

Работа кориолисовых расходомеров Micro Motion® при наличии вовлеченного газа®

Введение

В этом техническом описании обсуждаются проблемы измерения рабочей среды, содержащей пузырьки воздуха или другого газа, и описывается, как данная проблема может быть решена с помощью кориолисовых сенсоров и преобразователей Micro Motion®. Это техническое описание также содержит практические рекомендации, позволяющие минимизировать погрешности измерений.

Хотя наиболее распространенным термином, связанным с этой проблемой, является «вовлеченный воздух», пузырьки могут содержать любой газ. Для более широкого охвата темы в этом техническом описании используется другой термин — «вовлеченный газ». Также к часто используемым терминам относятся «двухфазный поток» и пробковое течение».

Системы с вовлеченным газом

Существует три режима определяющих наличие вовлеченного газа: пузырьковое течение, пробковое течение и режим «полная/пустая/полная» труба при операциях налива. Эти режимы могут возникать как непреднамеренно, так и намеренно. Кориолисовые расходомеры Micro Motion® ELITE® разработаны для обеспечения максимальной устойчивости к эффектам, вызываемым вовлеченным газом.

Пузырьковое течение

Пузырьковое течение характеризуется непрерывным распределением пузырей (рис. 1), обычно возникающих, когда воздух намеренно добавляется в процесс, как при производстве пищевых продуктов, таких как взбитые сливки или масло.



Рис. 1. Вовлеченный воздух, пузырьковое течение

Пробковое течение

Пробковое течение, как правило, является непреднамеренным и может возникать в результате нарушения процесса на нефтехранилищах или нефтяных скважинах, где появляются периодические слипшиеся пузыри (рис. 2).



Рис. 2. Вовлеченный воздух, пробковое течение

Пробковое течение может возникать в результате падения среды с большой высоты в резервуары (рис. 3), где при поступлении потока в жидкость происходит разбрызгивание. Чем дальше падает жидкость, тем больше воздуха вовлекается.



Рис. 3. Пробковое течение, длительное падение

Перемешивающие устройства (мешалки) могут создавать вихрь, увлекающий воздух в жидкость, особенно при низких уровнях жидкости в резервуарах (рис. 4).

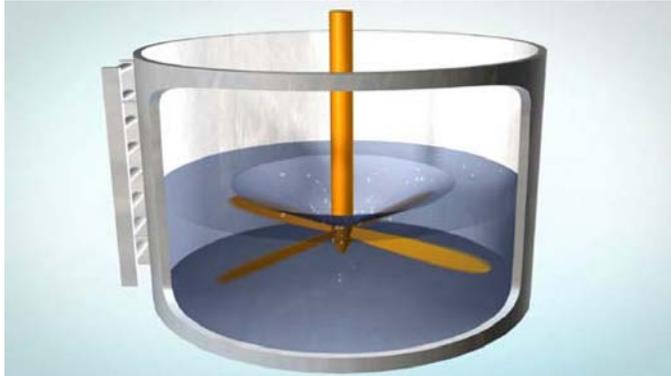


Рис. 4. Вихрь с вовлеченным воздухом в жидкости

К попаданию воздуха могут привести протечки во всасывающих насосах и откачка продукта из почти пустых резервуаров. Воздух также может попасть в технологическую линию через неисправные уплотнения.

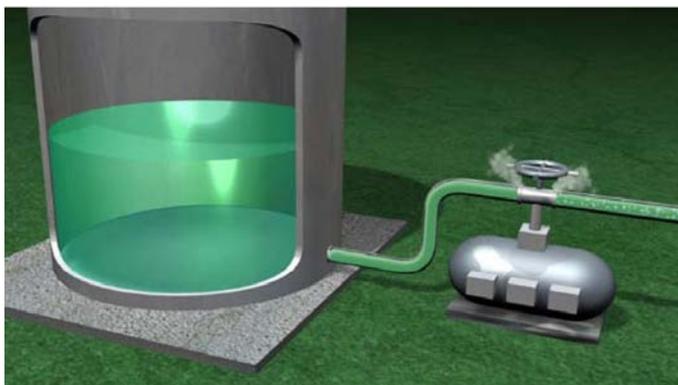


Рис. 5. Вовлеченный воздух, вызванный протечками в насосах

«Полная/пустая/полная» труба

Состояние «полная/пустая/полная» труба характеризуется точной границей раздела жидкость/газ и может возникать при загрузке и разгрузке железнодорожных вагонов или других резервуаров и судов.

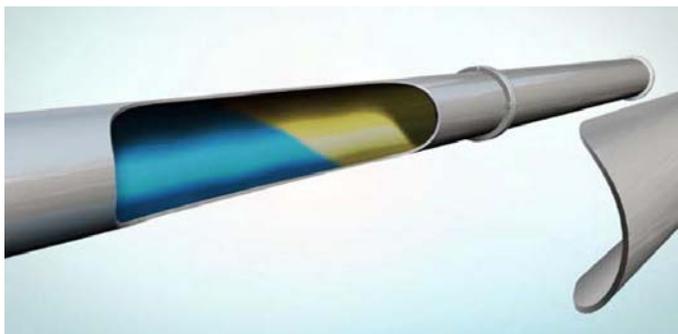


Рис. 6. Вовлеченный воздух, «полная/пустая/полная» труба

Проблема измерений при наличии вовлеченного газа

Технология кориолисовых сенсоров Micro Motion позволяет выполнять прямые измерения массы, плотности и температуры. Присутствующий в потоке жидкости газ занимает определенный объем. Важно понимать, что при измерении массового расхода вовлеченный газ не вызывает значительных ошибок на измерение массового расхода.

При измерении характеристик смеси газа и жидкости значение массового расхода, измеренное расходомером, представляет собой сумму масс жидкости и газа. Так как масса газа очень мала по сравнению с массой жидкости, измеренный массовый расход смеси очень близок к массовому расходу жидкости и обеспечивает превосходное измерение.

$$M_{\text{измеренная расходомером}} = M_{\text{жидкости}} + M_{\text{газа}} \approx M_{\text{жидкости}}$$

Но измеренная плотность смеси (сообщаемая кориолисовым расходомером) фактически является средним значением плотности жидкости и газа, взвешенным в соответствии с их объемными долями. Интересующее измерение плотности — это, как правило, только плотность жидкости, а кориолисовый расходомер не сможет выдать это значение.

$$\rho_{\text{смеси}} = \rho_{\text{газа}} \times \text{ОСГ} + \rho_{\text{жидкости}}(1 - \text{ОСГ})$$

Где:

$\rho_{\text{смеси}}$ = плотность смеси;

$\rho_{\text{газа}}$ = плотность газа;

$\rho_{\text{жидкости}}$ = плотность жидкости;

ОСГ = Объемное содержание газа.

Аналогично измерение объема с помощью кориолисового расходомера дает объем смеси или сумму объемов газа и жидкости. Опять же, обычно интересует только объем жидкости. Следовательно, если в расходомере присутствует вовлеченный газ, количество жидкости будет представлено только значением массы. Измеренные значения плотности и объема представляют собой количества смеси.

$$V_{\text{измеренный расходомером}} = V_{\text{смеси}} = V_{\text{газа}} + V_{\text{жидкости}}$$



Рис. 7. Пузыри вовлеченного газа

Технология Micro Motion

Существующая технология Micro Motion может быть с превосходными результатами применена в системах, содержащих вовлеченный газ, при использовании правильного расходомера и электронного преобразователя с соответствующими настройками. Кроме того, определенные характеристики системы могут улучшить результат измерения. Эти характеристики системы обсуждаются в разделе «Рекомендации по применению».

Технология сенсора

Для двухфазного потока наилучшее измерение обеспечивают двухтрубные сенсоры с низкой частотой трубки. При использовании сенсора с высокой частотой трубки двухфазная смесь не вибрирует синхронно с расходомерной трубкой, что приводит к большим ошибкам измерения. Чем быстрее вибрирует трубка, тем больше вероятность того, что газ и жидкость разъединятся (эффект decoupling) и будут перемещаться в расходомерной трубке с разными скоростями, что приведет к ошибке измерения. Это похоже на состояние, возникающее в центрифуге. Чем быстрее вращается центрифуга, тем сильнее она отделяет тяжелые компоненты от легких.

Для систем с вовлеченным газом рекомендуется использовать сенсоры Micro Motion ELITE, но в определенных ситуациях требованиям применения соответствуют сенсоры серии F. Поскольку однотрубные сенсоры серии T характеризуются высокой рабочей частотой, использовать их для систем с вовлеченным газом не рекомендуется. На рис. 8 показана ошибка массового расхода 1 % для расходомеров ELITE серий F и T в лаборатории для воды с вовлеченным воздухом. Точки на каждой кривой показывают условия, при которых достигается измерение с погрешностью менее 1 %.

Контур измерения массового расхода с погрешностью 1 %

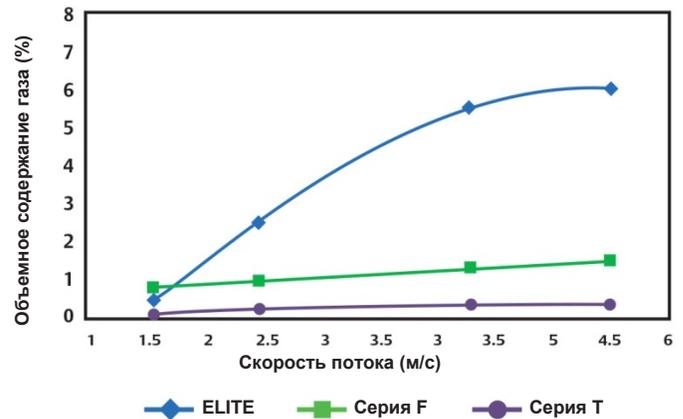


Рис. 8. Лабораторные условия — вода с воздухом

Технология электронных преобразователей

Наш новейший стандартный электронный преобразователь Micro Motion MVD™ с усовершенствованным базовым процессором, доступный с сенсорами серии ELITE, F и H, предлагает самые современные возможности цифровой обработки сигналов (digital signal processing, DSP) и оптимизирован для измерений вовлеченного газа. Сенсор ELITE с усовершенствованным базовым процессором является оптимальным кориолисовым расходомером для измерения двухфазной жидкости. При использовании усовершенствованного базового процессора для измерений жидкости с вовлеченным газом не требуется никакой специальной настройки электронного преобразователя.

В стандартной технологии Micro Motion MVD™ (доступна со стандартным базовым процессором) также используется цифровая обработка сигналов (DSP), увеличивающая скорость отклика. В случае вовлеченного газа электронный преобразователь должен удалить или «видеть сквозь» шум, создаваемый двухфазным потоком, и сообщать только результаты измерения «реального» потока жидкости. Алгоритмы DSP, реализованные в электронике MVD, очень эффективно фильтруют шум и обеспечивают непрерывные измерения для жидкостей с некоторым количеством вовлеченного газа. Чтобы увеличить скорость передачи данных сенсора в электронный преобразователь, для любого стандартного электронного преобразователя MVD должен быть настроен режим вовлеченного газа. Чтобы выходы продолжали выдавать данные процесса в условиях двухфазного потока, важно также задать значение «нет» для действий в случае сбоя.

Нуль электронного преобразователя

Состояние нестабильного расхода (например, воздух, застрявший внутри расходомерных трубок при нулевом расходе) может привести к значительным ошибкам измерения. По этой причине настоятельно не рекомендуется выполнять установку нуля в условиях нестабильного расхода.

Компания Micro Motion не советует выполнять установку нуля в полевых условиях в двухфазном потоке. Заводское значение нуля обеспечит наилучшие результаты. Если ноль был установлен в полевых условиях, когда в сенсоре находились две фазы, рекомендуется восстановить заводское значение нуля. В большинстве электронных преобразователей заводское значение нуля хранится в памяти.

Рекомендации по применению

В случае двухфазного потока наиболее важным фактором системы для улучшения измерения расхода является распределение пузырей. Для достижения наилучших результатов измерений пузырьки газа в рабочей среде должны быть небольшими, с как можно более равномерным распределением между двумя сенсорными трубками, и перемещаться по трубкам с той же скоростью, с которой они входили в трубки. Следующие факторы способствуют равномерному распределению пузырьков.

- **Повышение расхода.** При достаточно высокой скорости потока пузырьки движутся по сенсорным трубкам примерно с той же скоростью, с которой они входили в трубки, противодействуя эффектам всплывания пузырьков (под действием силы тяжести) в жидкостях с низкой вязкостью, как описано ниже. Если известно, что присутствует вовлеченный воздух, Micro Motion рекомендует расход не менее 5 : 1 от номинального расхода.
- **Вертикальный трубопровод, направление потока вверх.** В частности, при сниженных расходах всплывание пузырьков приводит к их накоплению у входа сенсора, когда он установлен в горизонтальном трубопроводе с трубками, направленными вниз. Всплывание пузырьков в потоке влечет за собой их перемещение по трубкам. По этой причине рекомендуется устанавливать сенсор в вертикальном трубопроводе с восходящим потоком. Устранить эту проблему также помогает поддержание высокого расхода (рис. 9).

- **Вязкость.** В жидкостях с высокой вязкостью, как правило, пузырьки лучше удерживаются во взвешенном состоянии, чем при низкой вязкости, сохраняя свое первоначальное положение и распределение. В жидкостях с высокой вязкостью пузырьки чаще остаются рассредоточенными, а при низкой вязкости маленькие пузырьки могут объединяться в большие, которые с большей вероятностью собираются вместе. На рис. 10 и 11 показаны ожидаемые лабораторные результаты для жидкостей с низкой и высокой вязкостью.

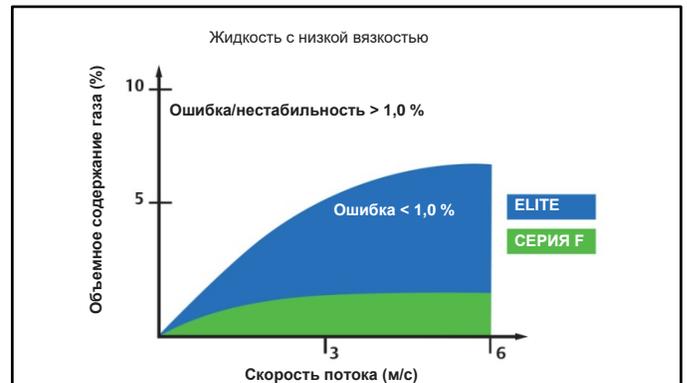


Рис. 10. Лабораторные условия — вода с воздухом

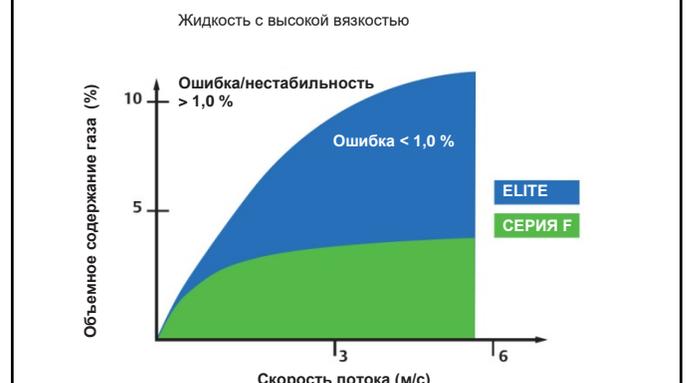


Рис. 11. Лабораторные условия — минеральное масло с воздухом

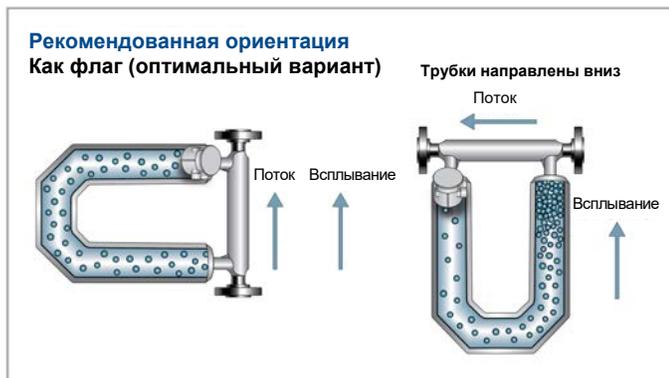


Рис. 9. Влияние ориентации сенсора на распределение пузырьков

- Налив «полная/пустая/полная» труба.**
 Вовлеченный газ обнаруживается в начале и в конце порции при наливе в режиме «пустая/полная/пустая» труба. В лабораторных испытаниях порции длительностью в одну минуту и больше, как правило, оказывались невосприимчивы к переходным ошибкам, вызванным вовлеченным газом, оставшимся в трубках сенсора. Как показано на рис. 12, повторяемость улучшается с увеличением длительности порции. Исследования в лаборатории показали, что, если время заполнения расходомера не превышает 1 секунды, а длительность порции превышает 10 секунд, можно ожидать хороших показателей для налива в режиме «полная/пустая/полная» труба с повторяемостью значения массы заметно ниже 0,1 %. Время заполнения расходомера зависит от его размера и расхода. Чтобы максимально сократить время заполнения, следует быть внимательным при определении размеров и установке расходомера. Расходомер должен быть установлен рядом с точкой перехода в дренируемой конфигурации, быстро заполняться при запуске и быстро сливаться или продуваться в конце операции налива.

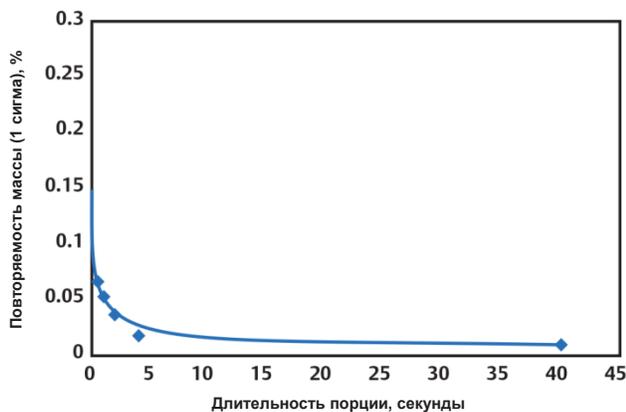


Рис. 12. Влияние длительности порции на повторяемость. (Данные получены в лабораторных условиях. Свяжитесь с производителем в случае конкретного применения.)

Ниже, на рис. 13, показано, что расходомеры ELITE серии F могут работать с погрешностью менее 1,0 % при меньших длительностях порции. Другие расходомеры дают аналогичные погрешности при более длительных порциях.

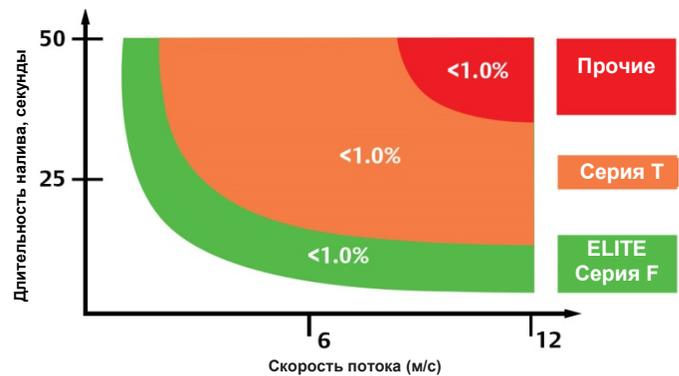


Рис. 13. Характеристики в режиме налива «полная/пустая/полная» труба. Лабораторные условия — вода с воздухом

Заключение

При правильном выборе, установке и настройке кориолисовые расходомеры Micro Motion в сочетании с технологией MVD и усовершенствованным базовым процессором позволяют свести к минимуму или преодолеть проблемы измерений, вызванные наличием вовлеченного газа. Преимущества технологии кориолисовых расходомеров Micro Motion доступны для широкого диапазона применений в различных отраслях. Технология кориолисовых расходомеров обеспечивает высокоточное измерение массового расхода двухфазной жидкости с помощью расходомера с небольшой стоимостью установки и обслуживания.

Дополнительные сведения о работе расходомера Micro Motion при наличии вовлеченного см. в наших видеороликах о вовлеченном газе по адресу www.youtube.com/user/EmersonRussia

Об авторах

Тим Паттен (Tim Patten) работает в Micro Motion с 1989 г., занимая различные инженерные и маркетинговые должности. Он получил степень магистра в области машиностроения в Вустерском политехническом институте в штате Массачусетс. В настоящее время Тим Паттен является директором по измерительным технологиям.

Джозел Вайнштейн (Joel Weinstein) — инженер по исследованиям и применению в компании Micro Motion. Он получил докторскую степень в области машиностроения в Университете Колорадо в Боулдере и недавно завершил пятилетний совместный исследовательский проект с Университетом, направленный на улучшение кориолисовых измерений для сложных промышленных применений с вовлеченным газом.

Мишель Марсени (Michelle Marceny) получила степень бакалавра в области химического машиностроения в Колорадской горной школе, окончив ее в 1985 г. Она занимала различные инженерные и маркетинговые должности в отрасли, а в настоящее время является менеджером линейки продуктов для нефтегазовой отрасли в Micro Motion.

© Micro Motion, Inc., 2012. Все права защищены. Логотипы Micro Motion и Emerson являются торговыми и товарными знаками компании Emerson Electric Co. Micro Motion, ELITE, MVD, ProLink, MVD Direct Connect и PlantWeb — знаки компании Emerson. Все остальные товарные знаки принадлежат соответствующим правообладателям.

Компания предоставляет данную публикацию только для информационных целей. Несмотря на то, что при подготовке данного руководства были приложены все усилия, чтобы обеспечить максимальную точность приведенной информации, оно не является исчерпывающим справочником по техническим параметрам или технологическим процессам. Компания не дает гарантий и не несет никаких юридических обязательств в отношении точности, полноты, актуальности, надежности или полезности каких-либо сведений, изделий или технологических процессов, описанных в данном руководстве. Мы оставляем за собой право изменять или улучшать конструкцию либо технические характеристики нашей продукции в любое время без уведомления. Для получения самой актуальной информации и рекомендаций обратитесь к местному представителю Micro Motion.

Emerson Automation Solutions

Россия, 115054, г. Москва,
ул. Дубининская, 53, стр. 5
Телефон: +7 (495) 995-95-59
Факс: +7 (495) 424-88-50
Info.Ru@Emerson.com
www.emerson.ru/automation

Азербайджан. А2-1025. г. Баку
Проспект Ходжалы. 37
Demirchi Tower
Телефон: +994 (12) 498-2448
Факс: +994(12) 498-2449
e-mail: Info.Az@Emerson.com

Казахстан. 050060, г. Алматы
ул. Ходжанова 79, этаж 4
БЦ Аврора
Телефон: +7 (727) 356-12-00
Факс +7 (727) 356-12-05
e-mail: Info.Kz@Emerson.com

Украина, 04073, г. Киев
Куреневский переулок. 12,
строение А, офис А-302
Телефон: +38 (044) 4-929-929
факс: +38 (044) 4-929-928
e-mail: Info.Ua@Emerson.com

Промышленная группа «Метран»

Россия, 454003, г. Челябинск,
Новоградский проспект, 15
Телефон: +7(351)799-51-52
Факс: +7 (351)799-55-90
Info.Metran@Emerson.com
www.metran.ru

Технические консультации по выбору и применению продукции осуществляет Центр поддержки Заказчиков
Телефон: +7 (351) 799-51-51
факс: +7 (351) 799-55-88

Актуальную информацию о наших контактах смотрите на сайте www.emerson.ru/automation

