткий одинарный зонд, который не должен контактировать с электростатической решеткой или другими объектами внутри обессоливателя.
- 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 (НР, код опции «Р»), 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.

*Дополнительная информация по применению волноводных уровнемеров Rosemount в обессоливателях приведена на стр. 119.*

### 4.7 Особые условия применения

#### 4.7.1 Измерение уровня границы раздела сред

Для успешного измерения уровня границы раздела сред принять во внимание ряд основных условий:

- Жидкость с меньшей диэлектрической проницаемостью должна находиться сверху
- Разность значений диэлектрических постоянных жидкостей должна составлять не менее 6 единиц
- Диэлектрическая постоянная верхней жидкости должна быть известна (ее можно определить в полевых условиях)

#### Rosemount серий 3300 и 5300:

- Для того чтобы обеспечить надежное измерение уровня границы раздела, толщина верхнего слоя жидкости должна составлять не менее 10 см при использовании уровнемеров серии 3300 с гибкими зондами и 20 см при использовании уровнемеров серии 3300 с жесткими зондами. При использовании уровнемеров серии 5300 с жесткими или гибкими зондами, толщина слоя должна составлять не менее 12,5 см
- Максимальная толщина верхнего слоя зависит от диэлектрических свойств жидкости, типа зонда и уровнемера
- Типовые применения: верхняя среда – углеводороды с низкой диэлектрической постоянной (<3), нижняя среда – вода с высокой диэлектрической постоянной (>20)

### 4.7.2 Измерение уровня сред с низкой диэлектрической проницаемостью

Для измерения уровня сред с низкой диэлектрической проницаемостью рекомендуется использовать волноводный радар. Уровнемеры Rosemount серии 5300 с технологией Direct Switch обеспечивают дополнительное усиление излученного и отраженного сигнала и применяются для измерения сред с очень низкой диэлектрической проницаемостью (например, СУГ, СПГ, этилен и т. д.).

При выполнении данного типа измерений в выносной камере уровнемеры серии 5300 рекомендуется оснащать одинарным жестким или гибким зондом. Одинарные зонды являются предпочтительным выбором для измерения уровня загрязненных или липких сред, склонных к образованию отложений и налипаний на смачиваемых поверхностях. Камера способствует концентрации микроволнового излучения и позволяет получить более сильный эхо-сигнал от поверхности измеряемой среды. При наличии турбулентности или кипения на поверхности жидкости может быть задействована функция проецирования конца зонда (PER), которая заложена в уровнемерах серии 5300 и применяется в качестве резервного режима измерения для достижения минимальной погрешности в сложных условиях.

Для измерения уровня чистых жидкостей с малыми значениями диэлектрической проницаемости, в частности, сжиженных газов, возможно использование уровнемеров серии 5300 с коаксиальным зондом, установленным непосредственно в резервуар.

### 4.7.3 Измерение уровня аммиака и аммиачных растворов при помощи радара

#### Характеристика 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 применению радарных уровнемеров Rosemount для измерения уровня аммиака приведена на стр. 119.*

### 4.7.4 Измерение уровня при помощи радарных уровнемеров Rosemount серии 5400 с использованием металлического отражателя

В некоторых задачах по измерению уровня при помощи радара, например, в резервуарах с плавающей

крышей, предпочтительным, а иногда и единственным решением может оказаться применение отражающей пластины. В таких процессах отражатель (или сам уровнемер) перемещается вместе с поверхностью среды, отслеживая, таким образом, ее положение. Для измерений в подобных условиях идеально подходят уровнемеры Rosemount 5400 с отражателями, при условии следования рекомендациям, описанным в данном разделе.

#### Рекомендуемое решение

Ключевым фактором для обеспечения успешных измерений в таких условиях является угол излучения радарного сигнала, формируемый антенной уровнемера. Радар модели 5402 с конической антенной диаметром 4 дюйма обеспечивает наименьший угол излучения. Если применение модели 5402 невозможно, используйте модель 5401 с 8-дюймовой конической антенной. Максимальный диапазон измерений в подобных процессах для уровнемеров обеих моделей равен 35 м. Монтаж обычно выполняется с использованием кронштейна, также возможно использование фланцевого присоединения. Соответствующие монтажные чертежи приведены на <http://www.rosemount.com/5400>.

#### Отражатель

Отражатель, или мишень, имитирует поверхность среды. Для уровнемеров Rosemount серии 5400 рекомендуется использовать плоскую металлическую пластину произвольной толщины. Форма пластины должна быть круглой или квадратной.

Размеры мишени определяются по зонам Френеля и представлены в таблицах 4.7.1 - 4.7.2. Также возможно использовать отражатели большего размера, теоретически верхний предел размеров не ограничен.

Примечание: размеры отражателя должны быть меньше контура диаграммы направленности антенны. Во избежание помех не допускайте попадания объектов с большими горизонтальными металлическими поверхностями в зону распространения радарного сигнала.

Макс. диапазон измерений	Диаметр пластины (круглая)	Размеры пластины (квадратная)
5 м	Ø=0,3 м	W = 0,3 м
10 м	Ø=0,4 м	W = 0,4 м
15 м	Ø=0,5 м	W = 0,5 м
20 м	Ø=0,6 м	W = 0,6 м
30 м	Ø=0,7 м	W = 0,7 м
35 м	Ø=0,8 м	W = 0,8 м

*Таблица 4.7.1. Минимальные размеры отражателя для Rosemount 5402 с 4-дюймовой конической антенной (предпочтительное решение)*

## 4 – Практический опыт применений

Макс. диапазон измерений	Диаметр пластины (круглая)	Размеры пластины (квадратная)
5 м	Ø=1,0 м	W= 1,0 м
10 м	Ø=1,6 м	W = 1,5 м
15 м	Ø=1,7 м	W = 1,7 м
20 м	Ø= 2,0 м	W = 2,0 м
30 м	Ø= 2,4 м	W = 2,4 м
35 м	Ø= 2,6 м	W = 2,6 м

Таблица 4.7.2. Минимальные размеры отражателя для Rosemount 5401 с 8-дюймовой конической антенной (используйте только в случае, если применение модели 5402 невозможно)

Отражатели не поставляются заводом-изготовителем; их необходимо приобрести в местном торговом представительстве или изготовить самостоятельно. Форма отражателя может быть прямоугольной или эллиптической, но минимальный размер не должен быть меньше соответствующих значений W или Ø, приведенных в таблицах выше.

### Монтаж

Рекомендации по механическому монтажу, приведены на рис. 4.7.1. В данной конфигурации антенна не подвергается воздействию давления, но ограничения по температуре остаются в силе. Кроме того, примите

во внимание влияние вибрации. Для выравнивания отражателя возможно применение каната или троса.

Зачастую отражатель устанавливается со смещением относительно истинной поверхности. В этом случае показания уровня можно скорректировать при помощи ПО уровнемера, изменив параметр Distance Offset (G):

RRM - Tank (Резервуар) - Geometry (Геометрия резервуара) - Activate Advanced viewing mode (Активировать режим расширенного просмотра) - Distance Offset (G)

Перемещение отражателя должно перемещаться вместе с уровнем среды, без задержек и перекосов.

### Отложения на отражателе

Сила эхо-сигнала от отражателя обычно настолько велика, что естественные погодные условия (например, дождь) не создают каких-либо проблем. Тем не менее, в некоторых случаях образуется большое количество ослабляющих сигнал отложений, например, снега. В этом случае в отражателе следует просверлить дренажные отверстия. В более тяжелых случаях следует использовать отражатели с более совершенной конструкцией, по этому вопросу проконсультируйтесь с заводом-изготовителем.

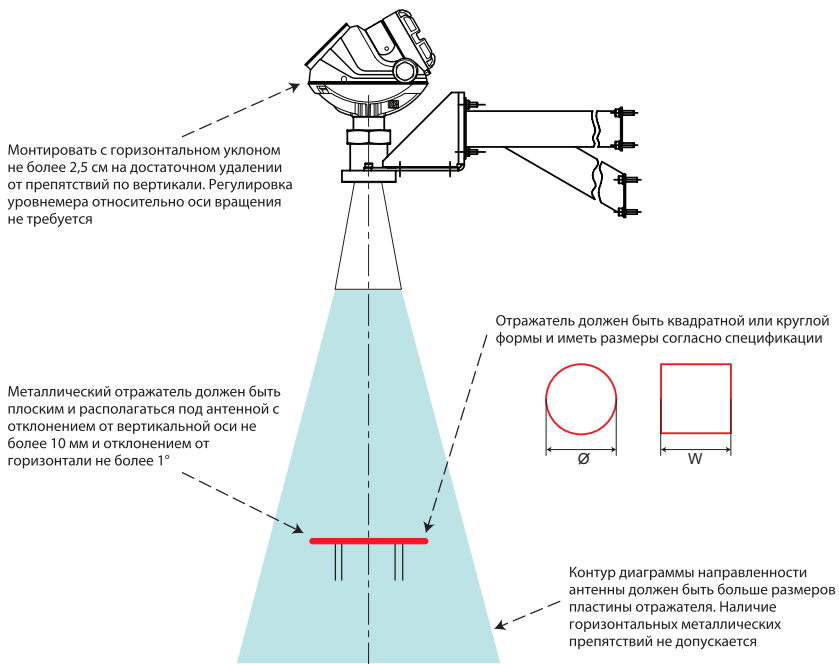


Рис. 4.7.1. Рекомендации по механическому монтажу радаров Rosemount серии 5400 с отражательной пластиной.

### 4.8 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.

Коксовые барабаны представляют собой высокие резервуары/аппараты, в которых при высокой температуре находятся среды с низкой диэлектрической постоянной, с наличием турбулентности и пены. Конечным продуктом данного процесса является твердый кокс. В таких установках не рекомендуется использовать волноводные радары любого типа, а измерения при помощи бесконтактного радара являются исключительно сложной задачей. Традиционной технологией, применяемой в этой области, является радиоизотопные сигнализаторы уровня.

Измерения уровня в процессах с пеной считаются сложными, так как результат в значительной степени может зависеть от диэлектрических свойств пены, плотности и толщины её слоя. Прежде чем принять окончательное решение о приобретении заинтересовавшего вас типа уровнемера, обратитесь за консультацией к специалисту по измерениям уровня или рассмотрите возможность опытной эксплуатации интересующего вас уровнемера.

Также применение радаров ограничено в следующих случаях:

- Технологические процессы с температурой выше 400°C

- Измерение уровня границы раздела жидкостей в случаях, когда верхняя жидкость имеет более высокую диэлектрическую проницаемость, чем нижняя.

- Измерение уровня границы раздела сред с одинаковыми диэлектрическими свойствами. Для того чтобы волноводный радар определял уровень границы раздела сред, разность значений диэлектрических постоянных должна составлять не менее 6 единиц.

- Измерение уровня границы раздела сред с толстым слоем эмульсии может быть проблематичным при использовании волноводных радаров. Для обеспечения корректной работы радарного уровнемера требуется относительно резкое изменение диэлектрической постоянной.

В описанных выше случаях рекомендуется использование датчиков дифференциального давления или буйковых уровнемеров.

# 5

## Особенности монтажа

Раздел	Стр.
5.1 Монтаж радаров в выносных камерах_____	40
5.2 Монтаж радаров в успокоительном колодце_____	41
5.3 Монтаж радаров на резервуаре_____	42
5.4 Монтаж ультразвуковых уровнемеров_____	44
5.5 Монтаж сигнализаторов уровня_____	45



### 5. Особенности монтажа

#### 5.1 Монтаж радаров в выносных камерах

Подробные рекомендации по выбору и установке радаров в выносных камерах приведены в технической заметке на стр. 93.

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

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.

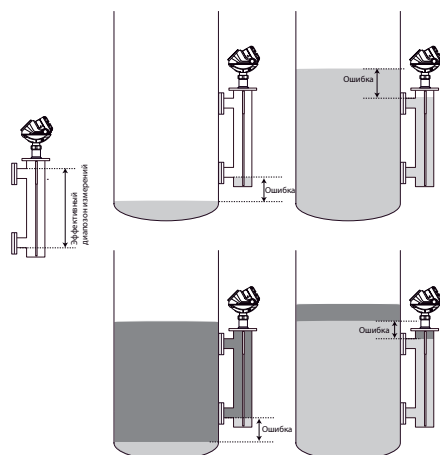


Рис. 5.1.1. Эффективный диапазон измерений и возможные источники возникновения погрешности измерений

#### 5.1.1 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, необходимый 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.



### 5.1.2 Замена буйковых уровнемеров в имеющихся выносных камерах

Буйковые уровнемеры имеют подвижные механические части, которые требуют частого обслуживания или замены. Также уровнемеры данного типа подвержены влиянию вибрации и турбулентности, состояние механических частей может влиять на погрешность измерений, а затраты на техническое обслуживание могут быть достаточно высокими.

В конструкции волноводных радаров отсутствуют какие-либо подвижные части, что сокращает затраты на обслуживание и повышает стабильность измерений. Изменения условий процесса, таких как плотность среды, механические вибрации и сильная турбулентность не влияют на точность измерений волноводными радаром. К тому же, для установки волноводного радара зачастую можно использовать уже имеющуюся камеру, что упрощает и удешевляет процесс замены.

Фланцы буйковых уровнемеров отличаются разнообразием размеров и типов, поэтому для нового уровнемера серии 3300 или 5300 важно правильно подобрать фланец и длину зонда для конкретной камеры.

Волноводные уровнемеры серий 3300 и 5300 могут быть поставлены с фланцами, изготовленными по стандартам ГОСТ, DIN, ANSI или с нестандартными размерами фланцевых присоединений.

*Дополнительная информация о замене буйковых уровнемеров на волноводные радары приведена в технической заметке на стр 88.*

#### Случаи, когда замена буйковых уровнемеров нецелесообразна

- Буйковые уровнемеры определяют уровень границы раздела сред с наличием толстого слоя эмульсии намного точнее волноводных радаров. Для корректного определения уровня границы раздела при помощи волноводных радаров, требуется достаточно сильное изменение диэлектрических свойств среды. Работоспособность волноводных радаров при измерении уровня с наличием некоторых видами эмульсионных слоев подтверждена на практике, но результат измерений предсказать достаточно сложно. Принцип измерений буйковых уровнемеров основан на законе Архимеда, поэтому в этом случае есть возможность отслеживания средней точки слоя эмульсии.
- Так как принцип измерений буйкового уровнемера не связан с диэлектрическими свойствами сред, он может использоваться для измерения уровня границы раздела сред с одинаковой диэлектрической проницаемостью. Для того чтобы волноводный радар надежно измерял уровень границы раздела сред, разность значений диэлектрических постоянных сред должна составлять не менее 6 единиц
- В том случае, если жидкость с более низкой диэлектрической проницаемостью находится снизу, при-

менение волноводного радара сильно затруднено, так как для успешных измерений прибором данного типа среда с более низкой диэлектрическими проницаемостью должна находиться сверху.

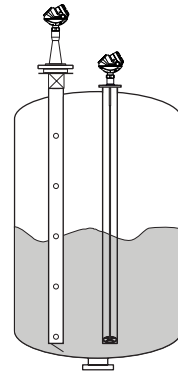
## 5.2 Монтаж радаров в успокоительном колодце

*Подробные рекомендации по выбору и установке радаров в успокоительных колодцах приведены в технической заметке на стр. 93.*

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. 5.2.1. 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.

Отверстия должны располагаться на одной стороне трубы. Зазор между краем конической антенны и

## 5 – Особенности монтажа

внутренней стенкой трубы должен составлять не более 5 мм; при необходимости, уровень может быть оснащен конической антенной большего диаметра, которую можно укоротить по месту. Если бесконтактный радарный уровень 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.

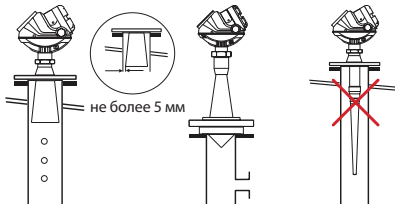


Рис. 5.2.2. Радар серии 5400, установленный в успокоительном колодце и величина зазора между стенкой трубы и краем антенны

Требования по монтажу волноводных уровнемеров серии 5300 аналогичны требованиям для установки в камерах, которые были рассмотрены в предыдущем разделе. Подробные рекомендации по выбору и установке радаров в успокоительных колодцах приведены в технической заметке на стр. 93.

### 5.3 Монтаж радаров на резервуаре

#### 5.3.1 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. 5.3.1)
- 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 5.3.1.
- 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. 5.3.1) 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.

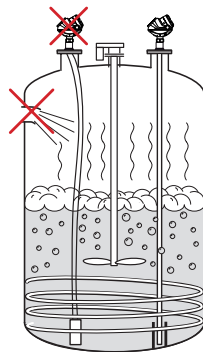


Рис. 5.3.1. Монтаж радаров серии 5300 на резервуаре с мешалкой

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

Таблица 5.3.1. Минимальное расстояние от зонда до стенки резервуара или внутреннего объекта

Для достижения требуемых результатов, радары Rosemount серии 5400 рекомендуется устанавливать в местах, с которых обеспечивается беспрепятственная видимость поверхности жидкости (вариант А на рис. 5.3.2):

- Впускные патрубки (вариант В на рис. 5.3.2) и неподвижные металлические объекты, имеющие горизонтальные поверхности (вариант С на рис. 5.3.2), 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. 5.3.2)
- Радарный уровнемер следует устанавливать не по центру резервуара (вариант Е на рис. 5.3.2)

## 5 – Особенности монтажа

- Благодаря круговой поляризации радарного сигнала, уровнемеры серии 5400 могут устанавливаться вплотную к стенке резервуара, при условии, что она плоская и на ней нет препятствий в виде теплообменников или лестниц (вариант F на рис. 5.3.2). Как правило, оптимальным монтажным положением считается установка на расстоянии 1/3 радиуса резервуара от стенки

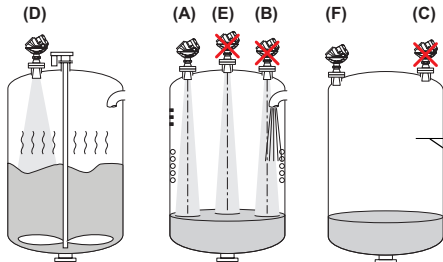


Рис. 5.3.2. Правильное и неправильное расположение радара серии 5400 на резервуаре

### 5.3.2 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. Одиночные и двойные зонды имеют некоторые ограничения по монтажу в патрубок, например, избегайте монтажа таких зондов в патрубки, имеющие сужения, а также в слишком высокие и слишком узкие патрубки.

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

Таблица 5.3.2. Требования к патрубкам

(1) В этом случае может потребоваться настройка верхней зоны нечувствительности (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 длинный штифт (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. 5.3.3).

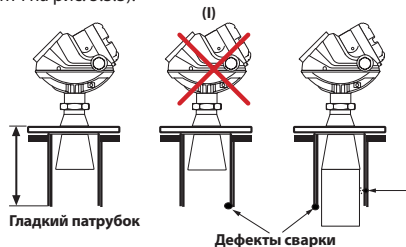


Рис. 5.3.3. Монтаж модели 5402 с конической антенной в патрубок

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. 5.3.4), но препятствия внутри патрубка (вариант K на рис. 5.3.4) 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.

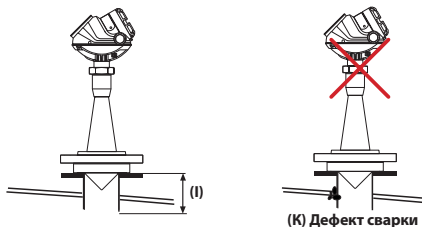


Рис. 5.3.4. Модель 5402 с антенной с уплотнением

Модель 5401 с конической антенной

Модель 5401 с конической антенной может монтироваться в 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. 5.3.5). При необходимости возможно использование удлиненной конической антенны.

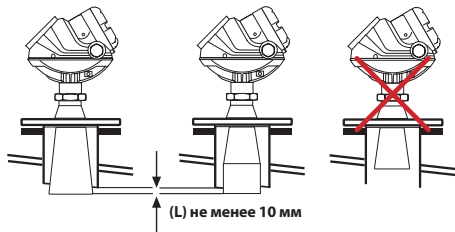


Рис. 5.3.5. Модель 5401 с конической антенной

### 5.3.3 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, проверка, 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 антенна, но при этом требуется 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.

### 5.3.4 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 зонды 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

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.

## 5.4 Монтаж ультразвуковых уровнемеров

Ультразвуковые уровнемеры Rosemount серии 3100 обеспечивают непрерывные и надежные измерения при соблюдении следующих требований по монтажу:

- Уровнемеры серии 3100 рекомендуется использовать для измерения уровня в открытых резервуарах с атмосферным или с избыточным давлением до 0,3 МПа (3 бар)
- Уровнемеры не должны быть установлены непосредственно над впускными и выпускными патрубками или внутренними конструкциями резервуара, которые могут быть причиной возникновения ложных отражений и помех. Также уровнемеры не должны быть установлены над зонами резервуара, в которых может образовываться или собираться пена.
- Оптимальное расстояние для монтажа составляет 1/3 радиуса резервуара от его стенки. При установке вблизи стенки резервуара убедитесь в отсутствии выступающих конструкций, сварных швов или следов налиплишей пены.
- Уровнемеры серии 3100 рекомендуется монтировать при помощи неметаллических фланцев, например, пластмассовых, которые могут поставляться вместе с уровнемером. Если же фланец металлический, убедитесь, чтобы уровнемер завинчивался во фланец только усилием рук.
- Уровнемеры серии 3100 рекомендуется монтировать таким образом, чтобы лицевая поверхность его излучателя выступала внутрь резервуара как минимум на 6 мм. При монтаже на патрубке, внутренний диаметр патрубка должен составлять не менее 150 мм, а его максимальная длина должна составлять не более 350 мм.
- Если установленный на резервуаре ультразвуковой уровнемер будет подвергаться воздействию прямых солнечных лучей, его необходимо защитить от перегрева солнцезащитным экраном или иным способом, для того чтобы температура в блоке электроники не превышала 50°C.
- Уровнемеры серии 3100 также используются для расчета расхода в открытых каналах. Для таких применений существуют специальные монтажные требования. За дополнительной информацией обращайтесь к руководству по эксплуатации уровнемеров серии 3100.

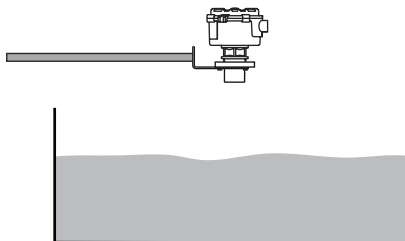


Рис. 5.4.1. Ультразвуковой уровнемер серии 3100, установленный над открытым резервуаром

### 5.5 Монтаж сигнализаторов уровня

Для успешного монтажа сигнализаторов уровня Rosemount 2120 и 2130 на объекте, следует соблюдать следующие требования:

- Модели 2120 и 2130 монтируются в любом положении на резервуаре, содержащем жидкость
- Сигнализатор должен монтироваться в нормальном замкнутом состоянии (состояние «включено»)
- Для контроля верхнего уровня рекомендуется режим Dry = on (сухой = вкл).
- Для контроля нижнего уровня рекомендуется режим Wet = on (мокрый = вкл).
- Перед вводом в эксплуатацию рекомендуется провести проверку работоспособности сигнализатора посредством тестовой магнитной точки
- Необходимо обеспечить достаточное пространство для монтажа и доступа к электрическим соединениям
- Вилка не должна контактировать со стенкой резервуара либо другими внутренними объектами
- Сигнализаторы должны монтироваться в местах, где они будут подвергаться воздействию поступающего в резервуар потока жидкости при наливе
- Воздействие интенсивных всплесков и брызгания жидкости на вилку должно быть устранено или сведено к минимуму
- Увеличение времени задержки переключения контактов снижает вероятность возникновения ложных

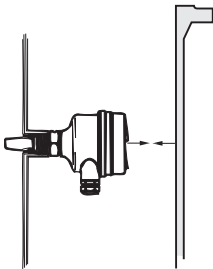


Рис. 5.5.1. В месте установки должно быть обеспечено достаточное расстояние для подключения и обслуживания сигнализатора

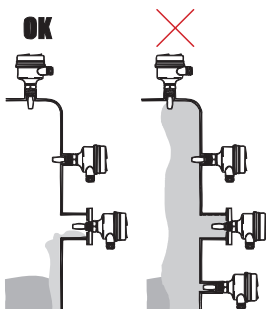


Рис. 5.5.2. Пример правильной и неправильной установки сигнализаторов при наличии отложений на стенке резервуара

переключений, обусловленных интенсивными всплесками, брызганием жидкости при наливе, перемешивании и т. д.

- Образование отложений продукта на вилке и перемычек между элементами вилки может повлиять на чувствительность сигнализатора
- Между отложениями на стенках резервуара и вилкой необходимо обеспечить достаточное расстояние
- Наличие полостей вокруг вилки, в которых может скапливаться жидкость, крайне нежелательно (это особенно важно для жидкостей с высокой вязкостью плотностью)
- В случае если частота вибрации производственной установки приближается к рабочей частоте сигнализаторов 2120 или 2130 (1300 Гц), их монтаж необходимо тщательно спланировать
- При наличии удлиненной вилки могут возникать вибрации, которые могут быть устранены посредством крепления удлиняющего стержня.

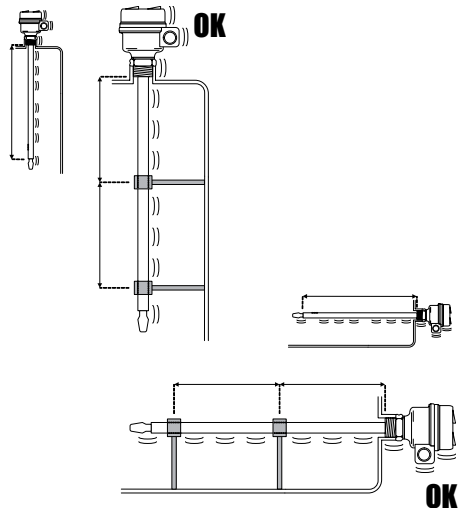


Рис. 5.5.3. Укрепление удлиненной вилки в условиях динамических нагрузок



# 6

## Документация

Раздел	Стр.
6.1 Примеры применений	48
6.1.1 Волноводные радарные уровнемеры	48
6.1.2 Бесконтактные радарные уровнемеры	68
6.1.3 Ультразвуковые уровнемеры	80
6.1.4 Сигнализаторы уровня	82
6.2 Технические заметки	87
6.3 Справочная информация	115



### **6.1.1 Примеры применений: волноводные радарные уровнемеры**

В этом разделе приведен ряд примеров применений волноводных радарных уровнемеров Rosemount в нефтеперерабатывающей промышленности.

Некоторые примеры относятся к конкретным моделям уровнемеров; однако, все задачи, решенные с использованием приборов серии 3300, могут быть также решены посредством использования приборов серии 5300, особенно, если требуется обеспечить надежные измерения уровня в сложных условиях технологического процесса.



# Измерение уровня топочного мазута при помощи уровнемера Rosemount 5301 с технологией прямого переключения

## РЕЗУЛЬТАТЫ

- Снижение вероятности остановов производства
- Повышение уровня безопасности работы и окружающей среды
- Уменьшение затрат на эксплуатацию

## ПРИМЕНЕНИЕ

Мониторинг уровня топочного мазута в буферном резервуаре  
**Характеристика технологического процесса:** углеводороды с высокой вязкостью при высокой температуре

## ЗАКАЗЧИК

Крупнейший нефтеперерабатывающий завод в юго-восточной Азии

## ПРОБЛЕМА

Предприятие столкнулось с проблемой поддержания достаточного запаса топочного мазута в буферном резервуаре. Этот буферный резервуар используется для хранения топочного мазута, поступающего из различных источников и подачи топлива к нагревателям, используемым в процессе переработки нефти.

Для обеспечения точной подачи нефтяного топлива требуется надежное измерение уровня в резервуаре. Изначально в этом буферном резервуаре был установлен датчик перепада давления с выносными мембранами. Однако осаждение твердых частиц и кокса на диафрагмах мембран при высокой температуре (порядка 315 °С) и высокая вязкость нефтяного мазута приводили к неточным измерениям.

Датчик перепада давления был заменен бесконтактным радарным уровнемером стороннего производителя. Тяжелые углеводородные испарения вызывали конденсацию на уплотнении антенны, из-за чего данный уровнемер не смог обеспечить точного и непрерывного измерения уровня из-за ослабления отраженного сигнала от поверхности продукта.

Ненадежное измерение уровня отрицательно сказалось на деятельности этого заказчика. Высокая вероятность перебоев в работе нагревателей способствовала снижению эксплуатационной готовности и производительности предприятия. В дополнение к этому, был значительно снижен уровень безопасности: в ряде случаев резервуар переполнялся, загрязняя при этом окружающую среду. Из-за ненадежности используемых ранее средств измерения уровня возросли затраты на эксплуатацию, как результат частых выходов операторов к резервуару для определения имеющихся запасов топлива.



*Применение Rosemount 5301 с зондом исполнения НТНР (высокая температура/высокое давление) позволило снизить затраты на эксплуатацию за счет минимизирования количества проверок запаса нефтяного топлива по месту.*



*Волноводный радар Rosemount серии 5300, установленный на производственном участке*

### НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

#### РЕШЕНИЕ

В данном случае проблема была решена установкой волноводного радарного уровнемера Rosemount 5301, с зондом исполнения НТНР (предназначенного для работы при высоком давлении и температуре), в выносной камере Ду = 80 мм. На работу этого уровнемера не влияют условия в буферном резервуаре, в частности: конденсация паров, высокая вязкость или образование кокса в технологической жидкости при высоких температурах. Благодаря заложенной в уровнемерах Rosemount серии 5300 технологии Direct Switch потери сигнала были сведены к минимуму и получено высокое соотношение сигнал / шум, что обеспечило надежное и непрерывное измерение уровня. Точность измерений значительно возросла, так как на работу Rosemount 5301 влияют изменения плотности или вязкости продукта.

Применение волноводного радарного уровнемера Rosemount 5301 позволило этому нефтеперерабатывающему предприятию снизить вероятность остановки производства из-за перебоев в технологических нагревателях благодаря точному измерению уровня имеющихся запасов нефтяного топлива. Угрозы безопасности и загрязнения окружающей среды были сведены к минимуму благодаря снижению вероятности разлива мазута. Необходимость персонала в посещениях эксплуатационного участка для проверки имеющихся запасов топлива была практически исключена, что обеспечило снижение затрат на эксплуатацию.



*Волноводный радар Rosemount серии 5300, установленный на производственном участке*

#### РЕСУРСЫ

##### Решения Rosemount для измерения уровня

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/index.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

##### Технические характеристики Rosemount 5300

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

## Волноводный радарный уровнемер обеспечивает надежные измерения уровня границы раздела сред в обессоливателе и снижение затрат на эксплуатацию

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Повышение эффективности работы обессоливателя
- Снижение затрат на эксплуатацию
- Значительное сокращение времени технологических простоев

### ПРИМЕНЕНИЕ

Контроль уровня границы раздела сред в обессоливателе сырой нефти

**Характеристика технологического процесса:** сырая нефть и вода с толщиной слоя эмульсии 150 мм в резервуаре, оснащеном электростатической решеткой, под напряжением 10 кВ. Плотность сырой нефти изменяется в зависимости от месторождения.

### ЗАКАЗЧИК

Нефтеперерабатывающий завод в Северной Америке

### ПРОБЛЕМА

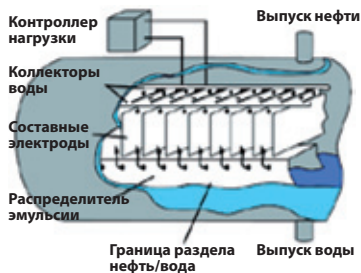
Поступающая на переработку сырая нефть имеет переменное содержание солевых примесей. Если содержащаяся в нефти солевые примеси не удалить, то они могут вызвать сильную коррозию технологического оборудования на последующих этапах переработки, поскольку в процессах переработки нефть нагревается до высоких температур. Эти примеси удаляются в обессоливателе, в котором происходит сепарация нефти от воды.

Нефтеперерабатывающий завод получает сырую нефть из различных источников (скважин). При каждой смене источника поставки нефти предприятию приходится настраивать средства для измерения уровня границы раздела в обессоливателе, чтобы учесть изменение содержания соли и удельного веса сырой нефти. Операторы, не будучи уверенными в надежности показаний, вынуждены понижать уровень границы раздела сред в обессоливателе для предотвращения его отключения. Такой метод работы снижает эффективность работы обессоливателя, увеличивает время технологических простоев и снижает производительность. Для удаления солей к нефти примешиваются эмульгаторы и вода, в результате чего соли вымываются из продукта. Затем эта эмульгированная нефтеводная смесь должна быть подвергнута быстрому и эффективному сепарированию. В обессоливателе отделение нефти от воды осуществляется при помощи электростатической решетки, на которую подается напряжение около 10 кВ. Решетка способствует слиянию рассеянных капель воды и солей и их осаждению на дно резервуара. Эффективность электростатического поля максимальна в том случае, когда граница раздела нефти и воды удерживается на уровне несколько ниже электростатической решетки. Надежное измерение уровня границы раздела сред непосредственно под составными электродами обеспечивает оптимальную работу обессоливателя без риска попадания воды в решетку.



*Применение волноводного радарного уровнемера позволило свести к минимуму необходимость в техническом обслуживании и связанные с ним простои технологического процесса.*

### ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ОБЕССОЛИВАТЕЛЯ



*Схема внутреннего устройства обессоливателя. Уровень воды должен поддерживаться ниже электродов.*

## НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

Измерению уровня границы раздела сред в этом технологическом процессе является примером достаточно сложной задачи. Слои воды и нефти имеют изменяющиеся свойства. Свойства нефти, особенно плотность, изменяются в зависимости от партии поставляемой сырой нефти. Плотность воды изменяется в зависимости от содержания примесей. Кроме того, наличие слоя эмульсии является причиной возникновения нечеткой границы раздела между жидкостями.

Ранее для измерения уровня границы раздела сред использовалась буйковая/поплавковая технология, однако, при каждом изменении плотности приходилось перенастраивать уровнемер, что приводило к увеличению времени обслуживания и затрат на эксплуатацию. При необходимости калибровки торсионной трубки приходилось останавливать технологический процесс в обессоливателе.

### РЕШЕНИЕ

Для измерения уровня и уровня границы раздела сред волноводный радарный уровнемер Rosemount с гибким зондом был установлен в 6-дюймовом перфорированном успокоительном колодце. Успокоительный колодец сводит к минимуму влияние слоя эмульсии и защищает зонд от помех, создаваемых электростатической решеткой.

Специалисты КИП этой компании уже использовали волноводные радарные уровнемеры Rosemount на различных технологических процессах нефтеперерабатывающего завода и были удовлетворены результатами их работы, а также преимуществами волноводной технологии измерения уровня. В данном случае особый интерес вызвала невосприимчивость уровнемера к изменениям плотности, вызванным переменным содержанием солей в поставляемой на предприятие сырой нефти.

Для того чтобы убедиться в том, что уровень границы раздела сред определяется правильно, операторы вручную проверяли наличие воды или нефти при помощи ряда отводов на боковой стенке резервуара. Положение границы раздела, определенное волноводным радаром Rosemount, соответствовало ее истинному положению между отводами нефти и воды. Кроме того, график выходного сигнала уровня раздела был стабилен, что дало возможность регулировать положение уровня в пределах 3 - 4% от заданного значения.

Как результат, обессоливатель более года работает без возникновения без каких-либо аварийных ситуаций. Эффективное управление данной установкой позволило свести к минимуму коррозию и загрязнение оборудования при дальнейшей переработке нефти. Кроме того, контроль содержания воды в нефти обеспечивает контроль давления в дистилляционных колоннах и позволяет не допускать его чрезмерного роста.

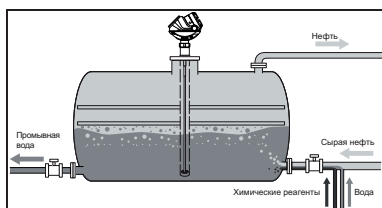
Благодаря надежному контролю уровня границы раздела сред возросла эффективность работы обессоливателя, уменьшился вынос воды и соли в установку перегонки сырой нефти, а также был предотвращен сброс нефти вместе с водой в водоочистную систему. Необходимость в техническом обслуживании и калибровке, необходимых для ранее использовавшихся устройств измерения уровня, а также связанные с ними простои, были полностью исключены.

### РЕСУРСЫ

#### Волноводные радарные уровнемеры Rosemount

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/index.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



*Волноводный радарный уровнемер, установленный в перфорированном успокоительном колодце и обеспечивающий измерение уровня границы раздела сред под электростатической решеткой.*

## Замена буйкового уровнемера при измерении уровня границы раздела нефть/вода в сепараторе

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Надежное измерение уровня и уровня границы раздела жидкостей вне зависимости от изменений плотности
- Сокращение времени на техническое обслуживание
- Сокращение количества остановов оборудования и времени простоев

### ПРИМЕНЕНИЕ

Измерение уровня границы раздела сред в сепараторе

**Характеристика технологического процесса:** сверху – нефть с низкой диэлектрической постоянной (менее 3), снизу – водная среда с высокой диэлектрической постоянной (около 80); частые изменения плотности.

### ЗАКАЗЧИК

Большой нефтеперерабатывающий завод в США

### ПРОБЛЕМА

Заказчику необходимо получить более надежное измерение уровня границы раздела нефть/вода в нескольких сепараторах. Цель – отделение воды от нефти, отправка воды на очистные сооружения и возврат нефти в цикл переработки. Нефть поступает в сепараторы из нескольких источников, свойства нефти, особенно плотность, часто изменяются. НПЗ годами использовал буйковые уровнемеры для мониторинга уровня границы раздела нефть/вода. Из-за изменяющейся плотности заказчик не получал достоверных показаний и время от времени происходили сбросы небольших количеств нефти на очистные сооружения. Происходила не только потеря сырья, но и оказывалась ненужная повышенная нагрузка на очистные сооружения. Вдобавок к сложному измерению раздела, буйковые уровнемеры требовали большого объема технического обслуживания, из-за которого возникало большое количество простоев.

Для того, чтобы избежать высоких затрат на установку, заказчик решил использовать существующие камеры уровнемеров. Наиболее распространенным был уровнемер Fisher с буйком длиной 35 см и камерой, смонтированной сбоку сепаратора в районе ожидаемого положения границы раздела. Уровнемер измерял только уровень границы раздела жидкостей, при этом верхняя поверхность слоя нефти была намного выше, чем верхний фланец камеры. Таким образом, камера была постоянно заполнена. НПЗ необходимо было найти альтернативный метод измерения.



*Применение волноводного радарного уровнемера позволило свести к минимуму необходимость в техническом обслуживании и связанные с ним простои технологического процесса.*



## НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

Радарный метод измерения был привлекательным, так как позволяет измерять как уровень, так и уровень границы раздела в зависимости от изменений плотности. Идея использовать волноводный радарный уровнемер для измерения уровня границы раздела, без необходимости компенсации по плотности, была ключом к решению проблемы. К тому же, обслуживание можно сократить до паровой очистки зонда. Если такое решение сработает, то заказчик заменит все остальные буйковые уровнемеры.

### РЕШЕНИЕ

В качестве решения задачи компания Emerson Process Management предложила волноводный радарный уровнемер Rosemount 3301, который был настроен на работу в полностью погруженном режиме для измерения только уровня границы раздела жидкостей. Настройка включила в себя задание длины зонда и задание точного значения диэлектрической постоянной для верхнего слоя нефти. Для определения диэлектрической постоянной уровень воды временно опустили ниже нижней отводной трубы. Таким образом, камера оказалась заполнена только нефтью. В этих условиях для определения реальной диэлектрической постоянной были использованы эхо-сигнал от конца зонда (расстояние до которого известно) и калькулятор диэлектрической постоянной из программного обеспечения Radar Configuration Tools.

При первой установке уровнемер Rosemount 3301 был смонтирован рядом с буйковым уровнемером для измерения одного и того же уровня границы раздела. И во время опытной эксплуатации, наблюдая за погрешностью измерений, заказчик выяснил, что волноводный радарный уровнемер был более точен при измерении уровня границы раздела. Заказчик переключил управление сепаратором на показания Rosemount 3301.

### РЕСУРСЫ

#### Rosemount серии 3300

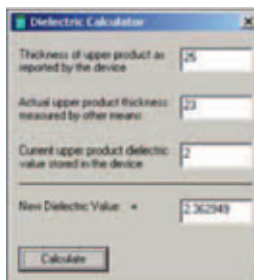
<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

#### Техническая заметка о замене буйковых уровнемеров на волноводные

С. 88 настоящего издания

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



Калькулятор в ПО Radar Configuration Tools был использован для определения диэлектрической постоянной. В этом случае известная длина зонда была использована в качестве реальной толщины слоя продукта.



Во время первой установки волноводный радарный уровнемер Rosemount 3301 был смонтирован рядом с буйковым уровнемером для измерения одного и того же уровня границы раздела.

## Волноводные радарные уровнемеры повышают качество и эффективность измерений на предприятии Petro-Canada™

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Техническое обслуживание сведено к минимуму
- Обеспечены непрерывные измерения с возможностью получения информации о процессе в реальном времени
- Быстрый и простой ввод уровнемеров в эксплуатацию

### ПРИМЕНЕНИЕ

Резервуары для отделения газового конденсата

**Характеристика технологического процесса:** низкая диэлектрическая проницаемость, образование отложений

#### ЗАКАЗЧИК

Газоперерабатывающий завод Petro-Canada, Вайлдкэт Хиллз, Альберта

#### ПРОБЛЕМА

Два резервуара для хранения газового конденсата на газоперерабатывающем заводе Petro-Canada в Вайлдкэт Хиллс были оснащены датчиками уровня ленточного типа, которые вышли из строя и нуждались в замене. Для обеспечения достоверных измерений датчики на основе ленточной технологии периодически должны проходить очистку и калибровку, что является причиной частого технического обслуживания, остановов технологического процесса и больших затрат на эксплуатацию.

#### РЕШЕНИЕ

В качестве альтернативной технологии измерения на данном предприятии были выбраны двухпроводные волноводные радарные уровнемеры (GWR) Rosemount серии 3300, обеспечивающие измерение уровня сверху вниз и допускающие образование некоторого слоя отложений на зондах. Они обеспечивают прямое измерение уровня вне зависимости от изменения свойств жидкости, а также оснащены программными инструментами настройки и диагностики. Благодаря переходу на технологию GWR необходимость в техническом обслуживании была сведена к минимуму. Технология GWR допускает эксплуатацию уровнемеров при образовании отложений на зондах, не требуя при этом повторной калибровки. Все эти преимущества обеспечили надежную и непрерывную работу уровнемеров с возможностью отслеживания состояния процесса в режиме реального времени. Одной из функций стандартного ПО Radar Configuration Tools является функция динамической оптимизации усиления сигнала, которая позволяет автоматически подстроить коэффициент усиления сигнала для получения оптимального соотношения сигнал/шум, чтобы скомпенсировать изменения характеристик технологического процесса. Интеллектуальная обработка эхо-сигнала работает таким образом, что в случае потери сигнала уровнемер может вычислить последнее положение пикового сигнала от поверхности и продукта и положение конца зонда, чтобы определить, полон резервуар, или пуст. В зависимости от результата выходной токовый сигнал принимает значение насыщения верхним или нижним уровнем, тем самым, сигнализируя об опасности перелива продукта. Другие устройства в аналогичных условиях просто переходят в режим сигнализации.



*Волноводные радарные уровнемеры Rosemount серии 3300, оснащенные простым в использовании ПО с широкими возможностями диагностики и конфигурирования, обеспечивают простой и быстрый ввод в эксплуатацию и полную информацию о состоянии работы уровнемера.*

## Волноводный радарный уровнемер успешно измеряет уровень и уровень границы раздела нефть/вода в зумпфе насоса

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Простой и удобный монтаж и настройка
- Точное и надежное измерение уровня и уровня границы раздела сред
- Устранены нестабильность уровня и переливы нефти



### ПРИМЕНЕНИЕ

Контроль уровня и уровня границы раздела сред в зумпфе насоса

**Характеристика технологического процесса:** сверху – нефть с низкой диэлектрической постоянной, снизу – водная среда с высокой диэлектрической постоянной.

### ЗАКАЗЧИК

Нефтеперерабатывающий завод Preem, г. Гетеборг, Швеция

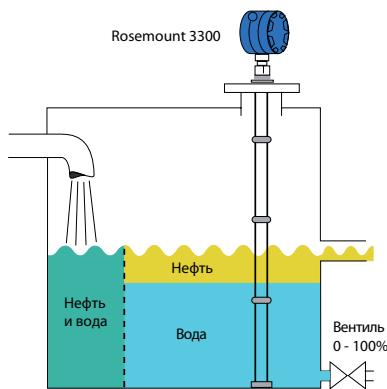
### ПРОБЛЕМА

Измерение уровня в зумпфе насоса осуществляется в целях контроля. В зумпфе происходит разделение нефтесодержащей воды с образованием границы раздела нефть/вода. Необходимо обеспечить измерение общего уровня жидкости, чтобы предотвратить переполнение зумпфа. Определив уровень границы раздела сред, можно предупредить случайный сброс нефти через отверстие для слива воды. Задачей первостепенной важности является предоставление средствами измерения достоверной и стабильной информации, чтобы избежать переполнения зумпфа из-за нестабильности уровня находящейся в нем жидкости.

### РЕШЕНИЕ

Для решения этой задачи на нефтеперерабатывающем заводе Preem в Гетеборге был установлен волноводный радарный уровнемер Rosemount серии 3300. Rosemount серии 3300 - это первые двухпроводные волноводные радарные уровнемеры, позволяющие одновременно измерять и уровень, и уровень границы раздела сред.

3300 может не только точно измерить уровень верхней поверхности, но и определить толщину слоя нефти, что позволяет качественно отделить нефть от воды. Для измерений используется жесткий двухпроводный зонд, который пригоден для работы в средах с определенной вязкостью, в данном случае, нефти. По отзывам заказчика, монтаж уровнемера оказался очень простым и удобным, и его конфигурирование выполнялось при помощи стандартного ПО Radar Configuration Tools. Так как точное значение диэлектрической постоянной верхнего продукта было неизвестным, использовался «диэлектрический калькулятор» (входит в состав программного обеспечения).





### НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

Эта функция предоставляет пользователю возможность рассчитать диэлектрическую постоянную продукта, находящегося сверху, удобным и надежным способом; результаты этих расчетов обеспечивают точность показаний при измерении уровня границы раздела сред.

Заказчика полностью удовлетворили показатели работы уровнемера Rosemount серии 3300. С момента установки в марте 2002 года он предоставляет точную и надежную информацию для управления уровнем в зумпфе. Отмечавшиеся ранее нестабильность уровня и переливы нефти полностью устранены.

#### РЕСУРСЫ

##### **Rosemount серии 3300**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



*Rosemount серии 3300 надежно измеряет уровень и уровень границы раздела сред в зумпфах насосов*



## Волноводный радарный уровнемер Rosemount обеспечивает непрерывное измерение уровня границы раздела сред на предприятии ВР

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Повышение эффективности технологического процесса и улучшение качества продукта благодаря точным и надежным измерениям уровня границы раздела сред
- Уменьшение объема технического обслуживания благодаря отсутствию дрейфа показаний
- Простой и быстрый ввод в эксплуатацию



### ПРИМЕНЕНИЕ

Измерение уровня границы раздела сред дизельное топливо/ вода в сепараторе абсорбера

**Характеристика технологического процесса:** очищенная нефть и водная среда; удельный вес нефти изменяется от 0.7 до 0.8; нефть обладает диэлектрическую проницаемость около 2, вода обладает высокой диэлектрической проницаемостью.

### ЗАКАЗЧИК

Нефтеперерабатывающий завод компании British Petroleum, Толедо, штат Огайо

### УСЛОВИЯ

Этот сепаратор используется для отделения воды от нефти. Затем нефть возвращается в абсорбер для дальнейшей переработки, а вода направляется в очистные сооружения (см. рис.). Корректная работа уровнемера, измеряющего уровень границы раздела сред помогает повысить эффективность технологического процесса и снизить вероятность помутнения продукта, которое происходит из-за смешивания нефти с водой.

- Диапазон измерений: 1,2 м
- Давление: 1,7 МПа (17 бар)
- Температура: 27...49 °С

### ПРОБЛЕМА

Предприятию ВР требовалось более надежное измерение уровня границы раздела сред. В течение нескольких лет для этого использовался погружной зонд изготовителя-конкурента. Несмотря на то, что он обеспечивал достоверные измерения уровня, нередко наблюдался дрейф показаний, что требовало постоянной подстройки. На основании имеющегося опыта применения других технологий, специалисты предприятия ВР хотели использовать устройство, не имеющее в своей конструкции подвижных частей.

Кроме того, задача осложнялась изменениями плотности нефти: ее удельный вес обычно изменялся в пределах от 0.7 до 0.8. Это обстоятельство исключало возможность применения технологии, в основу которых заложено измерение массы.

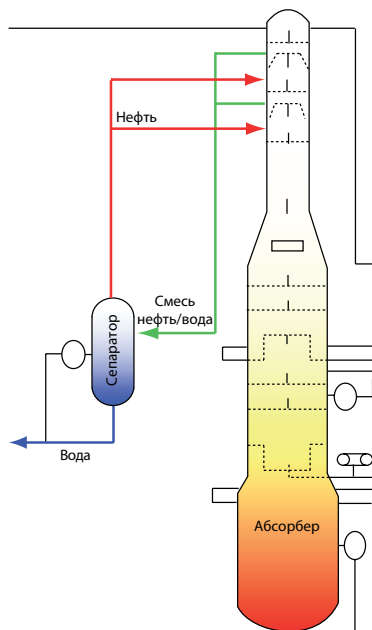


Схема абсорбера с сепаратором и магистралями подачи нефти/воды.

### НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

#### РЕШЕНИЕ

Весной 2003 года на сепараторе был установлен Rosemount 3302 с коаксиальным зондом, который позволяет одновременно измерять уровень и уровень границы раздела сред, не имеет подвижных частей и не подвержен влиянию изменений плотности среды. Мощное и простое в использовании программное обеспечение позволило значительно упростить и ускорить процедуру настройки, в том числе и для измерений границы.

С момента установки прибор 3302 успешно используется на предприятии ВР, обеспечивая точные, непрерывные и надежные измерения уровня. Каких-либо проблем с дрейфом показаний не наблюдается.

#### РЕСУРСЫ

##### **Rosemount серии 3300**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



## Применение волноводного уровнемера позволяет экономить \$57000 ежегодно за счет повышения качества измерений в сепараторе

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Снижение периодичности замены фильтров с трех до одного раза в неделю, что обеспечивает экономию в сумме \$57000 ежегодно
- Пониженное содержание воды в продукте, подаваемом в сепаратор, что продлевает срок службы и повышает эффективность работы оборудования
- Обеспечение более точных и надежных измерений



### ПРИМЕНЕНИЕ

Резервуар для отделения нефти от воды

**Характеристика технологического процесса:** резервуар для утилизации соленой воды объемом 457 м<sup>3</sup> (3000 баррелей); через резервуар ежедневно перекачивается смесь нефти и воды в объеме от 1590 до 2385 м<sup>3</sup> (10-15 тыс. баррелей); плотность смеси постоянно изменяется.

### ЗАКАЗЧИК

Газоперерабатывающий завод в США

### ПРОБЛЕМА

Поступающая в резервуар смесь помещается в резервуар для разделения нефти от воды. Точное измерение уровня границы раздела сред в этом резервуаре имеет большую важность для производства, так как вода подвергается фильтрации и нагнетается обратно в грунт. При попадании нефти в фильтры происходит их забивание, что влечет за собой большие затраты на их замену.

Ранее для измерения уровня и уровня границы раздела сред на предприятии использовался датчик давления в сочетании с радарным уровнемером. Для точного определения уровня границы раздела приходилось выполнять достаточно сложные расчеты. При этом, в уравнениях, используемых для расчета, плотность среды предполагалась постоянной, что не соответствовало действительности: плотность постоянно изменялась, в связи с чем получить точные результаты не удавалось.

При использовании этого метода некоторые фильтры приходилось заменять ежедневно из-за попадания нефти в воду. Операторы не имели возможности эффективно управлять процессом в резервуаре, опасаясь повторного попадания нефти в фильтры. В нормальном режиме работы затраты на еженедельную замену фильтров составляли около \$28600 в год. В случаях попадания нефти в фильтры, их нужно заменять немедленно. Разумеется, замена являлась внеплановой работой, которая отвлекала персонал от выполнения других задач. Эти случаи происходили в связи с использованием устаревшего измерительного оборудования, неспособного обеспечить должную точность и надежность измерений. Было установлено, что замена фильтров осуществлялась в среднем три раза в неделю при объеме ежегодных затрат в \$85800.



*Rosemount серии 3300, установленный на резервуаре для отработанной соленой воды.*



*Некоторые фильтры приходилось заменять ежедневно из-за неточности измерений уровня и уровня границы раздела сред.*

### НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### РЕШЕНИЕ

В качестве решения был выбран волноводный радарный уровнемер Rosemount 3302 с конвертером HART-сигнала в аналоговый Rosemount 333 Tri-loop. Уровнемер обеспечил измерение уровня и уровня границы раздела сред с использованием стандартного аналогового выходного сигнала 4-20 мА и цифрового выходного сигнала HART. Преобразователь Tri-loop обеспечил конвертирование HART-сигнала в аналоговые для получения дополнительной информации об измеряемых переменных и передачи вторичного аналогового сигнала в систему управления. Таким образом, процесс отделения нефти от воды возможность стал происходить намного более точно, чем ранее, в результате чего был достигнут расчетный срок службы фильтров, а также повысилась эффективность технологического процесса.

Благодаря применению Rosemount 3302 периодичность замены фильтров стала производиться в плановые промежутки времени, что позволило предприятию сэкономить порядка \$57000 в год и окупить затраты на приобретение нового оборудования за три недели. Точное определение положения уровня границы раздела полезно так же тем, что это позволяет снизить содержание воды в продукте, направляемом в сепаратор, что способствует продлению срока службы сепаратора и повышает эффективность технологического процесса.

#### РЕСУРСЫ

##### Rosemount серии 3300

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



## Успешное применение волноводного радарного уровнемера для измерения уровня жидкого аммиака

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Обеспечение точных и надежных измерений, несмотря на наличие тяжелых паров, ослабляющих эхо-сигналы
- Объем технического обслуживания сведен к минимуму
- Точность измерения уровня не зависит от изменений плотности среды



### ПРИМЕНЕНИЕ

Среда: 100% жидкий безводный аммиак

**Характеристика технологического процесса:** жидкость без примесей, тяжелые пары, изменяющаяся плотность

### ЗАКАЗЧИК

Предприятие Kerteh Terminals® в Малайзии

### ПРОБЛЕМА

На предприятии Kerteh Terminals в Малайзии для измерения уровня безводного аммиака ранее использовали буйковый уровнемер. Технология измерения уровня при помощи буйка широко применяется в технологических процессах с наличием низких температур, достигающих  $-33^{\circ}\text{C}$ .

При использовании буйковой технологии заказчик столкнулся с рядом проблем, усложняющих процесс измерений. Во-первых, показания были неточными и не соответствовали действительному положению уровня продукта. Во-вторых, плотность аммиака часто изменяется из-за его переходов из парообразной фазы в жидкую и может сопровождаться умеренными колебаниями давления или уровня. И, наконец, заказчику приходилось часто производить техническое обслуживание и регулярно производить замену изношенных деталей используемых буйковых уровнемеров.

Вариант применения на данном процессе датчика давления или бесконтактный уровнемер не является приемлемым из-за наличия тяжелых паров и изменяющейся плотности продукта.

### РЕШЕНИЕ

Ввиду вышеперечисленных условий, заказчик остановил свой выбор на волноводной технологии Rosemount, приобретая и установив на позицию уровнемер серии 3300. Благодаря тому, что данные уровнемеры работают на низкой частоте, они не подвержены влиянию тяжелых паров, которые обычно ослабляют высокочастотные сигналы. Коаксиальный зонд, примененный в данном случае, обеспечивает дополнительное усиление мощности сигнала, что очень важно в условиях сильной конденсации и парообразования. Кроме того, уровнемеры Rosemount серии 3300 не имеют подвижных частей, благодаря чему практически не требуют технического обслуживания. Выбрав Rosemount серии 3300, заказчик обеспечил точность и надежность измерений уровня при низких затратах на эксплуатацию.



*Rosemount серии 3300 с коаксиальным зондом подходит для работы в условиях тяжелых паров и конденсации.*

### НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### РЕСУРСЫ

##### **Rosemount серии 3300**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

##### **Техническая заметка об использовании радарных уровнемеров для измерения уровня аммиака**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



## Применение волноводного радарного уровнемера помогает сократить расходы на техническое обслуживание резервуаров со сжиженным газовым конденсатом

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Исключены выходы персонала на удаленные участки завода, что обеспечило снижение затрат, повышение уровня безопасности и эффективности работы
- Ежегодная экономия затрат на эксплуатацию составляет \$17188 на каждый резервуар
- Обеспечена высокая точность измерений уровня

### ПРИМЕНЕНИЕ

Резервуары для хранения сжиженного конденсата природного газа

**Характеристика технологического процесса:** чистая жидкость с низкой диэлектрической проницаемостью (1,7)

### ЗАКАЗЧИК

Предприятие British Petroleum Amoco, Painter Complex, штат Вайоминг, США

### ПРОБЛЕМА

На газоперерабатывающем заводе BP Painter Complex осуществляется удаление жидкостей из природного газа. Для этого поступающий на завод газ охлаждается, при этом жидкости конденсируются и выделяются из газа. Газовый конденсат накапливается в больших горизонтальных буллитках и отправляется на другое предприятие для последующей переработки. Непрерывное измерение уровня необходимо операторам для того, чтобы знать общее количество имеющегося на заводе конденсата для производственной отчетности и оценки потерь продукта.

Исторически сложилось так, что уровень на предприятии измеряли при помощи датчиков перепада давления с сухим коленом. Трудности с установкой такого типа состоят в том, что любое значительное изменение температуры или сбой заводского оборудования вызывают конденсацию имеющейся в газе воды, которая наполняет импульсную трубку. В этом служба КИП вынуждена отправлять персонал к резервуарам, чтобы дренировать воду из трубы и убедиться в достоверности измерений. При трех посещениях каждого резервуара в неделю в течение всей зимы затраты на техническое обслуживание импульсных трубок составляли в среднем \$17188 в год.



*Уровнемеры серии 3300 были установлены в феврале 2003 года и с тех пор обеспечивают надежные измерения. Какого-либо технического обслуживания оборудования не потребовалось, и не предвидится.*



*Rosemount серии 3300 с коаксиальным зондом подходит для работы в условиях тяжелых паров и конденсации.*



### НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### РЕШЕНИЕ

Для разрешения проблемы было предложено измерять уровень при помощи волноводного радарного уровнемера Rosemount серии 3300, при этом полностью отказавшись от использования импульсных трубок. Для применения уровнемеров серии 3300 предприятию пришлось переделать уровнемерные колонки резервуаров таким образом, чтобы уровнемеры можно было смонтировать сверху. После этого уровнемеры серии 3300 были установлены непосредственно в уровнемерные колонки, наполненные сжиженным газовым конденсатом. Применение уровнемеров серии 3300 позволило свести к минимуму объем технического обслуживания, а также исключить выходы персонала на место установки.



При возникновении необходимости в подстройке уровнемера операторы пользуются прилагаемым программным обеспечением Radar Configuration Tools (RCT). Они могут установить связь с прибором из любой точки измерительного токового контура 4-20 мА, и поэтому им не приходится в непогоду выходить из диспетчерской в поисках причины неполадок.

Благодаря простоте использования ПО, операторы могут выполнить настройку и расширенную диагностику прибора, не дожидаясь специалиста, приглашенного для оказания помощи.

В настоящее время технологический процесс в резервуарах протекает в автоматическом режиме, и операторам не приходится выполнять контроль оборудования вручную. Расходы на приобретение и монтаж нового оборудования на каждый резервуар окупались приблизительно через шесть недель. В настоящее время операторы полностью полагаются на средства измерения уровня, полностью доверяя их показаниям, при этом расчетный объем резервуаров используется в номинальном режиме. Эффективность производства возросла благодаря снижению нестабильности измерений уровня.

#### РЕСУРСЫ

##### Rosemount серии 3300

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

*Расходы на каждый резервуар окупались приблизительно через шесть недель. Ежегодная экономия затрат на эксплуатацию на каждом резервуаре составила \$17188.*



## Успешное применение волноводного радарного уровнемера для измерения уровня жидкого пропана

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Отказ от запланированной модернизации позволил сэкономить \$350000
- Обеспечение точных и надежных измерений на проблемном применении

### ПРИМЕНЕНИЕ

Распределение жидкого пропана, используемого в качестве хладагента, к нескольким теплообменникам.

**Характеристика технологического процесса:** накопитель с жидким пропаном, турбулентность, низкая диэлектрическая проницаемость, изменяющаяся плотность, колебания температуры

### ЗАКАЗЧИК

Химическая компания Chevron Phillips®, Борджер, штат Техас, США

### ПРОБЛЕМА

Химическая компания Chevron Phillips - это специализированное предприятие по химической переработке, которое производит более 400 различных видов химикатов, используемых в различных отраслях промышленности. В подразделении товарной продукции предприятия имеется ряд задач, которые требуют нестандартного подхода и разработки специальных средств измерения. Одним из сложных для измерения уровня случаев является измерение в накопителе жидкого пропана, используемого в системе охлаждения.

Проектом предусматривалось распределение жидкого пропана, используемого в качестве хладагента, между несколькими теплообменниками. Для управления распределением и обеспечения эксплуатационной готовности пропан накапливался в резервуарах-накопителях. При достижении достаточного уровня в накопителе пропан мог перенаправляться к теплообменникам.

К сожалению, из-за турбулентности, низкой диэлектрической проницаемости, изменяющейся плотности и колебаний температуры пропана осуществить надежные измерения во вторичном накопителе было очень сложно. Если фактический уровень оказывался недостаточным, клапаны не могли включить подачу пропана в теплообменники.

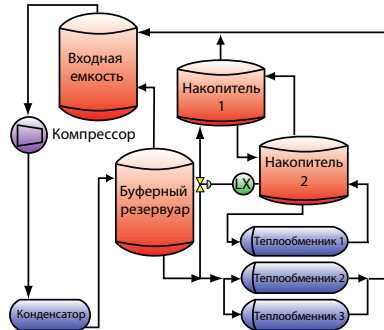
### РЕШЕНИЕ

В качестве возможного решения компания Emerson Process Management предложила волноводную технологию измерения, представленную уровнемером Rosemount 3301. Возможность применения такого уровнемера была обусловлена тем, что он хорошо работает в условиях, в которых колебания плотности и температуры являются обычным явлением.



«Работая с нами, компания Emerson предоставила решение нашей проблемы, и теперь наша система управления впервые стала работать на полную мощность.»

Джеральд Ист  
Служба КИП



## ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Излученный сигнал волноводного радарного уровнемера направляется вдоль зонда, концентрируясь вдоль него, и обеспечивая тем самым гораздо более высокое соотношение сигнал/шум. Это позволяет обеспечить непрерывные, надежные и точные измерения в турбулентной среде с низкой диэлектрической проницаемостью.

Компания Chevron Phillips согласилась провести опытные испытания уровнемера Rosemount 3301, оснащенного с коаксиальным зондом. С использованием имеющихся технологических присоединений был изготовлен переходник, позволяющий осуществить монтаж Rosemount 3301 вместо смотрового стекла и датчика перепада давления. Коаксиальный зонд использовался благодаря его способности обеспечить максимальное соотношение сигнал/шум в жидкости с низкой диэлектрической проницаемостью. Общий диапазон измерений составил приблизительно 1,5 м.

После установки и настройки, Rosemount 3301 без каких-либо проблем точно определил уровень жидкости. Точные измерения обеспечиваются уже в течение нескольких месяцев, и компания Chevron Phillips считает проблему решенной.

После того как Rosemount 3301 обеспечил точные измерения уровня, оказалось, что накопитель функционирует надлежащим образом. Плановые работы по модернизации накопителя были отменены, что позволило сэкономить около \$350000.

Руководитель службы КИП Джеральд Ист заявил, что, благодаря результатам работы Rosemount 3301, его доверие к продукции компании Rosemount вышло на новый уровень. «Если на испытании поступает продукция Rosemount, не возникает никаких сомнений в ее работоспособности, в то время как для новой аппаратуры от других компаний эти ожидания не столь высоки». Г-н Ист не имел оснований доверять любому методу измерений в данном случае, и в поисках решения пытался работать с другими поставщиками, но безрезультатно. «Мы рассмотрели все возможные варианты и пытались работать с поставщиками, способными предоставить нам надежное решение. Но всякий раз они либо не могли понять сути задачи, либо представитель компании предлагал совсем не то, что обещали рекламные проспекты. Работая с нами, компания Emerson предоставила решение нашей проблемы, и теперь наша система управления впервые стала работать на полную мощность». Обращаясь к графикам эхо-сигналов, г-н Ист отчетливо видит изменения, происходящие в резервуаре, и уверен в том, что отображаемая на экране информация соответствует происходящему в действительности.

По словам Фила Морала, начальника производства, уровнемер прекрасно работает на установке, которая раньше не создавала ничего, кроме проблем. «Мы никогда не получали надежных результатов измерений на этом резервуаре. Впервые эта система работает эффективно, и мы хотели бы при первой же возможности применить уровнемер Rosemount на других имеющихся у нас производственных участках».

### РЕСУРСЫ

#### Rosemount серии 3300

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m3300.html>  
<http://www.metran.ru/products/siz/level/>





**6.1.2 Примеры применений:  
бесконтактные радарные  
уровнемеры**

## Повышение безопасности эксплуатации и снижение расходов на эксплуатацию продувочного сепаратора

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Обеспечение мониторинга состояния процесса в реальном времени
- Отпала необходимость в дорогостоящем техническом обслуживании ранее применявшихся механических уровнемеров
- Обеспечение точных и надежных измерений уровня в условиях изменяющейся плотности среды и быстрых изменений уровня



### ПРИМЕНЕНИЕ

Измерение уровня в продувочном сепараторе

**Характеристика технологического процесса:** смеси жидкостей с переменной плотностью и диэлектрической проницаемостью; быстрое изменение уровня и турбулентность в ходе процесса наполнения резервуара.

### ЗАКАЗЧИК

Нефтеперерабатывающий завод в США

### ПРОБЛЕМА

При сбоях в процессе перегонки нефти газы и жидкости перекачиваются в продувочный сепаратор через предохранительные клапаны и трубы. В этом случае резервуар неконтролируемо наполняется через трубу диаметром 1,1 м, горизонтально присоединенную к резервуару. Перекачиваемые в резервуар газы и жидкости обычно представляют собой легкие и тяжелые углеводороды, временами содержащие значительное количество воды.

В ходе исследований безопасности эксплуатации, выполненных на заводе независимой контролирующей организацией, был определен максимально допустимый уровень в резервуаре. В результате исследований, основывающихся на стандартах API (API – американский институт нефти), была получена максимально допустимая высота наполнения, равная 3 м при нормальных условиях эксплуатации. Это значение было выбрано таким образом, чтобы обеспечивалось достаточное пространство на случай аварийных ситуаций. На отметке 1,4 м жидкости подвергаются анализу для принятия решения о направлении перекачки, на отметке 2 м насос начинает перекачивать жидкости в резервуары для хранения нефтепродуктов. Если уровень опустился до отметки 1 м, насос останавливается. Накопившиеся в резервуаре газы транспортируются через трубу диаметром 0,5 м из верхней части резервуара к факельной установке.

### Критические факторы

Надежность средств измерения уровня, являющихся частью этой предохранительной системы, имеет большое значение. В случае переполнения продувочного сепаратора жидкость попадет в газоотводную трубу, что может привести к отказу защитных клапанов на впускном трубопроводе. Слишком низкий уровень жидкости может привести к отказу насоса.



*Продувочный сепаратор имеет высоту 8,5 м, но требуемый диапазон измерений составляет приблизительно 3 м, соответствующий максимально допустимому уровню наполнения, равному 3 м.*

## НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

Процесс измерения уровня затрудняется большими изменениями значений плотности среды и содержанием в ней твердых включений. Перед установкой уровнемера Rosemount серии 5600 на заводе использовался механический уровнемер, смонтированный в стойке (уровнемерной колонке) снаружи резервуара.

## РЕШЕНИЕ

Замена механического уровнемера радарным уровнемером серии 5600 позволила повысить надежность и точность измерений, а также отказаться от дорогостоящего технического обслуживания. Еще одно преимущество радарных уровнемеров – отсутствие зависимости погрешности измерений от плотности продукта, находящегося в выносной камере и в резервуаре. Rosemount серии 5600 был установлен в имеющийся на крыше резервуара патрубок диаметром 50 мм. Ввиду использования конической антенны диаметром 6 дюймов (150 мм), для установки уровнемера на патрубок были использованы специальные приспособления.

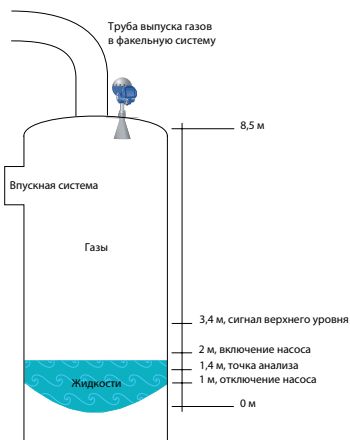
После ввода в эксплуатацию уровнемер серии 5600 обеспечил надежные измерения уровня, независимые от свойств жидкости. Аналоговый сигнал 4–20 мА, пропорциональный значению уровня, передается в систему управления и используется для выключения насоса при падении уровня жидкости ниже установленного. В дополнение к этому подается сигнал оповещения оператора о необходимости выполнить анализ жидкости. В PCS задаются пороговые значения для сигнализации нижним уровнем, отключения насоса, выполнения анализа продукта, включения насоса и сигнализации верхним уровнем.

## РЕСУРСЫ

## Rosemount серии 5600

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5600.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



*Продувочный сепаратор используется в качестве накопителя продуктов процесса переработки нефти. Радар Rosemount 5600 измеряет уровень и передает результаты измерений в PCS.*

## Надежные измерения уровня в резервуаре с жидким пропиленом

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Уменьшение объема технического обслуживания благодаря повышению стабильности измерений и снижению степени загрязнения смачиваемых частей
- Сокращение времени простоев и количества остановов благодаря использованию сменных блоков электроники и уплотнений соединения с процессом
- Количество ошибок измерений сведено к минимуму, несмотря на образование отложений на антенне



### ПРИМЕНЕНИЕ

Резервуар с жидким пропиленом

**Характеристика технологического процесса:** среда под давлением; необходимость обеспечения непрерывного измерения уровня

### ЗАКАЗЧИК

Завод по производству пластмасс

### ПРОБЛЕМА

В данном случае было критически важно обеспечить непрерывное измерение уровня, потому что находящиеся под давлением резервуары выводятся из эксплуатации не чаще одного раза в три - пять лет. Используемые ранее устройства на основе контактных методов измерения оказались ненадежными и требовали частого технического обслуживания: их смачиваемые части часто загрязнялись, показания имели большую погрешность, что приводило к переполнению резервуаров и колоссальным затратам на устранение последствий. Кроме того, производственному отделу постоянно необходимы сведения о наличии запаса пропиленна на участке для обеспечения технологических процессов.

### РЕШЕНИЕ

На резервуарах с технологическим пропиленом были установлены бесконтактные радарные уровнемеры Rosemount серии 5600, которые передают измеряемые значения посредством токовых выходных сигналов 4-20 мА. Эти сигналы поступают в пункт управления, где на основании результатов измерений вычисляется объем продукта. При наполнении резервуаров объем сравнивается с весом железнодорожных цистерн с целью двойного контроля и проверки производственных показателей. Применение Rosemount серии 5600 повысило надежность и точность измерений, а также обеспечило возможность замены блока электроники без остановки технологического процесса и разгерметизации резервуаров. Другим преимуществом использования серии 5600 является простота монтажа по сравнению с ранее применявшимися методами: каких-либо конструктивных изменений в резервуарах не потребовалось, что сократило затраты на эксплуатацию за счет экономии времени и учета особенностей инфраструктуры.



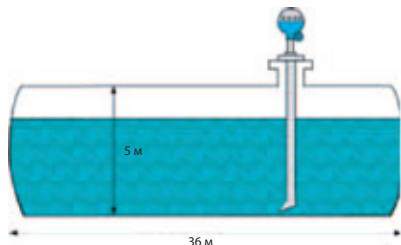
*Радарный уровнемер Rosemount серии 5600, смонтированный с использованием фланца на крыше резервуара.*

## ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**Монтаж и конфигурирование**

Уровнемер серии 5600 обеспечивает высокую гибкость при монтаже, и в данном случае был смонтирован непосредственно на имеющийся на резервуаре патрубок при помощи фланца диаметром 6 дюймов и успокоительного колодца диаметром 2 дюйма, изготовленного из нержавеющей стали.

Настройка установленного уровнемера выполнялась в диспетчерской при помощи HART®-модема и персонального компьютера. Какой-либо дополнительной настройки не потребовалось, что упростило ввод в эксплуатацию новой точки измерений, а также обеспечило экономию затрат времени и средств.



*Продувочный сепаратор используется в качестве накопителя продуктов процесса переработки нефти. Радар Rosemount 5600 измеряет уровень и передает результаты измерений в ПСУ.*

**РЕСУРСЫ****Rosemount серии 5600**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5600.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

*Применение Rosemount серии 5600 повысило надежность и точность измерений, а также обеспечило возможность замены блока электроники без останова технологического процесса и разгерметизации резервуаров.*



## Обеспечение надежных измерений уровня в резервуаре для смешивания смазочных масел

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Надежное измерение уровня в условиях турбулентности и изменения состояния парогазовой подушки
- Затраты и время на техническое обслуживание сведены к минимуму



### ПРИМЕНЕНИЕ

Резервуар-смеситель

**Характеристика технологического процесса:** турбулентная жидкость с низкой диэлектрической проницаемостью, наличие испарений и внутренних объектов в резервуаре

### ЗАКАЗЧИК

Крупная нефтеперерабатывающая компания в юго-восточной Азии

### ПРОБЛЕМА

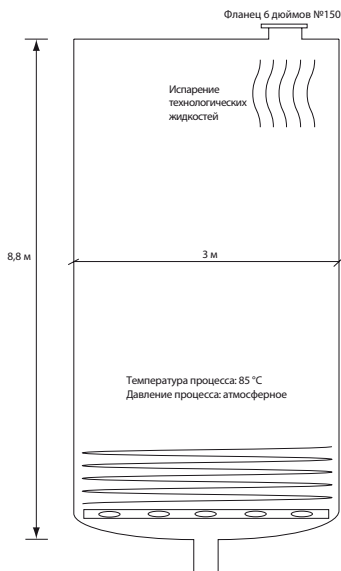
На данном предприятии изготавливается смазочное масло путем подмешивания присадок к базовому маслу. Процесс изготовления заключается в добавлении химических присадок с последующим нагревом и перемешиванием полученной смеси. Для обеспечения смешивания используется система импульсной подачи воздуха, которая вызывает колебания и сильную вибрацию резервуара. При помощи пара, пропускаемого через змеевики, смесь нагревается до 85° С. Активное перемешивание и колебания температуры являются причиной высокой турбулентности на поверхности жидкости.

Применявшийся ранее ультразвуковой уровнемер не обеспечивал требуемой непрерывности и надежности измерений из-за сильной турбулентности, вызванной перемешиванием. В дополнение к этому, ультразвуковые приборы для измерения уровня не предназначены для использования в условиях парообразования, возникающего из-за нагревания и образующего конденсат. Заказчик нуждался в надежном устройстве, способном обеспечить надежное измерение уровня в сложных условиях.

### РЕШЕНИЕ

Точность измерения уровня радарными уровнемерами не подвержена влиянию состояния парогазовой подушки, поэтому, на резервуаре для смешивания масел был установлен бесконтактный низкочастотный радарный уровнемер Rosemount 5401 с рабочей частотой 6 ГГц, оснащенный конической антенной диаметром 6 дюймов.

Rosemount 5401 обеспечил надежное и точное измерение уровня в условиях активного парообразования и турбулентного состояния поверхности продукта. Низкочастотная электроника Rosemount 5401 обеспечивает более надежное распознавание эхо-сигналов, ослабленных испарениями и неспокойной



Резервуар для смешивания масел с пневматическим перемешиванием и паровыми змеевиками

**ROSEMOUNT**

Дополнительная информация:  
www.rosemount.com, www.metran.ru

**EMERSON**  
Process Management

## НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

поверхностью, чем в случае использования высокочастотных устройств. Кроме того, в уровнемерах Rosemount серии 5400 используется технология двойного порта, которая обеспечивает двукратное улучшение соотношения сигнал/шум по сравнению с другими радарными уровнемерами. Благодаря использованию данной технологии потери излученного микроволнового импульса внутри электроники сводятся к минимуму, что обеспечивает прием эхо-сигнала большей силы.

Это особенно важно для измерения уровня турбулентных жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью, которые значительно ослабляют отраженный эхо-сигнал.

Кроме того, коническая антенна уровнемеров серии 5400 сконструирована так, чтобы устойчивость к отложению продуктов конденсации. Сочетание низкой рабочей частоты, технологии двойного порта и устойчивой к конденсации антенны обеспечивает надежное измерение уровня в сложных условиях процесса, подобным данному, Rosemount 5401 является решением, обеспечивающим надежные измерения и практически не требующим технического обслуживания.

Для обеспечения непрерывной и надежной работы радарные уровнемеры должны быть сконфигурированы с учетом особенностей резервуара, чтобы исключить влияние ложных отражения и помех от дна, крыши и внутренних элементов конструкции резервуара. Стандартное программное обеспечение, поставляемое с уровнемерами Rosemount, оснащено рядом инструментов для обработки ложных отражений:

- кривые амплитудного порога
- регистрация ложных эхо-сигналов
- области игнорирования ложных эхо-сигналов
- обработка эхо-сигналов от дна резервуара

Регистрация ложных эхо-сигналов дает возможность определить слабые эхо-сигналы, отраженные от поверхности продукта, на фоне мощных ложных эхо-сигналов. Настройка функции игнорирования ложных эхо-сигналов для конкретного технологического процесса имеет большое значение для обеспечения надежности и непрерывности измерений, поэтому одновременный запуск нескольких радарных уровнемеров может потребовать большого количества времени, особенно в сложных условиях процесса.

Rosemount серии 5400 вводятся в эксплуатацию намного быстрее, благодаря реализованной в стандартном ПО «Rosemount Radar Master» функции «Measure and Learn» («Измерить и научиться»). Эта функция, запускаемая пользователем, автоматически сканирует резервуар, выявляя наличие внутренних конструкций и помех, и выполняет настройку уровнемера в соответствии с полученными данными. Алгоритм функции «Measure and Learn» был разработан на основании более чем 30-летнего опыта компании «Emerson» в области радарных измерений уровня.

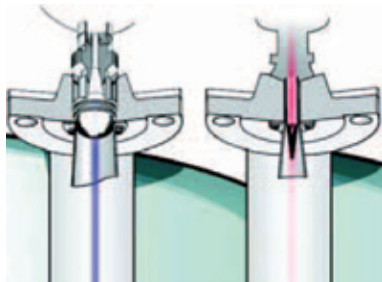
Заказчик сделал вывод, что уровнемер Rosemount 5401 является наиболее рациональным решением для измерения уровня данного технологического процесса.

## РЕСУРСЫ

## Rosemount серии 5400

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5400.html>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



Конические антенны, используемые с уровнемерами Rosemount серии 5400 (слева) более устойчивы к отложению продуктов конденсации. Надежность и непрерывность измерений обеспечивается сочетанием низкой рабочей частоты, технологии двойного порта и антенны, устойчивой к конденсации.

## Применение бесконтактного радарного уровнемера для измерений уровня в подземном сепараторе факельной системы

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Ежегодная экономия затрат на эксплуатацию и обслуживание составила \$10000
- Обеспечение автоматического измерения уровня, снижение объема выбросов факельной системы и полное использование емкости сепаратора
- Отслеживание состояния измерений в реальном времени обеспечивает надежный контроль технологического процесса

### ПРИМЕНЕНИЕ

Подземный сепаратор факельной системы

**Характеристика технологического процесса:** смесь нефти/углеводородов и загрязненной воды, склонная к образованию отложений

### ЗАКАЗЧИК

Предприятие Petro-Canada

### ПРОБЛЕМА

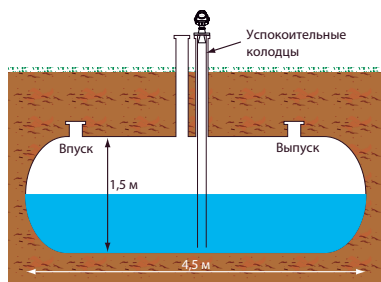
Сепаратор факельной системы представляет собой горизонтальный буллит размерами 2,4 x 7,2 м, который используется для отделения и временного хранения жидкости, получаемой в факельной системе нефтеперерабатывающего завода. Жидкость состоит в основном из воды с примесью углеводородов, которые подлежат дальнейшей переработке на заводе.

В холодных климатических условиях сепараторы факельной системы закапывают в землю на глубину не менее 2,4 м для предотвращения замерзания их содержимого. Простейшим способом доступа в сепаратор является успокоительный колодец, который начинается над поверхностью земли и достигает дна емкости. В данном случае в сепараторах имеются успокоительные колодцы диаметром всего 40 и 50 мм (1,5 или 2 дюйма).

В связи с труднодоступностью, для измерений уровня можно использовать только устройства, измеряющие сверху вниз. Ранее применялись устройства на основе механического поплавкового метода измерений, которые требовали регулярной очистки смачиваемых частей вследствие склонности нефтеводяной смеси к образованию отложений. В качестве альтернативы рассматривались волноводные радарные уровнемеры, но жесткие зонды большой длины, необходимые для использования в данном применении, могут быть легко повреждены при перевозке и монтаже. Даже незначительный изгиб зонда может стать причиной его касания поверхности успокоительной трубы и, следовательно, возникновения ложных эхо-сигналов, усложняющих измерения. Также была попытка применить сигнализатор для контроля верхнего уровня, но она тоже оказалась безуспешной. Из-за надежности и большого объема технического обслуживания приборов для измерения уровня обеспечить автоматизацию работы этих сепараторов не представлялось возможным. Для того чтобы предупредить переполнение и обеспечить безопасность на предприятии, к сепараторам направлялись автомобильные цистерны с целью их заблаговременного опорожнения.



*Так как доверие операторов к измерениям уровня намного возросло, появилась возможность автоматизировать работу резервуаров и полностью использовать их емкость.*



Сепараторы факельной системы находятся под землей для защиты от суровых канадских зим.

## НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

## РЕШЕНИЕ

С учетом вышеприведенных ограничений бесконтактный радарный уровнемер является наиболее удачным решением этой задачи. Бесконтактный метод измерения устраняет проблемы, связанные с отложениями и позволяет свести к минимуму объем технического обслуживания.

При монтаже бесконтактного радарного уровнемера в успокоительном колодце размер антенны должен, по возможности, совпадать с его внутренним диаметром при зазоре между антенной и стенкой колодца порядка 1 мм или менее. Также распространенной практикой в подобных случаях является установка нового колодца небольшого диаметра внутри существующего, чтобы обеспечить целостность его поверхности.

Радарный уровнемер Rosemount серии 5400 обеспечил решение проблем измерений в данном технологическом процессе. Уровнемер Rosemount 5402 был смонтирован при помощи 3-дюймового фланцевого присоединения на успокоительном колодце с внешним диаметром 80 мм; внутренний диаметр колодца составлял 40 мм (1,5 дюйма), поэтому, стандартная 2-дюймовая антенна была обрезана по размеру трубы.

После монтажа любой уровнемер должен быть сконфигурирован с учетом особенностей резервуара и технологического процесса. Для уровнемеров Rosemount этот процесс очень прост: в комплект поставки уровнемеров серии 5400 включено ПО «Rosemount Radar Master», обеспечивающее полное конфигурирование и диагностику; в нем также имеется мастер настройки, предназначенный для неопытных пользователей. Одним из необходимых элементов настройки радарных уровнемеров, установленных в успокоительных колодцах, является компенсация изменения скорости распространения микроволнового импульса, которое обычно наблюдается в установке уровнемеров в трубах. «Rosemount Radar Master» обеспечивает автоматическую компенсацию влияния данного явления после того, как пользователь введет величину внутреннего диаметра трубы. Эта функция способствует оптимизации работы уровнемера в технологических процессах такого типа.

Заказчик отметил, что уровнемеры Rosemount серии 5400 гораздо проще настроить, и его программное обеспечение является более простым для использования по сравнению с продуктами конкурентов. График кривой эхо-сигналов, заложенный в ПО и являющийся мощным диагностическим инструментом, не только дополняет графики, отображаемые в PCS, но и дает возможность оператору сконцентрировать внимание на показаниях уровня, соответствующих событиям технологического процесса.

Применение уровнемера серии 5400 обеспечило автоматизацию работы сепаратора и полностью использовать его емкость, в результате чего сократилось количество выездов автомобильных цистерн для опорожнения резервуара, и снизились расходы на грузовые перевозки. По оценкам компании Petro-Canada, применение Rosemount серии 5400 на этом объекте обеспечивает экономию затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание в размере около \$10000 в год.

Надежные и точные измерения, обеспечиваемые Rosemount серии 5400, помогли устранить проблемы, связанные с техническим обслуживанием, а также обеспечить эксплуатацию оборудования в номинальном режиме.

## РЕСУРСЫ

## Rosemount серии 5400

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5400.html>

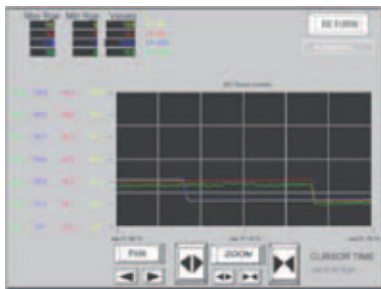
<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

## Техническая заметка об установке радарных уровнемеров в успокоительных колодцах и байпасных трубах

С. 93 настоящего издания



Rosemount серии 5400, смонтированный в успокоительном колодце. Антенна была обрезана по размеру трубы меньшего диаметра, установленной внутри



Вид графика измерений уровня на мониторе PCS.

## Оптимизация технологического процесса и увеличение объемов выработки жидкой серы при помощи бесконтактных радарных уровнемеров

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Повышение уровня безопасности и снижение риска загрязнения окружающей среды
- Повышение производительности технологического процесса за счет более рационального использования емкости хранилища серы
- Сокращение объема работ по очистке

### ПРИМЕНЕНИЕ

Измерение уровня жидкой серы в установках удаления серы (УУС)

**Характеристика технологического процесса:** исключительно жесткие внешние условия; высокие температуры процесса, достигающие 149°C и более, наличие разбрызгивания и тяжелых паров.

### ЗАКАЗЧИК

Предприятие Petro-Canada

### ПРОБЛЕМА

Даже незначительный выброс серы в процессе нефтепереработки может стать причиной загрязнения окружающей среды, поэтому на подобных предприятиях объемы выбросов серы строго ограничены. В связи с этим должна быть обеспечена максимальная эффективность установок удаления серы (УУС), которые предназначены для удаления серы из потока кислого газа перед его выпуском в атмосферу.

Удаление серы из кислого газа осуществляется в УУС за счет его реакции с кислородом для разложения  $H_2S$  на свободную серу и воду. Надежность процесса удаления серы имеет большое значение для обеспечения экологической безопасности и соответствия предприятия требованиям природоохранного законодательства.

Кроме того, эффективность работы УУС имеет критическое значение для эффективности процесса гидроочистки: недостаточная эффективность УУС может стать основной причиной потери продуктивности процесса. В свою очередь, эффективность работы УУС напрямую зависит от точности измерений уровня и объема технического обслуживания средств измерений.

Измерение уровня в УУС осложняется высокой температурой процесса, достигающей 149°C, и конденсацией испарений серы с образованием отложений на менее нагретых участках резервуара. Сера свойственно быстрое образование отложений, в связи с чем требуется регулярная очистка, требующая больших временных затрат. Для повышения эффективности процесса требуется снизить объем техобслуживания, проводя очистку реже, тем самым, уменьшив потери времени из-за простоев установок.



*Так как доверие операторов к измерениям уровня намного возросло, появилась возможность автоматизировать работу резервуаров и полностью использовать их емкость.*



Рис. 1. Радарный уровнемер Rosemount серии 5400, оснащенный антенной с уплотнением соединения с процессом



Рис. 2. Уровнемер Rosemount с параболической антенной, покрытой отложениями серы

## НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Ранее применявшиеся устройства на основе барботажного метода измерения уровня требовали частого технического обслуживания, поэтому, их было решено заменить на приборы, способные обеспечивать надежные измерения в жестких условиях и позволяющие свести к минимуму объемы профилактических работ по очистке. Надежность и точность измерений также важны для более рационального использования хранилища серы и повышения производительности процесса переработки кислого газа.

## РЕШЕНИЕ

Бесконтактные радарные уровнемеры Rosemount могут быть установлены на резервуарах различной конфигурации, в усложнительных колодцах, байпасных камерах и успешно применяются для измерения уровня в различных технологических процессах ведущих предприятий по переработке нефти, в том числе для измерений уровня жидкой серы. Компания Emerson предлагает бесконтактные радарные уровнемеры Rosemount двух серий - 5400 и 5600. Rosemount 5402 (высококачественная модель), оснащенная 4-дюймовой (DN 100) антенной с уплотнением соединения с процессом является отличным решением проблем измерений в данном случае. Преимущество антенны с уплотнением заключается в том, что ее можно смонтировать в патрубке диаметром 4 дюйма (DN 100) без заглибления в резервуар. Однако брызги серы образуют налет на менее нагретых участках, поэтому настоятельно рекомендуется хорошо теплоизолировать патрубок, люк и антенну уровнемера, либо обеспечить их обогрев. В дополнение к этому можно предусмотреть продувку антенны газом/воздухом или промывку. Кроме уровнемеров серии 5400, в данном применении можно также использовать уровнемеры серии 5600 с параболической антенной. Параболическая антенна монтируется внутри колодца или резервуара и необходимость в ее теплоизоляции/обогреве сводится к минимуму, а способность противостоять образованию отложений повышается. На Рис. 2 показана параболическая антенна, покрытая отложениями серы. Правильно установленные радарные уровнемеры Rosemount требуют минимального технического обслуживания с увеличением межсервисных интервалов до 6-12 месяцев и более. Расширенные средства диагностики уровнемеров, заложенные в стандартном программном обеспечении Rosemount, позволяют отслеживать мощность сигнала, как одну из переменных процесса. Эта функция обеспечивает контроль возникновения отложений и помогает прогнозировать сроки технического обслуживания. Правильно смонтированный и оснащенный теплоизоляцией радарный уровнемер Rosemount может обеспечивать надежные измерения, не требуя профилактического обслуживания от 6 до 12 месяцев и более.

На рис. 3 и 4 представлены графики кривых эхо-сигналов бесконтактного радарного уровнемера Rosemount 5402, установленного в коллекторе жидкой серы нефтеперерабатывающего завода. На рис. 3 представлен эхо-сигнал после 2-х дней эксплуатации в патрубке, не оснащенном теплоизоляцией: импульс отраженного от поверхности эхо-сигнала едва различим на фоне шумов. На рис. 4 представлен эхо-сигнал после очистки и теплоизоляции патрубка: отраженный от поверхности эхо-сигнал имеет большую мощность и легко определяется уровнемером.

*Правильно смонтированный и оснащенный теплоизоляцией радарный уровнемер Rosemount может обеспечить надежные измерения, не требуя профилактического обслуживания от 6 до 12 месяцев и более.*

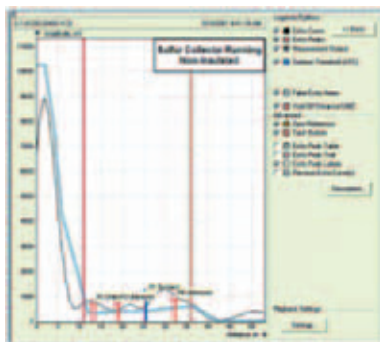


Рис. 3. Эхо-сигнал в неизолированном патрубке.

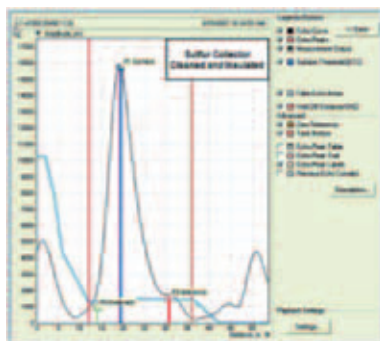


Рис. 4. Эхо-сигнал после очистки и теплоизоляции патрубка.



### НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

---

Этот пример демонстрирует, каким образом отслеживание мощности эхо-сигнала может быть использовано для определения необходимости очистки антенны. В настоящее время прибор работает без очистки с интервалом в 6 месяцев между обслуживанием.

Радарные уровнемеры Rosemount серий 5400 и 5600 обеспечивают надежное и непрерывное измерение уровня, что позволяет более эффективно использовать емкость резервуара. Уверенность в достоверности измерений позволяет операторам уменьшить отклонения переменной процесса от задания и повысить полезную емкость резервуара. Так как производство серы, как вторичного продукта, жестко регулируется законодательством, увеличение полезной емкости не только увеличивает выработку серы, но и снижает отрицательное воздействие на окружающую среду. В дополнение к этому, применение обогреваемых патрубков и контроля мощности эхо-сигналов помогает свести к минимуму объем профилактического обслуживания и выполнять очистку в плановом порядке. Применение радарных уровнемеров Rosemount способствует эффективной экономии средств за счет организации плановых работ по техническому обслуживанию и увеличению прибыли предприятия благодаря увеличению производительности процесса.

#### РЕСУРСЫ

##### **Rosemount серии 5400**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5400.html>  
<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

##### **Rosemount серии 5600**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m5600.html>  
<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



**6.1.3 Примеры применений:  
бесконтактные ультразвуковые  
уровнемеры**



# Контроль уровня ливневых вод и устранение угрозы затопления на очистных сооружениях в Австралии

## РЕЗУЛЬТАТЫ

- Предотвращение затопления жилого массива в непогоду
- Предотвращение пересыхания сточного канала
- Необходимый уровень воды поддерживается в любых условиях

## ПРИМЕНЕНИЕ

Измерение уровня в открытых каналах для стока ливневых вод

## ЗАКАЗЧИК

Очистные сооружения в Австралии

## ПРОБЛЕМА

Очистным сооружениям одного из городов Австралии необходимо организовать контроль и поддержание уровня в канале для стока ливневых вод, обычно направляемых в море.

Канал проходит через жилой массив. Во время грозы уровень воды в канале резко поднимается, вызывая затопление жилых зданий, а полное осушение канала приводит к появлению неприятных запахов. В непогоду поверхность воды в канале становится очень неспокойной, при этом вверх и вниз по течению могут проходить волны высотой до одного метра.

## РЕШЕНИЕ

Предприятие установило в канале два шлюза с регулируемыми затворами и два насоса, которые используются для поддержания уровня воды в любых условиях. Для измерения и контроля уровня было установлено четыре ультразвуковых уровнемера Rosemount серии 3100, по два с каждой стороны - для контроля уровня воды на шлюзе и управления затвором. Для устранения избыточной турбулентности в точках измерения уровнемеры были смонтированы в успокоительных трубах диаметром 5 дюймов.

Ультразвуковые уровнемеры Rosemount прекрасно работают в такого рода применениях при условии выполнения ряда простых рекомендаций по монтажу, приведенных в руководстве по эксплуатации. Как правило, успокоительные трубы должны иметь диаметр минимум 100 мм (4 дюйма), иметь гладкую поверхность без сварочных дефектов, которые могут вызвать ложные отражения, и, в идеальном случае, иметь срез на конце под углом 45 градусов, который должен оставаться в погруженном состоянии в любых условиях. Ввод в эксплуатацию серии 3100 выполняется при помощи встроенного дисплея и кнопок и занимает минимум времени. После установки уровнемеры серии 3100 обеспечили надежные измерения уровня и передачу управляющих сигналов систему управления шлюзом и насосы, защищая оборудование от холостого хода и связанных с этим неисправностей. Уровень воды автоматически поддерживается в заданных операторами пределах, предотвращая возможность затопления жилого массива.



«Уровнемеры Rosemount серии 3100 отличаются простотой установки и настройки, и обеспечивают стабильные показания»  
Руководитель предприятия



Рис. 1. Два уровнемера серии 3100, установленных в успокоительных колодцах диаметром 125 мм (5 дюймов), изготовленных из нержавеющей стали марки 316.

Рис. 2. Уровнемер серии 3100, расположенный на напорной стороне шлюза (затворы шлюза на момент съемки еще не установлены, но их направляющие отчетливо видны).



#### 6.1.4 Примеры применений: сигнализаторы уровня

## Предотвращение переливов в резервуарах с плавающей крышей при помощи поплавкового сигнализатора с применением беспроводной технологии

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Повышение уровня безопасности и снижение риска загрязнения окружающей среды
- Снижение риска возникновения аварийных остановов
- Минимальные затраты на приобретение и монтаж необходимого оборудования

### ПРИМЕНЕНИЕ

Контроль предельного уровня и сигнализация в резервуаре с плавающей крышей

### ЗАКАЗЧИК

Предприятия с наличием резервуаров с плавающей крышей

### ПРОБЛЕМА

Соблюдение правил безопасной эксплуатации резервуаров с плавающей крышей и мер по охране окружающей среды является проблемой для многих промышленных предприятий.

В таких резервуарах отсутствует фиксированная точка для монтажа средств контроля уровня, так как крыша находится непосредственно на поверхности жидкости. При достижении крыши верхнего аварийного уровня необходимо обеспечить подачу сигнала тревоги и перекрыть клапаны питающих трубопроводов или насосов, подающих жидкость в резервуар.

Отсутствие вторичных средств измерения может привести к переливу жидкости. Многие действующие предприятия измеряют уровень в подобных резервуарах, но не используют дополнительные средства для контроля и сигнализации верхнего уровня. В ходе проектировании новых предприятий, при необходимости предусмотреть защиту от переливов, возникают сложности.

Отсутствие средств контроля верхнего уровня в резервуарах с плавающей крышей снижает уровень безопасности и повышает риск загрязнения окружающей среды. Переливы являются причиной аварийных остановов производства, влекущих за собой множество негативных последствий. В тоже время, установка дополнительных средств измерений влечет за собой дополнительные затраты на их приобретение, прокладку кабельных соединений, монтаж и оплату труда.

### РЕШЕНИЕ

Решением проблемы, связанной с переполнением резервуаров и контролем верхнего предельного уровня, является применение вертикального поплавкового сигнализатора уровня Mobrey DS20D в сочетании с беспроводным преобразователем дискретных сигналов Rosemount 702, являющимся частью беспроводной технологии «Smart Wireless» компании Emerson.

Подвижные части и контакты сигнализатора Mobrey DS20D находятся в герметичном корпусе; благодаря этому обеспечивается надежная работа, в том числе, в агрессивных и вязких средах, а также при низких температурах процесса. В дополнение к этому,



*Поплавковый сигнализатор Mobrey DS20D является экономичным решением для контроля и аварийной сигнализации верхнего уровня, а беспроводной преобразователь Rosemount 702 сводит к минимуму затраты, связанные с монтажом и оплатой труда.*



*Поплавковый сигнализатор Mobrey DS20D и беспроводной преобразователь дискретных сигналов Rosemount 702, смонтированные на выносной камере.*

Mobrey DS20D оснащен резервным механизмом включения сигнализации на случай возникновения неисправностей. Используя сигнализатор в паре с беспроводным преобразователем дискретных сигналов Rosemount 702 возможно организовать передачу результатов измерений по протоколу WirelessHART™ с достоверностью данных более 99%, а также встраивать сигнализатор в беспроводную сеть наравне с другим оборудованием. Кроме того, в преобразователе 702 используется модуль SmartPower™, обеспечивающий срок службы батареи в течение 10 лет при обновлении данных один раз в минуту.

Благодаря использованию инновационных технологий и простоте ввода в эксплуатацию и надежности работы устройств Mobrey DS20D и Rosemount 702 повышается эффективность работы предприятия; риски, связанные с переполнением резервуаров и загрязнением окружающей среды, сводятся к минимуму.

Сигнализатор Mobrey DS20D сам по себе является экономичным решением для контроля и сигнализации верхнего уровня, а Rosemount 702 сводит к минимуму затраты, связанные с монтажом, прокладкой кабелей и оплатой труда. Как результат, практически устраняется риск возникновения аварийных остановов, прерывания технологического процесса и снижения производительности производственного участка в частности и предприятия в целом.

### РЕСУРСЫ

#### Сигнализаторы уровня Mobrey DS20D

<http://www2.emersonprocess.com/en-US/brands/mobrey/Level-Products/Point-Level-Detection/Pages/index.aspx>

#### Технология «Smart Wireless» от компании Emerson

<http://www.emersonsmartwireless.com>

<http://www.metran.ru/products/siz/level/>

## Повышение эффективности работы турбинных насосов при помощи вибрационного сигнализатора уровня

### РЕЗУЛЬТАТЫ

- Риск повреждения и поломки турбинных насосов сведен к минимуму
- Вероятность возникновения остановов и простоев оборудования сведена к минимуму
- Повышения уровня безопасности

### ПРИМЕНЕНИЕ

Контроль нижнего уровня в резервуаре смазочного масла турбинных насосов

### ЗАКАЗЧИК

Нефтеперерабатывающий завод в Северной Америке

### ПРОБЛЕМА

На этом нефтеперерабатывающем заводе возникли проблемы с насосами, приводимыми в действие турбиной. Иногда во время работы подшипники насосов перегревались, что приводило к повреждению первичных и вторичных сальников. Причина проблемы заключалась в недостаточном уровне масла в резервуаре системы смазки, так как реле уровня или других средств контроля для оповещения оператора об опасном снижении уровня смазочного масла предусмотрено не было. Это привело к возникновению отрицательных факторов, влияющих на производительность этого нефтеперерабатывающего завода. Во-первых, возрос риск повреждения дорогостоящих турбинных насосов, во-вторых, возросла вероятность останова технологического процесса и простоя предприятия из-за их отказа. И, наконец, снизился уровень безопасности работы персонала из-за частых выходов на производственный участок для проверки уровня масла в резервуаре и нахождения рядом с потенциально опасным оборудованием.

### РЕШЕНИЕ

Данные проблемы были решены после установки вибрационного сигнализатора уровня Rosemount 2120 на резервуаре с маслом для смазки. При падении уровня масла ниже уровня вибрационной вилки, выходное состояние сигнализатора изменяется, оповещая оператора о том, что резервуар нуждается в пополнении. Применение Rosemount 2120 позволяет автоматизировать не только процесс мониторинга опустошения резервуара, но и его наполнения, так как сигнализатор может управлять работой насосов, включая и выключая их в нужный момент. Сигнализатор имеет встроенные функции самодиагностики: состояние электроники и вилки непрерывно отслеживается, а тактовый светодиод, находящийся в верхней части устройства, обеспечивает оператора информацией о состоянии работы и исправно-



*Обеспечение точного и надежного контроля уровня масла в резервуаре системы смазки значительно снизило вероятность аварийных остановов с возможной заменой дорогостоящих турбинных насосов.*



*Вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120*

### НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

сти прибора. Тем самым устраняется необходимость извлечения сигнализатора из резервуара для проведения диагностики. Возможность выбора времени задержки переключения позволяет исключить возможность ложных срабатываний сигнализатора, вызванных разбрызгиванием масла в резервуаре при наливе. Вилка имеет особую конструкцию, обеспечивающую стекание продукта, и устраняющее риск образования перемычек при применении сигнализатора в вязких средах.

Применение Rosemount 2120 для контроля уровня смазочного масла позволило значительно снизить риск повреждения дорогостоящих турбинных насосов и свести к минимуму возможность возникновения аварийным остановов с последующим ремонтом или заменой узлов и потерей времени. Кроме того, повысился уровень безопасности персонала за счет сокращения времени нахождения операторов в непосредственной близости от потенциально опасного оборудования.

#### РЕСУРСЫ

##### **Rosemount 2120**

<http://www.emersonprocess.com/rosemount/products/level/m2120.html>  
<http://www.metran.ru/products/siz/level/>



*Типичные турбинные насосы, оснащенные собственной системой смазки*



## 6.2 Документация – Технические заметки

В данный раздел включены технические заметки, изложенные в полном объеме. Ссылки на них могли приводиться в предыдущих разделах.

<b>Технические заметки:</b>	<b>Стр.</b>
Замена буйковых уровнемеров на волноводные радарные _____	88
Рекомендации по выбору и монтажу радарных уровнемеров в успокоительных колодцах и выносных камерах _____	93
Измерение уровня аммиака радарными уровнемерами _____	100
Применения волноводных радаров в процессах с насыщенным паром и высоким давлением _____	102
Рекомендации по непосредственному монтажу выносных разделительных мембран _____	108
Рекомендации по выбору решения для вакуумных процессов _____	111

# Замена буйковых уровнемеров на волноводные радарные уровнемеры Rosemount

## КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ

- Волноводные радарные уровнемеры превосходно работают в условиях вибрации, турбулентности и постоянных изменений плотности среды
- Жесткий одинарный зонд является предпочтительным типом зонда для использования в камерах
- Длина зонда должна соответствовать высоте камеры буйкового уровнемера
- Тип и форма монтажных фланцев могут отличаться в зависимости от производителя буйкового уровнемера

## ВВЕДЕНИЕ

### Сравнение волноводных радарных уровнемеров Rosemount с буйковыми уровнемерами

Буйковые уровнемеры используются для измерения уровня, уровня границы раздела двух сред и плотности. В каждом из этих случаев принцип измерения основывается на плавучести буйка в жидкости. Таким образом, плотность жидкости – это ключевой фактор, от которого зависит размер буйка и стабильность показаний уровнемера. Любое отклонение от начального значения плотности среды (по которой подбирался боек) может влиять на погрешность измерений.

Буйковые уровнемеры подвержены воздействию вибрации и турбулентности, а также имеют подвижные части, требующие периодического обслуживания или замены, которые могут изнашиваться в процессе работы, деформироваться, загрязняться, что может привести к неверным показаниям переменных процесса. Затраты на техническое обслуживание таких уровнемеров могут быть достаточно высоки.

Волноводные радарные уровнемеры (в западной аббревиатуре Guided Wave Radar или GWR) не имеют подвижных частей и уже вследствие этого могут снизить затраты на их обслуживание. Прямой метод измерений, обеспечиваемый данным типом приборов, значительно уменьшает погрешность, увеличивает стабильность и безопасность проводимых измерений. Волноводные радарные уровнемеры не подвержены влиянию изменений плотности, механических вибраций или сильной турбулентности. Для их монтажа могут использоваться уже имеющиеся камеры. Таким образом, процесс замены может быть значительно упрощен. Для правильного монтажа на резервуаре или камере и корректной последующей работы уровнемер должен быть поставлен с фланцем подходящего/соответствующего типа и размера. В настоящее время уровнемеры Rosemount серий 3300 и 5300 поставляются с различными типами присоединений по стандартам ГОСТ, DIN, ANSI или с фланцами и уплотнениями нестандартных размеров и форм.

## ШАГИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАМЕНЫ. ROSEMOUNT 3300 ИЛИ 5300?

1. *Определите, какой тип измерений необходим: уровень, граница раздела сред, плотность?* Если необходимо измерять уровень, замена буйков волноводными радарными выполняется достаточно просто, без особых требований и условий.

**ROSEMOUNT**

Дополнительная информация:  
www.rosemount.com, www.metran.ru



*Волноводные радарные уровнемеры: экономически выгодная альтернатива буйковым уровнемерам*

Рис. 1. Тип/форма камеры буйкового уровнемера.





## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

Для этого достаточно соблюсти лишь несколько простых рекомендаций, которые будут описаны ниже.

Для измерения уровня границы раздела сред волноводными радарными, верхняя среда должна иметь диэлектрическую проницаемость (ДП) ниже, чем у той жидкости, которая будет находиться внизу (для измерений уровня границы раздела смотрите рекомендации ниже).

Для случаев измерений уровня границы раздела с наличием толстого эмульсионного слоя, показания волноводного радарного уровнемера могут быть непредсказуемыми. Для таких применений мы предлагаем рассмотреть возможность использования буйковых уровнемеров Fisher от компании Emerson. Также волноводные радарные уровнемеры не предназначены для измерения плотности. Для процессов, где необходимо измерение плотности, мы предлагаем рассмотреть возможность использования датчиков гидростатического давления (ДГ или ДД) Rosemount серии 3051 или Метран серии 150.

- По рис. 1 определите тип/форму выносной камеры.
- Определите производителя, тип и размер ответных фланцев на выносной камере (ГОСТ, DIN, ANSI или нестандартный/патентованный). Внешний диаметр (ВнД) фланца камеры в верхней части может помочь определить стандарт, по которому он выполнен или производителя:
  - Fisher 249B и 259B: ВнД 229 мм
  - Fisher 249C: ВнД 148 мм
  - Fisher 249K: ВнД 254 мм
  - Fisher 249N: ВнД 254 мм
  - Masonelan: ВнД 190 мм
  - Все остальные: по спецификациям ANSI или DIN
- По рисунку 2 определите тип буйкового уровнемера: с торсионной трубкой или с подпружиненным буйком.
- Определите длину зонда. Длина зонда определяется расстоянием от опорной поверхности фланца до дна камеры (внутренняя полость камеры), как показано на рис. 2 и в таблице 1. Зонд должен быть практически равен длине камеры, но при этом не должен касаться ее дна. Между концом зонда и дном камеры должен оставаться небольшой зазор (от 12 до 25 мм).

ТАБЛИЦА 1. Выносные камеры разных производителей и рекомендуемые длины зондов

Производитель камеры	Длина зонда*
Fisher (249B, 249C, 2449K, 249N, 259B)	Длина буйка + 229 мм
Masonelan (уровнемеры с торсионной трубкой), фланец производителя	Длина буйка + 203 мм
Прочие с торсионной трубкой**	Длина буйка + 203 мм*
Magnetrol (с подпружиненным буйком)***	Длина буйка + от 195 мм до 383 мм
Прочие с подпружиненным буйком**	Длина буйка + 500 мм

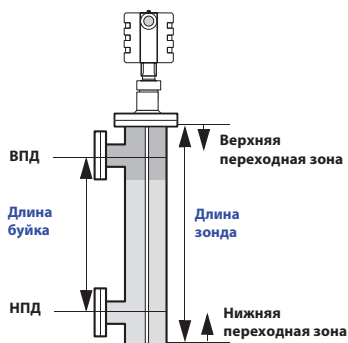
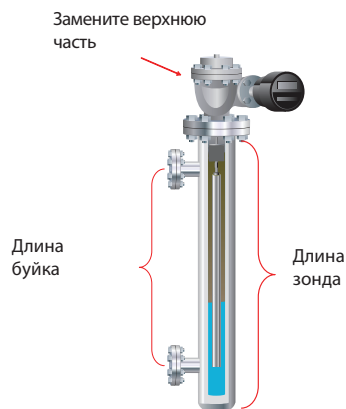
- \* Если используется промывочное кольцо, необходимо добавить 25 мм
- \*\* В случае с другими производителями могут быть небольшие отличия. Данное значение является приблизительным. Проверьте фактическую длину зонда.
- \*\*\* Длина зонда зависит от модели уровнемера, уточните параметры процесса (давление, температуру, плотность среды), на которые рассчитан уровнемер.

Рис. 2. Определение типа буйкового уровнемера.

Уровнемер с торсионной трубкой



Уровнемер с подпружиненным буйком



## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

**ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД**

**Уровнемеры Rosemount моделей 3301/5301 рекомендуются для измерения уровня при наличии “воздушной подушки” между фланцем и поверхностью верхней среды или уровня границы раздела сред при полном погружении зонда**

Многие буйковые уровнемеры, установленные на резервуаре, осуществляют измерение только уровня границы раздела сред. Если для такого типа измерений использовать волноводные радары Rosemount моделей 3301/5301, то верхняя часть зонда должна быть полностью погружена в верхнюю жидкость, и измеряться будет только уровень границы раздела двух жидкостей. К таким условиям работы применяются те же рекомендации, касающиеся диэлектрических свойств сред, что и при одновременном измерении уровня и уровня границы раздела двух сред.

**Рекомендации по измерению уровня границы раздела двух жидких сред**

- Жидкость с меньшей диэлектрической проницаемостью должна находиться сверху.
- Типичное применение (нефтепродукт/вода): жидкость с низкой диэлектрической постоянной (<3) находится сверху, жидкость с высокой диэлектрической постоянной (>20) – снизу.
- Разность значений диэлектрических постоянных двух жидкостей должна составлять не менее 6.
- Значение диэлектрической постоянной верхней жидкости должно быть известно (возможно определение на месте).
- Толщина слоя верхней жидкости не должна составлять менее 10 см для уровнемеров Rosemount серии 3300 (с жестким зондом) и не менее 13 см для уровнемеров Rosemount серии 5300 (для всех типов зондов, за исключением коаксиальных исполнения НТНР).
- Примеры значений диэлектрических постоянных: темные и светлые нефтепродукты (нефть, бензин) обычно от 1,8 до 4. Для воды и водных растворов кислот характерны высокие значения диэлектрической постоянной (>50).

**Примеры применений уровнемеров Rosemount разных моделей: 3301/5301 и 3302/5302**

- Волноводные радарные уровнемеры Rosemount моделей 3301 и 5301 могут использоваться как для измерения уровня, так и уровня границы раздела сред. Для измерения уровня границы раздела сред зонды уровнемеров должны быть полностью погружены в жидкость (см. рис. 3). Рекомендуется использовать промывочные кольца для устранения «воздушных подушек».
- Rosemount моделей 3302 или 5302 могут использоваться для одновременного измерения как уровня, так и уровня границы раздела сред. Эти модели рекомендуется использовать при наличии большой «воздушной подушки» в верхней части камеры.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТИПА ЗОНДА**

В большинстве случаев для установки в выносные камеры рекомендуются жесткие одностержневые зонды. Исключением являются измерения сжиженных газов под высоким давлением (более 40 атм. / 4 МПа), в таких случаях лучше использовать коаксиальные зонды. Одинарные зонды являются предпочтительным выбором для грязных и вязких жидкостей, так как в случае загрязнения, их очистка значительно легче, чем очистка

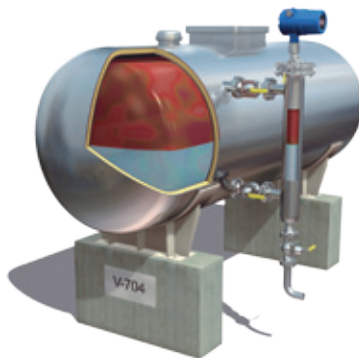


Рис. 3. Измерение уровня границы раздела сред с полностью погруженным зондом



Рис. 4. Типы зондов - одинарные зонды доступны в стандартном исполнении и исполнении высокая температура/высокое давление (НТНР/НР)



Рис. 5. Одинарный жесткий зонд с центровочным диском

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

других типов зондов. Поскольку стенки успокоительных труб или выносных камер способствуют усилению сигнала, одинарные зонды можно использовать как для измерений уровня жидкостей с малым значением диэлектрической постоянной, так и для измерений уровня границы раздела сред. При монтаже уровнемера в камере или успокоительной трубе рекомендуется использовать центровочный диск.

**Буйковые уровнемеры без камер**

Буйковый уровнемер может быть смонтирован непосредственно на резервуаре в успокоительном колодце (трубе). В подобных случаях длина буйка определяется необходимым диапазоном измерений. Для замены рекомендуется использовать жесткие зонды, но, если необходимо применение гибкого зонда, то его нужно установить по центру трубы, чтобы он не касался ее стенок. При использовании гибкого зонда минимальный рекомендуемый диаметр успокоительной трубы составляет 10 см.

**Соединения с промывкой и продувкой**

Достаточно часто при измерениях в выносных камерах требуется продувка их верхней части. Это предотвращает образование «воздушной подушки» при измерении уровня границы раздела с полностью погруженным зондом. Продувка необходима, если нужно имитировать изменения уровня для проверки выходного сигнала уровнемеров Rosemount серий 3300/5300 или для дренирования камеры. Для выполнения этих задач доступны следующие опции:

- Специальное промывочное кольцо для установки между фланцами уровнемера и байпасной камеры, для Rosemount серий 3300 или 5300 с фланцами ANSI или DIN.
- Фланцы со встроенной промывочной/продувочной системой, для зондов с резьбовым присоединением 1 1/2" NPT.

**Условия процесса (давление и температура)**

Стандартные исполнения зондов волноводных радаров Rosemount серий 3300 и 5300 подходят для применений при температурах до 150°C и давлении до 4 МПа. Для более высоких давлений и температур предусмотрены специальные исполнения зондов для высокого давления и высокой температуры (НТНР) или для высокого давления (НР). Дополнительная информация о диапазонах рабочих давлений и температур приведена на рис. 7.

Волноводные радарные уровнемеры Rosemount серии 5300 обладают высокой чувствительностью и рекомендуются практически для всех применений по измерению уровня сжиженных газов под давлением свыше 4 МПа. Исключение составляют измерения уровня границы раздела сред с полностью погруженным зондом.

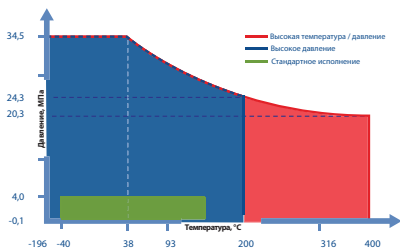


Рис. 6. Rosemount серий 3300/5300 с промывочным / продувочным соединением

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

**ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД**

Уровнемеры Rosemount моделей 3301/5301 рекомендуются для измерений уровня при наличии “воздушной подушки” между фланцем и поверхностью верхней среды или уровня границы раздела сред при полном погружении зонда. Многие буйковые уровнемеры, установленные на резервуаре,

**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 (0 мм)**

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.

**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.

**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. 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.

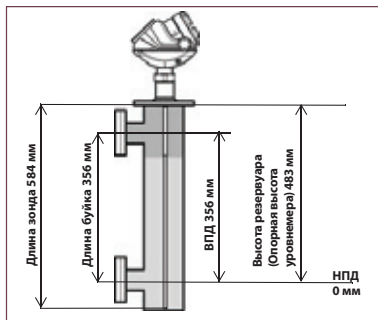


Рис. 8. Настройка диапазона измерений  
Вариант 1

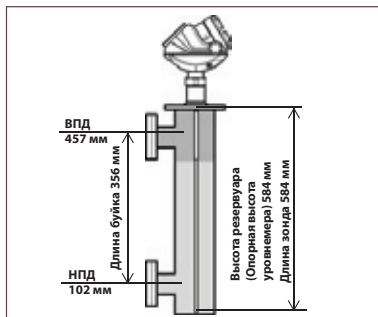


Рис. 9. Настройка диапазона измерений  
Вариант 2

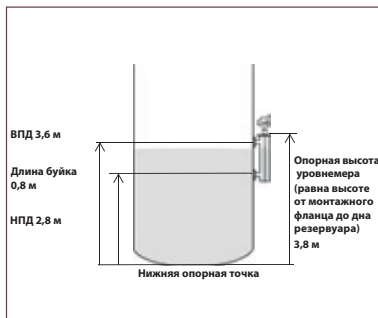


Рис. 10. Настройка диапазона измерений  
Вариант 3

## Техническая заметка

00840-0300-4024, Версия ВА

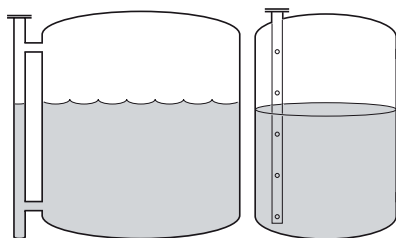
Май 2009

## Радарные уровнемеры Rosemount

# Рекомендации по выбору и монтажу радарных уровнемеров в успокоительных колодцах и выносных камерах

## ВВЕДЕНИЕ

В данном документе приводятся рекомендации по выбору и установке радарных уровнемеров Rosemount в успокоительных колодцах и выносных камерах. Успокоительные колодцы и выносные камеры используются в различных технологических процессах с резервуарами и аппаратами различных типов. Оба способа монтажа будут далее обобщенно называться монтажом в трубах. Смонтированные в трубах радары работают иначе, чем при обычном монтаже на резервуаре. Данное руководство предназначено для помощи в выборе и монтаже радарного уровнемера для обеспечения оптимальных рабочих характеристик.



Примеры монтажа выносной камеры (слева) и успокоительного колодца (справа).

## ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ВЫНОСНЫХ КАМЕР И УСПОКОИТЕЛЬНЫХ КОЛОДЦЕВ

Трубы устанавливаются в резервуарах по различным причинам, но в первую очередь, для обеспечения лучших условий применения уровнемеров. Применение успокоительных труб имеет следующие преимущества:

### Трубы обеспечивают более спокойную, чистую поверхность измеряемой среды

Труба может повысить надежность и устойчивость измерений уровня, особенно при использовании бесконтактных радаров.

Следует отметить, что коаксиальный зонд волноводного радара (GWR) по существу представляет собой зонд внутри узкого успокоительного колодца. Этот факт следует учитывать как альтернативу успокоительным колодцам при измерении уровня чистых жидкостей.

### Трубы устраняют воздействие возмущений и помех внутри резервуара

Трубы полностью изолируют уровнемер от возмущений и помех, возникающих, в частности, от других труб, перемешивания, потоков жидкости, пены и прочего. Трубы можно располагать в любом удобном для доступа месте резервуара. В волноводных радарах микроволновые сигналы распространяются по зонду, что обеспечивает устойчивость сигналов к воздействию мешающих объектов.

### Трубы упрощают доступ к желаемым зонам резервуара

Выносные камеры могут быть расположены на небольшом участке резервуара или колонны и обеспечивают простой доступ к уровнемеру. Это может иметь особое значение для измерения уровня границы раздела сред вблизи дна высокого резервуара или при измерениях в ректификационной колонне.

### Трубы изолируют уровнемеры от воздействия процесса

Выносные камеры часто оснащаются клапанами для обеспечения калибровки средств измерений или их демонтажа для технического обслуживания.

В некоторых случаях применение выносных камер и успокоительных колодцев ограничено. Как правило, трубы следует использовать для работы в чистых жидкостях, которые в меньшей степени склонны к образованию отложений и не являются вязкими или клейкими. В дополнение к затратам на приобретение и установку камеры/колодца, существуют критерии определения размеров и выбора типа радарных уровнемеров, которые следует учитывать. Эти критерии рассматриваются в данном документе.

## Радарные уровнемеры Rosemount

### КАКОЙ РАДАР ПРИМЕНИТЬ: ВОЛНОВОДНЫЙ ИЛИ БЕСКОНТАКТНЫЙ?

Несмотря на то, что бесконтактные радары обеспечивают надежные измерения при установке в трубе, контактные, или волноводные, радары иногда являются более простым решением, так как для обеспечения оптимальных результатов бесконтактный радар должен соответствовать определенным монтажным требованиям. Требования к монтажу волноводных радаров не столь высоки, при этом их технические характеристики лучше, чем у бесконтактных. Точность и чувствительность измерений волноводными радарными не зависят от конструкции трубы.

Волноводные радары является предпочтительным методом измерений при наличии небольшого диапазона измерений, в котором можно использовать жесткие зонды, и пригодны для замены буйковых уровнемеров, устанавливаемых в камерах, длина которых редко превышает 3 м (дополнительная информация приведена в соответствующей технической заметке на стр. 88). Зонды изготавливаются из различных материалов, стойких к воздействию агрессивных жидкостей.

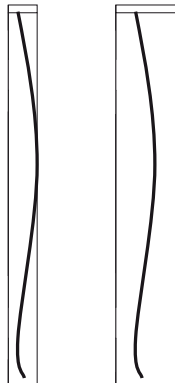
При наличии более высоких камер или в случае ограниченного пространства для монтажа жестких зондов, установка бесконтактного радарного уровнемера может являться более выгодной. Бесконтактные радары также более предпочтительны для работы с клейкими или вязкими жидкостями, склонными к интенсивному образованию отложений и налипаний.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНТАЖУ ВОЛНОВОДНЫХ РАДАРОВ

#### Выбор типа зонда для монтажа в трубе: жесткий или гибкий?

При монтаже в трубах в большинстве случаев более целесообразным является использование жестких зондов. При использовании металлических труб небольшого диаметра жесткие зонды обеспечивают более мощный отраженный сигнал, чем при установке на резервуар, благодаря чему они подходят для измерения уровня и уровня границы раздела жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью. В трубах большей длины возможно использование гибких зондов, но в этом случае необходимо обеспечить вертикальность расположения зонда и устранить возможность его касания стенок трубы.

При использовании гибких зондов диаметр трубы должен составлять не менее 100 мм (4 дюймов), для того чтобы оставить пространство для некоторого изгиба зонда. Кроме того, при движении жидкости по трубе возможно прижатие зонда к стенке трубы, что обуславливает ошибки измерений уровня из-за возникновения ложных отражений. Жесткие зонды менее подвержены подобного рода воздействиям. Обобщенно, гибким зондам требуется больше свободного пространства, так как в очень узких трубах свободного пространства для перемещения или изгиба зонда часто бывает недостаточно.



*В узких трубах свободного пространства для перемещения или изгиба зонда недостаточно*



*Центровочный диск обеспечивает необходимое расстояние от зонда до стенок камеры, и рекомендуется для использования с одинарными жесткими зондами. Возможность применения дисков с длинными гибкими зондами более ограничено.*

### Техническая заметка

00840-0300-4024, Версия ВА

Май 2009

## Радарные уровнемеры Rosemount

### Требования к трубам

Зонды для волноводных радаров Rosemount изготавливаются из различных материалов и имеют различные исполнения. В таблице 1 приведены исполнения зондов и возможности применения каждого из них с учетом размера и длины трубы. Волноводные радары могут монтироваться в трубах, изготовленных из металла, пластика и других неметаллических материалов. Все типы труб обеспечивают защиту от воздействий технологического процесса, при этом металлические трубы способствуют повышению мощности сигнала и экранируют зонд от электромагнитных помех. При необходимости использовать неметаллическую трубу в условиях электромагнитных помех следует использовать уровнемеры Rosemount серии 5300.

Таблица 1. Типы зондов и особенности монтажа

Тип зонда	Максимальная рекомендуемая длина трубы	Центровочный диск	Рекомендуемый диаметр трубы	Минимальная диэлектрическая постоянная <sup>(1)</sup>		Нерж. сталь	С покрытием PTFE	Сплав С-276	Сплав 400
				3300	5300				
Одиночный жесткий <sup>(2)</sup>	3 м	Да	8 см (3 дюйма)	1.7	1.25	Да	Да	Да	Да
Одиночный гибкий	10 м	Да	15 см (6 дюймов)	2.0	1.4	Да	Да	Нет	Нет
Двойной жесткий	3 м	Нет	8 см (3 дюйма)	1.9	1.4	Да	Нет	Нет	Нет
Двойной гибкий	10 м	Да	15 см (6 дюймов)	1.6	1.4	Да	Нет	Нет	Нет
Коаксиальный <sup>(3)</sup>	6 м	Нет	>3,7 см (1.5 дюйма)	1.4 (Стнд) 2.0 (НТНР)	1.2 (Стнд) 1.4 (НР), 2.0 (НТНР)	Да	Нет	Да	Да

(1) При монтаже в металлической трубе

(2) Одиночные и коаксиальные зонды изготавливаются из нерж. стали или сплава С-276 и поставляются с технологическими уплотнениями для работы в условиях высоких давлений и температур.

(3) Коаксиальные зонды не рекомендуются для использования в режиме полного погружения зонда

**Таблица 2. Серия 3300: зависимость величины переходных зон от типа зонда при установке в металлических трубах**

Тип зонда	Верхняя переходная зона		Нижняя переходная зона	
	Высокая диэлектрическая проницаемость	Низкая диэлектрическая проницаемость	Высокая диэлектрическая проницаемость	Низкая диэлектрическая проницаемость
Одиночный жесткий <sup>(1)</sup>	10 см	10 см	5 см	10 см
Одиночный гибкий <sup>(1)</sup>	15 см	20 см	19 см <sup>(2)</sup>	26 см <sup>(2)</sup>
Двойной жесткий	10 см	10 см	5 см	7 см
Двойной гибкий	15 см	20 см	14 см <sup>(2)</sup>	24 см (2)
Коаксиальный <sup>(3)</sup>	10 см	10 см	3 см	5 см

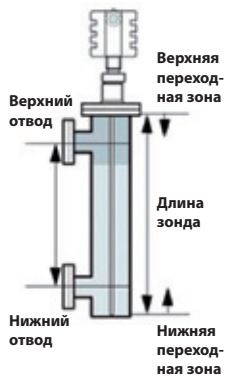
**Таблица 3. Серия 5300: зависимость величины переходных зон от типа зонда при установке в металлических трубах**

Тип зонда	Верхняя переходная зона		Нижняя переходная зона	
	Высокая диэлектрическая проницаемость	Низкая диэлектрическая проницаемость	Высокая диэлектрическая проницаемость	Низкая диэлектрическая проницаемость
Одиночный жесткий <sup>(1)</sup>	11 см	16 см	5 см	7 см
Одиночный гибкий <sup>(1)</sup>	11 см	18 см	14 см <sup>(2)</sup>	19 см <sup>(2)</sup>
Двойной жесткий	11 см	14 см	3 см	10 см
Двойной гибкий	12 см	15 см	5 см <sup>(2)</sup>	14 см (2)
Коаксиальный <sup>(3)</sup>	11 см	11 см	10 см	14 см (5,5")

(1) Одиночные зонды являются оптимальным решением

(2) Включая длину груза

(3) Коаксиальные зонды рекомендуются использовать только для измерения уровня чистых или имеющих низкую диэлектрическую проницаемость жидкостей



При выборе размера зонда для измерений в выносной камере, важно предусмотреть увеличение размеров верхней и нижней переходных зон. В этих областях измерения обладают повышенной погрешностью.

## Радарные уровнемеры Rosemount

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНТАЖУ БЕСКОНТАКТНЫХ РАДАРОВ

#### Монтаж бесконтактных радаров в успокоительных колодцах и выносных камерах

При установке радарных уровнемеров в металлических трубах микроволновый сигнал распространяется и удерживается в пределах трубы. Данное ограничение распространения способствует повышению мощности сигнала от поверхности измеряемой среды, что является преимуществом при измерениях сред с турбулентной поверхностью и/или низкой диэлектрической проницаемостью. Бесконтактные радары целесообразно использовать при измерениях на больших диапазонах, когда применение волноводных радаров затруднено.

#### Влияние рабочей частоты на качество измерений

При работе радара внутри трубы генерируется несколько видов (т. н. мод, типов колебаний) микроволнового излучения, и каждая мода имеет собственную скорость распространения. Количество генерируемых микроволновых мод зависит от рабочей частоты радарного сигнала и диаметра трубы. Чтобы свести к минимуму количество мод микроволнового излучения, компания Emerson Process Management рекомендует использовать трубы диаметром 50 или 75 мм (2 или 3 дюйма). Радарные уровнемеры с высокой рабочей частотой следует монтировать в трубах меньшего диаметра, а радары с низкой рабочей частотой, напротив, следует использовать в трубах большего диаметра или при наличии производственных установок с высокой рабочей частотой. Бесконтактные радарные уровнемеры не следует монтировать в трубах диаметром более 200 мм (8 дюймов).

Низкочастотные радары являются более подходящим выбором для измерений в условиях загрязнения труб, тяжелых паров и конденсации, чем высокочастотные. Характеристики высокочастотных радаров несколько лучше, но их следует использовать для измерений уровня чистых жидкостей, а также при наличии труб, которые не полностью удовлетворяют всем механическим и монтажным требованиям.

Низкочастотные радары модели 5401 не рекомендуется использовать для измерений уровня в камерах, так как более широкий угол излучения повышает их восприимчивость к возмущениям, создаваемых отводными трубами, в результате чего снижается точность измерений.

#### Выбор подходящей антенны

Уровнемеры серий 5400 и 5600 оснащаются различными типами антенн, среди которых стержневые антенны, конические антенны и антенны с уплотнением. Для измерения уровня в трубах подходят только конические антенны, которые изготавливаются из нержавеющей стали, сплава С-276 и сплава 400.

Размеры антенны должны как можно точнее соответство-

вать диаметру трубы. Номинальный ряд размеров антенн совпадает с диаметром труб сортамента 80 и менее.

В идеальном случае максимальный зазор между антенной и трубой должен быть минимальным, см. размер «А» на рис. 1 ниже. Для уровнемеров серии 5600 нормальная величина зазора составляет не более 10 мм, для уровнемеров серии 5400 – не более 5 мм. Зазоры большей величины могут привести к возникновению ошибок измерений.

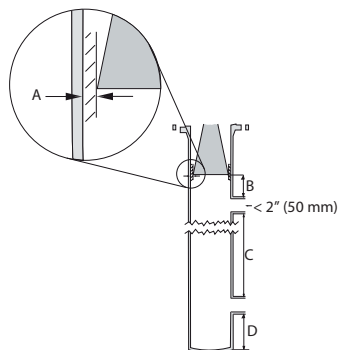


Рис 1. Монтажные размеры при установке в трубе

Таблица 3. Серия 5300: зависимость величины переходных зон от типа зонда при установке в металлических трубах

	5401	5402	5600
A: Максимальный зазор между антенной и трубой <sup>(1)</sup>	5 мм	5 мм	10 мм <sup>(2)</sup>
B: Минимальное расстояние между антенной и верхним отводом	НР <sup>(3)</sup>	50 мм	100 мм
C: Минимальное расстояние между отводами	НР	500 мм	500 мм
D: Минимальное расстояние между нижним отводом и дном трубы	НР	150 мм	150 мм
Минимальная диэлектрическая постоянная	1.6	1.6	1.4
Соответствие размеру трубы			
Труба 2 дюйма (Du=50)	НП <sup>(3)</sup>	Да <sup>(4)</sup>	НП
Труба 3 дюйма (Du=80)	Да	Да	Да
Труба 4 дюйма (Du=100)	Да	Да	Да
Труба 6 дюймов (Du=150)	Да	НР	Да
Труба 8 дюймов (Du=200)	Да	НР	НР
Может использоваться с полнопроходным (клапаном) вентилем	Да	Да	Да

(1) В сложных условиях (загрязнение труб, пар, отражения от впускных патрубков/отводов, сварных швов или клапанов/вентилей) точность и диапазон измерений повышаются при более точной подгонке диаметров трубы и антенны.

(2) В выносных камерах зазор должен быть минимальным.

(3) НР = Не Рекомендуется и НП = Не Применяется

(4) Соответствует сортаменту труб 40 или менее

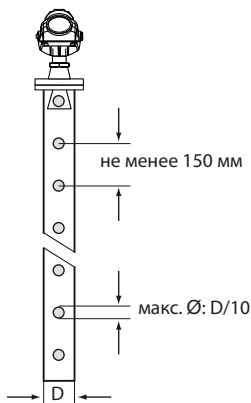


### Техническая заметка

00840-0300-4024, Версия ВА

Май 2009

#### Требования к успокоительным колодцам



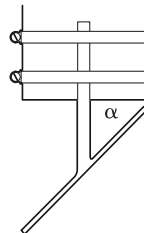
Трубы должны быть цельнометаллическими. неметаллические трубы или секции труб в случае использования бесконтактных радарных уровнемеров использовать не рекомендуется. Пластмассы, плексиглас или другие неметаллические материалы не экранируют радар от внешних помех, обеспечивая при этом минимальные преимущества (или вообще не дают преимуществ). Остальные требования следующие:

- Внутренний диаметр трубы должен быть постоянным
- Внутренняя поверхность трубы должна быть гладкой (допускаются соединения без выступов, но точность измерений при этом может снизиться)
- Следы отложений и ржавчины, зазоры и щели должны быть устранены
- Над поверхностью продукта должно быть одно отверстие
- Минимальный диаметр отверстий составляет 6 мм
- Диаметр отверстия ( $\varnothing$ ) не должен превышать 10% от диаметра трубы (D)
- Минимальное расстояние между отверстиями составляет 150 мм <sup>(1)</sup>
- Отверстия следует просверлить вдоль одной из сторон трубы и удалить заусенцы
- Шаровой клапан или полнопроходные клапаны/вентили другого типа должны быть полностью открыты

Несоблюдение этих требований может привести к снижению надежности и точности измерений уровня. В резервуарах с плоским дном (уклон  $<20^\circ$ ) при необходимости измерения уровня жидкости с низкой

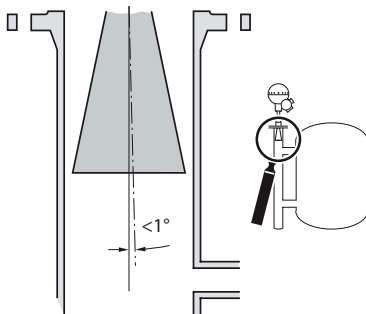
### Радарные уровнемеры Rosemount

диэлектрической проницаемостью вблизи дна резервуара следует использовать отражающую пластину. Она подавляет ложные отражения от дна и позволяет измерять уровень непосредственно вблизи дна резервуара. Эта мера не требуется для резервуаров, имеющих дно сферической или конической формы с уклоном более  $20^\circ$ .



#### Требования к выносной камере

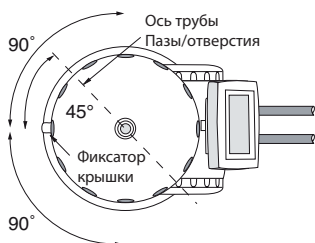
Требования для успокоительных колодцев относятся также и к выносным камерам, с некоторыми дополнениями. Отводные трубы не должны выступать в измерительную трубу и их края должны быть как можно более гладкими. Кроме того, расстояния между краем антенны, стенками камеры и отводными трубами должны соответствовать указанным в таблице 4. Если требования к отводным трубам трудновыполнимы, то в качестве альтернативного решения внутри выносной камеры можно установить трубу меньшего диаметра, или рассмотреть применение волноводного радара.



При монтаже уровнемера в трубе отклонение от вертикали должно находиться в пределах  $1^\circ$ . Даже небольшие отклонения могут привести к значительным ошибкам измерений. Коническая антенна должны быть смонтирована по центру трубы таким образом, чтобы обеспечить равномерную ширину зазора вокруг антенны.

(1) Расположение отверстий на минимальном расстоянии не всегда является оптимальным решением. Проконсультируйтесь с заводом-изготовителем или обратитесь к документации на уровнемер.

## Радарные уровнемеры Rosemount



### Монтаж бесконтактных радаров в успокоительных колодцах и выносных камерах

Блок электроники уровнемеров серии 5600 должен быть ориентирован таким образом, чтобы фиксатор крышки находился под углом 45° относительно источников помех, в частности, отводных труб или отверстий успокоительного колодца. Полезно также предусмотреть монтаж с возможностью поворота уровнемера на  $\pm 90^\circ$  от точки монтажа для выбора альтернативной ориентации. Данная мера не применяется для уровнемеров серии 5400, благодаря наличию круговой поляризации.

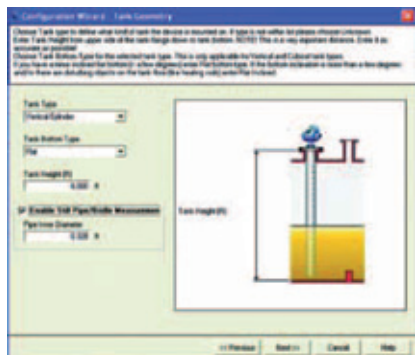
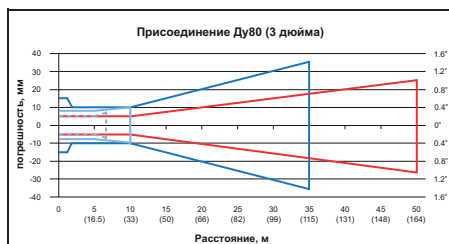
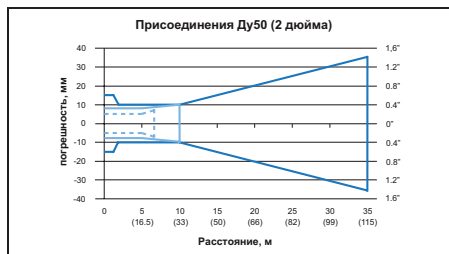
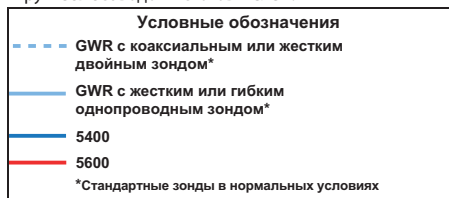
### Настройка уровнемера

В программном обеспечении уровнемера предусмотрен специальный режим для измерений в трубе, который активируется путем ввода внутреннего диаметра трубы. Эту операцию можно выполнить при помощи стандартного ПО Rosemount Radar Master, коммуникаторов 375/475, ПО AMS™ или любой другой хост-системы, поддерживающей описатели устройств (DD). После включения этого режима настройки уровнемера будут оптимизированы для измерений в трубе. Например, динамическая кривая амплитудного порога будет адаптирована для работы в трубах и изменения скорости распространения радарных сигналов в трубе будут скомпенсированы. Данная компенсация имеет особенно большое значение для уровнемеров с

высокой рабочей частотой, в связи с чем ввод точного значения диаметра трубы является важным моментом, которым нельзя пренебрегать.

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ

На рисунках ниже представлены ожидаемые эксплуатационные показатели различных радарных уровнемеров, установленных в трубе с применением рекомендаций, приведенных в данном документе. Значения основаны на предположении, что все сформулированные выше требования по монтажу были выполнены, и труба изготовлена в соответствии с вышеизложенными рекомендациями. Максимальный диапазон измерений не зависит от диэлектрической проницаемости продукта. Однако для уровнемеров серии 5600 значение диэлектрической постоянной должно быть более 1,4, и более 1,6 для серии 5400. Для волноводных радаров минимальная диэлектрическая постоянная и максимальный диапазон измерений зависят от типа зонда (см. таблицу 1 на стр. 95). При необходимости работы с более низкими значениями диэлектрической постоянной проконсультируйтесь с заводом-изготовителем.



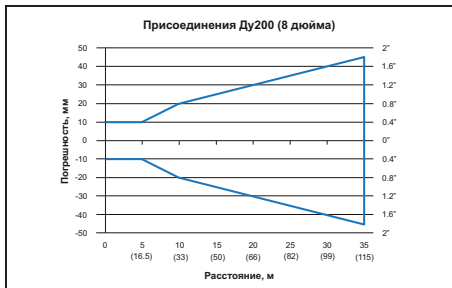
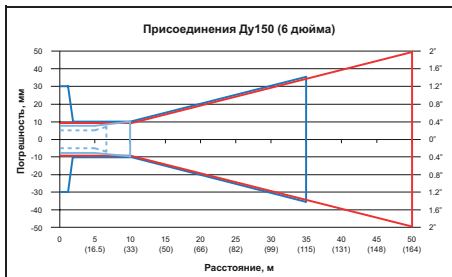
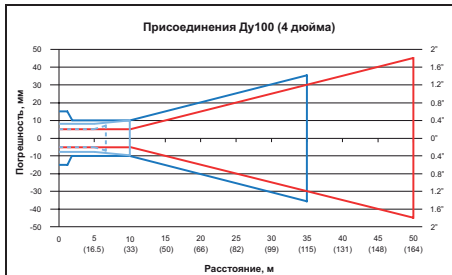
Мастер настройки уровнемера в ПО RRM

## Техническая заметка

00840-0300-4024, Версия ВА

Май 2009

## Радарные уровнемеры Rosemount



## Измерение уровня аммиака радарными уровнемерами

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

- Для измерения уровня водного аммиака пригодны радары любого типа
- Для измерения уровня обезвоженного аммиака рекомендуется использовать радарные уровнемеры Rosemount серий 5301, 3301 и 5601
- Диапазон измерений сокращается по мере увеличения давления в резервуаре

### ПРИМЕНЕНИЕ

Радарный метод измерения уровня с успехом используется для измерений уровня жидкого аммиака. Благодаря тому, что блоки электроники уровнемеров Rosemount можно обслуживать без разгерметизации резервуара и останова технологического процесса, радарные уровнемеры прекрасно подходят для применений, в которых работы, связанные с вскрытием резервуара, должны быть сведены к минимуму.

Для измерения уровня жидкого аммиака компания Emerson Process Management предлагает четыре различных решения, основанных на радарной технологии: волноводный радар Rosemount 5301, волноводный радар Rosemount 3301, бесконтактный радар Rosemount 5601, с рабочей частотой 10 ГГц, и бесконтактные радары Rosemount серии 5400, работающие на частотах 6 и 26 ГГц.

В данной технической заметке содержатся рекомендации по выбору радара Rosemount для обеспечения точных и надежных измерений жидкого аммиака при наилучшем соответствии условиям технологического процесса.

### Водный аммиак (NH<sub>4</sub>OH)

Для измерения уровня в резервуарах с жидким водным аммиаком (гидроксидом аммония или гидратом аммония) допускается использование как волноводных, так и бесконтактных радаров Rosemount.

В ряде случаев на данных резервуарах установлены запорные клапаны. Применение волноводного радара с клапанами возможно только при его монтаже в выносную камеру. Устанавливаемый клапан должен быть полнопроходным, чтобы обеспечить гладкую поверхность внутри патрубка для корректной работы волноводного радара. Поэтому, для измерений в резервуарах с наличием клапанов/вентилей рекомендуется использовать бесконтактный радар Rosemount модели 5402, который, благодаря высокой рабочей частоте, обеспечивает улучшенные характеристики распространения радарного сигнала внутри патрубка.

В резервуарах с другими жидкими растворами солей аммиака, например, хлорида аммония, радарный метод измерения работает аналогично среде водного раствора аммиака.



*Низкая рабочая частота волноводного радарного уровнемера обеспечивает надежное измерение уровня жидкого (водного и обезвоженного) аммиака в условиях парообразования.*



1. Бесконтактные радары Rosemount серии 5400, с рабочими частотами 6 и 26 ГГц
2. Высокопроизводительный волноводный радар Rosemount 5301
3. Бесконтактный радар Rosemount 5601, с рабочей частотой 10 ГГц
4. Волноводный радар Rosemount 3301

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

**Обезвоженный аммиак (NH<sub>3</sub>)**

Жидкий обезвоженный аммиак является сложной средой для измерений, так как создает тяжелые пары, которые ослабляют радарные сигналы. По мере возрастания давления в резервуаре плотность паров так же возрастает, что влечет за собой дальнейшее ослабление сигнала. В таких условиях сигналы низкочастотных радаров ослабляются в меньшей степени, чем высокочастотных. Благодаря низкой рабочей частоте волноводных радаров, обеспечивается минимальное ослабление сигнала в условиях тяжелых испарений – таким образом, в резервуарах с высоким давлением волноводные радары работают лучше, чем бесконтактные.

В ходе эксплуатации кипение продукта может повлиять на мощность отраженных сигналов. Это влияние можно свести к минимуму, установив волноводный радар или бесконтактный радар 5601 в успокоительном колодце.

Для хранения обезвоженного аммиака существует два основных типа резервуаров:

1. Крупногабаритные охлаждаемые резервуары высотой от 10 до 23 м с температурой продукта около - 40°C и давлением до 0,2 МПа (2 бар).

В таких резервуарах могут использоваться радары 3301, 5301 или 5601 (см. график диапазонов измерений).

2. Резервуары меньшего размера высотой от 1 до 10 м, работающие под давлением до 1 МПа (10 бар). В данном случае волноводные радары имеют преимущества перед бесконтактными.

Радарные уровнемеры серии 5400 не рекомендуется применять для измерений уровня обезвоженного аммиака. При наличии патрубков с полнопроходными клапанами возможно использование радара модели 5601. Ввиду того, что клапаны неконтролируемым образом влияют на характеристики микроволнового излучения, необходимы предварительные испытания.

**Выбор зонда и антенны**

Радар модели 3301 рекомендуется оснащать коаксиальным зонд (длиной до 6 м), двойной гибкий зонд также может применяться.

Радары серии 5300 могут оснащаться зондами любого типа.

Радар 5601 рекомендуется монтировать в успокоительном колодце: труба диаметром 100 мм и 4-дюймовая коническая антенна являются оптимальным решением. Применения труб диаметром 200 мм следует избегать. Если уровнемер монтируется на патрубке, рекомендуется использовать антенну увеличенного размера (6 или 8 дюймов).

В резервуарах с водным аммиаком, оснащенных высокими патрубками, возможно использование радара модели 5402 с уплотнением PTFE – это способствует меньшему ослаблению сигнала в высоких резервуарах.

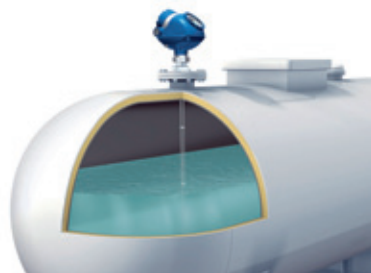
**Диапазон измерений**

Благодаря отсутствию паров при измерении уровня водного аммиака, диапазон измерений не ограничивается (за информацией о диапазоне измерений обращайтесь к техническому описанию на соответствующий уровнемер).

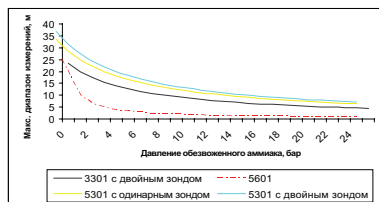
На графиках справа приведены зависимости диапазона измерений от давления процесса. При использовании успокоительного колодца для монтажа уровнемера Rosemount 5601 максимальный диапазон измерений может быть увеличен.

**Совместимость конструкционных материалов**

Вопросы химической стойкости материалов относятся исключительно к компетенции конечного заказчика. Совместимость может зависеть от концентрации вещества, температуры, а также агрегатного состояния - жидкого или газообразного. В случае применения стандартных радарных уровнемеров технологические уплотнения представляют собой сочетание PTFE и уплотнительных колец. Зонды волноводных радаров в исполнении для высоких давлений оснащены керамическим технологическим уплотнением без уплотнительных колец. Применение таких зондов следует рассмотреть в случае возникновения сомнений касательно химической стойкости материалов уплотнительных колец.



*Благодаря низкой рабочей частоте волноводный радар может с успехом использоваться для измерений уровня обезвоженного аммиака, что обеспечивает минимальное ослабление сигнала в условиях тяжелых испарений*



*Зависимость диапазона измерений (м) от давления (бар)*

## Техническая заметка

00840-0100-4530, Версия АВ

Апрель 2009

Rosemount серии 5300

## Применения волноводных радарных уровнемеров Rosemount в процессах с насыщенным паром и высоким давлением

### ВВЕДЕНИЕ

В данном документе описаны преимущества использования волноводных уровнемеров Rosemount серии 5300 с функцией динамической компенсации диэлектрической постоянной пара в процессах с высоким давлением и насыщенным паром. К таким применениям можно отнести барабаны котлов, нагреватели питательной воды и паровые сепараторы.

Волноводные радарные уровнемеры серии 5300 обеспечивают высокую надежность и достоверность измерений благодаря прямому методу измерений уровня независимо от плотности технологической среды. Отсутствие подвижных частей минимизирует затраты на обслуживание и делает использование данного типа приборов экономически выгодным. Теперь ко всем особенностям и преимуществам уровнемеров Rosemount серии 5300 добавилась функция динамической компенсации диэлектрической постоянной пара, для обеспечения ещё более высокой производительности и надежности измерений в процессах с образованием насыщенных паров.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Надежное измерение и контроль уровня в паровых котлах:

- Предотвращают выброс влажного пара из котла в турбину
- Повышают производительность теплообменника
- Обеспечивают непрерывное измерение уровня конденсата
- Обеспечивают контроль вакуума в конденсаторе
- Обеспечивают безопасную работу насосов

Барабаном парового котла называется резервуар, в котором происходит технологический процесс с образованием пара из воды и его насыщение. Значение уровня в барабане котла является критичным для обеспечения его безопасной работы, так как при слишком низком уровне воды в барабане возникает риск обжаривания кипятильных труб котла, что может стать причиной избыточных тепловых напряжений конструкционных материалов и их повреждения..

В свою очередь, при слишком высоком уровне может произойти выброс воды в паровой коллектор, что может привести к коррозии и повреждению паровой турбины. Точное измерение уровня позволяет контролировать уровень в котле в необходимых пределах.

В паросепараторах и нагревателях питательной воды под высоким давлением требуется аналогичный контроль уровня.

Во всех этих применениях, при увеличении давления и температуры, меняются наиболее важные свойства воды (плотность, диэлектрическая постоянная (ДП)), что в значительной степени влияет на погрешность измерений, независимо от применяемого метода измерения.

Далее вы узнаете, как использовать возможности уровнемера Rosemount серии 5300 для достижения наилучшего результата и обеспечения безопасности подобных технологических процессов.



### ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЛНОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕД ДРУГИМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

Когда температура и давление пара и жидкости достигают рабочих значений, их плотность изменяется. Любые устройства, принцип работы которых основан на «плавучести» механических элементов и значениях плотности, требуют введения компенсации изменений плотности для обеспечения стабильных измерений. Для того чтобы сделать данную компенсацию как можно более плавной (бесступенчатой), для систем управления были разработаны специальные алгоритмы обработки данных, которые, однако, требуют ввода значений рабочего давления и уровня измеряемой среды.

В случае использования волноводных радарных уровнемеров стабильность измерений при этом не зависит от значений плотности. Следовательно, никакой дополнительной погрешности при измерениях волноводными радарными уровнемерами не возникает, и нет необходимости в их подстройке или перекалибровке в процессе работы.

## Rosemount серии 5300

В процессах, которые мы рассматриваем, используется чистая вода и пар, при высоких давлениях и повышенных значениях pH на металлических поверхностях часто образуются окислы (магнетитовые отложения), что может приводить к заклиниванию подвижных частей механических устройств. Благодаря отсутствию подвижных частей, волноводные радарные уровнемеры обеспечивают такие дополнительные преимущества, как сокращение объема технического обслуживания и повышение надежности и безопасности.

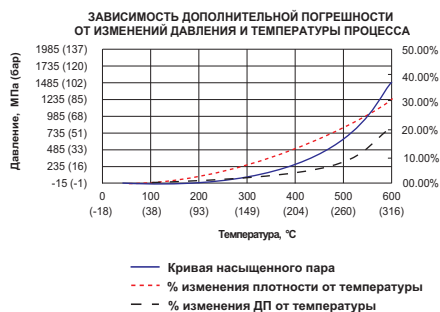


Рис. 2. График зависимости дополнительной погрешности измерений от изменения давления и температуры процесса

При изменении температуры и давления изменяются значения плотности и ДП воды и пара. Если не применять компенсацию этих параметров в процессе измерений, то может возникнуть значительная погрешность измерений.

### ИЗМЕНЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ

Принцип работы радарного уровнемера основывается на измерении времени распространения микроволнового импульса от излучателя уровнемера до поверхности измеряемой среды. При этом, для того чтобы обеспечить низкую погрешность измерений, важно, чтобы значение скорости распространения микроволнового импульса приравнялась к скорости распространения микроволновых импульсов в вакууме. Отметим, что на скорость распространения микроволновых импульсов в пространстве или среде, может в значительной степени влиять значение ДП самой среды, в которой распространяются импульсы. Изменения ДП паров практически всех жидкостей пренебрежимо мало, однако, вода и водяной пары являются исключением.

Водяной пар, находящийся под высоким давлением и при меняющейся температуре, имеет различные значения ДП. Поэтому нестабильность ДП пара может значительно влиять на результаты измерений, осуществляемых технологическими радарными уровнемерами. Такие сложные условия приводит к непостоянности скорости распространения микроволновых импульсов через «паровую подушку», и

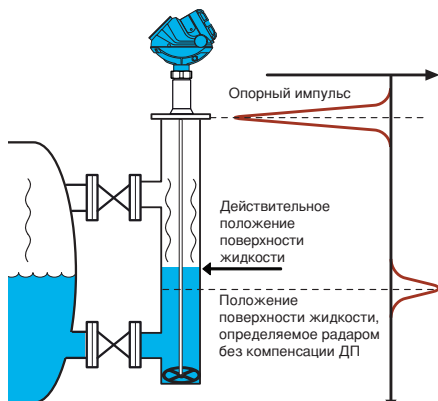


Рис. 3. Влияние насыщенного пара: уровень поверхности жидкости, определяемый уровнемером ниже действительного. В этом случае компенсация изменения ДП насыщенного пара не использовалась.

по этой причине уровень жидкости, измеряемый уровнемером, будет определяться ниже действительного. В некоторых случаях таким отклонением нельзя пренебречь, и оно должно быть учтено для обеспечения требуемой погрешности измерений. Примерами таких случаев служат процессы с высокими давлениями в сочетании с некоторыми газами.

Хотя при увеличении температуры диэлектрическая постоянная (ДП) воды снижается, уровень можно измерять до тех пор, пока значение ДП остается достаточно высоким, чтобы микроволновые импульсы отражались от поверхности жидкости. Однако, при увеличении температуры, разница значений ДП пара и воды уменьшается, и, в определенный момент, становится настолько мала, что радарные уровнемеры больше не могут определять сигнал от поверхности воды и обеспечивать надежных измерений.

Важно отметить так же то, что при давлении примерно в 14 МПа (140 бар)<sup>(1)</sup> волноводные радарные уровнемеры больше не могут применяться для измерения уровня, так как в процессах с очень высоким давлением четкая граница раздела между водой и паром отсутствует.

(1) Имеется в виду давление процесса, расчетное давление может быть выше.

## Техническая заметка

00840-0100-4530, Версия АВ

Апрель 2009

## Rosemount серии 5300

**ФУНКЦИЯ КОМПЕНСАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ ПАРА**

В высокопроизводительных волноводных радарных уровнемерах Rosemount серии 5300 имеется две функции компенсации влияния ДП пара: статическая и динамическая. По умолчанию значение ДП пара равно 1, что соответствует значению ДП вакуума.

Таблица 1. Погрешность измерения расстояния до поверхности жидкости при изменяющемся давлении и температуре, без использования компенсации влияния ДП пара.

Температура, °С	Давление, МПа (бар)	ДП жидкости	ДП пара	Погрешность, %
38	0.01 (0.1)	73.95	1.001	0.0
93	0.1 (1)	57.26	1.005	0.2
149	0.5 (5)	44.26	1.022	1.1
204	1.7 (17)	34.00	1.069	3.4
260	4.7 (47)	25.58	1.180	8.6
316	10.6 (106)	18.04	1.461	20.9
364	20.0 (200)	~13	2.5	58

Как видно из таблицы выше, при давлении в 1,7 МПа погрешность измерений составляет 3,4%, а при давлении в 10,6 МПа – 20,9%, если компенсация влияния ДП пара не используется. Погрешность измерений увеличивается при увеличении давления и в определенный момент данным отклонением нельзя пренебрегать, оно должно быть учтено для обеспечения высокой точности измерений.

**Стандартная функция: статическая компенсация**

При использовании статической функции компенсации, ДП пара вводится вручную в процессе настройки уровнемера. Это позволяет уровнемеру осуществлять компенсацию ДП пара при рабочих условиях эксплуатации.

Статическая компенсация используется при стабильных условиях процесса, в этом случае уровнемер оснащается стандартным зондом исполнения НТНР.

**Дополнительная функция: динамическая компенсация**

Динамическая компенсация ДП пара используется в процессах с более высоким давлением, где могут происходить изменения условий эксплуатации, а также, если пользователю необходимо проверять работу прибора без изменения значения ДП пара в условиях, приближенных к условиям окружающей среды, например, в случае длительного включения или выключения прибора без корректировки значения ДП пара. Функция динамической компенсации начинает корректировать измерения уровня при увеличении давления до 1 МПа и выше. Решение применять или не применять данную функцию зависит от требуемой точности измерений, однако, следует знать, что, при давлении в 4 МПа или более, компенсация ДП пара

оказывает существенное влияние на уменьшение погрешности измерений.

В таких условиях, при использовании динамической компенсации влияния ДП пара в изменяющихся условиях процесса, погрешность измерений снижается до 2%.

Для осуществления динамической компенсации используется зонд со специальным реперным отражателем, который позволяет осуществлять непрерывное измерение ДП пара. В электронику уровнемера заложены данные о длине реперного отражателя, положении конца отражателя относительно опорной поверхности и времени определения опорного импульса, при условии отсутствия пара (ДП парогазового пространства, равной 1). Однако, если в процессе работы в технологическом аппарате присутствует пар, то уровнемер будет определять импульс от конца отражателя ниже, по причине снижения скорости распространения микроволнового импульса в среде (с ДП, не равной 1). Величина смещения текущего импульса от конца реперного отражателя прямо пропорциональна величине изменения ДП пара. На основании величины смещения происходит вычисление текущего значения ДП в условиях процесса.

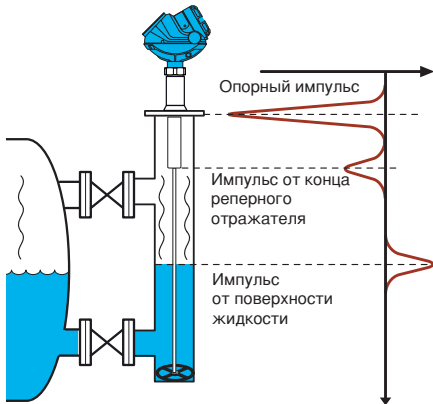


Рис. 4. Положение импульса от поверхности жидкости при использовании динамической компенсации ДП пара.

Постоянно рассчитываемая ДП используется для компенсации изменений ДП пара, что устраняет необходимость постоянного ввода корректной ДП в системе управления.

В случае, если расстояние между опорной поверхностью (фланцем уровнемера) и поверхностью жидкости составляет менее 440 мм для коротких зондов (<2000 мм) и 710 мм для длинных зондов (>2000 мм), функция динамической компенсации ДП пара переключается на статическую, при этом, при дальнейших измерениях используется последнее рассчитанное значение ДП пара.



## Rosemount серии 5300

**КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА**

Для использования функции динамической компенсации ДП пара уровнемеры Rosemount серии 5300 оснащаются одинарным жестким зондом специального исполнения. По сравнению с коаксиальными зондами, одинарные жесткие зонды имеют следующие преимущества: устойчивость к налипаниям и отложениям, что, в большинстве случаев, исключает необходимость в очистке.

Зонды исполнения для высоких температур и высоких давлений (НТНР/НР) предназначены для обеспечения надежных измерений при экстремальных условиях процесса в течение длительного времени, и защиты от протечек, которые могут быть вызваны сложными условиями процесса. Конструкция элементов уровнемера и материалы подобраны максимально тщательно, для того, чтобы избежать возникновения усталостных разрушений или отказов под влиянием динамически меняющихся температур и давлений процесса, тем самым, обеспечив безопасность эксплуатации уровнемеров в экстремальных условиях.

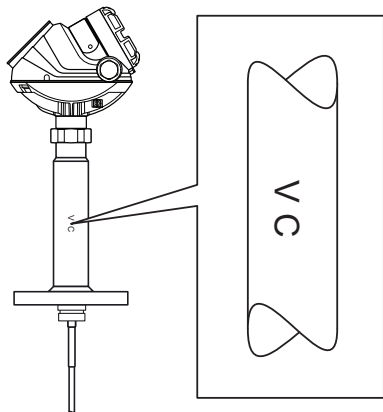


Рис. 4. Зонд с реперным отражателем со специальной отметкой «VCS».

**Конструкция зондов исполнения НТНР/НР имеет уникальный дизайн и обеспечивает несколько уровней защиты**

Паяное газонепроницаемое керамическое уплотнение изолированного от процесса и не подвергается тепловым ударам, поэтому его целостность не может быть нарушена под влиянием изменяющихся параметров процесса, а также внешних воздействий на зонд

Подвижная система амортизации и запирания компенсирует воздействие нагрузок при тепловом расширении, обеспечивая защиту керамических уплотнений

Керамические изоляторы и графитовые прокладки обеспечивают надежную защиту от механических, тепловых и химических воздействий



Рис. 5. Конструкция зондов исполнения НТНР/НР.

## Техническая заметка

00840-0100-4530, Версия АВ

Апрель 2009

## Rosemount серии 5300

**ТРЕБОВАНИЯ ПО МОНТАЖУ УРОВНЕМЕРА С ФУНКЦИЕЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ ДП ПАРА**

Волноводный уровнемер может быть установлен в выносной камере с внутренним диаметром Ду50, Ду75 или Ду100 и закреплен фланцами, соответствующими для использования с рабочими температурами и давлениями процесса. Камера должна быть изготовлена из материалов, соответствующих правилам котлонадзора ASME (American Society of Mechanical Engineers - Американское общество инженеров-механиков) и изолирована непосредственно от котла или нагревателей под высоким давлением при помощи клапанов. Для измерений уровня и обеспечения динамической компенсации уровнемер должен быть оснащен жестким одностержневым зондом исполнения НТНР или НР с реперным отражателем. Одностержневые зонды для данных типов применений обеспечивают надежные измерения даже при наличии сильных магнитных отложений. Зонды с функцией динамической компенсации ДП пара применяются для диапазонов измерений до 4 м. Для центровки зонда внутри камеры рекомендуется использовать центровочный диск. Для корректной работы функции динамической компенсации необходимо выдерживать некоторое минимальное расстояние от фланца уровнемера до поверхности. Если поверхность попадает в эту зону, уровнемер переключается на статическую компенсацию с использованием последнего измеренного значения диэлектрической постоянной пара. Минимальное расстояние от фланца (опорной поверхности) до верхнего отвода резервуара (обозначено на рис. 6 как X) для зондов длиной менее 2000 мм составляет 440 мм. Для зондов длиной более 2000 мм минимальное расстояние составляет 710 мм. Минимальный диапазон измерений при использовании функции компенсации ДП пара составляет 300 мм.

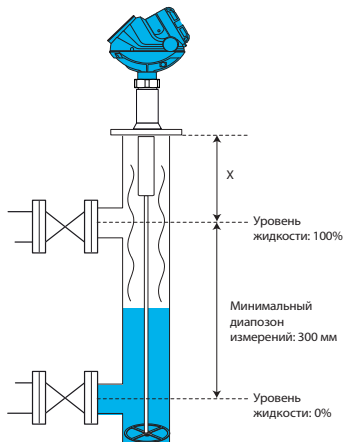


Рис. 6. Требования по монтажу

Таблица 2. Требования по монтажу

Длина зонда	Расстояние до отражателя	Минимальное расстояние X
< 2000 мм	230 мм	440 мм
> 2000 мм	500 мм	710 мм

При заказе уровнемера Rosemount серии 5300 в комплекте с выносной камерой Rosemount серии 9901, требования к монтажу будут автоматически соблюдены. Если для установки будет использоваться уже существующая выносная камера, которая не удовлетворяет требованиям монтажа, рекомендуется использовать «катушку», как показано на рис. 7. При монтаже с использованием «катушки», необходимо учесть следующие рекомендации: реперный отражатель и «катушка» должны иметь разные длины. При монтаже реперный отражатель должен располагаться выше или ниже места соединения «катушки» с байпасной трубой, как минимум на 50 мм.

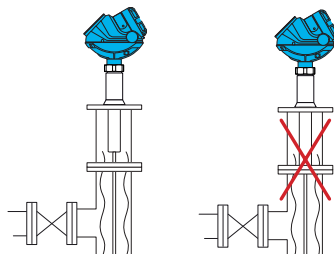


Рис. 7. Использование «катушки» для монтажа уровнемера в байпасной трубе

**При монтаже 5300 с использованием «катушки» важно удостовериться, что реперный отражатель расположен выше или ниже места соединения с байпасом.**

Если уровнемер заказан с функцией динамической компенсации ДП пара, эта функция активируется на заводе-изготовителе, и уровнемер поставляется со специальным зондом. Во время ввода в эксплуатацию уровнемер следует откалибровать по месту, в пустой камере. Мастер настройки ПО Rosemount Radar Master, имеет все необходимые инструменты для полного конфигурирования уровнемера для работы с динамической компенсацией ДП пара. Обратите внимание на то, что при активированной функции динамической компенсации ДП пара использование таких функций, как Проецирование конца зонда (Probe End Projection) и Диагностика качества эхо-сигнала (Signal Quality Metrics) невозможно.



## Рекомендации по непосредственному монтажу выносных разделительных мембран Rosemount 1199

### ВВЕДЕНИЕ

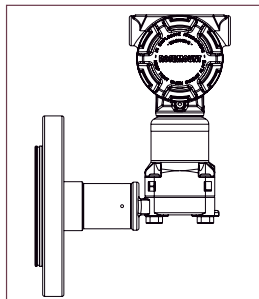
В данном документе приводятся рекомендации по непосредственному монтажу выносных разделительных мембран Rosemount 1199.

Непосредственный монтаж выносных разделительных мембран - это простой способ непосредственного подключения датчика давления к соединительным патрубкам резервуара. В этом разделе описываются конфигурации непосредственного монтажа, эксплуатационные ограничения непосредственного монтажа и рекомендации по установке.

### КОНФИГУРАЦИИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО МОНТАЖА

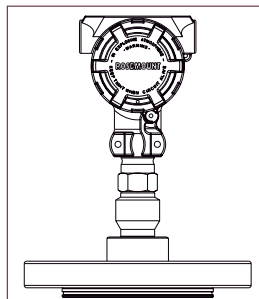
Конфигурации непосредственного монтажа можно заказать в виде датчика уровня (например, 3051S2L), или в сборе с выносными разделительными мембранами 1199. Непосредственный монтаж мембран 1199 возможен на фланцах Coplanar™ и с датчиками штуцерного исполнения и практически для всех типов выносных разделительных мембран.

Имеются три типоразмера удлинителей непосредственного монтажа для фланцев Coplanar и два типоразмера для штуцерных моделей с увеличенной длиной, используемых для изоляции датчика от высоких температур процесса. Ниже представлены различные конфигурации и соответствующие коды моделей.



Фланец Coplanar

Удлинитель непосредственного монтажа «X»	Фланец Coplanar		Цельносварной вакуумный	
	Сварной	Сварной	Сварной	Сварной
	1 уплотнение	2 уплотнения	1 уплотнение	2 уплотнения
0 мм	93	94	97	96
50 мм	B3	B4	B7	B6
100 мм	D3	D4	D7	D6



Штуцерное присоединение

Штуцерное присоединение	
Удлинитель непосредственного монтажа "X"	Код опции
25 мм	95
145 мм	D5

## Rosemount 1199

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО МОНТАЖА

Температура: разделительная выносная мембрана непосредственного монтажа защищает датчик от воздействия температуры технологического процесса и поддерживает температуру, заполняющей систему жидкости, в допустимых пределах. Диапазон температур окружающей среды определяется диапазоном допустимых температур для электроники датчика (обычно от -40° до 85°C), а пределы температуры процесса определяются конструкцией сенсорного модуля датчика (обычно от -40° до 121 °C для фланцев Sorlanag или штуцерных присоединений).

Выбор заполняющей жидкости определяется предельными значениями температуры процесса и температуры окружающей среды. В системах непосредственного монтажа заполняющая жидкость и присоединение нагреваются за счет теплопередачи от технологического процесса. В связи с этим заполняющая жидкость сохраняет рабочие характеристики даже при низких температурах окружающей среды. В качестве примера можно привести встроенный блок температурной компенсации, код опции D5, разработанный для применения в условиях высоких температур технологического процесса. Блок температурной компенсации защищает встроенный сенсорный модуль от воздействия высокой температуры процесса наряду с теплоизолирующей высокотемпературной заполняющей жидкости, чтобы сохранить ее работоспособность даже при самых низких температурах окружающей среды. В капиллярных разделительных системах тепло технологической среды рассеивается, и основной объем заполняющей жидкости подвергается воздействию температуры окружающей среды. При понижении температуры окружающей среды высокотемпературные жидкости, в частности, DC704 или DC705, становятся слишком вязкими и не могут обеспечить приемлемое время отклика.

В таблицах ниже выделены температурные пределы для различных заполняющих жидкостей разделительных мембран 1199 в конфигурациях непосредственного монтажа или капиллярных разделительных систем.

Продолжение таблицы

Пропилен гликоль и вода	-15°C	95°C		
Neobee M-20	-15°C	205°C	225°C	
Syltherm XLT	-75°C	145°C		

Температурные пределы заполняющих жидкостей разделительных выносных мембран для датчиков штуцерного исполнения

Заполняющая жидкость	Минимальная температура	Максимальная температура	
		25 мм	145 мм
DC200	-45°C	205°C	
DC704	-40°C		315°C
DC705	-40°C		350°C
Инертная (фреон)	-45°C	160°C	
Глицерин и вода	-15°C	95°C	
Пропилен гликоль и вода	-15°C	95°C	
Neobee M-20	-15°C	205°C	225°C
Syltherm XLT	-75°C	145°C	

Температурные пределы заполняющих жидкостей капиллярных разделительных систем

Заполняющая жидкость	Минимальная температура	Максимальная температура
DC200	-45°C	205°C
DC704	0°C	315°C
DC705	20°C	350°C
Инертная (фреон)	-45°C	160°C
Глицерин и вода	-15°C	95°C
Пропиленгликоль и вода	-15°C	95°C
Neobee M-20	-15°C	225°C
Syltherm XLT	-75°C	145°C

Давление: максимальные пределы рабочих давлений разделительных выносных мембран непосредственного монтажа зависят от технологического присоединения и/или ВГД сенсора, а минимальный предел - от предельного статического давления сенсора и конструкции выносной разделительной мембраны. Например, максимальный предел для выносной разделительной мембраны FFW с фланцем класса 150 ANSI из нержавеющей стали составляет 1,96 МПа (19,6 бар). Максимальный предел для фланца Sorlanag диапазона 4 составляет 2,07 МПа (20,7 бар). Максимальные пределы для данной разделительной мембраны должны быть ниже этих значений. Минимальные пределы давления зависят от конструкции сенсорного модуля и типа сенсора, как показано ниже.

Температурные пределы заполняющих жидкостей разделительных выносных мембран для датчиков с фланцем Sorlanag

Заполняющая жидкость	Непосредственный монтаж			
	Минимальная температура	Максимальная температура		
		LT / без удлинителя	Удлинитель 50 мм	Удлинитель 100 мм
DC200	-45°C	205°C		
DC704	-40°C		240°C	260 °C
DC705	-40°C		240°C	260 °C
Инертная (фреон)	-45°C	160°C		
Глицерин и вода	-15°C	95°C		

### Техническая заметка

00840-0700-4016, Версия AA

Февраль 2009

Rosemount 1199

Тип модуля	Тип сенсора	Нижний предел по давлению
Сoplanar	Дифференциальное	ЛГД или 3,45 кПа (34,5 мбар абс.)
	Избыточное	ЛГД или 3,45 кПа (34,5 мбар абс.)
	Абсолютное	0 кПа (0 бар)
Встроенный	Избыточное	-101 кПа (-1.01 бар)
	Абсолютное	0 кПа (0 бар)

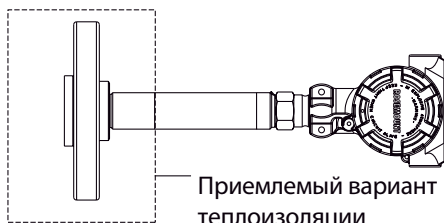
Конструкцию выносной разделительной мембраны необходимо также оценивать с точки зрения минимальных пределов по давлению для работы с вакуумом. В стандартной конструкции сварных разделительных мембран, устанавливаемых на фланцах Coplanar, используются кольцевые уплотнения из PTFE, поэтому ее можно использовать при низких значениях давления – до 41 кПа (0,41 бар). При значениях давления менее 41 кПа (0,41 бар) следует использовать цельносварную вакуумную конструкцию, так как в ее состав входят приварные изолирующие крышки, исключающие вероятность подсоса воздуха в разделительную мембрану в условиях вакуума.

Если минимальное давление процесса меньше нижнего предела сенсора давления, то датчик давления должен устанавливаться под нижним технологическим присоединением при помощи капилляра малой длины. При этом вертикальный столб заполняющей жидкости создает гидростатическое давление на модуль сенсора, удерживая давление жидкости в сенсоре в пределах эксплуатационных ограничений.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНТАЖУ

Установка выносных разделительных мембран непосредственного монтажа должна производиться очень тщательно для обеспечения работы с учетом эксплуатационных ограничений, указанных выше. В частности, применением и расположением теплоизоляции определяется способность выносной разделительной мембраны непосредственного монтажа работать в заданных для нее условиях.

Общая рекомендация состоит в том, что изолирующая обмотка должна накладываться только вокруг технологических соединений и мембраны, не затрагивая датчик/фланец непосредственного монтажа. Мембраны непосредственного монтажа предназначены для того, чтобы сбалансировать теплопередачу от выносной разделительной мембраны и технологического присоединения, поэтому, если нанести теплоизоляцию на все устройство в целом, это приведет к перегреву электроники датчика. На примере справа показан приемлемый вариант монтажа, когда теплоизоляция охватывает выносную мембрану и технологическую трубу, но не затрагивает удлинитель непосредственного монтажа.



Приемлемый вариант теплоизоляции дистанционной мембраны

## Рекомендации по выбору решений для вакуумных процессов

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

- Выберите высокотемпературную заполняющую жидкость (DC704)
- Выберите цельносварную вакуумную конструкцию для давлений ниже 40 кПа (300 мм рт. ст. абс.)
- Смонтируйте датчик у нижнего отвода или под ним (приблизительно на 1 м ниже)
- Используйте программное обеспечение Instrument Toolkit® для проверки правильности выбора разделительной выносной мембраны для Вашего применения



### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Если резервуар работает в условиях вакуума, необходимо правильно выбрать дистанционную разделительную систему датчика для обеспечения точности и надежности измерений уровня. Неправильный выбор приведет к дрейфу показаний или полному отказу системы. Дополнительные требования к выбору дистанционной разделительной системы датчика обусловлены сочетанием высокой температуры и вакуума в технологическом процессе.

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Существует три основных составляющих успешного выбора решений для вакуумных установок, относящихся к датчику давления и разделительной выносной мембране:

- Монтажное положение
- Выбор заполняющей жидкости
- Конструкция разделительной выносной мембране

### Монтажное положение

Монтаж датчика давления вблизи или под нижним отводом резервуара является важным фактором для обеспечения стабильности измерений в вакуумных установках. Предельное статическое давление для дифференциального датчика давления равно 3,3 кПа (25 мм рт. ст.), благодаря чему заполняющая жидкость сенсорного модуля датчика (обычно DC200) остается в пределах жидкофазной области графика упругости пара. Если предел статического давления в резервуаре менее 3,3 кПа, монтаж датчика под нижним отводом обеспечивает гидростатическое давление в модуле под весом столба содержащейся в капилляре заполняющей жидкости. При этом, как правило, датчик монтируется приблизительно на 1 м ниже отвода в днище резервуара. Значение гидростатического давления можно рассчитать путем умножения расстояния по вертикали между отводом в днище и датчиком на удельный вес заполняющей жидкости. И наконец, проверьте правильный выбор выносной разделительной мембраны при помощи программного обеспечения Instrument Toolkit, чтобы обеспечить ее работоспособность в реальных условиях эксплуатации.



## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

**Выбор заполняющей жидкости**

Когда в технологическом процессе создаются вакуумные условия, заполняющая жидкость будет испаряться при более низкой температуре, чем при нормальном или повышенном атмосферном давлении. Компания Emerson Process Management предлагает более 16 различных типов заполняющих жидкостей. Свойства каждой заполняющей жидкости характеризуются равновесной кривой упругости пара. Кривой упругости пара определяется соотношение давления и температуры при переходе жидкости в парообразное состояние.

Для нормальной эксплуатации выносной разделительной мембраны необходимо, чтобы заполняющая жидкость оставалась в жидком состоянии. Для работы на вакуумных установках выбирайте жидкости с наилучшим сочетанием параметров на кривой упругости пара и предельных значений температуры, например, DC704 или DC705.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА [ASTM E1782]**

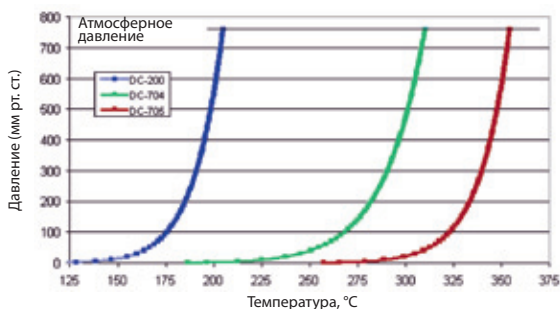


Таблица 1. Предельные значения температуры (1)

Заполняющая жидкость	Максимальная температура при минимальном давлении	Максимальная температура при атмосферном давлении
D.C.® 200 Silicone	125°C при 25 мм рт. ст.	45 ... 205°C
D.C. 704 Silicone(2)	См. кривую упругости пара	0 ... 315°C
D.C. 705 Silicone(2)	См. кривую упругости пара	20 ... 350°C

(1) Кривые упругости паров и сведения об эксплуатационных ограничениях для заполняющих жидкостей приводятся в технической заметке «Спецификации заполняющих жидкостей систем Rosemount 1199», документ 00840-2100-4016.

Заполняющая жидкость Максимальная температура при минимальном давлении  
Максимальная температура при атмосферном давлении

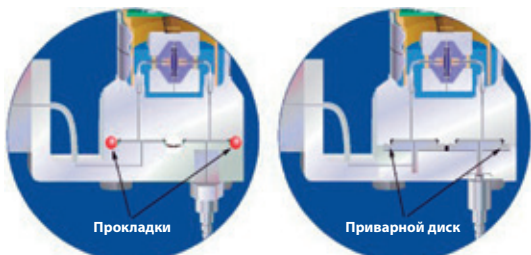
(2) Верхний температурный предел приводится для капиллярных разделительных систем, монтируемых отдельно от датчика.



## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

**Конструкция разделительной системы**

Компания Emerson предлагает выносные разделительные мембраны Rosemount 1199, в конструкции которых используется сварная и цельносварная вакуумная технологии. Для вакуумных установок рекомендуется использовать цельносварную вакуумную конструкцию. При использовании присоединений с резьбой или прокладками сохраняется возможность просачивания воздуха в капиллярную систему под воздействием разрежения, что вызывает дрейф показаний или полную неработоспособность. Отсутствие воздуха в системе устраняет необходимость в регулярной подстройке нуля, что повышает эффективность работы предприятия благодаря предотвращению незапланированных простоев, связанных с ремонтом или заменой прибора.



Сварная конструкция

Цельносварная конструкция

- Точки вероятного проникновения воздуха (вакуум ниже 41,37 кПа (0,4137 бар))

Цельносварная вакуумная конструкция разработана специально для работы при высоких температурах в условиях вакуума. В этой конструкции прокладки сенсорного модуля не используются, и диск приварен поверх изоляторов сенсора. Эта мера исключает вероятность просачивания воздуха в мембрану в условиях глубокого вакуума. Эту конструкцию настоятельно рекомендуется использовать при величине вакуумметрического давления ниже 41,37 кПа (310 мм рт. ст.).

Коды моделей выносных разделительных мембран различной конструкции приведены в листе технических данных «Выносные разделительные мембраны Rosemount 1199» (00813-01 00-4016, таблицы 4, 5 и 50). Компания Rosemount постоянно совершенствует технологию изготовления выносных разделительных мембран для высокотемпературных / вакуумных применений.

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАМЕТКА

#### **Подготовка заполняющей жидкости**

Заполняющие жидкости, используемые в выносных разделительных мембранах, первоначально были разработаны для применения в других областях и впоследствии были адаптированы для выносных разделительных мембран. Например, жидкость DC704 была разработана для применения в качестве теплопередающей среды в диффузионных насосах для камер высокого вакуума, широко распространенных в полупроводниковом производстве. Для применения в выносных разделительных мембранах компания Rosemount вводит дополнительные операции по очистке жидкости и удалению из нее остаточного захваченного воздуха или воды, чтобы обеспечить стабильность характеристик измерения в экстремальных вакуумных условиях процесса.

#### **Предварительная обработка компонентов мембраны**

Для обеспечения долговременной надежности предусмотрен ряд усовершенствований процесса производства с целью подготовки выносной разделительной мембраны к работе в условиях высоких температур и вакуума. До передачи конечному пользователю компоненты мембраны подвергаются предварительной обработке в условиях вакуума и высоких температур.

#### **Жесткие требования к технологии производства**

Оборудование и технологический процесс, используемые при изготовлении выносных разделительных мембран для высокотемпературных / вакуумных установок, постоянно совершенствуются, чтобы обеспечить соответствие качества продукции возрастающим требованиям потребителей. Жесткий контроль качества, в частности, проверка герметичности всех сварных швов гелием, обеспечивает надежность каждой разделительной мембраны. Технологическим процессом предусмотрен контроль наличия утечек и качества заполнения жидкостью каждой готовой разделительной мембраны.

#### **Заключение**

Правильный выбор сочетания конструкции разделительной мембраны, заполняющей жидкости и монтажного положения может обеспечить долговременную стабильность характеристик при выполнении измерений в условиях высоких температур и вакуума. При возникновении вопросов по эксплуатации обратитесь за консультацией в местное представительство компании Emerson Process Management.



## 6.2 Документация – Справочная информация

В данный раздел включены официальные справочные документы Emerson, изложенные в полном объеме. Ссылки на них могли приводиться в предыдущих разделах.

<b>Технические заметки:</b>	<b>Стр.</b>
Изменения диэлектрической проницаемости углеводородов _____	116
Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарами _____	119
Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами _____	125

# Изменения диэлектрической проницаемости углеводов

## ВВЕДЕНИЕ

В данном документе рассматриваются некоторые физические и теоретические данные о диэлектрической проницаемости, и, в частности, влияние изменений температуры на диэлектрическую постоянную измеряемой среды.

## Диэлектрическая проницаемость

Диэлектрическая проницаемость (ДП): показатель способности вещества к ослаблению электростатического взаимодействия заряженных тел, также как это происходит в конденсаторе. Это значит, что чем ниже этот показатель, тем сильнее ослабление. Значение ДП в вакууме равно 1.0, в то время как для металлов, которые являются проводниками, значение ДП равно бесконечности. Материалы с низкой диэлектрической проницаемостью являются хорошими изоляторами, к ним относятся большинство углеводов.

## Различие в величине диэлектрической постоянной

Несмотря на то, что способность материала к передаче энергии электрических зарядов определяется в основном его молекулярной структурой, степень этой способности напрямую зависит от поляризации. Например, гексан с углеродной цепью, состоящей из шести атомов, имеет ДП, равную 1.88, а другое углеводородное соединение с шестью атомами углерода, бензол, имеет ДП, равную 2.28. С молекулярной точки зрения оба вещества являются соединениями с шестью атомами углерода, но из-за различной симметрии молекул и нарушения равновесия ионов и зарядов степень поляризации у них различна. Простым добавлением азотной или кислородной группы в соединение можно существенно изменить его характеристики поляризации. Например, гексанол, представляющий собой шестиуглеродную молекулу с группой -ОН, имеет ДП порядка 9.

Значительное влияние на диэлектрические свойства могут оказывать фазовые превращения. Если жидкая вода имеет диэлектрическую проницаемость порядка 40 или более, в зависимости от степени очистки, то водяной пар имеет очень низкую диэлектрическую проницаемость. Пар имеет ДП, равную 1,008 при 100 °С, в то время как лед имеет ДП, равную 3,2 при 12 °С.

### Влияние температуры на диэлектрическую проницаемость

Температура влияет на ДП материала в связи с изменением его плотности, что приводит к содержанию большего или меньшего количества молекул в единице объема. По мере повышения температуры ДП уменьшается, так из-за расширения молекул способность материала к передаче энергии электрических зарядов становится минимальной. Однако, типичные отклонения значений диэлектрической проницаемости, наблюдаемые в углеводородах, невелики, и составляют от 0,0013 до 0,05% на градус Цельсия. На рисунке ниже представлена зависимость диэлектрической проницаемости различных углеводородов от температуры:

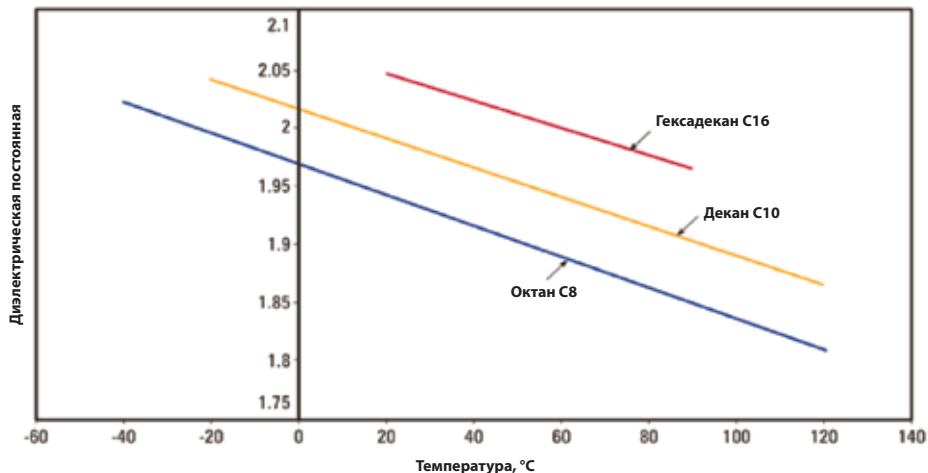
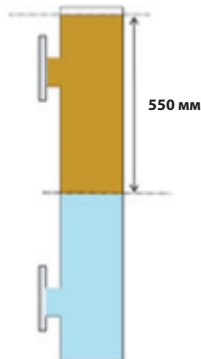


Рис. 1. Зависимость диэлектрической постоянной от температуры для трех углеводородов

Для всех трех углеводородов (C8, C10 и C16) наблюдается изменение ДП при изменении температуры. Поскольку изменения очень малы, в приведенном ниже примере показано, каким образом это изменение ДП сказывается на погрешности измерений уровня границы раздела сред. Для наглядности сравниваются ошибки при изменении диэлектрической проницаемости и плотности на одинаковую величину.



**Пример изменения характеристик  
верхней жидкости:**

**Удельный вес (SG) изменяется  
от 0,7 до 0,9**

**Диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon_r$ )  
изменяется от 1,8 до 2,0**

**При  $\Delta SG$ , равном 0,2:  
ошибка = 110 мм**

**При  $\Delta \epsilon_r$ , равном 0,2:  
ошибка = 38 мм**

Величина ошибки указана при изменении ДП на 0,2, в действительности ДП изменяется не так значительно, что показано на Рис.1

Изменение ДП вызвало изменение электрического расстояния на 38 мм при физическом расстоянии 550 мм. Величина ошибки рассчитана по следующей формуле:

$$\text{Ошибка} = \sqrt{\text{ДП1} * (\text{физическое расстояние})} - \sqrt{\text{ДП2} * (\text{физическое расстояние})}$$

Если сравнить эту величину с ошибкой, вызванной изменением плотности, то видно, что она существенно меньше.

Также следует учитывать следующее – измерения уровня границы раздела сред подвергаются влиянию изменений ДП только верхней среды, так как радарным уровнемером измеряется только расстояние до поверхности раздела. В случае если используется метод измерений, основанный на плотности, то измерение уровня границы раздела будет подвергаться влиянию изменений характеристик обеих жидкостей.

### Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными

Июнь 2009 – стр. 1

## Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными

### Введение

В данном документе приведена информация методах повышения надежности измерений уровня границы раздела сред в обессоливателе с одновременным снижением затрат на техническое обслуживание при помощи волноводных радарных уровнемеров (GWR).

### Ожидаемые результаты

Применение GWR обеспечивает следующие потенциальные возможности:

- Более эффективное управление обессоливателем, что предотвращает коррозию нефтеперерабатывающего оборудования и снижает риск чрезмерного роста давления в ректификационной колонне
- Исключается необходимость в калибровке уровнемера при изменении плотности продукта
- Благодаря надежным измерениям уровня границы раздела предотвращается попадание нефти в сточные воды
- Надежное измерение уровня границы раздела сред может повысить качество нефти для ее последующей переработки
- Надежное измерение положения границы раздела сред позволяет автоматизировать производство, повысить производительность и уровень безопасности

### Характеристика технологического процесса

Сырая нефть содержит значительное количество соли и воды. Если соли не удалить, то они могут вызвать существенную коррозию технологического оборудования под воздействием высоких рабочих температур. Для удаления солей к нефти примешиваются эмульгаторы и вода, в результате чего соли вымываются из нефти. Затем эта эмульгированная нефтеводяная смесь должна быть подвергнута быстрому и эффективному разделению, которое производится при помощи электростатической решетки, обеспечивающей слияние дисперсных капель соленой воды и осаждение солей на дно резервуара. Эффективность электростатического поля максимальна в том случае, когда граница раздела нефти и воды удерживается на уровне несколько ниже электростатической решетки.

Обессоливатели, используемые на предприятиях нефтепереработки для отделения нефти от воды, оснащаются электростатической решеткой, на которую подается напряжение около 10 кВ. Надежное измерение уровня границы раздела обеспечивает оптимальную эффективность работы обессоливателя без повышения уровня воды выше решетки.

В тех случаях, когда операторы не имеют достоверной информации об измерениях, они вынуждены работать с пониженным уровнем границы раздела в обессоливателе для предотвращения отключения установки, что снижает эффективность и производительность работы установки всего предприятия.

**Характеристика технологического процесса:** сырая нефть и вода с толщиной слоя эмульсии от 150 до 300 мм в резервуаре, оснащенный электростатической решеткой, под напряжением 10 кВ. Плотность сырой нефти изменяется в зависимости от месторождения.

Стандартный диапазон рабочих давлений обессоливателей составляет 1,1 ... 1,3 МПа (11 ... 13 бар) при максимальном давлении 1,5 МПа (15 бар). Стандартный диапазон рабочих температур составляет 129 ... 135 °С при максимальном значении порядка 150 °С.

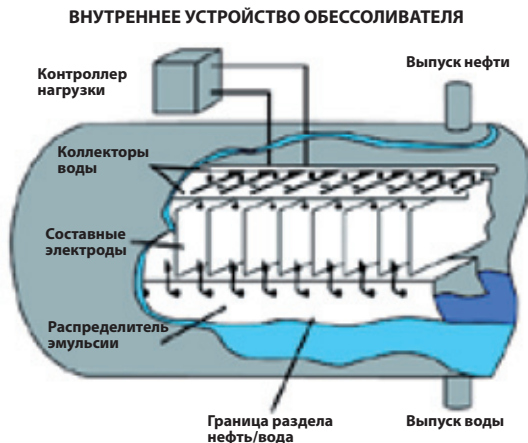
**Традиционные методы измерений уровня:** буйковые, емкостные или магнитострикционные уровнемеры, требующие частой перекалибровки.

### Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными

Июнь 2009 – стр. 2

Рис. 1: схема внутреннего устройства обессоливателя

Для предотвращения аварийного отключения электростатической решетки необходимо обеспечить как можно более точные измерения уровня границы раздела сред. При касании слоя соленой воды решетки, из-за чрезмерного возрастания тока произойдет ее отключение.



### Проблема

Измерение уровня границы раздела сред в подобном технологическом процессе является достаточно сложной задачей. Слои воды и нефти имеют изменяющиеся свойства, которые, особенно удельный вес, изменяются в зависимости от партии поставляемого сырья и во время нагрева жидкости. Плотность воды изменяется в зависимости от содержания солей, и также в связи с нагревом. В сырой нефти могут содержаться примеси, имеющие тенденцию к образованию отложений на стенках и зондах или вызывающие заедание механических частей. Кроме того, наличие слоя эмульсии обуславливает наличие нечеткой границы раздела между жидкостями, уровень которой трудно измерить.

Традиционно для измерения уровня границы раздела сред использовались решения на основе буйковой, поплавковой, магнитострикционной и емкостной технологий, однако, при каждом изменении плотности приходилось перенастраивать уровнемер, что приводило к увеличению времени обслуживания и затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. При необходимости калибровки торсионной трубки/вала приходилось останавливать технологический процесс в обессоливателе. Емкостные зонды, в свою очередь, сильно восприимчивы к образованию отложений, что приводило к неточным, нестабильным и непредсказуемым результатам измерений.

В связи с многочисленными проблемами вышеперечисленных методов и критической необходимостью иметь достоверные сведения об уровне границы раздела сред обессоливатели оснащались пробоотборными, позволяющими определить уровень границы раздела сред вручную.



### Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными

Июнь 2009 – стр. 3

Буйковые уровнемеры, как правило, устанавливаются в успокоительных колодцах; емкостные зонды устанавливаются непосредственно на резервуаре в положении, исключающем контакт с решеткой.

*Рис 2. Установка пробоотборов в зоне требуемого уровня границы раздела сред позволяет выполнить проверку уровня вручную.*



### РЕШЕНИЕ

При измерении уровня границы раздела сред в подобном технологическом процессе волноводных радарный уровнемер обеспечивает следующие преимущества: невосприимчивость к изменениям плотности среды, устойчивость к образованию отложений и отсутствие подвижных частей, требующих технического обслуживания; одновременное измерение как уровня, так и уровня границы раздела сред; простой монтаж и ввод в эксплуатацию. Наличие электростатической решетки не влияет на работу волноводного радара, если установка заземлена и смонтирована в соответствии с локальными электротехническими правилами.

На обессоливателе, в котором раньше использовался буйковый уровнемер был установлен волноводный радар Rosemount, оснащенный гибким зондом. Радар был смонтирован в перфорированном успокоительном колодце диаметром 150 мм. В другом случае, также при монтаже радара в успокоительном колодце, использовался двойной жесткий зонд. Оба радара успешно работают и обеспечивают надежные и точные измерения, но для увеличения периодичности обслуживания рекомендуется использовать одинарный зонд.

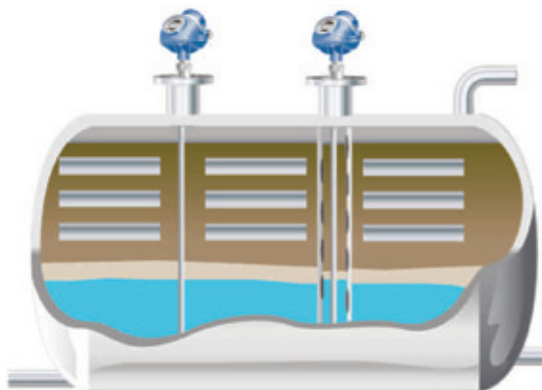
В другом случае волноводный радар Rosemount с одинарным жестким зондом использовался для замены емкостного зонда. Применение жесткого зонда помогает свести его перемещения к минимуму. В данном случае также были обеспечены надежные и точные измерения уровня границы раздела сред.

Для того чтобы убедиться в том, что уровень границы раздела сред определяется правильно, операторы вручную проверяли наличие воды или нефти при помощи ряда отводов на боковой стенке резервуара. Положение границы раздела, определенное волноводным радаром Rosemount, соответствовало ее истинному положению между отводами нефти и воды. Кроме того, график выходного сигнала уровня раздела был стабилен, что дало возможность регулировать положение уровня в пределах 3 - 4% от заданного значения.

### Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными

Июнь 2009 – стр. 4

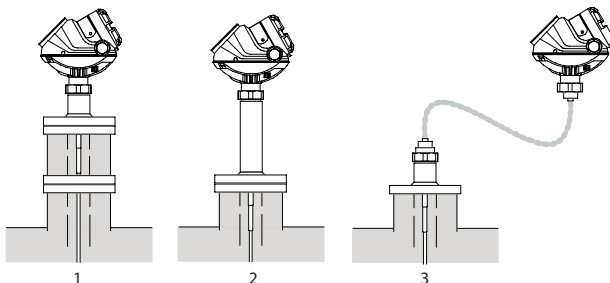
Рис 3. Волноводный радар может быть установлен внутри на резервуаре в успокоительном колодце с пазами. Его можно смонтировать непосредственно в обессоливателе, исключив контакт с решеткой или другими металлическими объектами. Электростатическая решетка обессоливателя не создает помех для прохождения радарных сигналов.



Тепло, исходящее от резервуара, может превысить максимальную допустимую температуру окружающей среды для электроники уровнемера, если он установлен непосредственно на резервуаре, что может повлечь выход уровнемера из строя. Для предупреждения этого явления имеется несколько решений: блок электроники уровнемера может быть приподнят при помощи фланцевого адаптера; возможно применение зонда исполнения НР (для работы при высоком давлении и температуре) или комплекта выносного монтажа блока электроники.

Рис 4. Исходящее от резервуара тепло может нагреть пространство вокруг блока электроники уровнемера до температуры, превышающей допустимые пределы. Этого можно избежать следующим образом:

- 1) установить фланцевый адаптер,
- 2) использовать зонд исполнения НР,
- 3) использовать комплект для выносного монтажа блока электроники.



### Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волновыми радаром

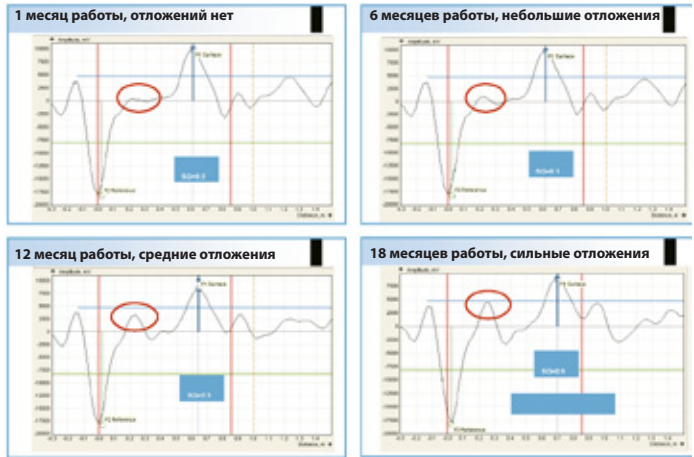
Июнь 2009 – стр. 5

#### Вероятность образования отложений на зонде

В сырой нефти могут содержаться примеси, имеющие тенденцию к образованию отложений на стенках и зондах или вызывающие заедание механических частей. Одним из ключевых преимуществ волнового радара является то, что он более устойчив к отложениям на поверхности зонда и не имеет движущихся частей. Применение одинарного зонда помогает исключить образование перемычек, создающих ложные эхо-сигналы, что характерно при использовании коаксиального или двойного зондов. В дополнение к этому, высокопроизводительное волновое радары Rosemount серии 5300 оснащены встроенными средствами диагностики показателей качества эхо-сигнала. Эта функция позволяет сравнить амплитуды эхо-сигнала от поверхности измеряемой среды и шумов, вызванных образованием отложений, и обеспечивает мониторинг амплитуды для обеспечения должной надежности измерений и планирования технического обслуживания, связанного с очисткой зонда.

Рис. 5. Для обеспечения надежности измерений используется система диагностики показателей качества эхо-сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Эти графики приведены только для пояснения.



#### Эмульсия

Одной из проблем, возникающих при измерении уровня границы раздела сред волновым радаром, является наличие толстого слоя эмульсии на границе раздела нефти/вода. При использовании успокоительного колодца труба может создавать эффект расслоения эмульсионного слоя, благодаря чему влияние эмульсии ослабляется. В тех случаях, когда уровнемер смонтирован без использования успокоительного колодца, радар может воспринимать эмульсионный слой целиком, что затруднит измерения уровня границы раздела. Из-за того, что соответствующий уровень границы раздела эхо-сигнал может иметь меньшую чем обычно амплитуду, могут потребоваться ручные подстройки пороговых значений уровнемера. Сравнивая результаты, получаемые вручную посредством пробоотборов, с результатами измерений уровня границы раздела, можно убедиться в том, что волноводный уровнемер определяет верхнюю границу эмульсионного слоя. Постоянный контроль положения эмульсионного слоя может обеспечить надежный контроль уровня границы раздела в обессоливателе. В некоторых случаях определение нижней границы эмульсионного слоя также возможно, но данная возможность напрямую зависит от свойств сырой нефти.

### **Документ: Измерение уровня границы раздела сред в обессоливателе волноводными радарными**

Июнь 2009 – стр. 6

---

#### **Результаты**

Эффективное управление данной установкой позволило свести к минимуму коррозию и загрязнение оборудования при дальнейшей переработке нефти. Кроме того, контроль содержания воды в нефти обеспечивает контроль давления в дистилляционных колоннах и позволяет не допускать его чрезмерного роста.

Благодаря надежному контролю уровня границы раздела сред возросла эффективность работы обессоливателя, уменьшился вынос воды и соли в установку перегонки сырой нефти, а также был предотвращен сброс нефти вместе с водой в водоочистную систему. Необходимость в техническом обслуживании и калибровке, необходимых для ранее использовавшихся устройств измерения уровня, а также связанные с ними простои, были полностью исключены.

**Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами**

Июнь 2005 – стр. 1

# Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Tuned-Systems™ (настроенные системы) обеспечивают наилучшие решения по установке выносных разделительных мембран для компенсации ошибок, вызванных колебаниями температуры.

Tuned-Systems™ - это наилучшее решение на базе датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами. Настроенные системы значительно отличаются от традиционных сбалансированных систем. При измерении уровня в закрытых резервуарах они обеспечивают минимальную погрешность измерений, обусловленную изменениями температуры, наилучшее время отклика и минимальную стоимость монтажа. В сбалансированных системах традиционно предусматривается одинаковая длина капилляров и конструкция мембран в технологических присоединениях высокого и низкого давления. Ранее считалось, что сбалансированные системы обеспечивают наилучшую эффективность работы, на самом деле асимметрия настроенных систем способствует компенсации ошибок, обусловленных изменениями температуры. Далее рассматриваются принципы работы настроенных систем, и приводится теоретическое обоснование преимуществ. Их использования

## Что такое *Tuned-Systems™*?

**Tuned-Systems™** представляют собой асимметричную конфигурацию выносных разделительных мембран с датчиками дифференциального давления. Простейшим видом настроенной системы является непосредственный монтаж разделительной мембраны на технологическом присоединении высокого давления.

Устранение лишнего капилляра высокого давления улучшает время отклика и эффективность работы с одновременным снижением стоимости монтажа. Общая ошибка системы компенсируется благодаря уравновешиванию ошибок, обусловленных мембраной ошибками, вызванными влиянием температуры на гидростатический напор. Дальнейшее улучшение рабочих характеристик достигается подстройкой параметров конфигурации, что подробно разъясняется ниже. Стоимость монтажа снижается благодаря устранению дополнительного капилляра высокого давления. Так как датчик монтируется на резервуар непосредственно, стоимость монтажа дополнительно снижается за счет отказа от монтажного основания и кронштейна.

## Как работают системы с выносными разделительными мембранами?

Системы с выносными разделительными мембранами реагируют как на изменение технологического давления при изменении уровня, так и на статическое давление в жидкости. Изменения давления передаются через наполненные маслом капилляры на сенсор преобразователя дифференциального давления. Капилляры и мембраны заполнены несжимаемым маслом, свойства которого соответствуют характеристикам технологического процесса: температуре, давлению и составу среды. Датчик обычно монтируется на уровне земли, либо в непосредственной близости от технологического присоединения

### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 2

высокого давления. На вакуумных установках датчик монтируется ниже присоединения высокого давления для снижения влияния вакуума на заполняющую жидкость датчика. Минимальная длина капилляров определяется расстоянием между монтажным положением датчика и соединением низкого давления. Все пустоты внутри собранного узла заполнены маслом, включая мембрану, капилляры и корпус датчика. Несмотря на то, что технология изготовления обеспечивает высококачественное заполнение, системам с выносными разделительными мембранами присущи ошибки, связанные с изменениями температуры процесса.

### Устройство системы с выносными разделительными мембранами

В связи с тем, что роль передающего механизма в мембранной разделительной системе играет жидкость, понимание физических характеристик заполняющей жидкости имеет большое значение. Заполняющее систему масло является несжимаемой жидкостью, и изменение давления технологического процесса передается непосредственно на сенсор датчика. Тщательная подготовка жидкости и сборки является критическим фактором высококачественного заполнения системы.

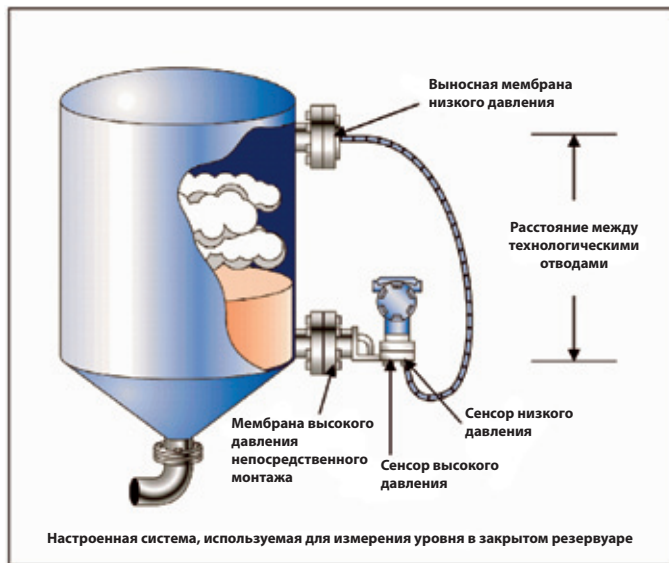
Подготовка предусматривает полное удаление газов, как из заполняющей жидкости, так и из незаполненной сборки датчика с мембраной. Успешно проведенный процесс заполнения предотвращает проникновение воздуха в собранный узел. Попавшие в систему воздух или другие газы являются сжимаемыми средами, наличие которых приводит к неточным показаниям датчика.

Каждая заполняющая жидкость имеет свои уникальные физические характеристики, и играет важнейшую роль в общей эффективности системы. К физическим характеристикам относятся: вязкость, коэффициент теплового расширения и удельная плотность.

Вязкость заполняющей жидкости является мерой скорости потока; от которой зависит время отклика системы с выносными разделительными мембранами. С повышением температуры заполняющая жидкость становится менее вязкой и обеспечивает уменьшение времени отклика; при понижении температуры время отклика увеличивается. Внутренний диаметр и длина капилляров тоже влияют на время отклика системы. Малый внутренний диаметр препятствует течению заполняющей жидкости, и реакция системы замедляется. От длины капилляра зависит время, в течение которого изменение давления достигнет сенсора датчика.

### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 3



### Погрешности из-за влияния температуры на выносную разделительную мембрану:

Коэффициент теплового расширения заполняющей жидкости - это степень увеличения или уменьшения ее объема под влиянием изменений температуры. Повышенному коэффициенту теплового расширения соответствует более высокий показатель реакции на изменение температуры.

Объем заполняющей жидкости увеличивается при возрастании температуры и уменьшается с понижением температуры. Чем больше объем жидкости в системе с выносными разделительными мембранами, тем больше суммарное увеличение или сокращение объема. Объем системы существенно зависит от внутреннего диаметра капилляров, длины капилляров, и объема полости в мембране.

Поскольку узел с выносными разделительными мембранами является закрытой системой, давление расширяющегося объема заполняющей жидкости воздействует на разделительную выносную мембрану. Разделительная выносная мембрана препятствует расширению, оказывая противодействие на заполняющую жидкость. Создаваемое мембраной противодействие сильно зависит от ее жесткости, или коэффициента упругости. Коэффициент упругости мембраны функционально зависит от ее формы, толщины, модуля упругости материала и диаметра. Более гибкая мембрана с высоким коэффициентом упругости оказывает минимальное противодействие на сенсор датчика. Колебания противодействия, воздействующего на сенсор датчика, обычно называют погрешностью из-за влияния температуры на выносную разделительную мембрану.

### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 4

#### Погрешность из-за влияния температуры на гидростатическое давление:

Удельный вес заполняющей жидкости - это отношение ее плотности к плотности воды. При изменении температуры удельный вес жидкости изменяется; повышение температуры вызывает уменьшение удельного веса, и наоборот, увеличение высоты столба заполняющей жидкости мембраны оказывает давление на сенсор дифференциального давления и называется гидростатическим давлением. Удельный вес заполняющей жидкости и увеличение столба заполняющей жидкости мембраны являются первичными переменными, необходимыми для определения гидростатического давления (гидростатическое давление = удельный вес  $\times$  высота). Первоначальное гидростатическое давление рассчитывается и учитывается при настройке нуля датчика дифференциального давления во время калибровки и ввода датчика в эксплуатацию. Однако изменения температуры вызывают изменение удельного веса заполняющей жидкости с последующим отклонением значения гидростатического давления от исходного. Эти изменения гидростатического давления обычно называют погрешностью из-за влияния температуры на гидростатическое давление.

#### Связывающие элементы системы:

В традиционных системах применяются одинаковые мембраны и капилляры одинаковой длины на каждой стороне сенсора датчика дифференциального давления, благодаря чему, вследствие влияния температуры на мембрану, создается одинаковое (или почти одинаковое) изменение давления в каждом плече. Поскольку изменения давления одинаковы и действуют с противоположных сторон датчика, суммарная погрешность, обусловленная воздействием температуры на мембрану, взаимно компенсируется. В связи с этим суммарная погрешность полностью зависит от изменения, связанного с влиянием температуры на гидростатическое давление. Традиционно было принято считать, что симметричная конструкция обеспечивает наилучшие суммарные показатели системы. Однако при использовании традиционных симметричных конфигураций не учитывается самый значительный источник погрешности: наличие погрешности, обусловленной влиянием температуры на гидростатическое давление, не оставляет возможностей для дальнейшего уменьшения суммарной погрешности системы. В настроенных системах физические характеристики заполняющей жидкости связаны с особенностями механической конструкции системы с выносными разделительными мембранами, обеспечивая наилучшие суммарные показатели.

Погрешности, связанные с воздействием изменений температуры на мембрану и гидростатическое давление, возникают в системе одновременно, при этом сенсор датчика не различает вид погрешностей. Поэтому суммарная погрешность системы - это сумма погрешностей, обусловленных влиянием температуры на мембрану и влиянием температуры на гидростатическое давление, передаваемое на датчик дифференциального давления. Можно прийти к выводу, что разделительные выносные мембраны с датчиками дифференциального давления могут рассматриваться, как системы для эффективной компенсации суммарной погрешности системы, обусловленной изменением температуры.

Рассмотрим настроенную систему, в которой отсутствует капилляр высокого давления, в условиях повышения температуры относительно исходного нуля. Погрешность, связанная с влиянием температуры на гидростатическое давление, вызывает положительную погрешность, величина которой идентична создаваемой в сбалансированной системе при одинаковом изменении температуры. Однако в настро-



### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 5

енной системе погрешности, связанные с влиянием температуры на мембрану, формируют отрицательную составляющую погрешности. Объем жидкости в системе на стороне высокого давления меньше, чем объем на стороне низкого давления. Поэтому вытесненный объем и вызываемое им противодействие на мембрану преобладает на стороне низкого давления; таким образом, суммарная погрешность настроенной системы меньше, чем традиционных сбалансированных систем. Ниже приводится подробное математическое доказательство.

#### Уменьшение суммарной погрешности системы:

Пользуясь теорией настроенных систем можно скомпенсировать, а в некоторых случаях и полностью исключить суммарную погрешность системы. Уменьшение погрешности системы сводится к созданию отклонений, связанных с воздействием температуры на мембрану, равных по величине и противоположных по знаку отклонениям, обусловленным воздействием температуры на гидростатическое давление. Кроме снижения объема заполняющей жидкости в капилляре высокого давления для дальнейшего повышения эффективности можно принять следующие меры: уменьшить жесткость мембраны высокого давления, увеличить объем жидкости на стороне низкого давления, повысить коэффициент теплового расширения жидкости и/или увеличить жесткость мембраны на стороне низкого давления. Несмотря на многочисленность параметров, влияющих на суммарную погрешность системы - датчик дифференциального давления и выносные разделительные мембраны, полной компенсации погрешности можно добиться, применяя автоматизированное программное обеспечение, например, Rosemount Instrument Toolkit. В ПО Instrument Toolkit предусмотрены возможности для быстрого и простого расчета многочисленных параметров компенсации систем с выносными разделительными мембранами для любых заданных условий эксплуатации.

#### Выводы:

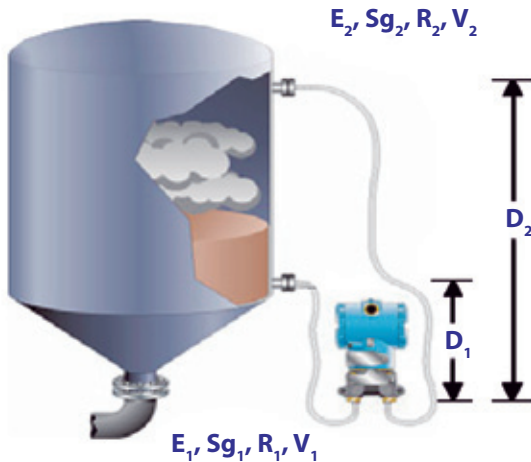
Системам с выносными разделительными мембранами и датчиками дифференциального давления присущи погрешности, связанные с влиянием температуры. Основной причиной возникновения погрешности является реакция физических характеристик заполняющей жидкости на изменение температуры. Суммарная погрешность системы зависит также от расстояния между технологическими соединениями с резервуаром и механической конструкции системы. В традиционных сбалансированных системах с симметричной конфигурацией суммарная погрешность не компенсируется.

Асимметрия настроенных систем позволяет скомпенсировать суммарную погрешность за счет уменьшения объема на стороне высокого давления. Дальнейшее улучшение характеристик системы может быть достигнуто подбором коэффициента упругости мембран, заполняемых жидкостью объемов и типа заполняющей жидкости. Уменьшение объема и модификация конфигурации позволяют скомпенсировать изменение удельного веса заполняющей жидкости, что повышает эффективность работы систем с выносными разделительными мембранами и датчиками дифференциального давления.

Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 6

### Математическое доказательство:



### Погрешность из-за влияния температуры на гидростатическое давление:

Гидростатическое давление на сенсор со стороны высокого давления ( $H_1$ ):  $H_1 = (D_1 \times Sg \times E \times \Delta T)$

Гидростатическое давление на сенсор со стороны низкого давления ( $H_2$ ):  $H_2 = (D_2 \times Sg \times E \times \Delta T)$

Гидростатическое давление =  $H_1 - H_2$

Гидростатическое давление =  $(D_1 \times Sg \times E \times \Delta T) - (D_2 \times Sg \times E \times \Delta T)$

$$= (D_1 - D_2) (Sg \times E \times \Delta T)$$

$$D_2 > D_1, \text{ поэтому } D_1 - D_2 = -D$$

Гидростатическое давление =  $-D \times Sg \times E \times \Delta T$

### Погрешность из-за влияния температуры на выносную разделительную мембрану:

Выносная разделительная мембрана высокого давления:

Вытесненный объем =  $V_1 \times E \times \Delta T$

$$\text{Изменение давления} = \frac{V_1 \times E \times \Delta T}{R_1}$$

### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 7

Выносная разделительная мембрана низкого давления:

$$\text{Вытесненный объем} = V_2 \times E \times \Delta T$$

$$\text{Изменение давления} = \frac{V_2 \times E \times \Delta T}{R_2}$$

Суммарная погрешность из-за влияния температуры на выносную разделительную мембрану:

Погрешность из-за влияния температуры на

$$\begin{aligned} \text{выносную разделительную мембрану} &= \frac{V_1 \times E \times \Delta T}{R_1} - \frac{V_2 \times E \times \Delta T}{R_2} \\ &= \left\{ \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right\} E \Delta T \end{aligned}$$

#### Принятые обозначения переменных:

$D_1$  = Расстояние между соединением выносной разделительной мембраны высокого давления и датчиком

$D_2$  = Расстояние между соединением выносной разделительной мембраны низкого давления и датчиком

$V_1$  = Объем заполняющей жидкости в капилляре высокого давления

$V_2$  = Объем заполняющей жидкости в капилляре низкого давления

$\Delta T$  = Изменение температуры относительно первоначального нуля

$Sg$  = Удельный вес заполняющей жидкости; предполагается, что  $Sg_1 = Sg_2$

$E$  = Коэффициент теплового расширения заполняющей жидкости; предполагается, что  $E_1 = E_2$

$R_1$  = Коэффициент упругости разделительной мембраны высокого давления.

$R_2$  = Коэффициент упругости разделительной мембраны низкого давления.

Примечание: Коэффициент упругости равен частному от деления изменения объема заполняющей жидкости на соответствующее изменение противодействия мембраны. Таким образом мембрана с более высоким значением  $R$  является более гибкой.

#### Суммарная погрешность системы (TSE):

Суммарная погрешность системы (TSE):

Суммарная погрешность системы исключается в случае, если погрешность от влияния температуры на гидростатическое давление равна погрешности от влияния температуры на выносную разделительную мембрану.

Поэтому эффективность применения настроенных систем можно доказать, решив приведенное ниже уравнение для суммарной погрешности системы.

$$TSE = -D \times Sg \times E \times \Delta T - \left\{ \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right\} E \Delta T$$

Вынесем переменные за скобки и качественно сравним результаты для вариантов с применением традиционных и настроенных систем:

$$TSE = \left\{ -DSg - \left\{ \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right\} \right\} E \Delta T$$

### Документ: Повышение эффективности работы и снижение затрат на установку датчиков дифференциального давления с выносными разделительными мембранами

Июнь 2005 – стр. 8

#### В случае сбалансированных систем:

Если

$$V_1 = V_2 \text{ и } R_1 = R_2, \text{ тогда } TSE = -DSgE\Delta T$$

В целом суммарная погрешность обусловлена погрешностью от влияния температуры на гидростатическое давление.

#### В случае настроенных систем:

Если

$$V_1 < V_2 \quad \text{или} \quad V_1 < V_2 \quad \text{или} \quad V_1 = V_2$$

$$R_1 = R_2 \quad R_1 > R_2 \quad R_1 > R_2$$

Таким образом, эффективность применения настроенных систем доказана. При любом сочетании параметров суммарная погрешность уменьшается. Дополнительное доказательство и количественное решение уравнения осуществляется при помощи программного обеспечения Instrument Toolkit.

В заключение приведем перечень мер, обеспечивающих дополнительную компенсацию в системах с выносными разделительными мембранами:

- Применение асимметричной конфигурации системы
- Уменьшение объема заполняющей жидкости на стороне высокого давления
- Уменьшение до минимума жесткости мембраны высокого давления (увеличение коэффициента упругости)
- Увеличение объема заполняющей жидкости на стороне низкого давления
- Увеличение жесткости мембраны низкого давления (уменьшение коэффициента упругости)
- Использование Rosemount Instrument Toolkit для оптимизации общей эффективности системы

# 7

## Соответствие требованиям безопасности

Раздел	Стр.
7.1 Требования безопасности SIL_____	134
7.2 Соответствие радаров рекомендациям NACE_____	136

### 7. Соответствие требованиям безопасности

#### 7.1 Требования безопасности SIL

Международный стандарт IEC 61508 определяет SIL в соответствии с требованиями, сгруппированными в две категории: аппаратная целостность безопасности и систематическая целостность безопасности. Для достижения определенного уровня SIL устройство или система должны отвечать требованиям обеих категорий.

Требования SIL к аппаратной целостности безопасности основываются на вероятностном анализе устройства. Чтобы получить соответствующую оценку SIL, вероятность опасных отказов прибора (PDF) должна быть меньше указанной, а вероятность безопасных отказов (SFF) - больше указанной в стандарте. Значения вероятностей отказа рассчитываются комплексным методом вида отказов, их последствий и диагностики (FMEDA). Реально необходимые контрольные цифры изменяются в зависимости от вероятной нагрузки, сложности и способов резервирования устройств.

Требованиями SIL к систематической полноте обеспечения безопасности определяется ряд методов и мер, необходимых для предупреждения систематических отказов (неполадок), обусловленных проектом устройства или системы. Эти требования могут быть удовлетворены либо путем тщательной организации процесса разработки, либо на основании достаточной длительной статистики эксплуатации устройства для признания его пригодным к применению.

Электрические и электронные устройства могут быть допущены к применению в функционально безопасных процессах согласно стандарту IEC 61508 при условии, что разработчики оборудования предоставят необходимые свидетельства того, что процесс, включая устройство, также удовлетворяет установленным требованиям.

Стандарт IEC 61511 представляет собой стандарт IEC 61508, переработанный для применения в обрабатывающей отрасли промышленности. Требования стандарта IEC 61508 адресованы производителям систем противоаварийной защиты (SIS), а в стандарте IEC 61511 сформулированы требования только для конечных пользователей и предприятий-сборщиков.

##### 7.1.1 Выбор безопасного датчика

В стандарте IEC 61511 имеется два варианта выбора датчика.

Первый вариант - это устройства с сертификатом безопасности, удостоверяющим соответствие его конструкции стандарту IEC 61508. В этом случае изготовитель подтверждает безопасность устройства или датчика, а пользователь обеспечивает безопасность физического присоединения к технологическому процессу.

Второй вариант предусматривает выбор сенсора на основании «предшествующего применения». В этом случае конечный пользователь подтверждает безопасность системы в целом.



Рис. 7.1.1: Ответственность за безопасность сенсоров SIS

Оба варианта дают одинаковый результат.

**Примечание:** в данный момент на рынке не представлено ни одного радара с безопасностью по первому варианту!

##### 7.1.2 FMEDA

Первым этапом для выбора типа датчика является проверка его безопасности и надежности. Она, как правило, осуществляется в виде анализа отказов, их последствий и диагностики, или FMEDA. Эта оценка может выполняться как для несертифицированной, так и для сертифицированной продукции.

Это испытание, в ходе которых независимая сторонняя организация, например, Exida, изучает схемы и аппаратные узлы продукта и определяет возможные виды отказов. К ним относятся безопасные выявленные, безопасные невыявленные, опасные выявленные и опасные невыявленные отказы. Определяется также доля безопасных отказов (SFF). Значение SFF свидетельствует о соответствии продукта одному из требований для сертификации - чтобы соответствовать этим требованиям, SFF должна быть равной 90% или выше.

Метод FMEDA предоставляет также сведения о вероятности отказа по запросу (PFD) и изменениях PFD с течением времени. Новый датчик имеет определенный показатель PFD. С течением времени вероятность отказа по запросу возрастает и может быть понижена путем проведения проверочных испытаний.

Важно отметить, что интервал проведения испытаний датчика больше или равен межремонтному сроку службы вашей установки, благодаря чему устраняются остановы технологического процесса, и повышается уровень безопасности обслуживающего персонала.

### 7.1.3 Аппаратная отказоустойчивость

Аппаратная отказоустойчивость (HFT) - это способность системы реагировать на непредвиденный отказ аппаратуры или программного обеспечения. Существует несколько уровней отказоустойчивости; самый нижний соответствует способности продолжать работу в случае нарушения подачи энергии.

#### 7.1.4 Сертифицированные датчики

В действительности имеются две системы сертификации датчиков. Первая система распространяется на имеющееся устройство или оборудование. Для этой системы, или верхней половины, ответственность за доказательство безопасности устройства возлагается на изготовителя. Вторая система, или нижняя половина - это устройство согласования (интерфейс) с технологическим процессом. Ответственность за вторую половину, или нижнюю часть, возлагается на пользователя. Безопасность интерфейса должен доказывать пользователь.

Для обеих систем существует вероятность отказа по запросу, или PFD - имеется PFD для датчика и PFD для интерфейса, и эти величины суммируются. Вероятность отказа по запросу - это вероятность того, что контур/устройство будет находиться в состоянии отказа при попытке обращения к системе.

#### 7.1.4 Предшествующее применение

Для датчика предшествующего применения безопасность системы в целом подтверждает пользователь. Пользователь должен располагать данными, подтверждающими безопасность применения в данной области и датчика, и интерфейса.

Кроме того, имеется два способа заявить предшествующее применение, соответствующее SIL: либо с указанием SFF по результатам оценочных испытаний (согласно IEC 61508), либо с использованием SFF по данным испытаний (согласно IEC 61508) в сочетании с данными, подтверждающими пригодность к эксплуатации в заводских условиях (по IEC 61511).

Например: сенсор, имеющий SFF > 90%, будет соответствовать уровню SIL2 (если аппаратная отказоустойчивость системы (HTF) равна 0), а сенсор, имеющий SFF в диапазоне от 60 до < 90%, будет соответствовать уровню SIL1 в одной и той же системе. Однако пользователи могут понизить HTF на единицу согласно IEC 61511, проводя аттестацию совместно с данными, подтверждающими пригодность к эксплуатации. См. приведенную ниже таблицу.

**Примечание:** в тексте стандарта IEC 61511-1, часть 1, значится: «...не относится к изготовителям, имеющим намерение заявить о пригодности устройства для применения в системах противоаварийной защиты...»

Данные подтвержденной пригодности для эксплуатации должны относиться к определенным предприятиям; изготовители или представители изготовителя не могут квалифицировать и заявлять подтвержденную пригодность для эксплуатации в соответствии со стандартом IEC 61511.

SFF	HFT=0	HFT=1 (0*)	HFT=2 (1*)
<60%	HET	SIL1	SIL2
60%...<90%	SIL1	SIL2	SIL3
90%...<99%	SIL2	SIL3	(SIL4)
>99%	SIL3	(SIL4)	(SIL4)

Таблица 7.1.1 Уровни безопасности предшествующего применения, определенные на основании SFF для относящихся к безопасности подсистем типа В. \*Пользователи могут понизить HFT на единицу согласно IEC 61511, проводя аттестацию совместно с данными, подтверждающими пригодность к эксплуатации. Этой возможностью располагают только пользователи, но не изготовители.

#### 7.1.5 Волноводный радар Rosemount серии 5300, соответствующий уровню SIL2

Аттестация радаров серии 5300 осуществлялась сторонней организацией Exida по оценочной методике IEC 61508. Результаты оценочных испытаний отражены в отчете FMEDA (анализ отказов, их последствий и диагностика).

Уровнемеры Rosemount серии 5300 относятся к подсистемам типа В с аппаратной отказоустойчивостью, равной 0. При величине доли безопасных отказов (SFF) > 90% для них установлено соответствие уровню SIL2 на основании предшествующего применения. Согласно этому варианту специалисту по системам противоаварийной защиты предоставляются необходимые данные об отказах согласно стандартам IEC 61508 / IEC 61511 и рекомендации проверочных испытаний.

- SFF: 90.7%
- Средний PFD (интервал испытаний 1 год): 6.13E-04
- MTBF (средняя наработка на отказ): 64 года
- Интервал проверочных тестов: 5 лет (с учетом средней вероятности отказа датчика по запросу, которая для уровня SIL2 должна быть лучше или равной 3.5E-03)
- Действует для выходных сигналов 4...20 mA (HART)

Для получения дополнительной информации относительно безопасности, посетите следующие ресурсы:

[www.emersonprocess.com/rosemount/safety](http://www.emersonprocess.com/rosemount/safety)

### 7.2 Соответствие радаров рекомендациям NACE (Национальной Ассоциации Инженеров-Коррозионистов)

#### 7.2.1 Введение

В данной спецификации указываются металлические конструкционные материалы, используемые при производстве радаров Rosemount серий 3300, 5300 и 5400, отвечающие рекомендациям стандарта NACE по коррозионной стойкости на месторождениях высокосернистой нефти и в нефтеперерабатывающей промышленности. Действие стандарта ISO 15156/MR0175 распространяется на оборудование, применяемое при добыче нефти, бурении скважин, на накопительных резервуарах и отводных трубопроводах, а также средства промысловой обработки, предназначенные для эксплуатации в углеводородной среде в присутствии сероводорода H<sub>2</sub>S. Стандартом MR0103 определяются требования к материалам, используемым исключительно в условиях переработки высокосернистой нефти. В общем случае высокосернистой (кислой) считается среда, содержащая более 50 промилле растворенного в воде H<sub>2</sub>S и/или при парциальном давлении H<sub>2</sub>S в газовой фазе порядка 344,7 Па.

Приведенные в данном документе указания по обеспечению соответствия техническим требованиям касаются смачиваемых материалов согласно рекомендациям обоих стандартов NACE.

Металлургические требования к сплавам, используемым при изготовлении устройств Emerson, практически совпадают для обоих стандартов. Однако, предельные требования по кислотности среды, предъявляемые нашими заказчиками, существенно отличаются для нефтедобывающих (ISO 15156/MR0175) и нефтеперерабатывающих (MR0103) отраслей, что может ограничить применение материалов.

Несмотря на то, что оба типа условий окружающей среды считаются кислотными в связи с присутствием H<sub>2</sub>S, в каждой из них действуют собственные механизмы коррозии, обусловленные различиями значений pH и уровня содержания хлоридов. По существу, ответственность за окончательный выбор материала, подходящего для данной области применения, целиком возлагается на конечного пользователя.

#### 7.2.2 Общие сведения

Стандарт MR0175 более 25 лет являлся источником рекомендаций по надлежащему применению различных металлов и сплавов для предотвращения проблем, связанных с сульфидной коррозией под нагрузкой (sulfide stress corrosion - SSC). NACE дополнила эти рекомендации практическими ограничениями, помогающими избежать коррозионного растрескивания под нагрузкой (stress corrosion cracking - SCC). Международная ассоциация NACE в сотрудничестве с другими организациями разработала стандарт ISO 15156 на

замену MR0175, чтобы предоставить более полные требования к материалам и рекомендации по их применению на нефтегазодобывающих предприятиях в средах, содержащих H<sub>2</sub>S.

В апреле 2003 года NACE International выпустила стандарт MR0103, в котором предложен отдельный ряд требований к материалам исключительно для кислых сред нефтеперерабатывающих предприятий.

Применение сплава K-500 не ограничивается стандартом MR0103 при условии, что его твердость будет менее 35 HRC (твердость по шкале Роквелла). Стандарт MR0103 пересматривался в 2005 и 2007 годах.

Технической поправкой 2 к стандарту ISO 15156/MR0175, выпущенной в 2005 году, были устранены определенные ограничения по применению материалов, накладываемые предыдущими редакциями стандарта.

В частности, в отношении приборов и управляющих устройств поправка отменила температурный предел 60°C для подвергающихся воздействию аустенитных нержавеющих сталей, хотя наилучшим выбором по-прежнему считается применение материалов, устойчивых к SCC, например, сплава C-276 для слабоинтеркализованных условий при температурах выше 60°C, характерных для кислых сред. Поправка включила в перечень приемлемых материалов сплав 400/405 при условии, что его твердость составляет не более 35 HRC и расширила критерии применимости для сплава C-276. Применение сплава K-500 ограничивается стандартом ISO 15156/MR0175.

#### 7.2.3 Применяемость

Коррозия металлических материалов обусловлена рядом факторов, к которым относятся: состояние материала (химический состав, твердость, термообработка и т. д.), pH, содержание хлоридов, концентрация H<sub>2</sub>S и суммарное давление, нагрузка, температура и время. Дополнительные сведения можно получить в соответствующих стандартах.

Стандарты ISO15156/MR0175 и MR0103 не являются нормативными документами и не дают оснований для сертификации описанных в них материалов и методик.

Поэтому, в конечном счете, ответственность за определение надлежащего способа применения и соответствие используемых материалов стандартам возлагается на пользователя.

Стандарт NACE распространяется на все компоненты оборудования, подвергающиеся воздействию кислой среды на предприятиях по переработке нефти при предполагаемых последствиях возникновения отказов, обусловленных SSC:

- (1) нарушение целостности систем, работающих под давлением,
- (2) создание препятствий для выполнения оборудованием основных функций, и/или



## 7 – Соответствие требованиям безопасности

(3) создание препятствий для восстановления работоспособного состояния оборудования, находящегося под давлением.

### 7.2.4 Воздействие кислой среды

В условиях эксплуатации воздействию кислой среды под давлением, требующим применения стандарта, подвергаются только смачиваемые части датчика, находящиеся в непосредственном контакте с технологической средой. Если датчик смонтирован в защитном кожухе, то несмачиваемые части датчика (болтовые соединения, корпус и крышки электронной аппаратуры) подвергаются воздействию атмосферных условий.

### 7.2.5 Несмачиваемые части

Болтовые соединения, корпус и крышки электронной аппаратуры обычно не имеют непосредственного контакта с кислой технологической средой, и поэтому рассматриваются, как части, не попадающие в область действия стандарта.

### 7.2.6 Смачиваемые части

Используемые в волноводных уровнемерах коаксиальные и одинарные жесткие зонды (типов 3А, 3В и 4А) изготавливаются из нержавеющей стали, сплава С-276 и сплава 400, что отвечает требованиям стандартов ISO 15156 /NACE MR0175 и NACE MR0103 для смачиваемых частей.

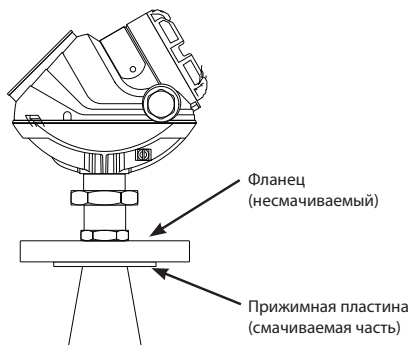
Гибкие зонды из нержавеющей стали (тип 5А) также отвечают требованиям стандартов ISO 15156 /NACE MR0175 и NACE MR0103, но только к частям, работающим под давлением. В связи с технологией изготовления троса гибкого зонда превышает допустимый предел по жесткости, установленный стандартами NACE, что может вызвать утрату основных функций уровнемера. В некоторых случаях в качестве альтернативы можно применить зонды с покрытием PTFE, но,

поскольку основным материалом остается нержавеющая сталь повышенной твердости, они не также не удовлетворяют требованиям NACE.

Антенны бесконтактных радарных уровнемеров серии 5400 изготавливаются из нержавеющей стали, сплава С-276, сплава 400 и PTFE.

К ним относятся антенны типов 2Н - 8Н (сплав С-276), 2М - 8М (сплав 400), 2Н - 8Н (нерж. сталь марки 316) и 1R - 4R (стержневая антенна из PTFE), а также 2Р - 4Р (антенна с уплотнением из PTFE).

В конструкции конических антенн предусмотрено применение сварных прижимных пластин и узлов, предназначенных для смачиваемых частей.



Варианты исполнений антенн и зондов уровнемеров Rosemount соответствуют требованиям стандартов ISO 15156 / NACE MR0175 и MR0103.



## 7 – Соответствие требованиям безопасности

### Волноводные радарные уровнемеры Rosemount серий 3300 и 5300

Тип/материал зонда	Коаксиальный (3А, 3В)	Одинарный жесткий (4А)	Гибкий (5А)
Нерж. сталь	Да	Да	Только части, работающие под давлением
Сплав 400	Да	Да	Только части, работающие под давлением
Сплав С-276	Да	Да	Только части, работающие под давлением
Нерж. сталь с покрытием PTFE	Да	Да	Только части, работающие под давлением

### Бесконтактные радарные уровнемеры Rosemount серии 5400

Тип/материал антенны	Коническая	Стержевая	С уплотнением
Нерж. сталь	Да - коды антенны 2N - 8N	НЕТ	НЕТ
Сплав 400	Да - коды антенны 2M - 8M	НЕТ	НЕТ
Сплав С-276	Да - коды антенны 2H - 8H	НЕТ	НЕТ
PTFE	НЕТ	Да - коды антенны 1R - 4R	Да - коды антенны 2P - 4P

## 7 – Соответствие требованиям безопасности

### 7.2.7 Типичное оборудование, используемое в области нефтепереработки, подверженное сульфидному растрескиванию под нагрузкой (неполный перечень)

Источник: Доклад NACE 04649, 2004 г.

Установки перегонки сырой нефти - атмосферные и вакуумные	Верхняя система атмосферной колонны	Теплообменники
		Накопительные резервуары
	Верхняя система вакуумной колонны	Теплообменники
		Накопительные резервуары
	Секция восстановления легких фракций	Дебутанизаторы
		Скрубберы отходящего газа
Система сбора кислой воды		
Установки каталитического крекинга	Верхняя система основного фракционатора	Верхняя линия
		Теплообменники/конденсаторы
		Накопительные резервуары
		Коагуляторы
		Абсорберы
	Система влажного газа	Вакуумный барабан компрессора
		Накопительные резервуары
		Теплообменники
	Секция восстановления легких фракций	Дезанизаторы
		Дебутанизаторы
Накопительные резервуары		
Установки гидроочистки	Система подачи	Уравнительные резервуары
	Сточная секция реактора	Сепараторы высокого / низкого давления
		Доохладители
	Секция фракционирования	Отпарные колонны
		Емкости орошения
	Секция обработки газа	Аминовые абсорберы
		Абсорберы отходящего газа
		Отпарная колонна
	Система оборотного газа	Газожидкостные сепараторы
		Конденсаторы
Установки коксования	Верхняя система фракционатора установки коксования	Верхняя линия
		Теплообменники/конденсаторы
		Накопительные резервуары
		Коагуляторы
	Секция восстановления легких фракций установки коксования	Абсорберы
		Дезанизаторы
		Дебутанизаторы
Прочие	Установки регенерации сернистой воды	Накопительные резервуары
		Отпарная колонна сернистой воды
	Системы регенератора аминов	Верхняя система колонны
		Система регенератора аминов
		Накопительный барабан
	Установки регенерации газа	Башенный охладитель
		Дебутанизаторы
		Скрубберы отходящего газа
	Установки регенерации серы	Система сбора сернистой воды
		Газожидкостные сепараторы кислого газа
Конденсаторы		
Продувочные барабаны		



# А

## Приложения

Раздел	Стр.
1 Справочник диэлектрических постоянных_____	A2
2 Таблицы преобразования физических величин_____	A17
3 Глоссарий_____	A27
4 Ссылки и библиография_____	A42
5 Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount_____	A43

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
2-АМИНО-2-МЕТИЛ-1-ПРОПАНОЛ (АМП)	18-20	122-86	50-30	Ж
N-МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИН (МДЭА)	19-22	122-86	50-30	Ж
АВИАЦИОННЫЙ БЕНЗИН	1,9	77,0	25,0	Ж
АЗОТ	1,00058	68,0	20,0	Г
АЗОТ	1,5	-346,0	-210,0	Ж
АЗОТ	1,4	-352	-213	Ж
АЗОТ	1,5	-318	-195	Ж
АЗОТ (СЖИЖЕННЫЙ)	1,3	-310	-190	Ж
АЗОТ (СЖИЖЕННЫЙ)	1,5	336,0	168,9	Ж
АЗОТНАЯ КИСЛОТА	50,0	14,0	-10,0	Ж
АЗОТНАЯ КИСЛОТА 97% HNO <sub>3</sub>	33,6	68	20	Ж
АЗОТНАЯ КИСЛОТА 98% HNO <sub>3</sub>	19,0	68	20	Ж
АКТИВИРОВАННОГО КОКСА ОКАТЫШИ	14	RT	RT	ТВ
АМИНООКТАН	3,9	54	12	Ж
АМИНООКТАН	4,1	36	2	Ж
АМИНОПЕНТАН	4,5	72	22	Ж
АМИНОТОЛУОЛ	4,6	68	20	Ж
АМИЛМЕРКАПТАН	4,7	68,0	20,0	Ж
АММИАК	1,0072	32,0	0,0	Г
АММИАК	14,9	77	25	Ж
АММИАК	15,5	68,0	20,0	Ж
АММИАК	18,9	40,0	4,4	Ж
АММИАК	22,0	-30,0	-34,4	Ж
АММИАК	22,7	-58	-50	Ж
АММИАК	25,0	-104,0	-75,6	Ж
АММИАК	25,0	-74,0	-58,9	Ж
АММИАК ВОДНЫЙ (25%)	31,6	68	20	Ж
АСФАЛЬТ	2,7	75,2	24,0	Ж
АСФАЛЬТ	3,7	400,0	204,4	Ж
АСФАЛЬТ	2,6	75,0	23,9	ТВ
БАЙОЛЬ	2,1	75,2	24,0	Ж
БАЙОЛЬ-16	2,2	75,2	24,0	Ж
БАЙОЛЬ-D	2,1	75,2	24,0	Ж
БАЙОЛЬ-F	2,1	75,2	24,0	Ж
БЕНЗАЛЬДЕГИД	17,0	68,0	20,0	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
БЕНЗАЛЬДЕГИД	19,0	32,0	0,0	Ж
БЕНЗАЛЬДЕГИД	10,9	59	15	Ж
БЕНЗИЛ	5,9	158	70	Ж
БЕНЗИЛ	13,0	203,0	95,0	Ж
БЕНЗИЛАМИН (АМИНОТОЛУОЛ)	4,3	120,0	48,9	Ж
БЕНЗИЛАМИН (АМИНОТОЛУОЛ)	4,6	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛАМИН (АМИНОТОЛУОЛ)	5,5	32,0	0,0	Ж
БЕНЗИЛАЦЕТАТ	5,0	70,0	21,1	Ж
БЕНЗИЛАЦЕТАТ	5,3	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛБЕНЗОАТ	4,8	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛБЕНЗОАТ	5,3	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛБУТАНОАТ	4,6	82,4	28,0	Ж
БЕНЗИЛИОДИД	4,6	68	20	Ж
БЕНЗИЛМЕТИЛАМИН	4,4	66,2	19,0	Ж
БЕНЗИЛНИТРИТ	7,8	77,0	25,0	Ж
БЕНЗИЛОВЫЙ СПИРТ	6,6	270	132	Ж
БЕНЗИЛОВЫЙ СПИРТ	9,5	158	70	Ж
БЕНЗИЛОВЫЙ СПИРТ	11,9	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛОВЫЙ СПИРТ	13,0	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛПРОПАНОАТ	5,1	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛСАЛИЦИЛАТ	4,1	68	20	Ж
БЕНЗИЛСАЛИЦИЛАТ	4,1	82,4	28,0	Ж
БЕНЗИЛТИОЛ	4,7	77,0	25,0	Ж
БЕНЗИЛФОРМИАТ	6,3	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛФЕНИЛЭФИР	3,7	104,0	40,0	Ж
БЕНЗИЛФЕНИЛАЦЕТАТ	4,5	86,0	30,0	Ж
БЕНЗИЛХЛОРИД	7,0	55	13	Ж
БЕНЗИЛХЛОРИД	6,4-6,9	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛЦИАНИД	6,0	155,0	68,3	Ж
БЕНЗИЛЦИАНИД	18,3	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛЭТИЛАМИН	4,3	68,0	20,0	Ж
БЕНЗИЛЭТИЛЭФИР	3,9	77,0	25,0	Ж
БЕНЗИН (ЛИГРОИН)	7,6	75,0	23,9	Ж
БЕНЗОИЛ АЦЕТАТ	11,5	70	21	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
БЕНЗОИЛ АЦЕТОН	3,8	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОИЛ АЦЕТОН	29,0	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОИЛ БРОМИД	21,3	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОИЛ ХЛОРИД	19,0	75,0	23,9	Ж
БЕНЗОИЛ ХЛОРИД	20,0	68	20	Ж
БЕНЗОИЛ ХЛОРИД	23,0	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОИЛ ФТОРИД	22,7	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОИЛИМИДОСУЛЬФОДИХЛОРИД	31,6	104,0	40,0	Ж
БЕНЗОИЛ (P-ХЛОРФЕНИЛ) ТИОДИИМИН	7,9	19,4	-7,0	Ж
БЕНЗОИЛ (P-ФТОРФЕНИЛ) ТИОДИИМИН	7,3	152,6	67,0	Ж
БЕНЗОИЛ (P-МЕТИЛФЕНИЛ) ТИОДИИМИН	13,1	154,4	68,0	Ж
БЕНЗОИЛ (P-ТРИФТОР-МЕТИЛСУЛЬФОНИЛ) ФЕНИ-ТИОДИИМИН	15,9	158,0	70,0	Ж
БЕНЗОЛ	1,0028	700,0	371,1	Г
БЕНЗОЛ	2,1	275,0	135,0	Ж
БЕНЗОЛ	2,3	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОЛ	2,3	50	10	Ж
БЕНЗОЛ ТЯЖЕЛЫЙ	3,2	68	20	Ж
БЕНЗОЛ + МАЛОНАТ, БЕЗ ЭМУЛЬСИИ	3,5	68	20	Ж
БЕНЗОЛ (БРОММЕТИЛ)	6,7	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОЛ (ДИХЛОРМЕТИЛ)	6,9	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОЛ (ТРИФТОРМЕТИЛ)	9,2	77,0	25,0	Ж
БЕНЗОЛ ТЯЖЕЛЫЙ	3,2	68	20	Ж
БЕНЗОЛ ЧИСТЫЙ	1,9	68	20	Ж
БЕНЗОЛДИОЛ	13,6	248,0	120,0	Ж
БЕНЗОЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДИХЛОРИД	26,0	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДИФТОРИД	27,9	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОЛСУЛЬФОНИЛ ХЛОРИД	28,9	122,0	50,0	Ж
БЕНЗОЛСУЛЬФОНИЛ ХЛОРИД, (ТРИФТОРМЕТИЛ-СУЛЬФОНИЛ)	4,7	77,0	25,0	Ж
БЕНЗОЛТИОЛ	4,3	86,0	30,0	Ж
БЕНЗОЛТИОЛ, (ТРИФТОРМЕТИЛСУЛЬФОНИЛ)	28,5	77,0	25,0	Ж
БЕНЗОНИТРИЛ	22,0	160,0	71,1	Ж
БЕНЗОНИТРИЛ	25,9-26	68,0	20,0	Ж
БЕНЗОФЕНОН	11,4	112,0	44,4	Ж
БЕНЗОФЕНОН	12,6	80,6	27,0	Ж
БЕНЗОТРИХЛОРИД	7,4	68,0	20,0	Ж



## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
БЕНЗОТРИХЛОРИД	19,0	68,0	20,0	Ж
БИОПРОПАНОЛ	25,0	68	20	Ж
БИС(3-МЕТИЛБУТИЛ)АМИН	2,5	64,4	18,0	Ж
БИТУМ	2,3	140	60	Ж
БИТУМ	2,8	68	20	Ж
БИТУМ ПОРИСТЫЙ	4,1	75,0	23,9	Ж
БУТАДИЕН	2,1	17,6	-8,0	Ж
БУТАНАЛ	13,0	77,0	25,0	Ж
БУТАН	1,4	30,2	-1,0	Ж
БУТАН	1,8	71,6	22,0	Ж
БУТАН	2,9	68	20	Ж
БУТАНДИОЛ	22,4	77,0	25,0	Ж
БУТАНДИОЛ	30,0	80,0	26,7	Ж
БУТАНДИОЛ ДИНИТРАТ	18,0-18,9	68,0	20,0	Ж
БУТАНДИОЛ-(1,3)-ДИНИТРАТ	18,9	68	20	Ж
БУТАНДИОЛ-(1,4)	30,2	86	30	Ж
БУТАНДИОЛ-(2,3)-ДИНИТРАТ	28,8	68	20	Ж
БУТАНДИОЛДИАЦЕТАТ	5,1	77	25	Ж
БУТАНОЛ (БУТИЛАЛКОГОЛЬ)	15,4	104	40	Ж
БУТАНОЛ (БУТИЛАЛКОГОЛЬ)	23,8	-13	-25	Ж
БУТАНОЛ (БУТИЛАЛКОГОЛЬ)	17,3-17,8	68,0	20,0	Ж
БУТАНОН	18,5-18,6	68,0	20,0	Ж
БУТАНОН (-2)	17,6	104	40	Ж
БУТАНОН (-2)-ОКСИМ	3,4	68	20	Ж
БУТАНОНОКСИМ	3,4	68,0	20,0	Ж
БУТАНОНОКСИМ	3,4	68	20	Ж
БУТЕН	2,0	73,4	23,0	Ж
БУТОКСИАЦЕТИЛЕН	6,6	77,0	25,0	Ж
БУТОКСИАЦЕТИЛЕН	6,6	68	20	Ж
БУТОКСИЭТАНОЛ	9,4	77,0	25,0	Ж
БУТОКСИЭТИЛ ИЗОЦИАНАТ	9,4	68,0	20,0	Ж
БУТИЛАЦЕТАТ	3,4	140,0	60,0	Ж
БУТИЛАЦЕТАТ	5,1	68,0	20,0	Ж
БУТИЛАКРИЛАТ	5,3	82,4	28,0	Ж
БУТИЛАКРИЛАТ	4,2	68	20	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (БУТАНОЛ)	7,0	140	60	Ж
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (БУТАНОЛ)	11,2	86	30	Ж
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (БУТАНОЛ)	19,5	50	10	Ж
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (БУТАНОЛ)	20,0	75,0	23,9	Ж
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (БУТАНОЛ)	23,8	-13	-25	Ж
БУТИЛАЛКОГОЛЬ (N-)	7,8	66,0	18,9	Ж
БУТИЛБЕНЗОЛ	2,3	86	30	Ж
БУТИЛБЕНЗОАТ	5,5	86,0	30,0	Ж
ВАЗЕЛИНОВОЕ МАСЛО	1,6	68	20	Ж
ВАЗЕЛИН	2,2-2,9	77,0	25,0	ТВ
ВОДА	10,1	687	364	Ж
ВОДА	20,4	248	120	Ж
ВОДА	34,5	390,0	198,9	Ж
ВОДА	80,4	68,0	20,0	Ж
ВОДА	88,0	32,0	0,0	Ж
ВОДА	48,0-55,0	212,0	100,0	Ж
ВОДА (ПАР)	1,00785	68,0	20,0	Г
ВОДА ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННАЯ	29,3	68	20	Ж
ВОДА ДИСТИЛЛИРОВАННАЯ	34,0	77,0	25,0	Ж
ВОДА ТЯЖЕЛАЯ	78,3	77	25	Ж
ВОДА ТЯЖЕЛАЯ (ОКИСЬ ДЕЙТЕРИЯ)	80,0	68,0	20,0	Ж
ВОСК	1,8	68	20	ТВ
ВОСК	2,4-6,5			ТВ
ВОСК:135 АРМ WAX	2,3			ТВ
ВОСК: VIWAX	2,5	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: PARAWAX	2,3	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: АКРОВАКС	2,4			ТВ
ВОСК: ГАЛОВАКС 1001	4,1	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ГАЛОВАКС 1013	4,8	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ГАЛОВАКС 1014	4,4	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ГАЛОВАКС 11-314	2,9	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: КАНДЕЛИЛЬСКИЙ	2,25-2,5			ТВ
ВОСК: КАРНАУБСКИЙ	2,9	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: НЕФТЯНОЙ ПАРАФИН	2,1	300,0	148,9	Ж
ВОСК: НЕФТЯНОЙ ПАРАФИН	3,0	200,0	93,3	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ВОСК: ПАРАФИН	1,9	250,0	121,1	Ж
ВОСК: ПАРАФИН	2,2	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ПЧЕЛИНЫЙ ВОСК	2,7	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ЦЕРЕЗИН	2,4	75,0	23,9	ТВ
ВОСК: ЦЕРЕЗИН КОРИЧНЕВЫЙ G	2,3			ТВ
ВОСК: ЦЕРЕЗИН	2,25-2,5			ТВ
ГАЗОЛИН	2,0	70,0	21,1	Ж
ГАЗОЛИН ТОПЛИВНЫЙ	2,1	75,0	23,9	Ж
ГЕЛИЙ	1,1	-358,0	-216,7	Г
ГЕЛИЙ	1,1	-455,8	-271,0	Г
ГЕЛИЙ-3	1,055	58,0	14,4	Ж
ГЕЛИЙ ЖИДКИЙ	1,9-2,0			Ж
ГЕПТАН	1,9	68,0	20,0	Ж
ГЕПТАН	2,1	-130,0	-90,0	Ж
ГЕКСАН	1,8	167	75	Ж
ГЕКСАН	1,9	68,0	20,0	Ж
ГЕКСАН	1,9	86	30	Ж
ГЕКСАН	2,0	-130,0	-90,0	Ж
ГЕКСАН	3,2	-200,0	-128,9	Ж
ГЕКСАН (цис-3-)	2,1	76,0	24,4	Ж
ГЕКСАН (N-)	1,9	68,0	20,0	Ж
ГЕКСАНОН	14,6	68,0	20,0	Ж
ГЕКСАНОН-(2)	14,6	58	15	Ж
ГЕКСЕН	2,0	69,8	21,0	Ж
ГЕКСЕН (цис-3-)	2,1	76,0	24,4	Ж
ГЕКСЕН (транс-3-)	2,0	76,0	24,4	Ж
ГЕКСИЛАМИН	4,1	68,0	20,0	Ж
ГИДРАЗИН	51,7	77,0	25,0	Ж
ГИДРАЗИН	52,9	68	20	Ж
ГУДРОН	3,8	86	30	Ж
ДЕКАН	1,8	340,0	171,1	Ж
ДЕКАН	2,0	68,0	20,0	Ж
ДЕГОТЬ ПЕРВИЧНЫЙ	4,0	68	20	Ж
ДЕГОТЬ ПЕРВИЧНЫЙ С 4,1% ВЛАГИ	5,5	68	20	Ж
ДЕГОТЬ СЫРОЙ	4,0	68	20	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ДЕГТЯРНАЯ ПАСТА ВТ 80/125 С БИТУМОМ	4,0	68	20	ТВ
ДЕГТЯРНАЯ ПАСТА Т 40/60, ОЧЕНЬ ЖИДКАЯ	4,7	68	20	ТВ
ДЕГТЯРНАЯ ПАСТА TV 49/51, ОЧЕНЬ ГУСТАЯ	4,3	158	70	ТВ
ДИБРОМБЕНЗОЛ	2,6	23,0	-5,0	Ж
ДИБРОМБЕНЗОЛ	4,5	190,0	87,8	Ж
ДИБРОМБЕНЗОЛ	4,7	73	23	Ж
ДИБРОМБЕНЗОЛ	7,5	68	20	Ж
ДИБРОМБЕНЗОЛ	8,8	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМБЕНЗОЛ (P-)	4,5	190,0	87,8	ТВ
ДИБРОМБУТАН	4,7	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМБУТАН	5,8	77	25	Ж
ДИБРОМГЕПТАН	3,8	77	25	Ж
ДИБРОМГЕПТАН	3,8	150,0	65,6	Ж
ДИБРОМГЕПТАН	5,08	24,0	-4,4	Ж
ДИБРОМГЕПТАН	5,1	76,0	24,4	Ж
ДИБРОМГЕКСАН	4,7-5,0	77,0	25,0	Ж
ДИБРОМДЕКАН	6,6	86,0	30,0	Ж
ДИБРОМДИХЛОРМЕТАН	2,5	77,0	25,0	Ж
ДИБРОМДИФТОРМЕТАН	2,9	32,0	0,0	Ж
ДИБРОММЕТАН	6,7	104	40	Ж
ДИБРОММЕТАН	7,0	68	20	Ж
ДИБРОММЕТАН	7,8	50,0	10,0	Ж
ДИБРОММЕТИЛПРОПАН	4,1	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМНОНАН	7,2	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМОКТАН	7,4	77,0	25,0	Ж
ДИБРОМПЕНТАН	4,3	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМПРОПАН	4,3	68,0	20,0	Ж
ДИБРОМЭТАН	4,1	212	100	Ж
ДИБРОМЭТАН	4,1	265,0	129,4	Ж
ДИБРОМЭТАН	4,6	131	55	Ж
ДИБРОМЭТАН	4,7	104	40	Ж
ДИБРОМЭТАН	4,8	77	25	Ж
ДИБРОМЭТЕН	7,1	77	25	Ж
ДИБРОМЭТЕН	7,7	32	0	Ж
ДИБРОМЭТИЛЕН	2,9	68	20	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ДИБРОМЭТИЛЕН	3,0	32	0	Ж
ДИБРОМЭТИЛЕН (цис-)	7,1	77,0	25,0	Ж
ДИБРОМЭТИЛЕН (цис-1, 2)	7,7	32,0	0,0	Ж
ДИБРОМЭТИЛЕН (транс-)	2,9	77,0	25,0	Ж
ДИБУТОКСИДИМЕТИЛСИЛАН	2,8	77,0	25,0	Ж
ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО	2,1	68	20	Ж
ДИИЗОПРОПАНОЛАМИН (ДИПА)	13,2-13,9	122-86	50-30	Ж
ДИМЕТИЛ СУЛЬФАТ	55,0	77,0	25,0	Ж
ДИМЕТИЛСУЛЬФИД	6,3	68,0	20,0	Ж
ДИМЕТИЛ СУЛЬФОН	47,4	230,0	110,0	Ж
ДИМЕТИЛ СУЛЬФОКСИД	47,2	68,0	20,0	Ж
ДИОКСИД СЕРЫ	14,0	68,0	20,0	Ж
ДИОКСИД СЕРЫ	15,0	32	0	Ж
ДИОКСИД СЕРЫ	17,6	-4,0	-20,0	Ж
ДИОКСИД СЕРЫ	17,7	-6	-21	Ж
ДИХЛОР-1-ХЛОРМЕТИЛБЕНЗОЛ	6,3	77,0	25,0	Ж
ДИХЛОР-1-МЕТИЛБЕНЗОЛ	9,0	77	25	Ж
ДИХЛОР-1-НИТРОЭТАН	16,3	86,0	30,0	Ж
ДИХЛОР-2-ХЛОРЭТИЛБЕНЗОЛ	5,2	75,2	24,0	Ж
ДИХЛОР-2-МЕТИЛПРОПАН	7,2	73	23	Ж
ДИХЛОР-2-ВИНИЛБЕНЗОЛ	2,6	77	25	Ж
ДИХЛОР-3,5 БИС (ТРИФТОРМЕТИЛ) БЕНЗОЛ	3,1	86,0	30,0	Ж
ДИЭТАНОЛАМИН (ДЭА)	22-25	122-86	50-30	Ж
ДИЭТОКСИЭТАН	3,9	68,0	20,0	Ж
ДИЭТОКСИМЕТАН	2,5	68,0	20,0	Ж
ДИЭТИЛАМИН	3,7	68	20	Ж
ДИЭТИЛДИСУЛЬФИД	10,2	64,4	18,0	Ж
ДИЭТИЛСИЛАН	2,5	68	20	Ж
ИЗООКТАН	2,1-2,3			Ж
ИЗОПЕНТАН	1,8	68	20	Ж
ИЗОПЕНТАН	1,9	32	0	Ж
КСИЛОЛ	2,4	77	25	Ж
КСИЛОЛ (С8Н10)(P-)	2,2	56	13	Ж
КСИЛОЛ (M-)	2,3	86	30	Ж
КСИЛОЛ (M-)	2,4	68,0	20,0	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
КОКС	3,0	68	20	ТВ
КОКС	8,0	68	20	ТВ
КОКС	1,1 -2,2			ТВ
ЛИГРОИН (ПРОДУКТ ПЕРЕГОНКИ)	2,0	75,0	23,9	Ж
ЛИГРОИН ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЧИСТКИ	2,0	68	20	Ж
МАСЛО SAE90	2,2	50	10	Ж
МАСЛО SAE90	2,2	140	60	Ж
МАСЛО MOBIL	2,3	68	20	Ж
МАСЛО TRANSIL	2,2	78,8	26,0	Ж
МАСЛО TRANSIL10C	2,1	78,8	26,0	Ж
МАСЛО МОТОРНОЕ	2,6	68	20	Ж
МАСЛО МОТОРНОЕ 10W40 И SAE30	2,2	75,0	23,9	Ж
МАСЛО НЕЭЛЕКТРОПРОВОДНОЕ	3,0	68	20	Ж
МАСЛО НЕФТЯНОЕ	2,1	68,0	20,0	Ж
МАСЛО ПАРАФИНОВОЕ	2,2-4,7	68,0	20,0	Ж
МАСЛО ПИРАНОЛ	5,3	68,0	20,0	Ж
МАСЛО ТРАНСФОРМАТОРНОЕ	2,1	68	20	Ж
МАСЛО ТРАНСМИССИОННОЕ	2,2	80,6	27,0	Ж
МАСЛО ТЕРПЕНТИННОЕ	2,2	68,0	20,0	Ж
МЕТАН	1,005-1,05	10	50	Г
МЕТАН (СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ)	1,7	-295,6	-182,0	Ж
МЕТИЛАМИН	9,4	77	25	Ж
МЕТИЛАМИН	11,3	32	0	Ж
МЕТИЛАМИН	11,4	14	-10	Ж
МЕТИЛМЕРКАПТАН	7,6	35,0	1,7	Ж
МЕТИЛНАФТАЛИН	2,7	77	25	Ж
МЕТИЛНАФТАЛИН	2,7	68,0	20,0	Ж
МЕТИЛНАФТАЛИН	2,7	104,0	40,0	Ж
МЕТИЛНИТРАТ	23,9	68,0	20,0	Ж
МЕТИЛНИТРАТ	23,5	64	18	Ж
МЕТИЛПЕНТАДИЕН-(1,3)	2,4	77	25	Ж
МЕТИЛПЕНТАДИЕН-(1,3)	2,5	122	50	Ж
МЕТИЛПЕНТАДИЕН-(1,3)	3,2	-103	-75	Ж
МЕТИЛПЕНТАН	1,9	68,0	20,0	Ж
МИНЕРАЛЬНОЕ МАСЛО	2,1	80,0	26,7	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
НАФТАЛИН	2,3	185,0	85,0	Ж
НАФТАЛИН	2,5	194	90	Ж
НАФТАЛИН	2,5	75,0	23,9	ТВ
НАФТАЛИН	2,5	68	20	ТВ
НАФТАЛИН	2,5	75,0	23,9	Ж
НАФТЕНОВАЯ КИСЛОТА	2,6	68	20	Ж
НАФИЛАМИН	5,2	140,0	60,0	Ж
НАФИЛЕНАЦЕТАМИД	24,3	320,0	160,0	Ж
НАФИЛСАЛИЦИЛАТ	6,3	68,0	20,0	Ж
НАФИЛНИТРИЛ	16,0	158	70	Ж
НАФИЛНИТРИЛ	19,2	72	22	Ж
НАФИЛЭТИЛ ЭФИР	3,2	68,0	20,0	Ж
НАФТОЛ	5,0	212,0	100,0	Ж
НАФТОНИТРИЛ	6,4	70,0	21,1	Ж
НАФТОНИТРИЛ	16,0	158,0	70,0	Ж
НАФТОНИТРИЛ	6,4	69,8	21,0	Ж
НЕФТЬ	2,04-3	68	20	Ж
НЕФТЬ/DEA124	2,4	68	20	Ж
НЕФТЬ В1	6,0	68	20	Ж
НЕФТЬ В3	4,2	68	20	Ж
НЕФТЬ D8	6,8	122	50	Ж
НЕФТЬ КОНСЕРВИРОВАННАЯ+C2733	2,4	68	20	Ж
НЕФТЬ ТОПЛИВНАЯ (№2)	2,7	75,0	23,9	Ж
НЕФТЬ НВ-40	2,3	77,0	25,0	Ж
НЕФТЬ ДЛЯ ОБОГРЕВА	2,1	68	20	Ж
НЕФТЬ ТЯЖЕЛАЯ	2,2	68	20	Ж
НЕФТЬ KEL-F МАРКА №1	2,2	77,0	25,0	Ж
НЕФТЬ KEL-F МАРКА №10	2,1	77,0	25,0	Ж
НЕФТЬ KEL-F МАРКА №3	2,1	77,0	25,0	Ж
НЕФТЕВОДЯНАЯ СМЕСЬ	24,2	68	20	Ж
НЕФТЯНОЙ КОМПАУНД СУХОЙ	2,4	68	20	
НЕФТЯНОЙ КОМПАУНД ВЛАЖНЫЙ	2,4	68	20	Ж
ОКТАН	1,061			Г
ОКТАН	1,8	230,0	110,0	Ж
ОКТАН	1,9	160,0	71,1	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ОКТАН	1,95	68,0	20,0	Ж
ОКТАН	1,9	77	25	Ж
ОКТАНОН	7,4	212,0	100,0	Ж
ОКТАНОН	9,5	68,0	20,0	Ж
ОКТАНОН	12,5	-4,0	-20,0	Ж
ОКТИЛБЕНЗОЛ	2,3	68,0	20,0	Ж
ОКТИЛЕН	4,1	66,2	19,0	Ж
ПАР ВОДЯНОЙ	1,008	212,0	100,0	Г
ПАРАФИН ЖИДКИЙ	2,0	68	20	Ж
ПЕНТАН	1,8	68,0	20,0	Ж
ПЕНТАН	2,0	-130,0	-90,0	Ж
ПЕНТАНДИОЛ	17,3	73,4	23,0	Ж
ПЕНТАНДИОН	26,5	86,0	30,0	Ж
ПЕНТАНДИОН	23,0	68	20	Ж
ПЕНТАНОЛ	13,4	77,0	25,0	Ж
ПЕРОКСИД ВОДОРОДА, 30%	11,0	68	20	Ж
ПИРАЗИН	2,8	120,0	48,9	Ж
ПИРИДИН	2,8	122,0	50,0	Ж
ПИРИДИН	12,3	77	25	Ж
ПИРИДИН	12,5	68,0	20,0	Ж
ПОЛИПРОПИЛЕН ЖИДКИЙ	2,2-2,4	68	20	Ж
ПРОПАН	1,6	32,0	0,0	Ж
ПРОПАН	1,7	68,0	20,0	Ж
ПРОПАНДИОЛ	27,5	86,0	30,0	Ж
ПРОПАНДИОЛ ДИНИТРАТ	19,0	68,0	20,0	Ж
ПРОПАНДИТИОЛ	7,2	68,0	20,0	Ж
ПРОПАННИТРИЛ	29,7	68,0	20,0	Ж
ПРОПАНТИОЛ	5,9	59,0	15,0	Ж
ПРОПАНТРИОЛ 1,2-ДИАЦЕТАТ	18,2	-20,2	-29,0	Ж
ПРОПАНТРИОЛ 1,3-ДИАЦЕТАТ	9,8	59,0	15,0	Ж
ПРОПЕН	1,3	197,0	91,7	Ж
ПРОПЕН	1,7	150,0	65,6	Ж
ПРОПЕН	1,8	112,0	44,4	Ж
ПРОПЕН	1,9	68,0	20,0	Ж
ПРОПЕН	2,1	-63,4	-53,0	Ж



## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ПРОПИЛАМИН	2,9	72	22	Ж
ПРОПИЛАМИН	5,1	73,4	23,0	Ж
ПРОПИЛАМИН	5,3	68	20	Ж
ПРОПИЛБЕНЗОЛ	2,4	68,0	20,0	Ж
ПРОПИЛЕН (жидкий)	11,9			Ж
ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ (PG)	25-28	122-86	50-30	Ж
ПРОПИЛЕН ЖИДКИЙ	1,9	68	20	Ж
СЕРА	3,4	752,0	400,0	Ж
СЕРА	3,5	447,0	230,6	Ж
СЕРА	3,55	244,0	117,8	Ж
СЕРА	2,2	75,0	23,9	ТВ
СЕРА	3,5	68	20	ТВ
СЕРА	1,6-3,4	75,0	23,9	ТВ
СЕРА (ПОРОШОК)	1,6-3,6			ТВ
СЕРНАЯ КИСЛОТА	21,9	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА, 15%	31,0	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА, 95%	8,3	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА, 96%	7,8	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА, 97%	8,6	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА, 98%	7,2	68	20	Ж
СЕРНАЯ КИСЛОТА КОНЦЕНТРИРОВАННАЯ	3,5	70	21	Ж
СЕРНИСТЫЙ УГЛЕРОД ЧИСТЫЙ	2,6	68	20	Ж
СЕРОВОДОРОД	5,9	50,0	10,0	Ж
СЕРОВОДОРОД	9,3	-120,0	-84,4	Ж
СЕРОВОДОРОД	8,0	-78	-61	Ж
СЕРОВОДОРОД	9,0	-109	-79	Ж
СЕРОВОДОРОД	9,3	-122	-86	Ж
СЕРОВОДОРОД	5,9	50	10	Г
СЕРОУГЛЕРОД	2,2	180,0	82,2	Ж
СЕРОУГЛЕРОД	2,2	350,0	176,7	Ж
СЕРОУГЛЕРОД	2,6	68,0	20,0	Ж
СЕРОУГЛЕРОД	3,0	-166,0	-110,0	Ж
СЕРЫ ХЛОРИД	3,0	77,0	25,0	Ж
СЕРЫ ХЛОРИД	4,8	59	15	Ж
СЖИЖЕННЫЙ ВОЗДУХ	1,5			Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
СЖИЖЕННЫЙ ВОДОРОД	1,2			Ж
СУГ	1,6-1,9			Ж
СУЛЬФАТ МЕЛКИЙ	3,6	68	20	ТВ
СУЛЬФИНИЛАНИЛИН (ТРИФТОРМЕТИЛСУЛЬФОНИЛ)-N-	15,1	168,8	76,0	Ж
СУЛЬФИНИЛАНИЛИН	7,0	77,0	25,0	Ж
СУЛЬФИТ (ВОДНЫЙ РАСТВОР)	32,0	68	20	Ж
ТОЛУОЛ	2,0	360,0	182,2	Ж
ТОЛУОЛ	2,2	260,0	126,7	Ж
ТОЛУОЛ	2,4	32,0	0,0	Ж
ТОЛУОЛ (C7H8)	2,3	68	20	Ж
ТОЛУОЛДИИЗОЦИАНАТ	5,1	68,0	20,0	Ж
ТОЛУОЛ (ТРИФТОРМЕТИЛСУЛЬФОНИЛ)	23,4	104,0	40,0	Ж
ТОПЛИВО РЕАКТИВНОЕ (РТ-1)	2,1	77,0	25,0	Ж
ТОПЛИВО РЕАКТИВНОЕ (РТ-3)	2,0	77,0	25,0	Ж
ТОПЛИВО РЕАКТИВНОЕ (ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ – РТ-4)	1,7	69,8	21,0	Ж
ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО	2,1	68	20	Ж
ТРИЭТАНОЛАМИН (ТЕА)	24-28	122-86	50-30	Ж
ТЯЖЕЛАЯ НЕФТЬ	3,0			Ж
ТЯЖЕЛАЯ НЕФТЬ, С	2,6			Ж
ФЕНИЛЭТИЛЕН (СТИРОЛ)	2,3	167,0	75,0	Ж
ФЕНИЛЭТИЛЕН (СТИРОЛ)	2,4	77,0	25,0	Ж
ФТОРИСТОВОДОРОДНАЯ (ПЛАВИКОВАЯ) КИСЛОТА	83,6	32,0	0,0	Ж
ХЛОР-2-МЕТИЛБУТАН	9,3	61	16	Ж
ХЛОР-2-МЕТИЛБУТАН	12,3	-59	-50	Ж
ХЛОР-2-МЕТИЛПРОПАН	6,5	59	15	Ж
ХЛОР-2-МЕТИЛПРОПАН	9,2	86	30	Ж
ХЛОР-2-МЕТИЛПРОПАН	11,7	14	-10	Ж
ХЛОР-2-НИТРОБЕНЗОЛ	37,7	122	50	ТВ
ХЛОР-3-БРОМБЕНЗОЛ	4,6	68	20	Ж
ХЛОР-3-МЕТИЛБУТАН	6,1	66	19	ТВ
ХЛОР-3-НИТРОБЕНЗОЛ	13,3	149	65	ТВ
ХЛОР-3-НИТРОБЕНЗОТРИФТОРИД	12,8	86	30	Ж
ХЛОР-4-ЭТИЛБЕНЗОЛ	6,0	77	25	Ж
ХЛОР-4-НИТРОБЕНЗОЛ	8,1	248	120	ТВ
ХЛОР-5-НИТРОБЕНЗОТРИФТОРИД	9,8	86	30	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ХЛОРБЕНЗОЛ	4,7	100,0	37,8	Ж
ХЛОРБЕНЗОЛ	5,9	68,0	20,0	Ж
ХЛОРБЕНЗОЛ	6,1	32	0	Ж
ХЛОРБЕНЗОЛ	7,2	-50,0	-45,6	Ж
ХЛОРБУТАДИЕН	4,9	68,0	20,0	Ж
ХЛОРБУТАН	6,8	108	42	Ж
ХЛОРБУТАН	7,3	68,0	20,0	Ж
ХЛОРБУТАН	9,1	-20,0	-28,9	Ж
ХЛОРБУТАН	12,2	-130	-90	Ж
ХЛОРЭТАН	6,2	340,0	171,1	Ж
ХЛОРЭТАН	9,5	68,0	20,0	Ж
ХЛОРГЕКСАН	6,1	68,0	20,0	Ж
ХЛОРМЕТАН	10,0	71,6	22,0	Ж
ХЛОРМЕТАН	12,6	-35,0	-37,2	Ж
ХЛОРМЕТИЛБУТАН	6,1	66,2	19,0	Ж
ХЛОРМЕТИЛБУТАН	12,3	-58,0	-50,0	Ж
ХЛОРМЕТИЛПРОПАН	6,5	45,0	7,2	Ж
ХЛОРМЕТИЛПРОПАН	7,0	68,0	20,0	Ж
ХЛОРНИТРОБЕНЗОЛ	8,1	248,0	120,0	Ж
ХЛОРНИТРОПРОПАН	31,9	-9,4	-23,0	Ж
ХЛОРНИТРОТОЛУОЛ	28,1	82,4	28,0	Ж
ХЛОРНИТРОПРОПИЛЕН	8,9	79	26	Ж
ХЛОРПИРИДИН	27,3	77,0	25,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАДИОН	4,4	170,0	76,7	Ж
ЦИКЛОГЕКСАН	2,0	68,0	20,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАН	2,0	68	20	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНДИОН	4,4	172	78	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНДИОН	4,4	172,4	78,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНКАРБОКСИЛОВАЯ КИСЛОТА (ЦИКЛОГЕКСАНКАРБОНОВАЯ КИСЛОТА)	2,6	88,0	31,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНМЕТАНОЛ	8,1	176,0	80,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНМЕТАНОЛ	9,7	140,0	60,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОЛ	12,5	113	45	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОЛ	14,1	95	35	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОЛ	14,8	77	25	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОЛ	15,0	68	20	Ж

## Приложение 1 – Справочник диэлектрических постоянных

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ	ДП	°F	°C	СОСТОЯНИЕ
ЦИКЛОГЕКСАНОН	18,3	68	20	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОН	19,0	-40,0	-40,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНОН (КЕТОГЕКСАМЕТИЛЕН)	18,2	68,0	20,0	Ж
ЦИКЛОГЕКСАНТИОЛ	5,4	77,0	25,0	Ж
ЭТАН	1,9	-288,4	-178,0	Ж
ЭТИЛБЕНЗАМИД	42,6	176,0	80,0	Ж
ЭТИЛБЕНЗОЛ	2,4	68,0	20,0	Ж
ЭТИЛБЕНЗОЛ	3,0	76,0	24,4	Ж
ЭТИЛБЕНЗИЛАМИН	4,3	68,0	20,0	Ж
ЭТИЛЕН	1,5	26,6	-3,0	Ж
ЭТИЛЕНОКСИД	12,4	68,0	20,0	Ж
ЭТИЛЕНОКСИД	13,9	30	-1	Г
ЭТИЛЕНСУЛЬФИТ	39,6	77,0	25,0	Ж

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

Раздел		Стр.
A2.1	Температура_____	A18
A2.2	Давление_____	A19
A2.3	Объем_____	A19
A2.4	Расход_____	A19
A2.5	Эквиваленты_____	A20
A2.6	Преобразование британских единиц в метрические_____	A21
A2.7	Десятичные эквиваленты дробей_____	A22
A2.8	Множители_____	A22
A2.9	Таблица насыщенного пара (метрические единицы)_____	A23
A2.9	Таблица насыщенного пара (британские единицы)_____	A24
A2.11	Максимально допустимый внутренний диаметр и минимальная толщина стенок труб согласно ASTM A106_____	A25
A2.12	Размеры сварных и бесшовных труб из углеродистой и легированной стали_____	A26



# Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

## A2.1 Температура

от -459,4° до 0°			от 1° до 60°			от 61° до 290°			от 300° до 890°			от 900° до 3000°		
C	FC	F	C	FC	F	C	FC	F	C	FC	F	C	FC	F
-273	-459,4		-17,2	1	33,8	16,1	61	141,8	149	300	572	482	900	1652
-268	-450		-16,7	2	35,6	16,7	62	143,6	154	310	590	488	910	1670
-262	-440		-16,1	3	37,4	17,2	63	145,4	160	320	608	493	920	1688
-257	-430		-15,6	4	39,2	17,8	64	147,2	166	330	626	499	930	1706
-251	-420		-15,0	5	41,0	18,3	65	149,0	171	340	644	504	940	1724
-246	-410		-14,4	6	42,8	18,9	66	150,8	177	350	662	510	950	1742
-240	-400		-13,9	7	44,6	19,4	67	152,6	182	360	680	516	960	1760
-234	-390		-13,3	8	46,4	20,0	68	154,4	188	370	698	521	970	1778
-229	-380		-12,8	9	48,2	20,6	69	156,2	193	380	716	527	980	1796
-223	-370		-12,2	170	50,0	21	70	158,0	199	390	734	532	990	1814
-218	-360		-11,7	11	51,8	21,7	71	159,8	204	400	752	538	1000	1832
-212	-350		-11,1	102	53,6	22,2	72	161,6	210	410	770	549	1020	1868
-207	-340		-10,6	13	55,4	22,8	73	163,4	216	420	788	560	1040	1904
-201	-330		-10,0	14	57,2	23,3	74	165,2	221	430	806	571	1060	1940
-196	-320		-9,4	15	59,0	23,9	75	167,0	227	440	824	582	1080	1976
-190	-310		-8,9	16	60,8	24,4	76	168,8	232	450	842	593	1100	2012
-184	-300		-8,3	17	62,6	25,0	77	170,6	238	460	860	604	1120	2048
-179	-290		-7,8	18	64,4	25,6	78	172,4	243	470	878	616	1140	2084
-173	-280		-7,2	19	66,2	26,1	79	174,2	249	480	896	627	1160	2120
-169	-273	-459,4	-6,7	20	68,0	26,7	80	176,0	254	490	914	638	1180	2156
-168	-270	-454	-6,1	21	69,8	27,2	81	177,8	260	500	932	649	1200	2192
-162	-260	-436	-5,6	22	71,6	27,8	82	179,6	266	510	950	660	1220	2228
-157	-250	-418	-5,0	23	73,4	28,3	83	181,4	271	520	968	671	1240	2264
-151	-240	-40	-4,4	24	75,2	28,9	84	183,2	277	530	986	682	1260	2300
-146	-230	-382	-3,9	25	77,0	29,4	85	185,0	282	540	1004	693	1280	2336
-140	-220	-364	-3,3	26	78,8	30,0	86	186,8	288	550	1022	704	1300	2372
-134	-210	-346	-2,8	27	80,6	30,6	87	188,6	293	560	1040	732	1350	2462
-129	-200	-328	-2,2	28	82,4	31,1	88	190,4	299	570	1058	760	1400	2552
-123	-190	-310	-1,7	29	84,2	31,7	89	192,2	304	580	1076	788	1450	2642
-118	-180	-292	-1,1	30	86,0	32,2	90	194,0	310	590	1094	816	1500	2732
-112	-170	-274	-0,6	31	87,8	32,8	91	195,8	316	600	1112	843	1550	2822
-107	-160	-256	0,0	32	89,6	33,3	92	197,6	321	610	1130	871	1600	2912
-101	-150	-238	0,6	33	91,4	33,9	93	199,4	327	620	1148	899	1650	3002
-96	-140	-220	1,1	34	2332	34,4	94	201,2	332	630	1166	927	1700	3092
-90	-130	-202	1,7	35	95,0	35,0	95	203,0	338	640	1184	954	1750	3182
-84	-120	-184	2,2	36	96,8	35,6	96	204,8	343	650	1202	982	1800	3272
-79	-110	-166	2,8	37	98,6	36,1	97	206,6	349	660	1220	1010	1850	3362
-73	-100	-148	3,3	38	100,4	36,7	98	208,4	354	670	1238	1038	1900	3452
-68	-90	-130	3,9	39	102,2	37,2	99	210,2	360	680	1256	1066	1950	3542
-62	-80	-112	4,4	410	104,0	37,8	100	212,0	366	690	1274	1093	2000	3632
-57	-70	-94	5,0	41	105,8	43	110	230	371	700	1292	1121	2050	3722
-51	-60	-76	59,4	42	107,6	49	120	248	377	710	300	1149	3000°	3812
-46	-50	-58	6,1	43	109,4	54	130	266	382	720	1328	1177	2150	3902
-40	-40	-40	6,7	44	111,2	60	140	284	388	730	1346	1204	2200	3992
-34	-30	-22	7,2	45	113,0	66	150	302	393	740	1364	1232	2250	4082
-29	-20	-4	7,8	46	114,8	71	160	320	399	750	1382	1260	2300	4172
-23	-10	14	8,3	47	116,6	77	170	338	404	760	1400	1288	2350	4262
-17,8	0	32	8,9	48	118,4	82	180	356	410	770	1418	1316	2400	4352
			9,4	49	120,2	88	190	374	416	780	1436	1343	2450	4442
			10,0	50	122,0	93	200	392	421	790	1454	1371	2500	4532
			10,6	51	123,8	99	210	410	427	800	1472	1399	2550	4622
			11,1	52	125,6	100	212	413,6	432	810	1490	1427	2600	4712
			11,7	53	127,4	104	220	428	438	820	1508	1454	2650	4802
			12,2	54	129,2	110	230	446	443	830	1526	1482	2700	4892
			12,8	55	131,0	116	240	464	449	840	1544	1510	2750	4982
			13,3	56	132,8	121	250	482	454	850	1562	1538	2800	5072
			13,9	57	134,6	127	260	500	460	860	1580	1566	2850	5162
			14,4	58	136,4	132	270	518	466	870	1598	1593	2900	5252
			15,0	59	138,2	138	280	536	471	880	1616	1621	2950	5342
			15,6	60	140,0	143	290	554	477	890	1634	1649	3000	5432

(1) Найдите значение температуры в среднем столбце. Если температура выражена в градусах Цельсия, найдите эквивалентное значение по Фаренгейту в столбце справа; если температура выражена в градусах Фаренгейта, найдите эквивалентное значение по Цельсию в столбце слева.

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.2 Давление

из/в	PSI	кПа	Дюймы <sup>(2)</sup> H2O	мм H2O	Дюймы <sup>(3)</sup> рт. ст.	мм рт. ст.	Бары	мбар	кг/см <sup>2</sup>	г/см <sup>2</sup>
PSI (фунт/ дюйм <sup>2</sup> )	1	6,8948	27,7620	705,1500	2,0360	51,7149	0,0689	68,9470	0,0703	70,3070
кПа	0,1450	1	4,0266	102,2742	0,2953	7,5006	0,0100	10,0000	0,0102	10,197
Дюймы H2O*	0,0361	0,2483	1	25,4210	0,0734	1,8650	0,0025	2,4864	0,0025	2,5355
мм H2O	0,0014	0,0098	0,0394	1	0,0028	0,0734	0,0001	0,0979	0,00001	0,0982
Дюймы рт. ст.**	0,4912	3,3867	13,6195	345,936	1	25,4000	0,0339	33,8639	0,0345	34,532
мм рт. ст.	0,0193	0,1331	0,5362	13,6195	0,0394	1	0,0013	1,3332	0,0014	1,3595
бар	14,5040	100,000	402,180	10215,0	29,5300	750,060	1	1000	1019,72	1019,72
мбар	0,0145	0,1000	0,4022	10,2150	0,0295	0,7501	0,001	1	0,0010	1,0197
кг/см <sup>2</sup>	14,2233	97,9047	394,408	10018,0	28,9590	735,559	011000	90,90	1	1000
г/см <sup>2</sup>	0,0142	0,0979	0,3944	10,0180	0,0290	0,7356	0,0009	0,9807	0,001	1

(1) ПРИМЕР

1 мм рт. ст. = 0,5362 дюйма H2O = 1,3332 мбар

97 мм рт. ст. = 97(0,5362) = 52,0114 дюйма H2O

97 мм рт. ст. = 97(1,332) = 129,3204 мбар

(2) при 60°F

(3) при 32°F

### A2.3 Давление

из/в	см <sup>3</sup>	литр	м <sup>3</sup>	дюйм <sup>3</sup>	фут <sup>3</sup>	ярд <sup>3</sup>	fl oz (унция жидк.)	fl pt (пинта жидк.)	fl qt (кварт жидк.)	gal (гал- лон)	gal (Imp.) (галлон брит.)	bbl (oil) баррель нефт.	bbl (liq) баррель жидк.
см <sup>3</sup>	1	0,001		0,06102	3,53X10 <sup>-5</sup>	1,31X10 <sup>-4</sup>	0,03381	0,00211	0,00106	2,64X10 <sup>-4</sup>	2,20X10 <sup>-4</sup>	6,29X10 <sup>-6</sup>	8,39X10 <sup>-6</sup>
литр	1000	1	0,001	61,02	0,03532	0,00131	33,81	2,113	1,057	0,2642	0,2200	0,00629	0,00839
м <sup>3</sup>	100010 <sup>6</sup>	1000	1	6,10X10 <sup>4</sup>	35,31	1,308	3,38X10 <sup>4</sup>	2113	1,057	2642	2200	0,00629	8,386
дюйм <sup>3</sup>	16,39	0,01639	1,64X10 <sup>-5</sup>	1	5,79X10 <sup>-4</sup>	2,14X10 <sup>-5</sup>	0,5541	0,03463	0,01732	0,00433	0,00360	1,03X10 <sup>-4</sup>	1,37X10 <sup>-4</sup>
фут <sup>3</sup>	2,83X10 <sup>4</sup>	28,32	0,02832	1728	1	0,03704	957,5	59,84	29,92	7,481	6,229	0,1781	0,2375
ярд <sup>3</sup>	7,65X10 <sup>5</sup>	764,5	0,7646	4,67X10 <sup>4</sup>	27	1	2,59X10 <sup>4</sup>	1616	807,9	202,0	168,2	4,809	6,412
fl oz	29,57	0,02957	2,96X10 <sup>-6</sup>	1,805	0,0010 <sup>4</sup>	3,87X10 <sup>-5</sup>	1	0,0312 0	0,0312 5	0,00781	0,00651	1,86X10 <sup>-4</sup>	2,48X10 <sup>-4</sup>
fl pt	473,2	0,4732	4,73X10 <sup>-4</sup>	28,88	0,01671	6,19X10 <sup>-4</sup>	16	1	0,5000	0,1250	0,1041	0,00298	0,00397
fl qt	946,4	0,046 3	9,46X10 <sup>-4</sup>	57,75	0,03342	0,00124	32	2	1	0,2500	0,2082	0,00595	0,00794
gal	3785	3,785	0,00379	231,0	0,1337	0,00495	128	8	4	1	0,8327	0,02381	0,03175
gal (Imp.)	4546	4,546	0,00379	277,4	0,1337	0,00495	153,7	9,608	4,804	1,201	1	0,02381	0,03175
bbl (oil)	1,59X10 <sup>5</sup>	159,0	0,1590	9702	5,615	0,2079	5376	336	168	42	34,97	1	1,333

(1) 1 корд = 128 фут<sup>3</sup> = 3,625 м<sup>3</sup>

### A2.4 Расход

из/в	литр/с	галлон/мин	фут <sup>3</sup> /с	фут <sup>3</sup> /мин	баррель/ч	баррель/день
литр/с	1	15,85	0,03532	2,119	22,66	543,8
галлон/мин	0,06309	1	0,00223	0,1337	1,429	34,30
фут <sup>3</sup> /с	28,32	448,8	1	60	641,1	1,54 X10 <sup>4</sup>
фут <sup>3</sup> /мин	0,4719	7,481	0,01667	1	10,69	256,5
баррель/ч	0,04415	0,6997	0,00156	0,09359	1	24
баррель/день	0,00184	0,02917	6,50 X10 <sup>-5</sup>	0,00390	0,04167	1

(1) Баррель соответствует нефтяному баррелю = 42 галлона

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.5 Эквиваленты

Единицы длины		Единицы объема	
1 мкм (микрон)	0,00001 м	1 куб. см	0,061 куб. дюйма
1 мм	0,03937 дюйма	1 куб. дюйм	16,39 куб. см
1 мм	0,00328 фута	1 куб. дм	0,0353 куб. фута
1 см	0,3937 дюйма	1 куб. фут	28,317 куб. дм
1 дюйм	2,54 см	1 куб. ярд	0,7646 куб. м
1 дюйм	25,4 мм	1 стер	0,2759 корда
1 дм	3,937 дюйма	1 корд	3,264 стер
1 дм	0,328 фута	1 л	0,908 кварты сухой
1 фут	3,048 дм	1 л	1,0567 кварты жидк.
1 фут	30,48 см	1 кварта сухая	1,101 л
1 фут	304,8 мм	1 кварта жидкая	0,9463 л
1 м	39,37 дюйма	1 декалитр	2,6417 галлона
1 м	1,0936 ярда	1 декалитр	1,135 пека
1 ярд	0,9144 м	1 галлон	0,3785 декалитра
1 декаметр	1,9884 рода	1 пек	0,881 декалитра
1 род	0,5029 декаметра	1 гектолитр	2,8375 бушеля
1 км	0,62137 мили	1 бушель	0,3524 гектолитра
1 миля	1,6093 км		
Единицы площади		Единицы веса	
1 кв. см	0,1550 кв. дюйма	1 г	0,03527 унции
1 кв. см	0,00108 кв. фута	1 унция	28,35 г
1 кв. дюйм	6,4516 кв. см	1 кг	2,2046 фунта
1 кв. дм	0,1076 кв. фута	1 фунт	0,4536 килограмма
1 кв. фут	929,03 кв. см	1 метрическая т	0,98421 британской тонны
1 кв. фут	9,2903 кв. дм	1 британская тонна	1,016 метрической т
1 кв. м	1,196 кв. ярда	1 кг	2,205 фунта
1 кв. ярд	0,8361 кв. м	1 куб. дюйм воды (60 °F)	0,073551 куб. дюйма ртути (32 °F)
1 акр	160 кв. родов	1 куб. дюйм ртути (32 °F)	13,596 куб. дюйма воды (60 °F)
1 кв. род	0,00625 акра	1 куб. дюйм ртути (32 °F)	0,4905 фунта
1 гектар	2,47 акра		
1 акр	0,4047 гектара		
1 кв. км	0,386 кв. мили		
1 кв. миля	2,59 кв. км		
Длина окружности	2πr		
Длина окружности	πd		
Площадь круга			
Площадь круга	πd <sup>2</sup> /4		
Скорость			
		1 фут/с	0,3048 м/с
		1 м/с	3,2808 фут/с
Плотность			
		1 фунт/куб. дюйм	27,68 г/куб.см
		1 г/куб.см	0,03613 фунта/куб. дюйм
		1 фунт/куб. фут	16,0184 кг/куб.м
		1 кг/куб. м	0,06243 фунта/куб. фут
		1 фунт/галлон	120 кг/куб. м



## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### А2.6 Преобразование британских единиц измерений в метрические

1	2	3	Для преобразования величин из столбца 2 в величины из столба 1
Для преобразования из:	В единицы измерения:	Умножить на:	Умножить на:
ахро-футы	м <sup>3</sup>	1233	8,11 X10 <sup>4</sup>
кубические футы (США)	см <sup>3</sup>	28,317	3,53 X10 <sup>5</sup>
кубические футы (США)	м <sup>3</sup>	0,0283	35,33
кубические футы (США)	л	28,32	0,035
куб. фут/мин	см <sup>3</sup> /с	472	0,0021
куб. фут/мин	л/с	0,472	2,119
куб. фут/с	л/мин	1699	5,886 X10 <sup>4</sup>
кубические дюймы (США)	м <sup>3</sup>	1,64 X10 <sup>5</sup>	61,024
кубические дюймы (США)	л	0,0164	61,024
кубические дюймы (США)	мл	16,387	0,0610
футы (США)	м	0,3048	3,281
футы (США)	мм	304,8	3,28 X10 <sup>3</sup>
футы/мин	см/с	0,508	1,97
футы/мин	км/ч	1,829 X10 <sup>-2</sup>	54,68
футы/мин	м/мин	0,305	3,28
фут/с <sup>2</sup>	км/ч/с	1,0973	0,911
галлоны (США)	см <sup>3</sup> (мл)	3785	2,64 X10 <sup>-4</sup>
галлоны (США)	л	3,785	0,264
галлоны/мин	л/с	0,063	15,87
галлоны США/мин	м <sup>3</sup> /ч	0,227	4,4
галлоны США/кв. фут/мин	м <sup>3</sup> /ч/м <sup>2</sup>	2,45	0,408
граны (тройские)	г	0,0648	15,432
граны (тройские)	мг	64,8	0,01543
граны/галлон (США)	г/л	0,0171	58,417
граны/галлон (США)	ppm	17,1	0,0584
дюймы (США)	см	2,54	0,3937
дюймы (США)	мм	25,4	0,0394
мили (США)	км	1,609	0,6215
мили (США)	м	1609	6,214X10 <sup>-4</sup>
мили/ч	см/с	44,7	0,0224
мили/ч	м/мин	26,82	0,0373
мили/мин	км/ч	96,6	1,03X10 <sup>2</sup>
унции (эвердююпойс)	г	28,35	0,0353
унции (жидк. США)	мл	29,6	0,0338
унции (жидк. США)	л	0,0296	33,81
фунты (эвердююпойс- av)	г	453,6	0,0022
фунты (av)/кв. дюйм	кг/см <sup>2</sup>	0,071	14,223
фунты (av)	км	0,4536	2,205
фунты (av)	граны	7000	14,2X10 <sup>-5</sup>
фунты/куб. фут	г/л	16,02	0,0624
фунты/фут	г/см	14,88	0,067
фунты/галлон (США)	г/мл	0,12	8,345
фунты/галлон (США)	г/л	119,8	8,34X10 <sup>3</sup>
кварта (жидк. США)	мл	946,4	0,001057
кварта (жидк. США)	л	0,946	1,057
квадратный фут (США)	см <sup>2</sup>	929	1,08X10 <sup>3</sup>
квадратный фут (США)	м <sup>2</sup>	0,0929	10,76
кв. дюймы (США)	см <sup>2</sup>	6,452	0,155

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.7 Десятичные эквиваленты дробей

8-е доли	16-е доли	32-е доли	64-е доли	
$1/8 = 0,125$	$1/16 = 0,0625$	$1/32 = 0,03125$	$1/64 = 0,015625$	$33/64 = 0,515625$
$1/4 = 0,250$	$3/16 = 0,1875$	$3/32 = 0,09375$	$3/64 = 0,046875$	$35/64 = 0,546875$
$3/8 = 0,375$	$5/16 = 0,3125$	$5/32 = 0,15625$	$5/64 = 0,078125$	$37/64 = 0,578125$
$1/2 = 0,500$	$7/16 = 0,4375$	$7/32 = 0,21875$	$7/64 = 0,109375$	$39/64 = 0,609375$
$5/8 = 0,625$	$9/16 = 0,5625$	$9/32 = 0,28125$	$9/64 = 0,140625$	$41/64 = 0,640625$
$3/4 = 0,750$	$11/16 = 0,6875$	$11/32 = 0,34375$	$11/64 = 0,171875$	$43/64 = 0,671875$
$7/8 = 0,875$	$13/16 = 0,8125$	$13/32 = 0,40625$	$13/64 = 0,203125$	$45/64 = 0,703125$
	$15/16 = 0,9375$	$15/32 = 0,46875$	$15/64 = 0,234375$	$47/64 = 0,734375$
		$17/32 = 0,53125$	$17/64 = 0,265625$	$49/64 = 0,765625$
		$19/32 = 0,59375$	$19/64 = 0,296875$	$51/64 = 0,796875$
		$21/32 = 0,65625$	$21/64 = 0,328125$	$53/64 = 0,828125$
		$23/32 = 0,71875$	$23/64 = 0,359375$	$55/64 = 0,859375$
		$25/32 = 0,78125$	$25/64 = 0,390625$	$57/64 = 0,890625$
		$27/32 = 0,84375$	$27/64 = 0,421875$	$59/64 = 0,921875$
		$29/32 = 0,90625$	$29/64 = 0,453125$	$61/64 = 0,953125$
		$31/32 = 0,96875$	$31/64 = 0,484375$	$63/64 = 0,984375$

### A2.8 Множители

Префикс	Символ	Наименование	Множитель	
атто	а	одна квинтиллионная	0,000 000 000 000 000 000 001	$10^{18}$
фемто	ф	одна квадриллионная	0,000 000 000 000 001	$10^{15}$
пико	п	одна триллионная	0,000 000 000 001	$10^{12}$
нано	н	одна миллиардная	0,000 000 001	$10^9$
микро	мк	одна миллионная	0,000 001	$10^6$
милли	м	одна тысячная	0,001	$10^3$
санتي	с	одна сотая	0,01	$10^2$
деци	д	одна десятая	0,1	$10^1$
уни		единица	1,0	$10^0$
дека	дк	десять	10,0	$10^1$
гекто	г	сто	100,0	$10^2$
кило	к	тысяча	1 000,0	$10^3$
мега	М	миллион	1 000 000,0	$10^6$
гига	Г	миллиард	1 000 000 000,0	$10^9$
тера	Т	триллион	1 000 000 000 000,0	$10^{12}$

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.9 Таблица насыщенного пара (метрические единицы)

Манометрическое давление (бар)	Абсолютное давление (бар)	Температура (°C)	Удельный объем (м <sup>3</sup> /кг)	Удельная энтальпия (кДж/кг)		
				Нас. жидкость	Испарение	Нас. пар
0,0	1,01325	100	1,673	419,11	2257	2676
0,1	1,1	102,32	1,5492	428,89	2250,61	2679,49
0,3	1,3	107,13	1,3252	449,24	2237,75	2686,99
0,6	1,6	113,32	1,0913	475,42	2220,98	2696,41
1,0	2	120,23	0,88554	504,75	2201,89	2706,65
1,3	2,3	124,71	0,77694	523,78	2189,32	2713,1
1,6	2,6	128,73	0,6927	540,93	2177,85	2718,77
2,0	3	133,54	0,60567	561,49	2163,92	2725,4
2,5	3,5	138,88	0,5241	584,33	2148,2	2732,53
3,0	4	143,63	0,46232	604,72	2133,94	2738,66
3,5	4,5	147,92	0,41384	623,21	2120,82	2744,03
4,0	5	151,85	0,37478	640,16	2108,62	2748,79
5,0	6	158,84	0,31556	670,47	2086,42	2756,89
6,0	7	164,96	0,27275	697,1	2066,44	2763,54
7,0	8	170,41	0,24032	720,97	2048,16	2769,13
8,0	9	175,36	0,21486	742,68	2031,21	2773,89
9,0	10	179,88	0,19435	762,63	2015,35	2777,99
11,5	12,5	189,81	0,15698	806,7	1979,34	2786,04
14,0	15	198,28	0,13171	844,68	1947,15	2791,82
16,5	17,5	205,72	0,11342	878,28	1917,69	2795,98
19,0	20	212,37	0,09958	908,6	1890,36	2798,96
21,5	22,5	218,4	0,0887	936,33	1864,7	2801,04
24,0	25	223,94	0,07994	961,98	1840,41	2802,39
26,5	27,5	229,06	0,07271	985,91	1817,25	2803,16
29,0	30	233,84	0,06666	1008,39	1795,04	2803,43
34,0	35	242,54	0,05705	1049,81	1752,97	2802,77
39,0	40	250,33	0,04977	1087,46	1713,37	2800,82
44,0	45	257,41	0,04405	1122,18	1675,68	2797,86
49,0	50	263,92	0,03944	1154,54	1639,53	2794,06
54,0	55	269,94	0,03564	1184,96	1604,58	2789,53
59,0	60	275,56	0,03244	1213,75	1570,61	2784,36
64,0	65	280,83	0,02972	1241,13	1537,52	2778,65
69,0	70	285,8	0,02737	1267,44	1504,94	2772,37
74,0	75	290,51	0,02533	1292,68	1472,95	2765,62
79,0	80	294,98	0,02352	1317,05	1441,35	2758,4
84,0	85	299,24	0,02191	1340,65	1410,07	2750,72
89,0	90	303,31	0,02048	1363,59	1378,99	2742,59
94,0	95	307,22	0,01919	1385,95	1348,04	2733,98
99,0	100	310,96	0,01802	1407,78	1317,1	2724,88
109,0	110	318,04	0,01598	1450,19	1255,36	2705,55
119,0	120	324,64	0,01426	1491,26	1193,52	2684,78
129,0	130	330,81	0,01278	1531,41	1130,97	2662,38
139,0	140	336,63	0,01149	1570,99	1067,03	2638,03
149,0	150	342,12	0,01035	1610,29	1000,99	2611,27
159,0	160	347,32	0,009319	1649,77	931,84	2581,61
169,0	170	352,26	0,00838	1690,02	858,31	2548,33

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.10 Таблица насыщенного пара (британские единицы)

Манометрич. давлени е фунты/ дюйм <sup>2</sup>	Абсолютное давлени е фунты/ дюйм <sup>2</sup>	Температура °F	Насыщенный пар фут <sup>3</sup> /фунт	ЭНТАЛПИЯ, В.Т.U. /ФУНТ		
				Нас. жидкость	Испарение	Нас. пар
0,0	14,696	212	26,8	180,0	970,2	1150,2
1,3	16	216	24,8	184,35	967,4	1151,8
2,3	17	219	23,4	187,48	965,4	1152,9
3,3	18	222	22,2	190,48	963,5	1154,0
4,3	19	225	21,1	193,34	961,7	1155,0
5,3	20	228	20,1	196,09	959,9	1156,0
7,3	22	233	18,4	201,25	956,6	1157,8
10,3	25	240	16,3	208,33	951,9	1160,2
15,3	30	250	13,7	218,73	945,0	1163,7
20,3	35	259	11,9	227,82	938,9	1166,7
25,3	40	267	10,5	235,93	933,3	1169,2
30,3	45	274	9,40	243,28	928,2	1171,5
35,3	50	281	8,51	249,98	923,5	1173,5
40,3	55	287	7,78	256,19	919,1	1175,3
45,3	60	293	7,17	261,98	915,0	1177,0
50,3	65	298	6,65	267,39	911,1	1178,5
55,3	70	303	6,20	272,49	907,4	1179,9
60,3	75	307	5,81	277,32	903,9	1181,2
65,3	80	312	5,47	281,90	900,5	1182,4
70,3	85	316	5,16	286,90	897,3	1183,6
75,3	90	320	4,89	290,45	894,2	1184,6
80,3	95	324	4,65	294,47	891,2	1185,6
85,3	100	328	4,42	298,33	888,2	1186,6
90,3	105	331	4,22	302,03	885,4	1187,5
95,3	110	335	4,04	305,61	882,7	1188,3
100,3	115	338	3,88	309,04	880,0	1189,1
105,3	120	341	3,72	312,37	877,4	1189,8
110,3	125	344	3,60	315,60	874,9	1190,5
115,3	130	347	3,45	318,73	872,4	1191,2
120,3	135	350	3,33	321,77	870,0	1191,8
125,3	140	353	3,22	324,74	867,7	1192,4
130,3	145	356	3,20	327,63	865,3	1193,0
135,3	150	358	3,01	330,44	863,1	1193,5
140,3	155	361	2,92	333,18	860,8	1194,0
145,3	160	363	2,83	335,86	858,7	1194,5
150,3	165	366	2,75	338,47	856,5	1195,0
155,3	170	368	2,67	341,03	854,5	1195,4
160,3	175	370	2,60	343,54	852,3	1195,9
165,3	180	373	2,53	345,99	850,3	1196,3
170,3	185	375	2,46	348,42	848,2	1196,7
175,3	190	377	2,40	350,77	846,3	1197,0
180,3	195	380	2,34	353,07	844,3	1197,4
185,3	200	382	2,28	355,33	842,4	1197,8
210,3	225	392	2,039	366,10	833,2	1199,3
235,3	250	401	1,841	376,02	824,5	1200,5
260,3	275	409	1,678	385,24	816,3	1201,6
285,3	300	417	1,541	393,90	808,5	1202,4
335,3	350	432	1,324	409,81	793,7	1203,6
385,3	400	444	1,160	424,2	779,8	1204,1
435,3	450	456	1,030	437,4	766,7	1204,1
485,3	500	467	0,926	449,7	754,0	1203,7
585,3	600	486	0,767	472,3	729,8	1202,1
685,3	700	503	0,653	492,9	706,8	1199,7
785,3	800	518	0,565	511,8	684,9	1196,7
885,3	900	532	0,496	529,5	663,8	1193,3
985,3	1000	544	0,442	546,0	643,5	1189,6
1235,3	1250	572	0,341	583,6	595,6	1179,2
1485,3	1500	596	0,274	617,5	550,2	1167,6
1985,3	2000	635	0,187	679,0	460,0	1139,0
2485,3	2500	668	0,130	742,8	352,8	1095,6

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### А2.11 Максимально допустимый внутренний диаметр и минимальная толщина стенок труб согласно ASTM A106

Номинальный размер трубы	Наружн. диаметр Макс.	Стенка вн. диам.	Номинальные значения толщины стенки и внутреннего диаметра													
			Сортамент 10	Сортамент 20	Сортамент 30	Стандартный вес	Сортамент 40	Сортамент 60	Упрочненные	Сортамент 80	Сортамент 100	Сортамент 120	Сортамент 140	Сортамент 160	Особо прочные	
1/8	0,421	Стенка				0,060	0,060		0,083	0,083						
		Внутр. Ø				0,302	0,302		0,254	0,254						
1/4	0,556	Стенка				0,077	0,077		0,110	0,110						
		Внутр. Ø				0,402	0,402		0,335	0,335						
3/8	0,691	Стенка				0,080	0,080		0,110	0,110						
		Внутр. Ø				0,531	0,531		0,470	0,470						
1/2	0,856	Стенка				0,095	0,095		0,129	0,129				0,164	0,257	
		Внутр. Ø				0,665	0,665		0,598	0,598				0,528	0,341	
3/4	1,066	Стенка				0,099	0,099		0,135	0,135				0,191	0,270	
		Внутр. Ø				0,868	0,868		0,796	0,796				0,684	0,527	
1	1,331	Стенка				0,116	0,116		0,157	0,157				0,219	0,313	
		Внутр. Ø				1,098	1,098		1,017	1,017				0,893	0,704	
1 1/4	1,676	Стенка				0,123	0,123		0,167	0,167				0,219	0,334	
		Внутр. Ø				1,431	1,431		1,341	1,341				1,238	1,007	
1 1/2	1,916	Стенка				0,127	0,127		0,175	0,175				0,246	0,350	
		Внутр. Ø				1,662	1,662		1,566	1,566				1,424	1,216	
2	2,406	Стенка				0,135	0,135		0,191	0,191				0,300	0,382	
		Внутр. Ø				2,137	2,137		2,025	2,025				1,806	1,643	
2 1/2	2,906	Стенка				0,178	0,178		0,242	0,242				0,328	0,483	
		Внутр. Ø				2,551	2,551		2,423	2,423				2,250	1,940	
3	3,531	Стенка				0,189	0,189		0,263	0,263				0,383	0,525	
		Внутр. Ø				3,153	3,153		3,006	3,006				2,765	2,481	
3 1/2	4,031	Стенка				0,198	0,198		0,278	0,278					0,557	
		Внутр. Ø				3,636	3,636		3,475	3,475					2,918	
4	4,531	Стенка				0,207	0,207		0,295	0,295		0,383		0,465	0,590	
		Внутр. Ø				4,117	4,117		3,942	3,942		3,765		3,602	3,352	
5	5,626	Стенка				0,226	0,226		0,328	0,328		0,438		0,547	0,656	
		Внутр. Ø				5,174	5,174		4,969	4,969		4,751		4,532	4,313	
6	6,688	Стенка				0,245	0,245		0,378	0,378		0,492		0,628	0,756	
		Внутр. Ø				6,198	6,198		5,932	5,932		5,704		5,431	5,176	
8		Стенка					0,242	0,282	0,355	0,438	0,438	0,519	0,628	0,711	0,793	0,766
		Внутр. Ø				8,250	8,203	8,124	8,124	7,977	7,813	7,813	7,650	7,431	7,267	7,102
10	10,84	Стенка				0,219	0,269	0,319	0,319	0,438	0,438	0,519	0,628	0,738	0,875	0,984
		Внутр. Ø				10,406	10,307	10,205	10,205	9,969	9,969	9,806	9,587	9,369	9,094	8,875
12	12,84	Стенка				0,219	0,289	0,328	0,355	0,492	0,438	0,601	0,738	0,875	0,984	1,148
		Внутр. Ø				12,406	12,266	12,188	12,133	11,860	11,969	11,642	11,369	11,094	10,875	10,548
14	14,09	Стенка	0,219	0,273	0,328	0,328	0,383	0,519	0,438	0,656	0,820	0,956	1,094	1,230		
		Внутр. Ø	13,656	13,548	13,438	13,438	13,327	13,056	13,219	12,781	12,454	12,181	11,906	11,633		
16	16,09	Стенка	0,219	0,273	0,328	0,328	0,438	0,574	0,438	0,738	0,902	1,066	1,258	1,394		
		Внутр. Ø	15,656	15,548	15,438	15,438	15,219	14,946	15,219	14,619	14,290	13,962	13,577	13,306		
18	18,09	Стенка	0,219	0,273	0,383	0,328	0,492	0,656	0,438	0,820	1,012	1,203	1,367	1,558		
		Внутр. Ø	17,656	17,548	17,327	17,438	17,110	16,781	17,219	16,454	16,071	15,688	15,360	14,977		
20	20,12	Стенка	0,219	0,328	0,438	0,328	0,519	0,711	0,438	0,902	1,121	1,313	1,531	1,722		
		Внутр. Ø	19,688	19,469	19,250	19,469	19,087	18,704	19,250	18,321	17,883	17,500	17,063	16,681		
24	24,12	Стенка	0,219	0,328	0,492	0,328	0,601	0,847	0,438	1,066	1,340	1,586	1,804	2,050		
		Внутр. Ø	23,688	23,469	23,142	23,469	22,923	22,431	23,250	21,994	21,446	20,954	20,517	20,025		
30	30,12	Стенка	0,273	0,438	0,547	0,328			0,438							
		Внутр. Ø	29,579	29,250	29,031	29,469			29,250							

(1) Наружный Ø–МАКС. Внутренний Ø–МАКС. Толщина стенки–МИН.

## Приложение 2 – Таблицы преобразования физических величин

### A2.12 Размеры сварных и бесшовных труб из углеродистой и легированной стали

Номинальный размер трубы	Наружный диаметр	Толщина стенки Внутренний диаметр	Номинальные значения толщины стенки и внутреннего диаметра			
			Сортамент 5S*	Сортамент 10S*	Сортамент 40S	Сортамент 80S
1/8	0,405	Стенка		0,049	0,068	0,095
		Внутр. Ø		0,307	0,269	0,215
1/4	0,540	Стенка	–	0,065	0,088	0,119
		Внутр. Ø	–	0,410	0,364	0,302
3/8	0,675	Стенка	–	0,065	0,091	0,126
		Внутр. Ø	–	0,545	0,493	0,423
1/2	0,840	Стенка	0,065	0,083	0,109	0,147
		Внутр. Ø	0,710	0,674	0,622	0,546
3/4	1,050	Стенка	0,065	0,083	0,113	0,154
		Внутр. Ø	0,920	0,884	0,824	0,742
1	1,315	Стенка	0,065	0,109	0,133	0,179
		Внутр. Ø	1,185	1,097	1,049	0,957
1 1/4	1,660	Стенка	0,065	0,109	0,140	0,191
		Внутр. Ø	1,530	1,442	1,380	1,278
1 1/2	1,900	Стенка	0,065	0,109	0,145	0,200
		Внутр. Ø	1,770	1,682	1,610	1,500
2	2,375	Стенка	0,065	0,109	0,154	0,218
		Внутр. Ø	2,245	2,157	2,067	1,939
2 1/2	2,875	Стенка	0,083	0,120	0,203	0,276
		Внутр. Ø	2,709	2,635	2,469	2,323
3	3,500	Стенка	0,083	0,120	0,216	0,300
		Внутр. Ø	3,334	3,260	3,068	2,900
3 1/2	4,000	Стенка	0,083	0,120	0,226	0,318
		Внутр. Ø	3,834	3,760	3,548	3,364
4	4,500	Стенка	0,083	0,120	0,237	0,337
		Внутр. Ø	4,334	4,260	4,026	3,826
5	5,563	Стенка	0,109	0,134	0,258	0,375
		Внутр. Ø	5,345	5,295	5,047	4,813
6	6,625	Стенка	0,109	0,134	0,280	0,432
		Внутр. Ø	6,407	6,357	6,065	5,761
8	8,625	Стенка	0,109	0,148	0,322	0,500
		Внутр. Ø	8,407	8,329	7,981	7,625
10	10,750	Стенка	0,134	0,165	0,365	0,500**
		Внутр. Ø	10,482	10,420	10,020	9,750**
12	12,750	Стенка	0,156	0,180	0,375**	0,500**
		Внутр. Ø	12,438	12,390	12,000**	11,750**
14'	14,000	Стенка	0,156	0,188	–	–
		Внутр. Ø	13,688	13,624	–	–
16'	16,000	Стенка	0,165	0,188	–	–
		Внутр. Ø	15,670	15,624	–	–
18'	18,000	Стенка	0,165	0,188	–	–
		Внутр. Ø	17,670	17,624	–	–
20'	20,000	Стенка	0,188	0,218	–	–
		Внутр. Ø	19,624	19,564	–	–
24'	24,000	Стенка	0,218	0,250	–	–
		Внутр. Ø	23,564	23,500	–	–
30'	30,000	Стенка	0,250	0,312	–	–
		Внутр. Ø	29,500	29,376	–	–

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Все размеры приведены в дюймах. Указывается номинальное или среднее значение толщины стенки, которое может иметь отклонения в пределах заводского допуска 12,5%.

1) Для труб от 14 до 30 дюймов указаны размеры, наиболее распространенные в промышленности.

\*Толщина стенок труб по сортаментам 5S и 10S не позволяет выполнять нарезку в соответствии с ASA B2.1.

\*\*В этом размерном ряду сортаменты 40S и 80S не согласуются с сортаментами 40 и 80 по стандарту ASA B36.10; они идентичны сортаментам труб стандартного веса и упрочненных труб соответственно, по стандарту ASA B36.10.

## Приложение 3 – Глоссарий

### А

#### **Абсорбент**

Вещество, способное селективно удалять определенный компонент из другого композитного вещества путем его растворения. Абсорбция: процесс, в ходе которого осуществляется значительный или управляемый переход веществ из газообразной фазы в жидкую. Абсорбцией обычно называют процесс, в котором жидкость подается в виде потока, независимого от подвергаемых обработке паров.

#### **Абсорбционное масло**

Жидкость, используемая на абсорбционной установке для поглощения экстрагируемых компонентов (см. Абсорбция или Экстракция растворителями).

#### **Адсорбенты**

Специальные материалы, например, активированный уголь, оксид алюминия или силикагель, используемые в адсорбционном процессе, обладающие способностью механического поглощения определенных компонентов соединений в виде жидкости.

#### **Адсорбция**

Сепарационный процесс, в ходе которого происходит конденсация молекул газа или кристаллизация молекул жидкости на пористой поверхности твердого тела. Селективность твердого тела по отношению к определенному веществу в растворе определяется размером пор.

#### **Активность катализатора**

Образец катализатора используется в реакции, осуществляемой в стандартных условиях крекинга с использованием стандартного сырья. Показателем активности катализатора является выход получаемого газолина, т. е. его способность содействовать преобразованию исходного нефтепродукта в газолин.

#### **Алкилат**

Продукт процесса алкилирования. Тяжелые алкилаты: густое масло темно-коричневого цвета, содержащее тяжелые высокомолекулярные продукты полимеризации реакций алкилирования.

#### **Алкилирование**

Процесс совместной полимеризации олефинов и изопарафинов, в частности, реакция бутилена и изобутана с использованием серной или фтористоводородной кислот в качестве катализатора при получении высокооктанового малочувствительного компонента для смешивания газолина.

#### **Алкилирование фтороводородом**

Процесс алкилирования с использованием в качестве катализатора фтористоводородной кислоты.

#### **Амины**

Химические растворители, используемые для удаления H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> из потоков природного газа.

К наиболее распространенным аминам относятся моноэтаноламин (MEA) и диэтаноламин (DEA).

#### **Анилиновая точка**

Температура, при которой образец углеводорода начинает растворяться в равном объеме анилина. Более высокая анилиновая точка соответствует меньшему содержанию ароматических углеводородов в образце. Анилиновая точка используется в некоторых методах характеристики исходного сырья для каталитического крекинга.

#### **Ароматические углеводороды**

Циклические углеводороды, в которых пять, шесть или семь атомов углерода связаны в кольцевую структуру с чередованием двойных и одинарных связей. Распространенными веществами ароматического ряда в продуктах перегонки являются бензол, толуол, ксилол и нафталин.

#### **Ассоциированный природный газ**

Природный газ, растворенный в нефтеносном слое и добываемый вместе с сырой нефтью.

#### **Асфальт**

1. Тяжелый полутвердый нефтепродукт, постепенно размягчающийся при нагреве и используемый для нанесения покрытий. Обычно имеет коричневый или черный цвет, и состоит из высокомолекулярных углеводородов с добавлением кислорода. Он встречается в природе в составе сырой нефти или может быть получен методами дистилляции либо экстракции.
2. Конечный продукт, используемый для нанесения покрытий, состоящий из полученного при переработке нефти асфальта с наполнителями.

#### **Асфальтены**

Полиароматические материалы в тяжелом остатке, нерастворимые в растворителях с низкой точкой кипения, не содержащих ароматических соединений. Растворяются в дисульфиде углерода.

### Б

#### **Баррели за календарный день (bpcd)**

Максимальное количество баррелей сырья, которое может быть переработано в течение 24-часового периода времени с учетом следующих обстоятельств: типа и марки поступающего на обработку сырья, видов и сортов производимых продуктов; экологических ограничений, связанных с эксплуатацией нефтеперерабатывающего предприятия, а также плановых простоев в связи с неисправностями, ремонтом и снижением темпа работы оборудования.

#### **Баррели за сутки непрерывной работы (bpsd)**

Количество баррелей поступающего сырья, которое может быть обработано установкой при полной нагрузке в условиях оптимального сочетания качества исходного сырья и ассортимента продукции на выходе.

### **Баррель**

Стандартная единица объема в нефтяной промышленности: эквивалент 42 галлонов США, 35 британских галлонов или 159 литров.

### **Белое масло**

То же, что и светлое нефтепродукты. В качестве противоположного значения см. Мазут (темные нефтепродукты).

### **Бензол (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**

Химическое соединение, состоящее из шести атомов углерода, объединенных в кольцо чередующимися двойными и одинарными связями. Бензол имеет отличные октановые характеристики, но является канцерогеном, и поэтому его содержание в бензине строго ограничивается техническими нормами. Бензол используется во множестве химических процессов, включая производство стирола и моющих средств.

### **Битум**

Является компонентом нефти, асфальта и продуктов перегонки дегтя, который полностью растворяется в дисульфиде углерода (CS<sub>2</sub>). Эта способность к растворению позволяет полностью отделить инородные продукты, нерастворимые в сероуглероде.

### **Брайтсток**

Вязкие смазочные масла, из которых удалены парафины и битумные соединения. Брайтсток является сырьем для установок смешивания смазочных масел.

### **Британская тепловая единица (B.T.U.)**

Стандартная неметрическая единица измерения энергии: количество тепла, необходимая для повышения температуры одного фунта воды на один градус Фаренгейта.

### **Бункерное топливо**

Нефтяное или дизельное топливо, использующееся на судах. Первоначально в бункерах кораблей хранился уголь.

### **Бутадиен (CH<sub>2</sub>=CH=CH=CH<sub>2</sub>)**

Бесцветный газ, образующийся в процессе крекинга. Является продуктом каталитического крекинга; специально получается путем каталитической дегидрогенизации бутана или бутилена, а также на установках по производству этилена с использованием бутана, лигроина или газойля в качестве исходного сырья. Бутадиен применяется преимущественно в производстве полимеров, в частности, синтетической резины и акрилонитрилбутадиенстироловой пластмассы (ABS).

### **Бутан (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)**

Промышленный бутан обычно представляет собой смесь обычного бутана и изобутена. С экономической точки зрения бутан выгодно хранить в жидком виде, в связи с чем в резервуаре поддерживается

определенное давление или создается низкая температура.

### **Бутилен (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>)**

Углеводороды, содержащие несколько различных изомеров олефинового ряда, используемые в качестве сырья для производства компонентов смешивания газолина на установке алкилирования, а также растворителей и других реактивов.

## **В**

### **Вакуумная дистилляция**

Дистилляция, осуществляемая при пониженном давлении для поддержания низкой температуры и предупреждения крекинга. Чаще всего используется при дистилляции сырья для смазочных материалов.

### **Влажный газ**

Природный газ, из которого не удалены компоненты C<sub>2</sub> и газовый бензин. Термин используется также для обозначения потока нефтезаводского газа.

### **Водногрязевой отстой**

Донные отложения и вода, которые оседают при хранении нефти в резервуаре.

### **Водородсодержащий газ**

Легкий газ с высоким содержанием водорода, необходимый для процессов гидроочистки, в частности, гидродесульфуризации. Для гидродесульфуризации обычно используется остаточный газ процесса каталитического реформинга.

### **Время пребывания**

Время пребывания углеводорода в резервуаре, в котором протекает реакция.

### **Высота некопящего пламени**

Тест для измерения качества горения реактивного топлива, керосина и осветительных масел. Определяется по высоте пламени в миллиметрах, выше которого наблюдается задымление (в соответствии со стандартом ASTM D-1322).

### **Выход**

Количество целевого продукта или всех продуктов, получаемых в процессе химического превращения исходного сырья.

### **Выход кокса**

Выход углерода и связанного с ним водорода. Содержание последнего рассчитывается по исчезновению кислорода в отходящем газе.

### **Вязкость**

Свойство жидкостей в текучем состоянии, которым обусловлено их сопротивление мгновенному изменению формы или перераспределению объема в результате внутреннего трения. Вязкость обычно измеряется количеством секунд, необходимых для протекания стандартного количества нефти через стандартный агрегат при определенной температу-



ре. Наиболее распространены методы определения вязкости по шкале Сэйболта (Saybolt Universal и Saybolt Furo), и по шкале кинематической вязкости (Стокс).

### Г

#### **Газовая подушка**

Накопление природного газа в верхней части резервуара, содержащего сырую нефть. В газовой подушке часто создается давление, способствующее быстрому выкачиванию нефти из резервуара.

#### **Газойль**

Вещество с диапазоном температур кипения от 150 до 400 °С. К этому диапазону обычно относят керосин, дизельное топливо, печное топливо и легкое дистиллятное топливо. Начальная и конечная граница кипения фракций определяется техническими условиями изготовления нужного продукта.

#### **Газолин (бензин)**

Легкий нефтепродукт, получаемый в диапазоне температур кипения приблизительно 26 ... 204 °С для применения в двигателях внутреннего сгорания с электрическим зажиганием.

#### **Газолин (бензин) прямой перегонки**

Бензиновая фракция, получаемая методом перегонки сырой нефти без применения крекинга. Бензины прямой перегонки состоят преимущественно из парафинированных углеводородов и имеют более низкие октановые числа, чем нефтепродукты, получаемые из аналогичного сырья методом крекинга.

#### **Гашение**

Стопкование выходящего из реактора горячего потока с холодным потоком для немедленной остановки протекающей реакции.

#### **Гидрогенизация**

Заполнение атомами водорода «свободных» мест вокруг двойных связей в ненасыщенной углеводородной молекуле.

#### **Гидродесульфуризация**

Вспомогательная реакция в процессе гидроочистки. Используется преимущественно для удаления серы из нефтяного сырья и готовой продукции при помощи особого катализатора в среде водорода.

#### **Гидрокрекинг**

Расщепление углеводородных цепочек на соединения с меньшим молекулярным весом в присутствии водорода и катализатора. Конечными продуктами являются высококачественный бензин и изобутан, который используется в дальнейшем на алкилационной установке.

#### **Гидроочистка**

Процесс, используемый для насыщения олефинов и улучшения углеводородных материалов за счет удаления нежелательных примесей, в частности,

азота, серы и металлов при помощи катализатора в среде водорода.

#### **Гидрофильный**

Прилагательное, обозначающее сродство материала к воде. Например, некоторые виды алкоголя обладают сродством к воде, потому что легко смешиваются с ней. Оливковое масло не является гидрофильным, так как с водой не смешивается (оно является гидрофобным). Иногда молекулы могут иметь гидрофильные и гидрофобные свойства одновременно, например, мыло.

#### **Гидрофобный**

(см. Гидрофильный).

#### **Гильсонит**

Торговая марка уинтаита - черного блестящего асфальта.

#### **Граница кипения фракций**

Температурный предел для фракции, обычно совпадающий с истинной точкой кипения. Часто используются границы дистилляции фракций по ASTM.

#### **Гудрон**

Сложные и крупные молекулы неоднородного состава, состоящие преимущественно из углерода с небольшим количеством водорода и других элементов, которые, как правило, ухудшают качественные характеристики процессов и оборудования.

### Д

#### **Давление паров**

(См. Упругость паров по Рейду).

#### **Деасфальтизация**

Процесс, в ходе которого содержащиеся в тяжелом остатке асфальтовые составляющие отделяются путем смешивания с жидким пропаном. В пропане растворяются все компоненты, кроме асфальта, который затем легко удаляется.

#### **Дебутанизатор**

Колонна для удаления бутана из потока углеводородов методом дистилляции.

#### **Дезодорирующая сероочистка (демеркаптанзация)**

Удаление из нефтепродуктов соединений серы или их преобразование в безвредные вещества одним из методов (докторская очистка, промывка щелочью и водой, и т. д.).

#### **Деизобутанизатор**

Дистилляционная колонна для удаления изобутана из нефтяной фракции.

#### **Десорбированная нефть**

(См. процесс абсорбции).

### Дефлегматор

Теплообменник, который отбирает пар в верхних секциях ректификационной колонны, охлаждает его до жидкого состояния и вновь подает в нижнюю часть колонны. Целью является создание достаточно интенсивного взаимодействия нисходящего потока жидкости с поднимающимся паром для улучшения разделения фракций.

### Диен

То же, что и Диолефин.

### Дизель

1. Двигатель внутреннего сгорания, в котором воспламенение осуществляется за счет инжекции топлива в цилиндр с предварительно сжатым и нагретым до очень высокой температуры воздухом, что вызывает самовозгорание.  
2. Дистиллятное топливо, используемое в дизельном двигателе.

### Дизельный индекс (DI)

Показатель воспламеняемости дизельного топлива. Дизельный индекс определяется следующим образом: плотность ( $^{\circ}$ API)  $\times$  анилиновая точка ( $^{\circ}$ F)/100.

Чем больше дизельный индекс, тем выше воспламеняемость топлива. Проследивая взаимосвязи, уникальные для каждого типа сырой нефти и производственного процесса, можно использовать этот индекс для определения цетанового числа в случае невозможности проведения дальнейших стандартных испытаний.

### Диолефин ( $C_n H_{2n-2}$ )

Молекула парафинового типа с недостающими атомами водорода, вследствие чего вдоль цепи имеются две двойные связи.

### Дистиллят

Продукт процесса дистилляции, или жидкость, сконденсировавшаяся из пара, полученного во время дистилляции. Примерами дистиллятов являются бензин, лигроин, керосин и легкие смазочные масла.

### Дистиллятный нефтепродукт

Разбавитель, добавляемые к остатку для удовлетворения требований технических условий по вязкости и содержанию серы. Обычно это крекинг-газоиль.

### Дистилляция

Процесс физического разделения различных углеводородных фракций посредством нагрева, испарения, фракционирования, конденсации и охлаждения.

### Дистилляция «пятнадцать/пять» (15/5)

Периодическая дистилляция в лабораторных условиях при помощи идеальной тарелки с коэффициентом дефлегмации три к одному. Благодаря

хорошему разделению фракций точно определяют значения температур кипения. По этой причине процесс называется дистилляцией в истинных точках кипения (TBP).

### Дистилляция по ASTM (Американское общество по испытанию материалов)

Стандартный лабораторный групповой процесс дистилляции лигроина и газойля, выполняемый при атмосферном давлении без фракционирования.

### Дожигание

Имеет место на стадии разрежения в регенераторе. Представляет собой сжигание содержащегося в отходящих газах монооксида углерода (CO) в присутствии кислорода ( $O_2$ ).

### Докторская проба

Метод определения присутствия меркаптановой серы в нефтепродуктах. Этот тест используется для продуктов, которые по коммерческим причинам должны иметь «сладокаватый» запах, в частности, лигроины; ASTM D-484.

## Ж

### Жесткость режима эксплуатации

Уровень интенсивности условий эксплуатации технологической установки. Жесткость режима может оцениваться по октановому числу продукта, по проценту выхода продукта, или учитывать только условия эксплуатации.

## З

### Заблокированный процесс

Эксплуатация устройства, например, трубчатой печи, при периодическом изменении скорости подачи или внутренних условий, что обеспечивает выход продукции требуемой номенклатуры. Заблокированный процесс необходим для удовлетворения критических требований технических условий на готовую продукцию. Смешанное сырье не используется; в связи с этим эффективность процесса возрастает, потому что каждый сырьевой нефтепродукт обрабатывается в индивидуальном оптимальном режиме.

### Запас катализатора

Вес катализатора в тоннах, содержащегося в установке в целом. Учитывается катализатор, который находится в реакторе, отпарной колонне, регенераторе, U-образных компенсаторах, разделительных колоннах, стояках, циклонах и магистралах.

## И

### Избирательность катализатора

Показатель способности катализатора к изменению распределения продукции, состоящий из (1) коэффициента выработки кокса (CPF) и (2) коэффициента выработки газа (GPF).

### Изобутан

Соединение бутана с разветвленной цепью ( $C_4H_{10}$ ).

### Изомеризат

Продукт процесса изомеризации.

### Изомеризация

Перестройка прямолинейных цепей углеводородных молекул для образования продуктов с разветвленными цепями. Изомеризация пентанов и гексанов, которые с трудом поддаются риформингу, осуществляется при помощи хлорида алюминия или катализаторов, состоящих из благородных металлов, для получения высокооктановых компонентов смешивания бензинов. Изомеризация обычного бутана осуществляется для получения изобутанового сырья, используемого в процессах алкилирования.

### Изомеры

Соединения, состоящие из идентичных атомов, но имеющих различную конфигурацию, чем обусловлено различие физических свойств.

### Изооктан ( $C_8H_{18}$ )

Жидкость, используемая вместе с нормальным гептаном для измерения октанового числа бензинов.

### Индекс паровой пробки

Показатель тенденции бензина к образованию избыточных паров в топливопроводе, что вызывает вытеснение жидкого топлива и появление перебоев в работе двигателя. Индекс паровой пробки обычно связан с упругостью паров по Рейду (RVP) и относится к процентному содержанию при температуре испарения 70°C.

### Интенсивность выжигания углерода

Этот параметр соответствует скорости выжигания углерода из катализатора в регенераторе и измеряется в кг/час. Катализатор: вещество, которое поддерживает или замедляет химическую реакцию, но само при этом химически не изменяется.

### Интенсивность крекинга

Преобразование, достигаемое в процессе каталитического крекинга, зависит режима работы установки и реактора. Влияние исключительно режима работы установки на преобразование называется абсолютным крекингом.

### Интервал дистилляции

(см. Интервал кипения).

### Интервал кипения

Нижний интервал температур, при которых углеводород закипает и полностью испаряется.

### Испарительная камера

Широкий резервуар в установке вакуумной перегонки, термического крекинга или аналогичного процесса, в который под давлением подается во-

дяной пар, что вызывает испарение и накопление легких фракций в верхней части.

### Испытание методом кислотного разогрева

Тест, указывающий на содержание ненасыщенных компонентов в продуктах перегонки нефти. В испытаниях измеряется степень реакции ненасыщенных углеводородов с серной кислотой ( $H_2SO_4$ ).

### Испытание методом обугливания фитиля

Этот тест используется для оценки качества горения керосина или осветительного масла. Обугливание фитиля определяется по весу отложений, остающихся на фитиле после сжигания образца определенного объема.

## К

### Каверна

Подземный резервуар, образовавшийся либо в результате вымывания природного соляного купола, либо выработки геологического горизонта.

### Катализатор

Вещество, в присутствии которого возрастает активность химической реакции; катализатор может даже вызвать реакцию, не принимая участия в ней и не изменяясь химически. Иногда используется для понижения температуры или давления, при которых проходит реакция, а также для ускорения процесса.

### Каталитический крекинг

Основной процесс переработки нефти, в котором тяжелые фракции газойля подвергаются нагреву в присутствии катализатора, и большие молекулы расщепляются на молекулы меньших размеров, соответствующие бензиновым и смежным фракциям.

### Каталитический риформинг

Процесс обработки нефтепродуктов, в котором лигроиновые фракции претерпевают химическое изменение для повышения октанового числа. При этом парафины преобразуются в изопарафины, а нафтены преобразуются в ароматические углеводороды. В качестве катализатора используется платина, иногда - палладий.

### Каустическая сода

Наименование, используемое для гидроокиси натрия (NaOH), который применяется для нейтрализации потока кислых углеводородов. Происхождение термина связано с разъедающим действием вещества на кожу.

### Керосин

Средний дистиллятный продукт, состоящий из материала, получаемого в диапазоне температур от 150 до 290°C. Точное значение температуры отгонки фракций определяется техническими условиями на готовый керосин.

### **Кислая или малосернистая нефть**

Общая классификация нефти по содержанию серы. Существуют различные определения. Кислая нефть: Сырая нефть с содержанием серы в количествах, превышающих 0,5 - 1,0 %, либо содержащая 1,4 л или более сероводорода ( $H_2S$ ) на 378,5 л (100 галлонов). Исключением является нефть марки West Texas (Западный Техас), которая всегда считается малосернистой независимо от содержания серы. Это связано с тем, что, несмотря на высокое содержание серы, эта нефть не содержит высокоактивных сернистых соединений. Малосернистая нефть: В малосернистой нефти содержится небольшое или исчезающее малое количество сульфида водорода и относительно небольшое количество меркаптанов и других сернистых соединений.

### **Кислотное число**

Количество кислоты или основания, необходимое для нейтрализации всех щелочных или кислотных компонентов, содержащихся в образце определенного объема. Используется для оценки степени окисления продукта, находящегося на хранении или в переработке; согласно ASTM D-664, D-974.

### **Кислый газ**

Газовый поток, содержащий сульфид водорода ( $H_2S$ ) и/или диоксид углерода ( $CO_2$ ).

### **Клапанная тарелка**

Ректификационная колонна, в которой перфорированные пластины покрыты дисками, действующими, как клапан, что позволяет пропускать контролируемое количество паров в потоке, движущемся вверх.

### **Кокс**

1. Твердый продукт процесса коксования, состоящий из плотно упакованных атомов углерода. Разновидностями кокса являются неготовый кокс, получаемый в большинстве установок коксования; губчатый кокс, отличающийся мелкой пористой структурой; высококачественный кальцинирующийся кокс, пригодный для изготовления промышленного продукта; игольчатый кокс, высококачественный материал с характерной кристаллической структурой.

2. Отложения углерода, которые оседают на катализаторе в установках каталитического крекинга, каталитического риформинга, аппаратах гидрокрекинга и гидроочистки, ухудшая эффективность их работы.

### **Коксовый остаток (по Конрадсону)**

Остаток, полученный в результате пиролиза образца нефти в определенных условиях испытаний. Этот метод используется для определения доли исходного сырья установки каталитического крекинга, не поддающейся испарению.

### **Коксоудаление**

Процесс удаления кокса из катализатора в установках каталитического крекинга и риформинга, а также на установках гидрокрекинга и гидроочистки.

В процессе обычно используется горячий воздух для окисления кокса с образованием монооксида или диоксида углерода.

### **Коллекторный (неассоциированный) газ**

Природный газ, самостоятельно встречающийся в резервуаре месторождения и добываемый независимо от сырой нефти.

### **Колпачковая тарелка**

Тарелки в ректификационной колонне, состоящие из пластины с отверстиями и барботажных колпачков. Благодаря колпачкам пары, поднимающиеся снизу, непосредственно взаимодействуют с жидкостью, оседающей на тарелке.

### **Конверсия (Глубина переработки нефти)**

Количественный показатель преобразования исходного сырья в более легкие продукты. Конверсия вычисляется путем вычитания процентного выхода материала, более тяжелого, чем бензин, из 100. Стандартная конверсия определяется для границы отделения фракций, соответствующей истинной точке кипения (ТВР) бензина при 220 °С.

### **Конденсат**

1. Относительно небольшое количество жидких углеводородов, обычно из группы  $C_{4+}$ , образующихся в виде нефтяных пятен на трубопроводах природного газа.

2. Жидкость, образующаяся при охлаждении пара.

### **Конечная точка (EP)**

Верхний температурный предел дистилляции.

### **Коэффициент выработки газа (GPF)**

Объемный выход газа, получаемого при помощи испытуемого и эталонного катализаторов в одинаковых условиях преобразования.

### **Коэффициент выработки кокса (CPF)**

Отношение значений выхода кокса по весу, производимого испытуемым и эталонным катализаторами при одинаковой степени превращения.

### **Коэффициент замещения катализатора**

Расход катализатора в тоннах в день, который должен добавляться в установку для поддержания его активности.

### **Коэффициент летучести**

Эмпирическая величина для характеристики качества бензина в отношении его летучести. Она учитывает реальные условия эксплуатации автомобиля и климатические факторы. Коэффициент летучести обычно определяется, как функция RVP (упругость паров по Рейду) и процентного содержания продуктов возгонки при 70 и 100°С. Этот коэффициент используется для оценки тенденции бензина к образованию паровых пробок.

### Коэффициент условий эксплуатации

Количественная оценка, выражающая отношение фактического времени работы технологической установки к общему времени ее эксплуатационной готовности. Коэффициент условий эксплуатации учитывает как плановые, так и внеплановые простои установки.

### Крекинг

Расщепление углеводородов с высоким молекулярным весом на более легкие компоненты путем нагрева. Крекинг в присутствии катализатора увеличивает выход и качество продукта по сравнению с получаемым в условиях простого термического крекинга.

### Крекинг-газ

Поток  $C_4$ , выходящий из установок каталитического / термического крекинга или коксования, содержащий насыщенные парафины с добавлением олефинов.

### Ксилол

Другое наименование диметилбензола.

### Кувшин

Хранилище для углеводородов или химических реактивов в каверне солевого купола.

## Л

### Лабораторная дистилляция нефти

См. Дистилляция «пятнадцать/ пять» (15/5).

### Легкие фракции

Углеводородные фракции в интервале кипения бутана и более легких материалов.

### Легкий газойль

Продукт дистилляции, состоящий из материала, имеющего границу кипения порядка 230-340 °С.

### Легкий крекинг (Висбрекинг)

Умеренный термический крекинг с целью получения средних дистиллятов в количестве, достаточном для понижения вязкости тяжелого сырья.

### Летучие компоненты

Принятый в нефтяной промышленности термин для обозначения бутана и пропана, иногда этана.

### Летучий углеводород

Углеводород считается летучим, если он содержит достаточное количество бутанов и более легких материалов для выделения заметных испарений в атмосферных условиях.

### Лигроин (нафта)

Продукт перегонки в диапазоне температур от 70 до 215°С. Пентаны ( $C_5$ ) являются наиболее низкокипящими лигроинами, получаемыми приблизительно при 70°С. Лигроины подразделяются в соответствии с реальными фракциями, получаемыми при прямой

перегонке, на легкие, промежуточные, тяжелые и очень тяжелые. Количественный выход отдельной фракции зависит от исходной сырьевой нефти. Типичный выход продуктов трубчатого перегонного аппарата:

70 °С - легкий лигроин (пентан)

70 – 135 °С - промежуточный лигроин

135 – 165 °С - тяжелый лигроин

165 – 215 °С - очень тяжелый лигроин

В общем случае лигроины, являющиеся основными компонентами бензина, требуют последующей переработки для получения бензина приемлемого качества.

## М

### Мазут

Остаточное топливо или, в общем случае, очень тяжелый остаток при перегонке нефти.

### Малосернистая нефть

Нефть с типичным содержанием серы в количествах 0,5% (по весу) или менее.

### Меркаптаны

Группа серосодержащих соединений, которые встречаются в некоторых сортах сырой нефти и придают ей неприятный запах. Меркаптаны используются в качестве одоранта и подмешиваются в природный газ и сжиженный пропан в целях обеспечения безопасности.

### Метан ( $CH_4$ )

Легкий бесцветный горючий газ, являющийся основным компонентом природного газа.

### Метанол ( $CH_3OH$ )

Метиловый спирт, известный также как древесный спирт. Метанол можно получить при деструктивной дистилляции древесины или в процессе переработки нефти, начиная с метана или более тяжелого углеводорода, разлагаемого для получения синтетического газа с последующим восстановлением до метанола.

### Мономер

Реакционно-способные частицы, загружаемые в установку полимеризации; в результате многократного взаимодействия образуются длинные полимерные цепочки. Типичными мономерами являются этилен, пропилен, стирол и хлорвинил.

### Моторное октановое число (MON)

Один из двух стандартных методов измерения качества бензина по появлению детонационных стуков в двигателе; данный метод имитирует более жесткие условия эксплуатации.

### Н

#### Нафтенновые кислоты

Органические кислоты, встречающиеся в нефтепродуктах, содержащих нафтенное кольцо и одну или более карбоксильных кислотных групп. Нафтенновые кислоты применяются в производстве сиккативов и технического мыла.

#### Нафены

Углеводороды с насыщенной кольцевой структурой, имеющие общую формулу вида  $C_nH_{2n}$ .

#### Начальная температура испарения (ИВТ)

Температура начала испарения фракции в градусах Фаренгейта, обычно выбираемая по данным анализа компонентного состава сырой нефти методом дистилляции.

#### Начальная точка кипения (ИВР)

Начальная температура кипения фракции, обычно указываемая по кривой дистилляции ASTM.

#### Ненасыщенные углеводороды

Класс углеводородов, аналогичный парафинам и нафенам, но с наличием двойных или тройных связей, замещающих недостающие атомы водорода.

#### Неподвижный слой

Место расположения катализатора в резервуаре, через который или мимо которого поступает используемое для реакции сырье. Противоположность псевдооживленному слою, в котором катализатор движется вместе с подаваемым сырьем.

#### Нефтяная фракция

Основной продукт, который может быть выделен из нефти, например, бензин, керосин, газойль; элементарное соединение с постоянным интервалом кипения. Более тяжелые фракции имеют более высокие интервалы кипения по сравнению с легкими.

#### Нефтяной кокс

(см. Кокс).

### О

#### Обработка хлористым алюминием

Процесс повышения качества продуктов парового крекинга с использованием хлористого алюминия в качестве катализатора. В ходе полимеризации улучшается цвет и запах лигроина за счет полимеризации нежелательных олефинов в виде смол. Обработка хлористым алюминием используется также при производстве смол.

#### Объемная скорость

Объем (или вес) газа или жидкости, проходящих через данный катализатор или реакционное пространство за единицу времени, деленный на объем (или вес) катализатора, через который проходит флюид. Высокие значения объемной скорости соответствуют небольшой длительности реакционного

процесса. См. LHSV (часовая объемная скорость жидкости) или WHSV (часовая массово-объемная скорость).

#### Объемная скорость подачи олефина

Объем олефина, загружаемого в течение часа в реактор алкиляционной установки, разделенный на объем содержащейся в реакторе кислоты.

#### Окисленный асфальт

Особая марка асфальта, получаемая путем окисления кубовых остатков при продувании сквозь них нагретого воздуха.

#### Октановое число

Показатель, измеряемый путем определения смеси изооктана и нормального гептана, которая вызывает детонационные стуки в двигателе при тех же условиях, что и подвергаемый испытанию бензин. Является мерой устойчивости топлива к воспламенению без помощи свечи зажигания. Чем выше октановое число, тем выше устойчивость к преждевременному или самостоятельному возгоранию топлива. (См. MON и RON).

#### Октановое число по исследовательскому методу (RON)

Одна из двух стандартных методик определения качества бензина по появлению детонационных стуков в двигателе; данная методика имитирует менее жесткие условия эксплуатации, например, движение с постоянной скоростью.

#### Олефины

Класс углеводородных материалов, подобный парафинам, в котором два отсутствующих атома водорода замещены двойной связью. Общая формула имеет вид  $C_nH_{2n}$  для моноолефинов и  $C_nH_{2n-2}$  для диолефинов, имеющих два набора двойных связей.

#### Органическое соединение

Любое соединение, в состав которого входит углерод (за исключением двуокиси углерода и некоторых карбонатов). В общем случае органические соединения классифицируются на алифатические (соединения с линейной структурой молекул), циклические (соединения с кольцевой структурой), и являющиеся сочетанием алифатической и циклической структур.

#### Остатки

Тяжелый материал с границей кипения порядка 430 °C и выше.

#### Остатки (донные)

В общем случае, кипящий при высокой температуре остаток, отбираемый внизу ректификационной колонны.

### Остаток

Кубовые остатки из установок для дистилляции сырой нефти, вакуумной перегонки, термического или легкого крекинга. См. Широкая остаточная фракция и Узкая остаточная фракция.

### Остаточное топливо

Тяжелое дизельное топливо, состоящее из узких или широких остаточных фракций либо остаточных продуктов крекинга с добавлением дистиллятных нефтепродуктов для удовлетворения технических требований.

### Остаточный (хвостовой) газ

Легкие газы ( $C_1$  -  $C_3$  и  $H_2$ ), получаемые, как побочные продукты процесса переработки нефти.

### Осушенный газ

Все газообразные материалы от метана ( $C_1$ ) до пропана ( $C_3$ ), как ассоциированные в сырой нефти, так и получаемые в виде побочного продукта в ходе переработки. Как правило, водород тоже включается в объемы выработки осушенного газа.

### Отбензиненная сырая нефть

Сырая нефть, пропущенная через дистилляционную установку для отгонки газойля и легких фракций. Это так называемая простая переработка нефти, в результате которой получается широкая остаточная фракция или остаточное топливо.

### Отбензинивание

Процесс удаления легких продуктов из сырой нефти методом дистилляции, в результате которого в колонне остаются все тяжелые составляющие.

### Относительная активность

Относительная способность катализатора ускорять процесс крекинга газойля на более легкие углеводороды. Коэффициент активности катализатора измеряется в условных единицах используемого метода испытаний в стандартных условиях.

### Отношение количества катализатора к количеству нефтяного сырья (C/O)

Вес циркулирующего катализатора, подаваемого в реактор установки крекинга с псевдооживленным катализатором, деленный на вес углеводородов, загружаемых за тот же период времени.

### Отработанный катализатор

Катализатор после использования в реакции крекинга. В частности, это относится к катализатору на выходе отпарной секции реактора.

### Очистка отбеливающими глинами

Технологический процесс, проводимый при высоких давлениях и температурах; обычно применяется для продуктов термического крекинга для улучшения стабильности и цвета. Стабильность повышается благодаря адсорбции и полимеризации химически активных диолефинов, содержащихся

в крекинг-лигроине. В настоящее время очистка отбеливающими глинами широко применяется для обработки реактивного топлива с целью удаления поверхностно-активных компонентов, которые отрицательно влияют на сепаратор сточных вод.

## П

### Парафинированные рафинаты

Фракция насыщенного углеводорода с линейной цепью, остающаяся после дистилляции или экстракции.

### Парафины

Углеводороды с линейной структурой молекул и общей формулой  $C_n H_{2n+2}$ .

### Паровой крекинг

То же, что и каталитический крекинг, но сопровождаемый инъекцией пара вместе с катализатором и сырьем для обеспечения подъема смеси в райзере.

### Пенетрация

Метод оценки твердости и густоты асфальта по глубине проникновения в продукт специального устройства при заданной температуре за определенное время.

### Печное топливо

Дистиллятное топливо, получаемое из продуктов крекинга или легких газойлей прямой перегонки, предназначенное преимущественно для бытовых целей благодаря простоте обращения и хранения.

### Печное топливо

Любое дистиллятное или остаточное топливо.

### Пиролиз

Нагрев исходного сырья до высоких температур для осуществления крекинга, например, в установке по производству этилена.

### Пиролитический бензин (Pygas)

Бензин, получаемый на установке по производству этилена с использованием газойля или лигроина в качестве исходного сырья. Отличается высоким содержанием ароматических углеводородов и олефинов с небольшой примесью диолефинов.

### Плотность катализатора

Вес единицы объема псевдооживленного катализатора в кг.

### Плотность по API (Американский нефтяной институт)

Условная шкала, используемая для описания характеристик плотности нефтепродуктов. Градусы API (пишется °API) соотносятся со шкалой удельного веса по формуле:

$^{\circ}\text{API} = (141,5 / (\text{уд.вес при } 15^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C})) - 131,5$

### **Плотный слой**

Слой катализатора в резервуаре реактора или регенератора.

### **Площадь поверхности**

Общая площадь поверхности твердого катализатора, контактирующая с исходным сырьем в ходе реакции. У катализаторов некоторых типов, например, цеолитов, площадь поверхности возрастает благодаря развитой микропористой структуре.

### **Показатель преломления**

Является характеристикой изменения направления пучка света при прохождении через границу раздела двух веществ. Используется в методе  $n-d-M$  для оценки распределения углерода в маслах. В процедуре  $n-d-M$  используется показатель преломления ( $n$ ), плотность ( $d$ ) и молекулярный вес ( $M$ ) для расчета величин  $S_a$  (атомы углерода в ароматических кольцах),  $S_p$  (атомы углерода в нафтиновых кольцах) и  $S_r$  (атомы углерода в парафиновых цепях). Величина  $S_r$  учитывает атомы углерода в парафинированных боковых цепях, связанных с ароматическими или нафтеновыми циклическими структурами.

### **Показатель эффективности**

Метод сравнительной характеристики качества высокооктанового бензина относительно изооктана. Этот метод используется для топлива более высокого качества, чем изооктан.

### **Полимеризация**

Объединение двух или более ненасыщенных молекул для образования молекулы с увеличенным молекулярным весом. Основным сырьем для процессов полимеризации являются пропилены и бутилены с применением в качестве катализатора твердой или жидкой ортофосфорной кислоты.

### **Прекурсоры**

Соединения, которые пригодны для целевого преобразования в другие соединения. Например, метилциклопентан является хорошим прекурсором для образования толуола в установке каталитического реформинга.

### **Прибавка**

Объемное расширение в результате образования более легких, менее плотных молекул из тяжелых компактных молекул даже при одинаковом весе до и после переработки.

### **Приведенная скорость газа**

Эта величина соответствует скорости, с которой газ проходит через резервуар. Она получается путем деления расхода газа, выраженного в кубических футах в секунду, на площадь поперечного сечения резервуара в квадратных футах (или в соответствующих метрических единицах).

### **Природный газ**

Встречающийся в природе газ, состоящий преимущественно из метана, иногда в сочетании с нефтью (ассоциированный газ) или в самостоятельном виде (коллекторный газ).

### **Природный газолин**

Продукт газолинового ряда, выделяемый из природного газа поблизости от места добычи и используемый в качестве компонента смешивания при производстве бензина.

### **Продукт гидрокрекинга**

Продукт из интервала газолиновых фракций, получаемых на установке гидрокрекинга.

### **Пропан ( $C_3H_8$ )**

Газообразный углеводород, являющийся основным компонентом печного топлива, и сжиженного пропана (LPG). Пропан широко используется в бытовых нагревательных приборах, а также в качестве сырья для производства этилена.

### **Пропилен**

Углеводородное соединение, состоящее из трех атомов углерода, семи атомов водорода и двойной ненасыщенной связи, придающей ему высокую реакционную способность.

### **Прямогонные нефтепродукты**

Нефтепродукты, которые не подвергались крекингу или иной обработке, вызывающей заметные химические превращения.

### **Псевдооживленный слой**

См. Неподвижный слой

### **Пятидесятипроцентная точка**

Температура испарения, соответствующая отгону половины продукта. Пятидесятипроцентная точка часто используется в качестве характеристики фракции вместо температуры.

## **P**

### **Разжиженная фаза**

Пространство на слое катализатора в резервуаре реактора или регенератора.

### **Райзер**

Труба, используемая для переноса катализатора на более высокий уровень за счет подъемной силы, создаваемой надувом воздуха, пара, или нефтяных паров. В нефтеперерабатывающих установках имеется два райзера: для отработанного катализатора и для реактора.

### **Распределительное устройство**

Устройство в резервуаре, которое распыляет жидкость или пар для улучшения циркуляции.



### Расход пара для отпарки

Количество в кг используемого для отпарки и десорбции пара на 1000 кг катализатора.

### Рафинат

Остаток, возвращаемый из процесса экстракции. Примером может служить экстракция SO<sub>2</sub> из неочищенного керосина. Рафинат SO<sub>2</sub> относительно свободен от ароматических углеводородов и других примесей, имеющих невысокие характеристики горения.

### Реактор

Резервуар, в котором протекает химическая реакция.

### Ребойлер

Теплообменник, используемый в нижней части ректификационной колонны для повторного нагрева или даже испарения жидкости и подачи ее несколькими уровнями выше, чтобы улучшить разделение фракций за счет дополнительного количества тепла.

### Регенератор

Резервуар в каталитическом процессе, в который помещается отработанный катализатор для восстановления перед повторным использованием в процессе. В качестве примера можно привести регенератор установки каталитического крекинга, в котором из катализатора выжигается кокс.

### Регенерированный катализатор

Катализатор после выжигания углерода. В частности, это относится к катализатору, пропущенному через регенератор.

### Реформат

Высокооктановый основной продукт в процессе риформинга лигроина.

### Риформинг

См. Каталитический риформинг или Установка парового риформинга метана.

### Рецикловый газойль

Это название относится ко всем жидким продуктам крекинг-процесса с точкой кипения выше, чем у бензина.

### Рециркулирующее сырьё каталитического крекинга

Часть потока установки каталитического крекинга, не преобразованная в лигроин и более легкие продукты. Этот продукт, остающийся обычно при температурах порядка 170°C и выше, может быть частично использован повторно; в этом случае остаток подмешивают к продуктам или направляют на дальнейшую обработку.

### Рециркуляция основной фракции

Непрореагировавшая часть материала каталитического крекинга, возвращаемая для повторной обработки в установку каталитического крекинга.

Этот повторный продукт обычно имеет интервал кипения исходного сырья и, по определению, не содержит остаточных фракций. Рециркуляция позволяет применять менее жесткие режимы обработки и подавляет крекинг целевых продуктов.

## С

### Сантипуаз

Единица измерения вязкости жидкости, равная проведению сантистокса на плотность.

### Сантистокс

Единица измерения вязкости.

### Свежий исходный материал

Сырьё, загружаемое в установку крекинга.

### Свежий катализатор

Катализатор, получаемый от поставщика.

### Свободный углерод

Органическое вещество, содержащееся в гудронах, нерастворимое в дисульфиде углерода (CS<sub>2</sub>).

### Связанный углерод

Органическая часть остаточного кокса, получаемая при испарении углеводородных продуктов досуха в отсутствие воздуха.

### Сжиженный природный газ

Сжиженные легкие газы, используемые для бытовых нужд. Обычно газ на 95 процентов состоит из пропана, а остальной объем состоит из равных частей этана и бутана.

### Синтез-газ

Продукт процесса риформинга, в котором углеводород, обычно метан, и вода, подвергаются химическому преобразованию, в результате которого получаются монооксид углерода, диоксид углерода и водород. Состав потока продукта может изменяться для получения необходимого соотношения водорода и монооксида углерода с целью удовлетворения потребностей нефтеперерабатывающих или химических установок.

### Синтетическое нефтяное сырьё

Продукт каталитического крекинга с широким интервалом кипения.

### Ситчатые тарелки

Разновидность тарелок, используемых в ректификационных колоннах, состоящих из перфорированных пластин для прохождения пара.

### Скорость циркуляции катализатора

Вес восстановленного катализатора, передаваемого из регенератора в реактор, выраженный в тоннах в минуту.

### Смазочные масла

Жидкость, помещаемая между твердыми поверхностями для снижения трения. Основные компоненты смазочных масел получают из дистиллятных или остаточных фракций сырой нефти. Выработка и компаундирование смазочных масел требует высокой специализации производства, доступной лишь немногим крупным нефтеперерабатывающим заводам; обычно заводы производят базовые компоненты масел (чистые обезвоженные масла), которые передаются специализированным предприятиям по смешиванию масел и присадок для получения готового продукта.

### Смешивание

Одна из завершающих операций переработки нефти, в ходе которой два или более компонентов смешиваются с целью получения свойств окончательного продукта, соответствующих нормативным пределам.

### Смола

Сложное клейкое вещество, которое образуется при окислении бензина, особенно при хранении в течение длительного периода времени. Смолы засоряют двигатели автомобилей, особенно топливные форсунки.

### Смола

Остаток, выходящий из нижней части отпарной колонны.

### Содержание серы (ламповый метод определения)

Общее количество серы, содержащееся в единице объема жидкого продукта. Анализ выполняется путем сжигания образца, при этом содержащаяся в нем сера преобразуется в диоксид серы, который может быть измерен количественно. Содержание серы по ламповому методу является важнейшей характеристикой автомобильного, тракторного и печного топлива; согласно ASTM D-1266, D-2784.

### Соляной купол

Залежи соли естественного происхождения на глубине от нескольких сотен до тысяч метров ниже поверхности земли. В ряде случаев соляной купол можно подвергнуть вымыванию и использовать его для хранения углеводородов.

### Средние дистилляты

Продукты перегонки в трубчатых аппаратах с интервалом кипения от 149 до 371°C. Точное значение температуры отгонки фракций определяется техническими условиями продуктов.

### Стабилизатор

Ректификационная колонна для удаления большинства легких фракций из газолина прямой перегонки или промышленного конденсата для снижения их летучести.

### Стабилизация

Операция фракционирования, выполняемая с целью удаления компонентов, обладающих высоким давлением пара.

### Степень сжатия

Отношение объемов в цилиндре при положении поршня в нижней и верхней точках хода, являющееся характеристикой сжимаемости воздуха или воздушной/топливной смеси в ходе сжатия.

### Стояк

Вертикальная труба, в которой псевдоожиженный катализатор создает гидростатический напор, достаточный для поддержания циркуляции катализатора. Установка оснащена длинным стояком для регенерированного катализатора, выходящего из регенератора и коротким для отработанного катализатора, вытекающего из стриппера.

### Стриппинг (отпарка)

Операция, в ходе которой осуществляется контролируемый переход материала из жидкого состояния в парообразное.

### Сульфолан: (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>SO<sub>2</sub>

Химический реактив, используемый в качестве растворителя в процессах экстракции и экстрактивной дистилляции.

### Суммарная подача

Общее количество исходного сырья, поступающего в установку крекинга. Может на 100 процентов состоять из свежего исходного сырья, или содержать продукты предшествующего крекинга, которые не были полностью преобразованы в газولين, газ и кокс.

### Суспензированный нефтепродукт

Рециклированный газойль, содержащий катализатор в виде суспензии.

## T

### Темп подачи свежего сырья

Поступающее в реактор исходное сырье без учета количества продуктов реакции, возвращаемых на повторную переработку.

### Теплообменник

Аппарат для передачи тепла от одной жидкости (или потока пара) другой жидкости. Типичный теплообменник состоит из цилиндрического резервуара, через который протекает один поток, и набора последовательно соединенных труб, проходящих через цилиндр, по которым может течь другой поток. Тепло передается за счет теплопроводности труб.

### Термический крекинг

Расщепление углеводородных молекул на более легкие соединения. Жесткими формами термического крекинга являются коксование и т. н. «легкий крекинг» (висбрекинг), понижающий вязкость продукта.

### Тетраэтилсвинец (TEL)

Антidetонационная присадка к бензину.

### ТКК (FBT)

Температура конца кипения фракции, выраженная в градусах Фаренгейта, обычно на основании кривой дистилляции ASTM.

### Толуол ( $C_6H_5CH_3$ )

Ароматическое соединение, используемое в качестве сырья в химической промышленности; самое распространенное применение - производство тринитротолуола (TNT).

### Топливная нефть

Обычно это остаточное топливо (мазут), иногда так называют дистиллятное топливо.

### Топочный газ

Газ из различных печей, направляемый в дымоотводной канал (дымоход).

### Точка вспышки

Температура, до которой должен нагреваться продукт в определенных условиях для выделения количества пара, достаточного для образования легковоспламеняемой смеси с воздухом. Точка вспышки обычно используется в качестве показателя пожаро- и взрывоопасности продукта; согласно ASTM D-56, D-92, D-93, E-134, D-1320.

### Точка замерзания

Температура, при которой наблюдается появление кристаллов по мере ее охлаждения, что особенно важно для авиационного, дизельного и нефтяного топлива.

### Точка кипения

Температура, при которой жидкость закипает (см. начальная и конечная точка кипения).

### Точка потери текучести

Минимальная температура, при которой нефтепродукт сохраняет текучесть при его охлаждении без нарушения стандартных режимов транспортировки по трубам. Точка потери текучести является критической характеристикой среднестиллятных продуктов, используемых в условиях холодного климата; согласно ASTM D-99.

### Тяжелый газойль

Дистиллятный продукт, состоящий из углеводородов с границей кипения порядка 340 ... 430 °С. Затем тяжелый газойль поступает в установку каталитического крекинга в качестве исходного сырья.

## У

### Углеводород

Органические соединения, состоящие из водорода и углерода, в том числе сырая нефть, природный газ и уголь.

### Удерживаемый объем катализатора

Вес катализатора в тоннах, удерживаемого над решеткой в реакторе или регенераторе.

### Узкая остаточная фракция

Кубовые остатки или остаточный продукт вакуумной отпарной колонны.

### Упругость паров по Рейду (RVP)

Давление, необходимое для предотвращения непрерывного испарения жидкости, измеряемое в аппарате конструкции Рейда. Используется в качестве стандартного параметра в спецификации газолитина.

### Установка для переработки крекинг-газа

Набор колонн и очистных аппаратов на нефтеперерабатывающем производстве, осуществляющих разделение и обработку олефиновых крекинг-газов.

### Установка для переработки насыщенных газов

Набор колонн и аппаратов на перерабатывающем предприятии, используемых для разделения и очистки насыщенных газов.

### Установка замедленного коксования

Технологическая установка, в которой остаток подвергается термическому разложению на кокс и легкие продукты.

### Установка коксования

Технологический процесс переработки нефти, в котором тяжелое сырье, например, кубовый остаток рециклового продукта или газойль термического крекинга подвергается воздействию высоких температур. В ходе крекинга создаются легкие нефтепродукты; кокс образуется в реакторах и должен удаляться после их наполнения.

### Установка парового риформинга метана

Эти установки являются первичным источником водорода для нефтеперерабатывающего производства; в них осуществляется процесс преобразования метана и пара в водород, побочными продуктами которого являются монооксид и диоксид углерода.

### Установка платформинга

Устаревшее название установки риформинга.

## Ф

### Флюидизированный каталитический крекинг

Наиболее популярная схема каталитического крекинга, в которой порошковый катализатор, текущий подобно жидкости, смешивается с подаваемым сырьем и реакция осуществляется в то время, когда смесь находится в движении.

### Фракционатор

Закрытая цилиндрическая колонна, оснащенная тарелками, через которые пропускается перегоняемая газожидкостная смесь в барботирующем режиме. На тарелках задерживается часть сконденсированной жидкости, и таким образом тяжелые фракции газожидкостной смеси отделяются от более легких. Известен также как стабилизационная колонна, ректификационная колонна или колпачковая колонна.

### Фракционирование

Противоточный процесс, в котором смесь паров неоднократно приводится в контакт с жидкостями, имеющими почти тот же состав, что и соответствующие пары. Температура жидкостей соответствует точкам кипения; следовательно, при каждом контакте часть пара конденсируется, а часть жидкости испаряется. В завершение серии контактной очистки пар обогащается низкокипящими компонентами, а жидкость обогащается высококипящими компонентами.

### Фракция

Часть сырой нефти, которая кипит в определенном температурном интервале. Обычно пределы этого интервала выбираются на основании истинных точек кипения, полученных при анализе компонентного состава сырой нефти.

## X

### Характеристический фактор

Показатель качества исходного сырья, используемый также для корреляции данных, относящихся к физическим свойствам, например, средняя точка кипения и удельный вес.

## Ц

### Цеолиты

Соединения, широко используемые в качестве катализаторов, состоящие из двуокиси кремния или алюминия, а также натрия, кальция и других соединений. Цеолиты отличаются разнообразием разновидностей - пористые, рыхлые или гелеобразные, и являются основой для создания широкого ряда катализаторов. Твердые цеолиты имеют протяженную пористую структуру, благодаря которой значительно возрастает площадь поверхности. Прецизионный контроль размеров пор при изготовлении позволяет добиться избирательного доступа для молекул различной величины в ходе реакции.

### Цетановое число

Число, означающее процентное содержание чистого цетана в смеси цетана и альфаметил-нафталина, соответствующее качеству воспламенения образца дизельного топлива. Это число, указываемое для топлив среднестиллятного ряда, является синонимом октанового числа бензинов.

### Циклическое соединение

Углеводородные молекулы, в которых атомы углерода образуют по крайней мере одно замкнутое кольцо, характерное для нафтенных и ароматических соединений. Такие соединения называют циклическими.

## Ч

### Часовая массово-объемная скорость (WHSV)

Определяется, как отношение веса подаваемого в течение часа исходного сырья к весу катализатора.

### Часовая объемная скорость жидкости (LHSV)

Объем загружаемого в течение часа сырья, отнесенный к объему катализатора.

### Чувствительность к тетраэтилсвинцу

Изменение октанового числа бензина в зависимости от содержания тетраэтилсвинца.

## Ш

### Широкая остаточная фракция

Остаточный продукт прямой перегонки, получаемый на дистилляционной установке.

## Э

### Эквивалент топливной нефти (FOE)

Теплотворная способность стандартного барреля топливной нефти, равная 6,05 x 10<sup>6</sup> Btu (британских тепловых единиц). На диаграмме выработки выход осушенного газа и нефтяного топливного газа обычно выражается в баррелях FOE.

### Экзотермическая реакция

Реакция, протекающая с выделением тепла. Экзотермическими реакциями являются процессы алкилирования, полимеризации и гидрогенизации.

### Экстракт

Конечная составляющая в процессе экстракции растворителями (см. Экстракция растворителями).

### Экстракция растворителями

Процесс извлечения определенных углеводородов из смеси нефтепродуктов при помощи растворителей. Обычно в качестве растворителей применяются: жидкий SO<sub>2</sub>, фурфурол, сульфолан, фенол и пропан.

### Эндотермическая реакция

Реакция, требующая дополнительного нагрева для поддержания постоянной температуры реагентов и продуктов реакции.

### Этан (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)

Бесцветный газ, неосновной компонент природного газа и компонент газа нефтепереработки, который наряду с метаном используется в качестве топлива в технологическом процессе. Является важнейшим исходным сырьем в производстве этилена.

### **Этилен (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)**

Бесцветный газ, создаваемый в процессе крекинга. В нефтеперерабатывающем производстве обычно сжигается вместе с метаном и этаном. На химических предприятиях этилен является основным мономером для широкого ряда продуктов, включая полиэтилен и этиловый спирт.

### **Эффективные границы кипения фракций**

Границы кипения, обеспечивающие выход чистой фракции без каких-либо «хвостов».

### **АББРЕВИАТУРЫ**

#### **BFOE**

Число баррелей эквивалента топливной нефти, рассчитанного, исходя из низшей теплотворной способности (LHV) нефтяной смеси BFOE, равной 60 50 000 Btu (британских тепловых единиц).

#### **CFR**

Составной коэффициент подачи сырья (combined feed ratio). Отношение общего количества загружаемого сырья (включая используемое повторно) к объему свежего сырья.

#### **FVT**

Конечная температура испарения фракции в градусах Фаренгейта. Выраженные таким образом интервалы кипения обычно используются при анализе компонентного состава сырой нефти методом дистилляции в истинных точках кипения.

#### **MTBE**

Метил-трет-бутиловый эфир; используется, как присадка для повышения октанового числа в качестве альтернативы TEL (тетраэтилсвинец).

#### **LPG**

Сжиженный нефтяной газ. Собирательный термин для обозначения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ).

## Приложение 4 – Ссылки и библиография

### **Petroleum Refining**

3rd Edition; William Leffler, 2000, PennWell Publishing

### **2008 Refining Processes Handbook**

Hydrocarbon Processing

### **OSHA Technical Manual**

Refining Process, 2008

### **Energy Administration Administration**

<http://www.eia.doe.gov/>

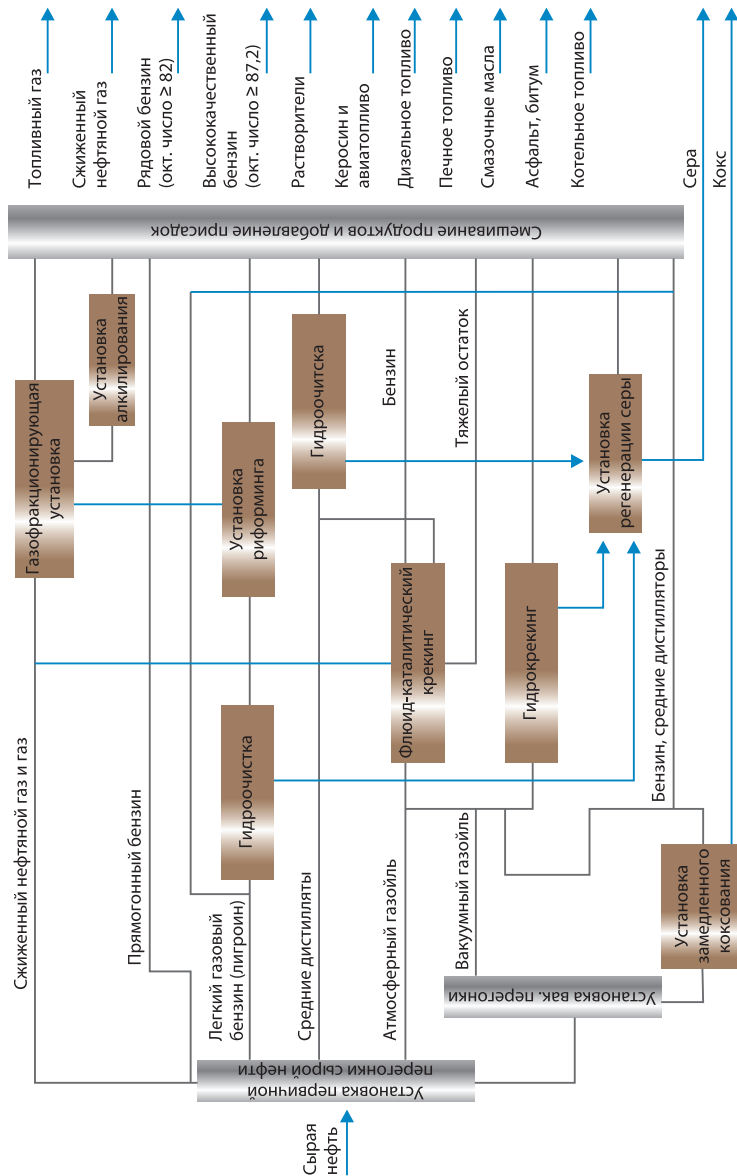
**Конфиденциальная информация**



**Приложение 5 -  
Рекомендации по выбору  
средств измерений уровня  
Rosemount**

Рекомендации по выбору приборов для измерения уровня Rosemount

Технологические установки и процессы



Типичного нефтеперерабатывающего предприятия



# Приложение 5 – Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount

Установка	Процесс	Непрерывные измерения				Контроль уровня	9901	Технологическая среда	Тип измерений	Тип исполнения подвар-ления / температура	Тип монтажа	Наилучшие реше-ния в разделе: стр. 108
		5300	5400	5600	3100 DP							
Нефтепереработка	Накопительные резервуары	1				1	Жидкие углеводороды	Уровень	Стандартное	Различный	4.1./4.3.2 / стр. 108	
Нефтепереработка	Накопительные резервуары	1					Жидкий УВ / вода	Граница раздела	Стандартное	Различный	4.1.5/4.3.6	
Нефтепереработка	Накопительные / питающие резервуары	1				1	Газовый конденсат, масла	Уровень	Стандартное	В камере	4.1.4	
Нефтепереработка	Продувочные сепараторы		1			1	Различные, в основном УВ	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.5	
Нефтепереработка	Хранилище химикатов	2	1			1	Кислоты, щелочи, полимеры, топлива	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2/ стр. 108	
Нефтепереработка	Компрессорные газожидкостные сепараторы	1				1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление/ низкая температура	В камере	4.1.1b	
Нефтепереработка	Компрессорные скрубберы		1				Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление/ низкая температура	Непосредственный монтаж с DP	стр. 108	
Нефтепереработка	Компрессорные скрубберы	1				1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление/ низкая температура	В камере	4.1.1b	
Нефтепереработка	Буферные емкости компрессора	1				1	Нефть	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.4/ стр. 108	
Нефтепереработка	Компрессор - разное	1				1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление/ низкая температура	В камере	4.1.1b	
Нефтепереработка	Газожидкостные сепараторы	1	2			2	Жидкие углеводороды	Уровень	Стандартное	Различный	4.1.4/4.3.2	
Нефтепереработка	Отбойные сепараторы	1				1	Жидкие углеводороды	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.4	
Нефтепереработка	Резервуары/баки смазочных масел	1				1	Смазочное масло	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.4/ стр. 108	
Нефтепереработка	Буферные емкости компрессоров	1				1	Нефть	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.4	
Нефтепереработка	Сепараторы/отбойные барабаны	1				1	Газ/нефть, нефть/вода	Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Нефтепереработка	Водосборники сепараторов	1				1	Нефть/вода	Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Установки алкилирования	Изобутан		1				Изобутан	Уровень	Стандартное	В установочном колодце	4.2.1	
Установки алкилирования	Смесительные резервуары		2	1			Кислоты, катализатор	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.3	
Установки алкилирования	Пропиленовое сырье		1	2			Пропилен	Уровень	Стандартное	В установочном колодце	4.2.1	
Установки алкилирования*	Отстойные резервуары*	1				1	Нефть/кислота	Граница раздела	Стандартное	На резервуаре или в камере	4.1.5/4.3.6	
Смешивание и присадки	Асфальт / битум		1	2			Тяжелые углеводороды	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2	
Смешивание и присадки	Резервуары для компаундирования	2	1			1	Жидкие углеводороды	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.3/ стр. 108	

\*В установках алкилирования с добавлением плавиковой кислоты следует уделить особое внимание материалам конструкции

2 = удовлетворительный выбор

1 = хороший выбор

Условные обозначения:

# Приложение 5 – Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount

Установка	Процесс	Непрерывные измерения					Контроль уровня	9901	Технологическая среда	Тип измерений	Тип уплотнения по давлению / температуре	Тип монтажа	Наилучшие решения в разделе:
		5300	5400	5600	3100	DR							
Смешивание и присадки	Смазочное масло		1			1	1		Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.3/ стр. 108	
Установка перегонки сырой нефти	Буферное хранилище сырой нефти		1			1	2		Уровень	Стандартное	В успокоительном колоде	4.3.2	
Установка перегонки сырой нефти	Буферное хранилище сырой нефти					1			Уровень	Стандартное	Непосредственный монтаж с DR	стр. 108	
Установка перегонки сырой нефти	Деминерализаторы	1							Граница раздела	Стандартное	В успокоительном колоде	4.6	
Установка перегонки сырой нефти	Деминерализаторы	1							Граница раздела	Стандартное	На резервуаре		
Установка перегонки сырой нефти	Дистилляционные колонны	1					1		Уровень	Высокая темп./ низкое давление	В камере	4.1.1A	
Установка перегонки сырой нефти	Дистилляционные колонны	1					1		Уровень	Стандартное	В камере	4.1.4	
Установка перегонки сырой нефти	Дистилляционные колонны	1							Уровень	Стандартное или высокотемпературное	Непосредственный монтаж с DR	стр. 108	
Вакуумная установка перегонки сырой нефти	Асфальт / битум	1							Уровень	Высокая темп./ низкое давление	В камере	4.1.1A	
Вакуумная установка перегонки сырой нефти	Остатки (донные)					1			Уровень	Высокая темп./ низкое давление	Непосредственный монтаж с DR	стр. 108	
Вакуумная установка перегонки сырой нефти	Суспензии		1						Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.3	
Установка замедленного коксования	Коксовые бункеры		1						Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.1	
Установка замедленного коксования	Коксовые барабаны								Уровень	Высокотемпературное	Выборы Rosemount не применимы		
Установка замедленного коксования	Расходный бак установок коксования					1			Уровень	Высокая темп./ низкое давление	В камере	4.1.1A	
Установка замедленного коксования	Резервуар пеногасящей жидкости	1	2			1	1	2	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2/ стр. 108	
Установка замедленного коксования	Граница раздела тяжелая нефть и вода*	1					1		Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Установка замедленного коксования	Бункер для отработанного катализатора								Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.1	
Каталитический крекинг	Абсорберы	1					1		Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Каталитический крекинг	Колонна деганлизатора	1					1		Уровень	Стандартное	В камере	4.1.1A	
Каталитический крекинг	Депропанатор	1					1		Уровень	Высокая темп./ низкое давление	В камере	4.1.1A	
Каталитический крекинг	Каплетообиник факела		1			1	1	2	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.4/ стр.108	
Каталитический крекинг	Каплетообиник факела	1					2	1	Уровень	Высокая темп./ низкое давление	В успокоительном колоде	4.2.1	

Условные обозначения:

1 = хороший выбор

2 = удовлетворительный выбор

\* В некоторых случаях измерения уровня границы раздела сред с наличием сильной эмульсии лучше использовать датчик перепада давления.

# Приложение 5 – Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount

Установка	Процесс	Непрерывные измерения				Контроль уровня	9901	Технологическая среда	Тип измерений	Тип уплотнения под давлением / температура	Тип монтажа	Наилучшие решения в разделе:
		5300	5400	5600	3100 DP							
Каталитический крекинг	Фракционатор	1					1	Углеводороды	Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A
Каталитический крекинг	Бараны фракционатора	1					1	DCO / вода	Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5
Каталитический крекинг	Каталитический крекинг	1			2		1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A
Каталитический крекинг	Граница раздела бензин / вода	1					1	Бензин / вода	Граница раздела	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.3
Каталитический крекинг	Колона перегонки авиационного топлива	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A
Каталитический крекинг	Колона вторичной перегонки	1					1	Бензин	Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A
Каталитический крекинг	Отработанный катализатор	1						Нефть / частицы металла	Уровень и граница раздела	Стандартное	На резервуаре	4.3.6
Каталитический крекинг	Отстойник воды с верхним орошением	1					1	Жидкие углеводороды / кислая вода	Граница раздела	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.3
Каталитический крекинг	Секция тонкой серочистки	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A
Установка гидроочистки	Бункеры катализатора	1						Сухие металлич. частица	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.1
Установка гидроочистки	Ковалитаторы (водосборник сепаратора)	1					1	Нефть/вода	Граница раздела	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.3
Газогенераторная установка	Колона абсорбции дегидризатора	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Аккумулятор OH каталитического дегидризатора	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Остатки в колонне дегидризатора	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Аккумулятор OH дегидризатора	1					1	Пропан, пропилен	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Рефлюгер дегидризатора	1					1	Жидкие углеводороды	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Рефлюгер дегидризатора	1					1	Вода	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b
Газогенераторная установка	Струббер отходящего газа				1		2	Газ / вода	Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5
Газогенераторная установка	Сферм. резервуар изобутана		1					Изобутан	Уровень	Стандартное	В скользящей коллоиде	4.2.1
Газогенераторная установка	NGL, пропан, другие сжиженные газы	1						Сжижен. газы с жидкой ДП	Уровень	Стандартное	На резервуаре или в камере	4.2.1/4.1.4
Установка гидроочистки	Аммиак	1						Аммиак	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2/4.7.3

Условные обозначения:

1 = хороший выбор

2 = удовлетворительный выбор

# Приложение 5 – Рекомендации по выбору средств измерений уровня Rosemount

Установка	Процесс	Непрерывные измерения					Контроль уровня	9901	Технологическая среда	Тип измерений	Тип уплотнения по давлению / температуре	Тип монтажа	Наилучшие решения в разделе:
		5300	5400	5600	3100	DR							
Установка гидроочистки	Холодный сепаратор НР	1					2	1	Граница раздела	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.3	
Установка гидроочистки	Дебутилизатор	1					1	1	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b	
Установка гидроочистки	Депропанализатор	1					1	1	Уровень	Высокое давление / низкая температура	В камере	4.1.1b	
Установка гидроочистки	Порядный сепаратор низкого давления	1				2	1	1	Граница раздела	Высокая температура / высокое давление	В камере	4.1.3	
Установка гидроочистки	Емкости для хранения серы	1	1	1					Уровень	Высокая температура / низкое давление	На резервуаре	4.3.1	
Установка гидроочистки - установка аминной очистки	Сточные колодцы для аминов	1							Граница раздела	Стандартное	На резервуаре	4.3.6	
Установка гидроочистки - установка аминной очистки	Обогащенный амин	1					1		Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Установка гидроочистки - установка аминной очистки	Отработанный амин	1					1		Граница раздела	Стандартное	В камере	4.1.5	
Установка гидроочистки	Нефтедегидрирующий резервуар	1							Уровень и граница раздела	Стандартное	На резервуаре	4.3.6	
Установка гидроочистки	Измерение уровня лигроина в вакууме	1					1		Уровень	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.1A	
Установка гидроочистки	Измерение границы раздела в нестабилизированном лигроине	1					1		Граница раздела	Высокая температура / низкое давление	В камере	4.1.3	
Резервуарный парк	Резервуары с плавающей крышей	1					1		Уровень, сигнализация	Стандартное	На резервуарах	4.7.4	
Резервуарный парк	Резервуары с неподвижной крышей						1		Уровень, сигнализация	Стандартное	На резервуаре	4.5.2	
Инженерные сооружения	Система питания котлов и подачи воды					1			Уровень	Высокая температура / высокое давление	Непосредственный монтаж с DP	стр. 108	
Инженерные сооружения	Система питания котлов и подачи воды	1					1	1	Уровень	Высокая температура / высокое давление	В камере	4.1.2	
Инженерные сооружения	Резервуары для возвратного конденсата	1				1	1		Уровень	Высокая температура / высокое давление	На резервуаре или в камере	4.1.2/ стр. 108	
Инженерные сооружения	Градирни	1	2				1	2	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2	
Инженерные сооружения	Скрубберы топливного газа	2	1				1	2	Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2	
Инженерные сооружения	Расходные и резервные емкости					1	1		Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2/ стр. 108	
Инженерные сооружения	Сточные колодцы	1	2						Уровень и граница раздела	Стандартное	На резервуаре	4.3.6	
Инженерные сооружения	Сточные воды	2	1						Уровень	Стандартное	На резервуаре	4.3.2	

Основные обозначения:

1 = хороший выбор

2 = удовлетворительный выбор















Логотип Emerson является фирменной маркой и торговым знаком компании Emerson Electric Company. Стандартные условия и положения о порядке сбыта приводятся по ссылке [www.rosemount.com/terms\\_of\\_sale](http://www.rosemount.com/terms_of_sale) Логотип Rosemount и наименование "Rosemount" являются зарегистрированными товарными знаками компании Rosemount Inc. PlantWeb является зарегистрированным товарным знаком группы компаний Emerson Process Management. Viton является зарегистрированным торговым знаком компании Du Pont Performance Elastomers. Все остальные торговые знаки соответственно являются собственностью своих владельцев. Мы оставляем за собой право изменить или улучшить конструкцию либо технические характеристики продукции и состав услуг в любое время без уведомления.

© 2009 Rosemount, Inc. Все права защищены.

#### **Emerson Process Management**

##### **Россия**

115114, г. Москва,  
ул. Летниковская, д. 10, стр. 2, эт. 5  
Т: +7 (495) 981-981-1  
Ф: +7 (495) 981-981-0  
e-mail: [Info.Ru@Emerson.com](mailto:Info.Ru@Emerson.com)  
[www.emersonprocess.ru](http://www.emersonprocess.ru)

##### **Азербайджан**

AZ-1065, г. Баку  
ул. Джаббарлы, 40, эт. 9  
"Каспийский Бизнес Центр"  
Т: +994 (12) 498-2448  
Ф: +994 (12) 498-2449  
e-mail: [Info.Az@Emerson.com](mailto:Info.Az@Emerson.com)

##### **Казахстан**

050057, г. Алматы  
ул. Тимирязева, 42  
ЦДС "Атакент", Павильон 17  
Т: +7 (727) 250-09-03, 250-09-37  
Ф: +7 (727) 250-09-36  
e-mail: [Info.Kz@Emerson.com](mailto:Info.Kz@Emerson.com)

##### **Украина**

01054, г. Киев  
ул. Тургеневская, д. 15, офис 33  
Т: +38 (044) 4-929-929  
Ф: +38 (044) 4-929-928  
e-mail: [Info.Ua@Emerson.com](mailto:Info.Ua@Emerson.com)

#### **Промышленная группа «Метран»**

Россия, 454138, г. Челябинск  
Комсомольский проспект, 29  
Т: +7 (351) 799-51-51  
e-mail: [Info.Metran@Emerson.com](mailto:Info.Metran@Emerson.com)  
[www.metran.ru](http://www.metran.ru)

Технические консультации по выбору и применению продукции осуществляет **Центр поддержки Заказчиков**  
Т: +7 (351) 247-16-02, 247-1-555  
Ф: +7 (351) 247-16-67

[www.rosemount.com](http://www.rosemount.com)

Библиографический номер: 00805-0100-1031 Ред. АА 07/09

**EMERSON**  
Process Management