

# Вихревой расходомер Rosemount 8800 с адаптивной обработкой цифровых сигналов

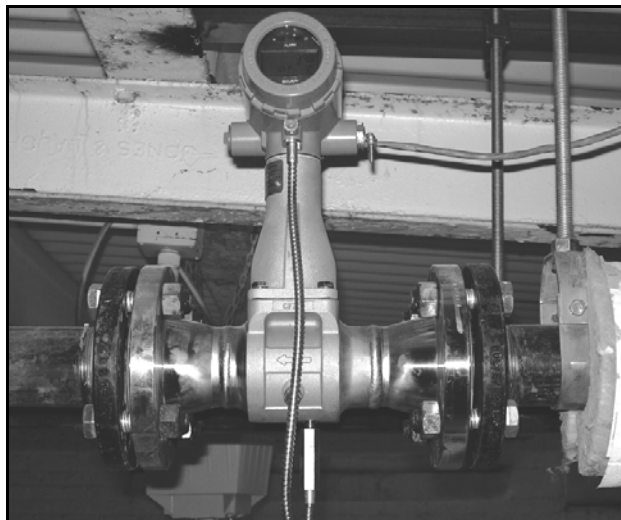
## ВВЕДЕНИЕ

Появление вихревых технологий призвано повысить надежность приборов, снизить затраты на их установку и предоставить широкий спектр высокоточных измерений расхода жидкостей, газов и пара. Однако традиционная конструкция вихревых расходомеров имеет ряд недостатков, среди которых встроенная отсечка малого расхода и снижение точности измерений из-за вибрации.

В силу того, что условия на предприятии могут значительно отличаться от условий, в которых калибровался вихревой расходомер, фактические условия эксплуатации порой могут оказать негативное воздействие на приборы. Вихревой расходомер Rosemount 8800 сконструирован таким образом, чтобы ограничить влияние условий эксплуатации на качество измерений.

Rosemount 8800 устойчив к вибрации и способен измерять малый расход благодаря балансировке массы сенсорной системы и запатентованной технологии адаптивной обработки цифрового сигнала.

Цель данного документа - предоставить техническое описание того, как вихревые расходомеры проводят измерения. Он содержит разделы, в которых детально описан принцип действия вихревого расходомера Rosemount 8800, включая генерирование и фильтрацию сигнала расхода. Кроме того, в нем приведены примеры регулировки параметров фильтра и рассмотрены возможности по измерению малого расхода и снижению уровня помех, вызванных вибрацией.



## Содержание

Теория работы . . . . .	стр. 3
Принцип действия Rosemount 8800 . . . . .	стр. 6
Адаптивная обработка цифровых сигналов (ADSP) . . . . .	стр. 10
Измерение малого расхода . . . . .	стр. 17
Вибрация . . . . .	стр. 20
Справочные данные . . . . .	стр. 23

# Rosemount 8800

---

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА

### Высокая точность

Как правило, погрешность вихревого расходомера ниже, чем  $\pm 1\%$  от значения расхода. Довольно часто встречается погрешность для жидкостей  $\pm 0,5\%$  от значения расхода. Полный список погрешностей см. в Листе технических данных (00813-0107-4004) вихревого расходомера Rosemount 8800.

### Широкий диапазон измерений

Вихревые расходомеры могут сохранять линейную погрешность в широком диапазоне расхода. В зависимости от характеристик жидкости и технологических условий возможно достичь предельного соотношения 40:1 между максимальным и минимальным измеряемым расходом, сохраняя при этом одинаковую точность измерений.

### Широкий диапазон применений

Вихревые расходомеры могут быть использованы для измерения расхода жидкостей, газов и пара. Как правило, на приборы не влияют изменения условий эксплуатации или качеств технологической среды.

### Низкая стоимость установки и технического обслуживания

Вихревые расходомеры просты в установке, питаются от контура, не требуют калибровки в полевых условиях, обеспечивают низкий уровень постоянных потерь давления и не имеют движущихся деталей, требующих регулярного технического обслуживания.

## ВИХРЕВОЙ РАСХОДОМЕР ROSEMOUNT 8800

### Надежность

В вихревых расходомерах 8800 отсутствуют импульсные линии, пазы и уплотнительные прокладки, что повышает надежность измерений.

### Незасоряющаяся конструкция

Прибор имеет уникальную конструкцию без прокладок, пазов и щелей, которые могут засориться в процессе эксплуатации и вызвать потерю сигнала расхода.

### Устойчивость к вибрации

Балансировка массы сенсорной системы и запатентованная технология адаптивной обработки цифрового сигнала (ADSP) обеспечивают устойчивость к вибрации, которая может привести к появлению неустойчивых или ложных показаний расхода.

### Заменяемый сенсор

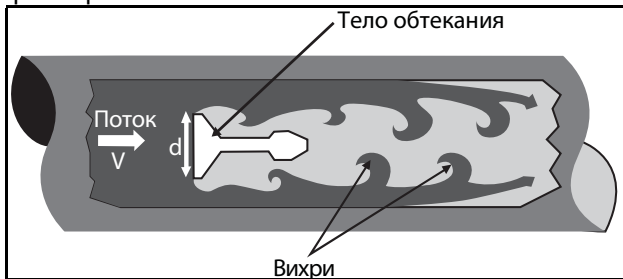
Сенсор изолирован от технологического процесса и может быть заменен без разрушения технологического уплотнения. Для всех типоразмеров используются одинаковые сенсоры, поэтому для всех расходомеров нужны одинаковые запасные детали.

### Упрощенная процедура поиска и устранения неисправностей

Диагностика устройства позволяет проводить проверку электронного блока и сенсора без остановки технологического процесса.

# Теория работы

Вихревой расходомер выполняет измерения на основании такого природного феномена как явление фон Кармана.



При движении жидкости вдоль округлого тела (тела обтекания) ее поток разделяется, в результате чего на противоположной стороне округлого тела формируются зоны неоднородного переменного давления (вихри). Частота переменных вихрей линейно пропорциональна скорости технологической среды.

## Уравнение 1

$$F \propto k \cdot V$$

F = Частота возникающих вихрей

V = Скорость потока

k = Константа пропорциональности

## Число Струхалия:

Число Струхалия - безразмерная величина, которая зависит от размера и формы тела обтекания. При оптимальной конструкции тела обтекания число Струхалия остается неизменным в широком диапазоне чисел Рейнольдса. Уравнение (1) может быть переформулировано с применением числа Струхалия и диаметра тела обтекания.

## Уравнение 2

$$F = \frac{St \cdot V}{d}$$

St = число Струхалия

d = Ширина тела обтекания

## Объемный расход

Чтобы определить объемный расход с помощью вихревого расходомера, нужно умножить скорость потока на площадь поперечного сечения расходомера.

## Уравнение 3

$$Q_v = V \cdot A$$

$Q_v$  = Объемный расход

A = Площадь поперечного сечения

Чтобы определить площадь поперечного сечения применяется следующее уравнение:

## Уравнение 4

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

D = Внутренний диаметр расходомера

## К-фактор

К-фактор вихревого расходомера - это константа пропорциональности, применяемая, чтобы определить отношение измеренной частоты к объемному расходу. К-фактор определяется во время калибровки в проливочной лаборатории, где подсчитывают число импульсов от вихревого расходомера в зависимости от объема технологической среды, прошедшей через прибор, чтобы определить величину К-фактора как количество импульсов на единицу объема. Объединив два предыдущих уравнения, получаем итоговое уравнение вихревого расхода.

## Уравнение 5

$$Q_v = \frac{F \cdot (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot d}{St}$$

Далее площадь, ширина тела обтекания и число Струхалия заменяются на К-фактор.

## Уравнение 6

$$Q_v = \frac{F}{K}$$

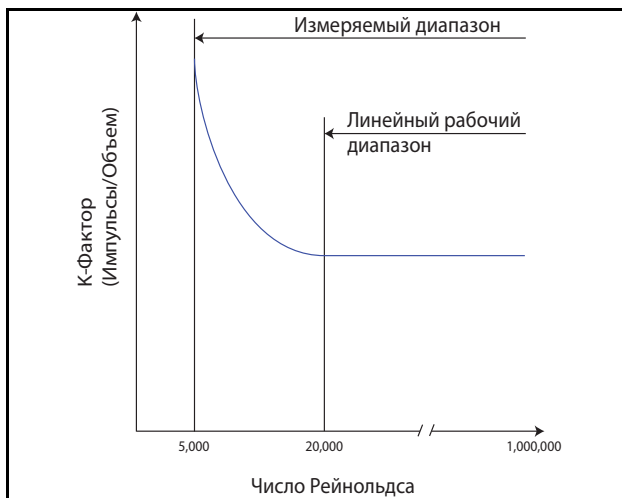
Если известен К-фактор, то можно определить расход, измерив частоту вихрей. Кроме того, исходя из данных уравнений, можно определить объемный расход независимо от таких характеристик технологической среды, как давление, температура, плотность и вязкость. К-фактор зависит только от геометрии расходомера.

## Зависимость К-фактора от числа Рейнольдса

Как было отмечено, число Струхалия остается неизменным в широком диапазоне чисел Рейнольдса. Следовательно, К-фактор также остается неизменным в широком диапазоне чисел Рейнольдса, что подтверждают уравнения (5) и (6). Однако если число Рейнольдса становится менее 20 000 (15 000 для газов и пара), К-фактор становится нелинейным. Нелинейность этой зависимости определяется плотностью и вязкостью технологической среды.

# Rosemount 8800

Рис. 1. Зависимость К-фактора от числа Рейнольдса



## Число Рейнольдса

Число Рейнольдса - это безразмерная величина, характеризующая отношение сил инерции к силам вязкости среды. Применяется для определения границ ламинарного и турбулентного потоков.

### Уравнение 7

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Re = Число Рейнольдса

$\rho$  = Плотность среды

V = Скорость потока

D = Внутренний диаметр расходомера или трубы

$\mu$  = Вязкость среды

Турбулентный поток необходим для создания вихрей за телом обтекания. Турбулентный поток возникает, когда число Рейнольдса составляет около 4 000. Для формирования полноценного турбулентного потока оно должно составлять около 10 000, что является оптимальным нижним пороговым значением для вихревых расходомеров. Уравнение (7) показывает, что число Рейнольдса возрастает с ускорением потока. Кроме того, из него следует, что повышение плотности приведет к увеличению этого числа, а повышение вязкости приведет к его уменьшению. Среда с высокой вязкостью затрудняют работу вихревых расходомеров, потому что их расход характеризуется низкими числами Рейнольдса.

Таб. 1 Влияние характеристик среды на число Рейнольдса

Изменение характеристик среды	Влияние на число Рейнольдса
Повышение плотности	Увеличение числа Рейнольдса
Понижение плотности	Уменьшение числа Рейнольдса
Повышение вязкости	Уменьшение числа Рейнольдса
Понижение вязкости	Увеличение числа Рейнольдса

## Массовый расход

При измерении в единицах массового расхода (фунт/ч, кг/ч и т.д.) в уравнение расхода нужно обязательно включить плотность технологической среды.

### Уравнение 8

$$Q_m = Q_v \cdot \rho$$

$Q_m$  = массовый расход

В большинстве случаев вихревой расходомер будет использовать для данного расчета стандартную плотность технологической среды. Однако есть приборы, конструкция которых позволяет использовать динамически компенсированную плотность, определенную по итогам измерения давления и (или) температуры технологической среды.

## Базовый (стандартный) объемный расход

При измерении в базовых (стандартных) единицах расхода (стд. куб. ф/м (SCFM), норм. куб. м/ч (NCMH) для преобразования фактического объемного расхода в базовый (стандартный) применяется отношение плотности технологической среды в фактических условиях к плотности технологической среды в базовых (стандартных) условиях.

### Уравнение 9

$$Q_b = Q_v \cdot \rho_r$$

$Q_b$  = Базовый объемный расход

$\rho_r$  = Отношение плотности

### Уравнение 10

$$\text{Отношение плотностей} = \rho_a / \rho_b$$

$\rho_a$  = Плотность в фактических (текущих) условиях  
 $\rho_b$  = Плотность в базовых (стандартных) условиях

Для расчета отношения плотности также может быть применен закон идеального газа.

**Уравнение 11**

$$\text{Density Ratio} = \frac{T_b \cdot P_f \cdot Z_b}{T_f \cdot P_b \cdot Z_f}$$

T<sub>b</sub> = Абсолютная температура в базовых (стандартных) условиях

P<sub>b</sub> = Абсолютное давление в базовых (стандартных) условиях

Z<sub>b</sub> = Сжимаемость в базовых (стандартных) условиях

T<sub>f</sub> = Абсолютная температура в фактических (текущих) условиях

P<sub>f</sub> = Абсолютное давление в фактических (текущих) условиях

Z<sub>f</sub> = Сжимаемость в фактических (текущих) условиях

**Амплитуда и сила вихревого сигнала**

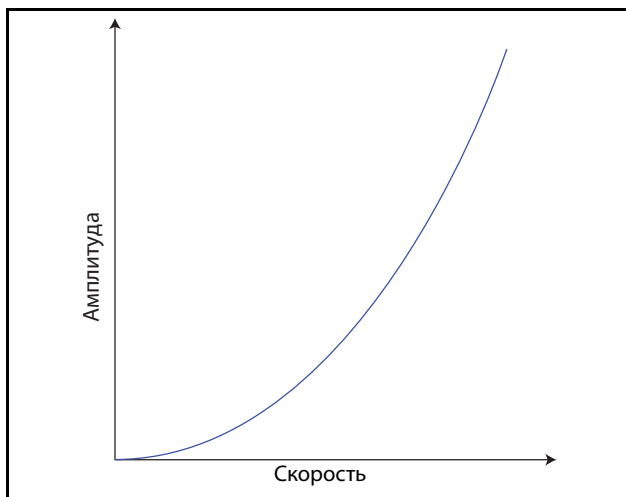
Как отмечалось, для работы вихревых расходомеров необходим турбулентный поток и, следовательно, некоторое минимальное число Рейнольдса для создания вихрей. Кроме того, сигнал расхода должен иметь амплитуду или силу не ниже установленных минимальных. Амплитуда (сила) сигнала вихревого расходомера пропорциональна плотности и скорости технологической среды.

**Уравнение 12**

$$SA \propto \rho V^2$$

SA = Амплитуда (сила) вихревого сигнала

Рис. 2. Зависимость амплитуды сигнала от скорости



Вихри должны быть способны передать достаточно силы и энергии сенсору, чтобы он смог измерить их частоту. Термин X<sub>G</sub> в уравнении (12) является мерой энергии в потоке, т.к. он зависит от кинетической энергии.

**Уравнение 13**

$$E_k = 1/2 \cdot m \cdot V^2$$

E<sub>k</sub> = Кинетическая энергия

m = Масса

Среды с более высокой плотностью имеют больше внутренней энергии, поэтому сила вихревого сигнала увеличивается экспоненциально с увеличением скорости потока. Следовательно, проблемы при измерении расхода могут возникнуть со средами с низкой плотностью или низкой скоростью потока. Все вихревые расходомеры будут иметь соответствующий предел минимальной скорости, зависящий от этого требования минимальной амплитуды сигнала.

**Уравнение 14**

$$V_{min} = \sqrt{(SS)/\rho}$$

V<sub>min</sub> = Минимальная измеряемая скорость

SS = Фактор чувствительности сенсора

Уравнение (14) показывает, как обычно определяют минимальную измеряемую скорость в зависимости от амплитуды вихревого сигнала. Фактор чувствительности сенсора устанавливается производителем и, как правило, определяется эмпирически.

**Краткий обзор теории**

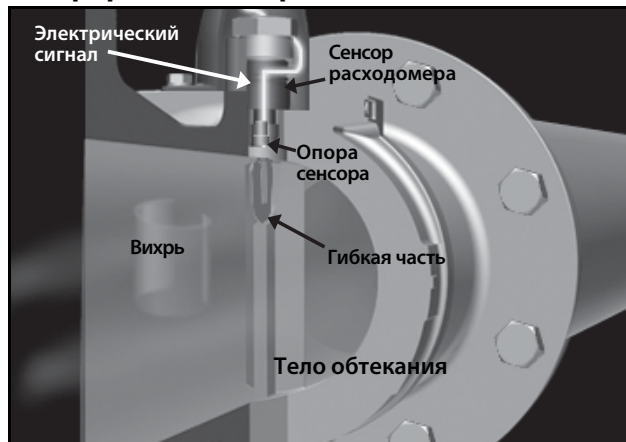
Вихревые расходомеры выполняют измерения на основании явления фон Кармана. Вихреобразование происходит на частоте пропорциональной скорости. Для преобразования частоты в расход применяется К-фактор. Для создания вихрей и их измерения расхода необходимо обеспечить минимальные число Рейнольдса и амплитуду сигнала.

# Rosemount 8800

## Принцип действия Rosemount 8800

В данном разделе описано, как вихревой расходомер Rosemount 8800 генерирует вихревой сигнал и определяет расход.

### Генерирование вихревого сигнала

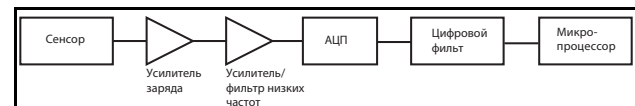


После тела обтекания поток технологической среды разделяется, и с каждой стороны тела создаются попеременно вихри. Каждый из них создает область низкого давления на одной из сторон тела обтекания. Низкое давление приводит гибкую часть тела обтекания в движение. Оно передается опоре сенсора, которая находится вне потока. Движение опоры оказывает давление на сенсор, содержащий пьезоэлектрический элемент. Воздействие силы на пьезоэлектрический элемент приводит к преобразованию механической энергии в электрический сигнал. Этот сигнал передается электронный блок для обработки. Блок измеряет частоту генерируемого электрического сигнала и использует К-фактор для преобразования измеренной частоты в расход.

### Обработка вихревого сигнала

Электронный блок Rosemount 8800 принимает сигнал из сенсора, усиливает и преобразует его в цифровую форму, после чего передает данные в процессор для обработки цифровых сигналов (DSP). Процессор обрабатывает эти данные и рассчитывает частоту сигнала. Затем частота передается в микропроцессор, где рассчитывается расход. На Рис. 3 изображена блок-схема измерительной электроники.

Рис. 3 Схема движения сигнала



### Усиление и предварительная фильтрация сигнала

Необработанный сигнал от сенсора усиливается и фильтруется, чтобы удалить внеполосные шумы. Кроме того, фильтр сглаживает высокочастотные шумы и удаляет шумы резонансной частоты.

### Преобразование аналогового сигнала в цифровой

АЦП Sigma-Delta отбирает и преобразует полученный после усиления и фильтрации сигнал в цифровой. Оцифрованный сигнал проходит через изолирующий трансформатор в процессор для обработки цифровых сигналов.

### Процессор для обработки цифровых сигналов

Образцы данных из АЦП передаются в цифровой фильтр или в процессор для обработки цифровых сигналов (DSP). Процессор проводит данные через несколько цифровых фильтров высоких и низких частот, после чего извлекает из них информацию о частоте.

### Микропроцессор

Информация о частоте вихрей передается из процессора в микропроцессор системы. Он использует эту информацию для расчета точной вихревой частоты и расхода. Кроме того, микропроцессор регулирует и (или) контролирует АЦП, процессор, аналоговый выход 4–20 мА, импульсный выход, протоколы HART и Fieldbus и дисплей.

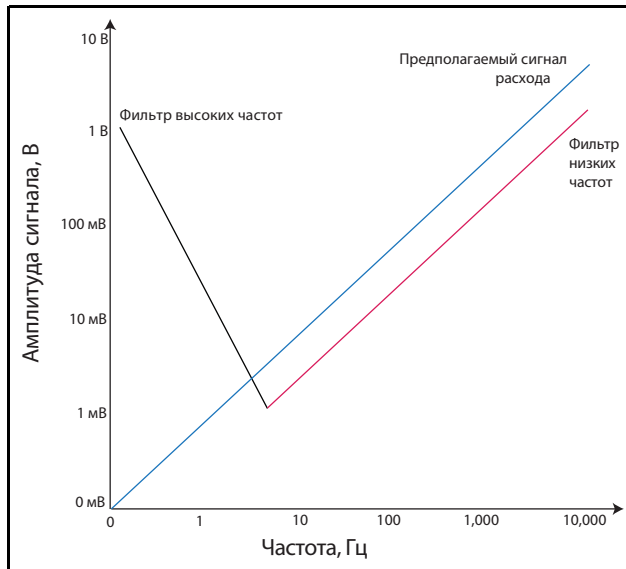
## Компенсированный К-фактор

Rosemount 8800 применяет компенсированный К-фактор для преобразования частоты в расход согласно уравнению 6 на стр. 3. Эталонный К-фактор для каждого расходомера определяется во время калибровки в проливочной лаборатории. Компенсированный К-фактор - это адаптированный эталонный К-фактор, учитывающий разницу между условиями установки в проливочной лаборатории и при эксплуатации, такими как температура и диаметр трубопровода.

## ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Внутри Rosemount 8800 находится программируемый цифровой полосно-пропускающий фильтр. Полоса пропускания достигается за счет последовательного расположения фильтров высоких и низких частот. Микропроцессор облегчает программирование фильтра: он регулирует частоту среза полосно-пропускающего фильтра, изменяя частоту среза фильтров высоких и низких частот. Эти частоты подбираются для наиболее распространенных применений с учетом размера трубы и типа технологической среды (жидкость или газ) и задаются, когда к прибору подается электричество.

Рис. 4. Диапазон цифровой фильтрации

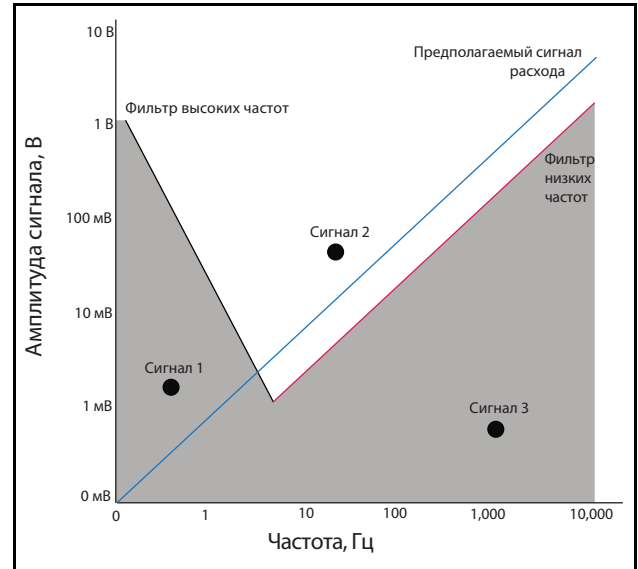


На Рис. 4 изображено расположение фильтров высоких и низких частот относительно предполагаемого сигнала расхода. Сигнал должен находиться внутри кривой «V», созданной прямыми показателями фильтров, чтобы прибор измерил его как расход.

## ПРИМЕЧАНИЕ

Предполагаемый сигнал расхода линейный, потому что обе оси имеют логарифмическую шкалу.

Рис. 5. Измерение сигнала расхода и подавление помех



На Рис. 5 изображено, как фильтры обеспечивают измерение сигнала расхода (Сигнал 2) и подавляют помехи (Сигнал 1 и Сигнал 3). За сигналы расхода будут приниматься сигналы только из светлой зоны. Сигналы из темной зоны будут считаться помехами.

## Фильтр низких частот

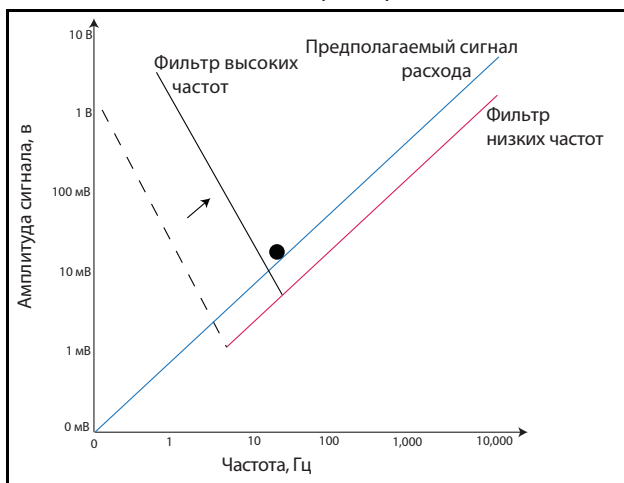
Обычно при эксплуатации частота среза фильтра низких частот не изменяется. Она задается таким образом, что отфильтрованный вихревой сигнал остается на относительно постоянном уровне во всем диапазоне расхода для конкретного применения. Это возможно потому, что фильтр имеет наклон  $1/f^2$ , чтобы компенсировать зависимость амплитуды от скорости вихрей. (Не забывайте, что амплитуда сигнала пропорциональна квадрату скорости или частоты. См. пункт «Амплитуда и сила сигнала вихрей» на стр. 5). Когда амплитуда итогового сигнала постоянна, наклон фильтра в  $1/f^2$  подавляет помехи.

# Rosemount 8800

## Фильтр высоких частот

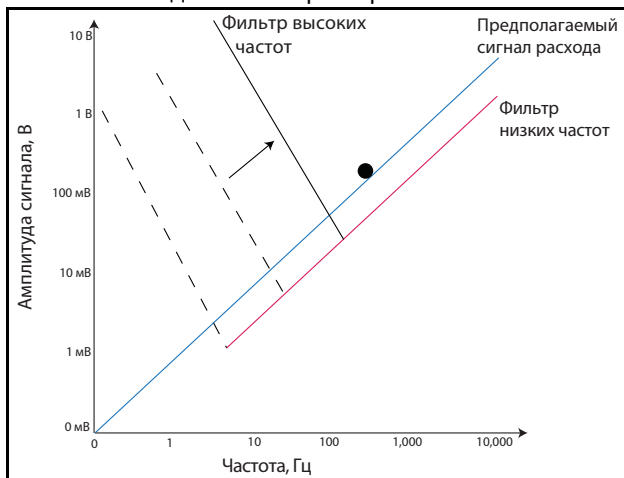
Чтобы отслеживать эти изменения, цифровой фильтр регулируется автоматически во время эксплуатации. С изменением расхода меняется соответствующая частота вихрей. Регулировка цифрового фильтра для отслеживания изменений происходит автоматически во время эксплуатации. Эта характеристика, порой именуемая адаптивной цифровой фильтрацией или адаптивным отслеживанием фильтра, поддерживает силу сигнала, таким образом сводя к минимуму помехи.

Рис. 6. Адаптивный фильтр высоких частот



На Рис. 6 изображено, как фильтр высоких частот отслеживает фактический сигнал расхода.

Рис. 7. Адаптивный фильтр высоких частот

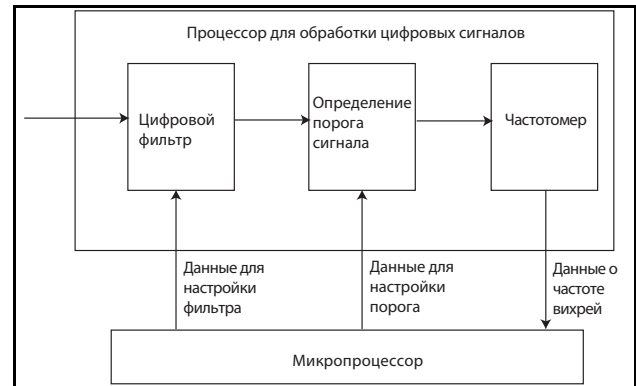


На Рис. 7 изображено, как фильтр высоких частот продолжает отслеживать фактический сигнал расхода при его увеличении.

## Определение порога сигнала

После того, как процессор для обработки цифровых сигналов отфильтровал вихревой сигнал, данные отправляются в узлы частоты измерений и распознавания сигнала (оба находятся в процессоре). На Рис. 8 изображено движение данных внутри процессора.

Рис. 8 Движение данных внутри процессора

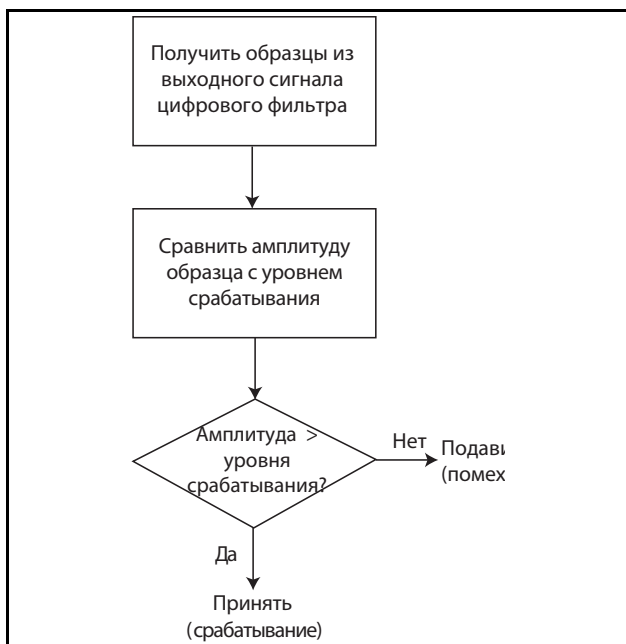


Определение порога сигнала происходит путем сравнения выходных данных цифровых фильтров с уровнем срабатывания. Этот узел облегчает подавление субпороговых помех и улавливание надпороговых сигналов.

Таким образом, входящий вихревой сигнал должен иметь достаточную амплитуду, чтобы «прорваться» через уровень срабатывания; помехи должны быть отфильтрованы (подавлены) таким образом, чтобы не допустить их попадания на уровень срабатывания. Детектор порога принято называть триггером Шмитта. Этот алгоритм изображен на Рис. 9.

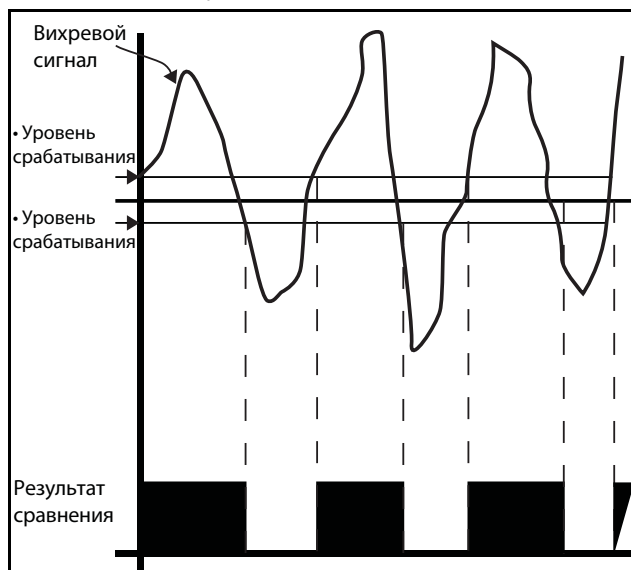


Рис. 9. Блок-схема определения порога (триггер Шмитта)



Частотомеры на процессоре для обработки цифровых сигналов рассчитывают продолжительность периода каждого цикла прямоугольной волны. Это результат наряду с числом периодов отправляется в микропроцессор каждые 100 мсек или 1 цикл расходомера в зависимости от того, какой из показателей больше. На основании этих данных микропроцессор рассчитывает частоту вихря и расход.

Рис. 10. Вихревой сигнал с помехами и уровень срабатывания



На Рис. 10 изображено наложение вихревого сигнала с помехами на предел порога или уровень срабатывания.

## Измерение частоты

Результат сравнения – это представленный в виде прямоугольной волны отфильтрованный вихревой сигнал, который может быть использован для определения частоты.

## Rosemount 8800

# Адаптивная обработка цифрового сигнала (ADSP)

Технология адаптивной обработки цифрового сигнала (ADSP) расходомеров Rosemount 8800 настраивается на заводе-изготовителе таким образом, чтобы обеспечивать оптимальную фильтрацию в диапазоне расхода с учетом типоразмера, технологической среды и ее плотности. В большинстве применений подходят заводские настройки этих параметров, однако, в некоторых применениях может потребоваться настройка адаптивной обработки измерения цифрового сигнала (ADSP) для увеличения диапазона расхода или подавления помех. Пользователем могут быть настроены три параметра адаптивной обработки цифрового сигнала:

- Отсечка малого расхода
- Частота среза фильтра низких частот
- Уровень срабатывания (триггер)

## ОТСЕЧКА МАЛОГО РАСХОДА

Если значение расхода падает ниже уровня отсечки, то прибор фиксирует нулевой расход. В связи с тем, что применение вихревого расходомера становится невозможным при скорости потока ниже определенного уровня, необходимо установить величину отсечки. Она становится начальной точкой для измерений адаптивного фильтра высоких частот, который был рассмотрен в пункте «Фильтр высоких частот» на стр. 8.

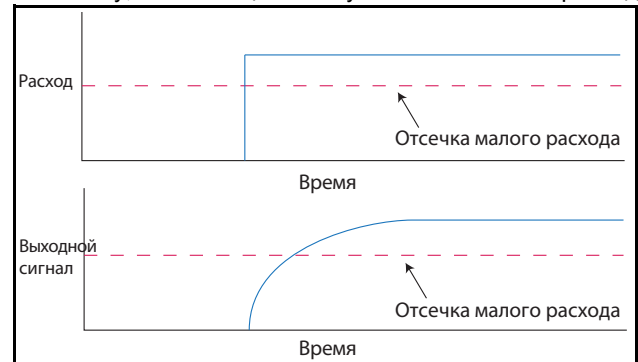
## Диапазон нечувствительности отсечки малого расхода

Отсечка малого расхода характеризуется наличием диапазона нечувствительности: прибор будет отображать нулевой расход, если его уровень ниже показателя отсечки, однако, не начнет фиксировать расход до тех пор, пока его уровень не превысит диапазон нечувствительности. Диапазон нечувствительности, также известный как гистерезис, на 18% выше, чем фактический показатель отсечки малого расхода. Этот диапазон настроен таким образом, что если уровень расхода близок к показателю отсечки, то выходной сигнал будет приведен сразу к уровню нулевого расхода.

## Отклик на отсечку малого расхода

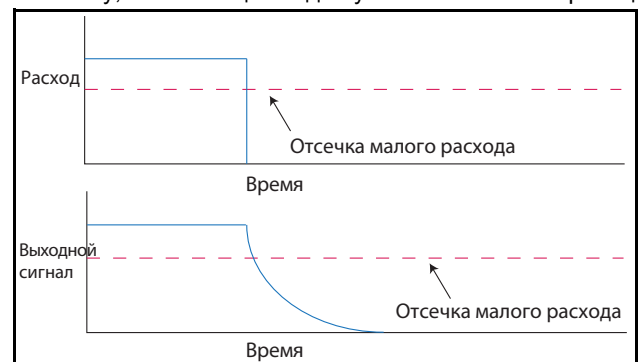
Этот параметр определяет, как выходной сигнал вихревого расходомера будет вести себя, достигая уровня отсечки и преодолевая его. Возможны два варианта «демпфированный» (damped) или «шаговый» (stepped). При выборе демпфированного отклика преобразователь будет передавать данные о расходе, начиная с его нулевого показания. При выборе шагового отклика преобразователь будет передавать данные о расходе, начиная с уровня отсечки (т.е. прибор никогда не передаст выходной сигнал, величина которого ниже, чем показатель отсечки).

Рис. 11. Выходной сигнал с демпфированным откликом на отсечку, начинающийся с нулевого показания расхода



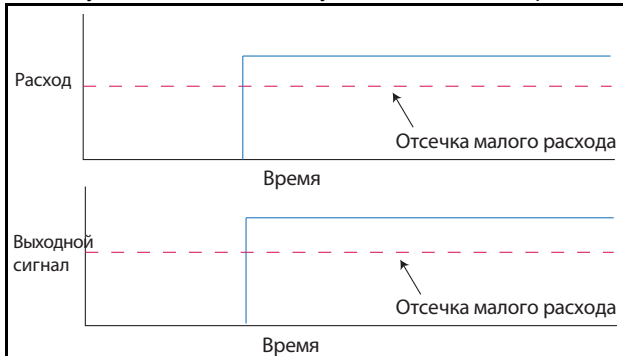
На Рис. 11 изображено, что сначала расход равен нулю, а затем одновременно возрастает до уровня, превышающего уровень отсечки. При демпфированном способе отклика величина выходного сигнала сначала равна нулю, а затем постепенно возрастает до уровня расхода.

Рис. 12 Выходной сигнал с демпфированным откликом на отсечку, понижающийся до нулевого показания расхода



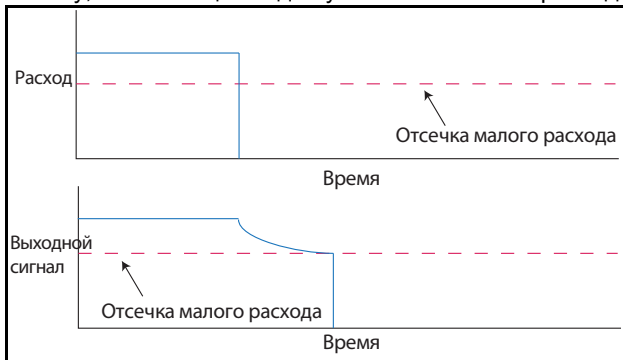
На Рис. 12 изображено, что сначала уровень расхода выше уровня отсечки, а затем одномоментно понижается до нуля. Выходной сигнал с демпфированным откликом на отсечку постепенно понижается до нуля, и в течение некоторого времени выходной сигнал будет ниже уровня отсечки.

Рис. 13. Выходной сигнал с шаговым откликом на отсечку, начинающийся с нулевого показания расхода



На Рис. 13 изображено, что сначала расход равен нулю, а затем одномоментно возрастает до уровня, превышающего уровень отсечки. При шаговом отклике величина выходного сигнала сразу же возрастает до уровня расхода, как только он становится выше уровня отсечки.

Рис. 14. Выходной сигнал с шаговым откликом на отсечку, понижающийся до нулевого показания расхода.



На Рис. 14 изображено, что сначала уровень расхода выше уровня отсечки, а затем одномоментно понижается до нуля. Выходной сигнал с шаговым откликом на отсечку начнет постепенно понижаться, но достигнув уровня отсечки, он сразу упадет до нуля.

## ЧАСТОТА СРЕЗА ФИЛЬТРА НИЗКИХ ЧАСТОТ

Частота среза фильтра низких частот является начальной точкой измерений соответствующего фильтра, рассмотренного в пункте «Фильтр низких частот» на стр 7. Заводская настройка этого показателя поддерживает соотношение сигнала к порогу 4:1 во всем диапазоне расхода в зависимости от плотности технологической среды, указанной пользователем. Фильтр низких частот предназначен подавлять полосные и высокочастотные шумы.

Rosemount 8800 будет отображать и частоту среза фильтров низких частот и минимальную плотность, которую должна иметь технологическая среда при определенной частоте среза. Это облегчает выбор настроек фильтра низких частот для конкретного применения.

## УРОВЕНЬ СРАБАТЫВАНИЯ

Уровень срабатывания, с которым сравнивается амплитуда сигнала, задается, когда прибору подается питание, настраивается для стандартных применений и зависит от условного прохода, технологической среды (жидкость или газ) и плотности.

Уровень срабатывания задается на уровне 25% от предполагаемой амплитуды вихревого сигнала для применений с низкой плотностью. Отношение 4:1 выбрано, чтобы выдержать характерные для вихревых сигналов изменения амплитуды и облегчить подавление полосных помех.

Фильтр низких частот обеспечивает амплитуду сигнала практически на одном уровне во всем диапазоне расхода, поддерживая тем самым отношение 4:1. См.доп. информацию в пункте «Фильтр низких частот» на стр 7.

# Rosemount 8800

## Сила сигнала

Основной мерой силы сигнала в Rosemount 8800 является отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания. Отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания – это сравнение измеренной силы вихревого сигнала с пределом порога фильтра или уровнем срабатывания. При нормальной работе прибора отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания должно быть около 4 при условии, что уровень срабатывания был предустановлен на уровне примерно 25% от предполагаемой амплитуды вихревого сигнала, как описывалось в предыдущем пункте.

Рис. 15. Отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания

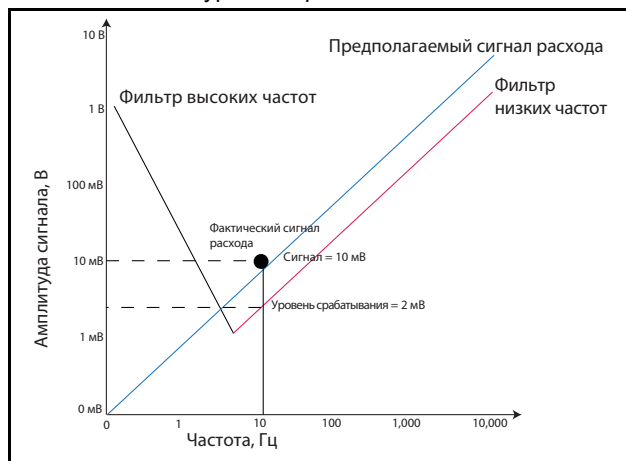


Рис. 15 иллюстрирует измерение силы сигнала в отношении амплитуды сигнала к уровню срабатывания. В данном примере при частоте расхода в 10 Гц амплитуда сигнала составляет 10 мВ. Предел порога или уровень срабатывания фильтров при частоте 10 Гц установлен на 2 мВ. Это значит, что отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания составляет 5 ( $10 \text{ мВ} \div 2 \text{ мВ} = 5$ ).

## РЕГУЛИРОВКА ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Перед тем как проводить любую регулировку параметров обработки сигнала, необходимо проверить устройство на наличие других потенциальных проблем, не связанных с обработкой сигнала. Нужно обязательно проверить всю систему программой Instrument Toolkit®.

За дополнительной информацией обратитесь к разделу о процедурах поиска и устранения неисправностей в руководствах по эксплуатации продуктов 00809-0107-4004 или 00809-0107-4772.

В этих разделах рассмотрены признаки, возможные источники, а также способы решения проблем, среди которых:

- Высокое значение выходного сигнала (насыщение выходного сигнала);
- Ошибочное значение выходного сигнала при наличии или отсутствии расхода;
- Неправильное значение выходного сигнала (при известном расходе);
- Отсутствие или низкое значение выходного сигнала при наличии расхода;
- Низкое суммарное значение (пропущенные импульсы);
- Высокое суммарное значение (дополнительные импульсы).

Обратитесь к соответствующему разделу по устранению неисправностей при возникновении подобных условий или обнаружении потенциальных источников проблем, таких как параметры конфигурации эталонного К-фактора, технологическая среда, низкие или высокие показатели, настройка 4 - 20 мА, фактор масштабирования импульса, рабочая температура, внутренний диаметр трубы и т.д.

## Оптимизация

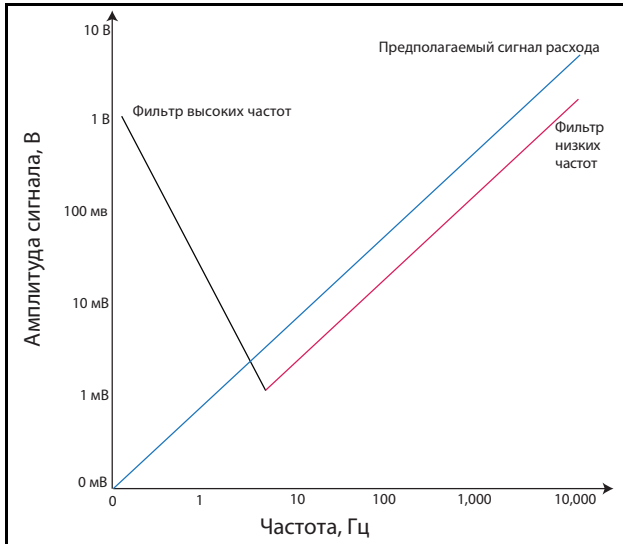
Rosemount 8800 автоматически оптимизирует настройки отсека малого расхода, частоты среза фильтра низких частот и уровня срабатывания. Автонастройка фильтра (Auto Adjust Filter) – это функция, которую можно использовать для оптимизации диапазона измерения расходомера в зависимости от плотности технологической среды. Электронный блок использует плотность технологической среды для расчета минимального измеряемого расхода, поддерживая при этом отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания как минимум 4:1. Данная функция обновит данные всех фильтров, чтобы оптимизировать работу расходомера в новом диапазоне значений. Стоит использовать данную возможность при изменении конфигурации устройства, чтобы убедиться, что настройки параметров обработки сигнала оптимальны. Для этого пользователь выбирает из списка плотность наиболее близкую к плотности своей технологической среды, но не превышающую ее.

Все приборы, настроенные на заводе согласно листу данных конфигурации, регулируются для плотностей технологических жидкостей заказчиков. При настройке параметров обработки сигналов в полевых условиях нужно сначала воспользоваться функцией оптимизации преобразователя.

**ПРИМЕР № 1**

Данный пример иллюстрирует возможности автонастройки фильтра.

Рис. 16. Параметры автонастройки фильтра на основании изначально предполагаемой плотности



Фактическая рабочая плотность была ниже, чем изначально предполагалось. Снижение плотности технологической среды приведет к снижению амплитуды сигнала, как было указано в пункте «Амплитуда и сила вихревого сигнала».

Рис. 17 Новый предполагаемый сигнал расхода при снижении плотности

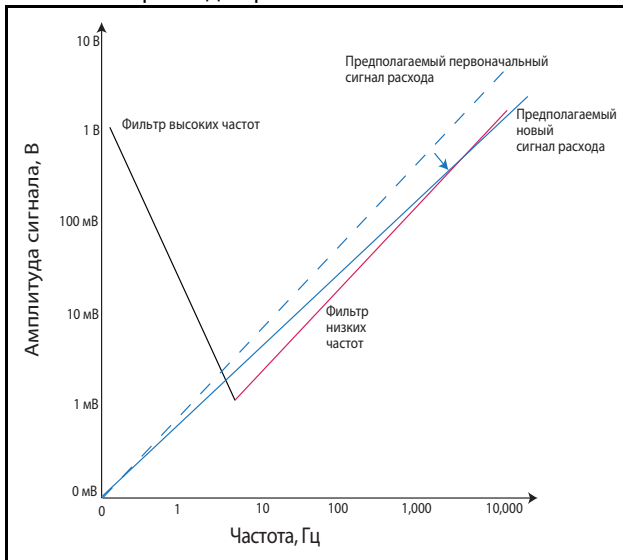
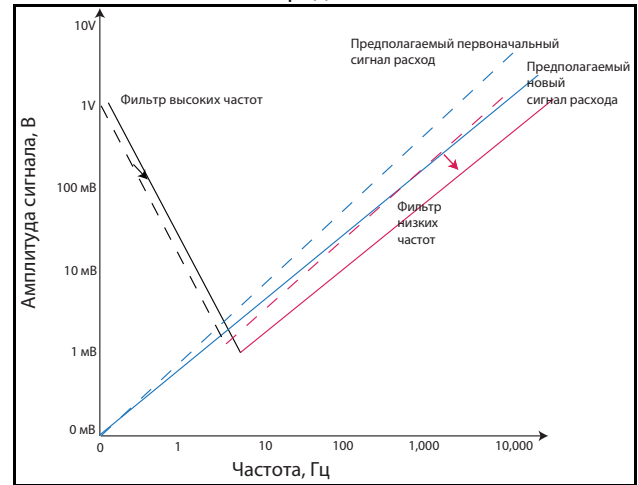


Рис. 17 иллюстрирует, что если фильтры не отрегулированы на обработку технологической среды с низкой плотностью, то отношение 4:1 не соблюдается, и увеличивается вероятность повышения количества помех или полного прекращения измерений.

Рис. 18 Параметры автонастройки фильтра на основании новой предполагаемой плотности



На Рис. 18 изображено, как функция автонастройки фильтра переносит кривую «V», чтобы поддержать отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания хотя бы 4:1 на основании новой плотности технологической среды.

**Отсечка малого расхода**

Отсечка малого расхода задается для измерения широкого диапазона расхода, ее величина составляет около 4% от максимальной верхней границы диапазона. Некоторые применения потребуют регулировки отсечки малого расхода вниз, чтобы обрабатывать чуть более широкий диапазон расхода или вверх, чтобы продолжать подавлять влияние низкочастотных помех.

Отсечка малого расхода настраивается с шагом примерно в 18%. Диапазон измерений Rosemount 8800 можно расширить, снизив уровень отсечки (соблюдая требования минимального числа Рейнольдса и минимальной  $\rho V^2$  где « $\rho$ » - плотность, а « $V$ » - скорость технологической среды) и сузить, подняв уровень отсечки. Максимальная отсечка малого расхода должна быть менее, чем ВПИ минус минимальная скорость среды (минимальная скорость среды для жидкостей - 0,5 фута /сек, для газов - 5,0 футов/сек).

# Rosemount 8800

Перенос уровня отсечки влияет на подавление низкочастотных помех прибором. Это происходит потому, что функция отсечки напрямую связана с частотой среза фильтра высоких частот.

Понижение уровня отсечки расширяет диапазон возможностей фильтра при малом расходе и повышает чувствительность к низкочастотным помехам. При этом повышение уровня отсечки сокращает диапазон возможностей фильтра при малом расходе и понижает чувствительность к низкочастотным помехам. Следовательно, перенос уровня отсечки ниже уровня заводских настроек возможен только в случае, если сложились следующие условия:

- На новом уровне отсечки будут соблюдаться требования по минимальным значениям числа Рейнольдса и  $\rho V^2$ ;
- Низкочастотные помехи, такие как вибрация трубы, сведены к минимуму.

Перенос уровня отсечки выше заводских настроек возможен, если одновременно сложились следующие условия:

- Низкочастотные помехи вызывают ложное срабатывание (фиксируемые значения расхода выше фактических, или несмотря на отсутствие расхода происходит его фиксирование)
- Применение допускает сужение диапазона расхода после повышения уровня отсечки.

## Частота среза фильтра низких частот

Частота среза фильтра низких частот устанавливается на заводе при помощи функции оптимизации преобразователя, позволяющей поддерживать отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания 4:1 во всем диапазоне расхода при плотности, указанной пользователем в листе данных заказчика. Регулировка частоты среза может потребоваться для формирования более точного отношения амплитуды сигнала к уровню срабатывания в применениях с нетипично высоким уровнем помех или низкой плотностью.

Частота среза фильтра низких частот может быть понижена, чтобы усилить поглощение полосных и более высокочастотных помех или повышена, чтобы ослабить фильтрацию вихревого сигнала. Регулировка возможна с шагом в 41% ( $\text{Част}_n = 1.41 \times \text{Част}_{n-1}$ ). Каждый шаг частоты соответствует двум шагам подавления в амплитуде сигнала. (Не забывайте про зависимость между частотой и амплитудой. См. пункт «Амплитуда и сила сигнала вихревого расходомера» на стр. 5).

Рис. 19. Регулировка частоты среза фильтра низких частот

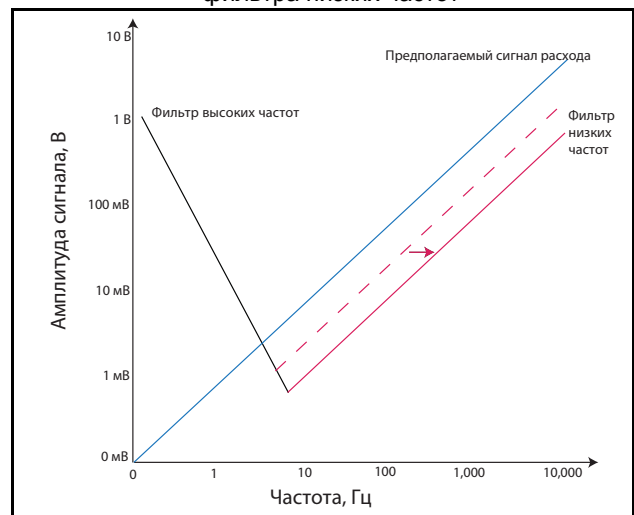


Рис. 19 иллюстрирует повышение частоты среза фильтра низких частот. Увеличение сдвигает прямую фильтра вправо.

Rosemount 8800 будет отображать и частоту среза фильтра низких частот и минимальную плотность, которую обязательно должна иметь технологическая среда при определенной частоте среза. Это облегчает выбор настроек фильтра низких частот для конкретного применения. Кроме того, когда технологическая жидкость будет проходить через прибор, он отобразит отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания. Эти данные можно использовать, чтобы определить, что сигнал недостаточен для текущих параметров фильтра низких частот или достаточен, чтобы увеличить уровень фильтрации, снизив частоту среза фильтра. Как отмечалось, рекомендуется поддерживать отношение амплитуды сигнала к уровню срабатывания на уровне 4:1.

### ВНИМАНИЕ

В случае с технологической средой, у которой недостаточно высокая плотность, понижение частоты среза фильтра приводит к подавлению вихревого сигнала. Как следствие, преобразователь может пропускать импульсы (и фиксировать расход ниже фактического уровня). Дальнейшее понижение частоты может в итоге привести к падению амплитуды сигнала ниже уровня срабатывания, и датчик будет фиксировать нулевой расход.

### Уровень срабатывания (триггер)

Уровень срабатывания задается на заводе таким образом, что отношение номинальной амплитуды вихревого сигнала к уровню срабатывания будет около 4:1 для применения.

Независимо от условного прохода и типа технологической жидкости уровень срабатывания стандартно задается на 4. Он формирует амплитуду, которая в четыре раза ниже, чем предполагаемая максимальная амплитуда стандартного вихревого сигнала для этого размера трубы и типа среды. Эта базовая амплитуда сравнивается с амплитудой отфильтрованного сигнала, чтобы принять решение о его приемке или подавлении. См. дополнительные детали по методологии сравнения в пункте «Определение порога сигнала» на стр. 8. Уровень срабатывания можно отрегулировать на один из 16 возможных.

На Рис. 20 изображены относительные амплитуды для уровней срабатывания с 0-ого по 8-ый, а также уровень, соответствующий относительной максимальной амплитуде вихревого сигнала.

На Рис. 21 изображены относительные амплитуды 4 уровня срабатывания и уровни с 8-ого по 15-ый. Здесь также изображен уровень, соответствующий относительной максимальной амплитуде вихревого сигнала.

Обратите внимание, что максимальная амплитуда сигнала на Рис. 20 и 21 соответствует максимальным амплитудам, которые будут иметь место при минимально возможной плотности конкретного процесса.

Отношение 4:1 было выбрано, чтобы выдержать отклонения амплитуды, которые обычно происходят с вихревым сигналом на заданной частоте.

### ВНИМАНИЕ

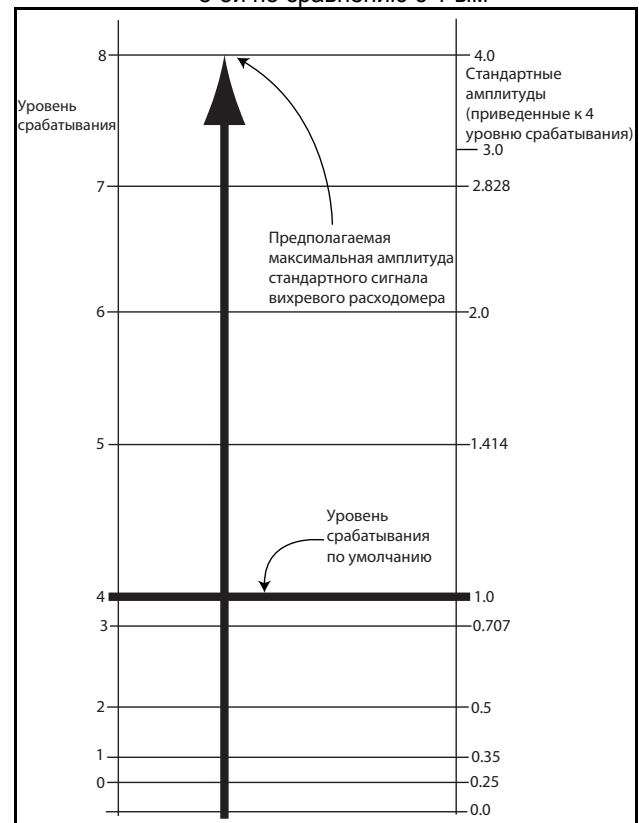
Если плотность технологической среды недостаточно высока, то повышение уровня срабатывания может привести к снижению точности измерений и потерям импульсов. Возможно повышение уровня срабатывания, чтобы увеличить нечувствительность к помехам, если сложились следующие условия:

- Плотность технологической среды достаточно высока;
- Помехи вызывают ложное срабатывание, которого нельзя избежать переносом уровня отсечки малого расхода или среза частоты фильтра малого расхода.

Аналогично, не рекомендуется понижать уровень срабатывания за исключением случаев, когда сложились следующие условия:

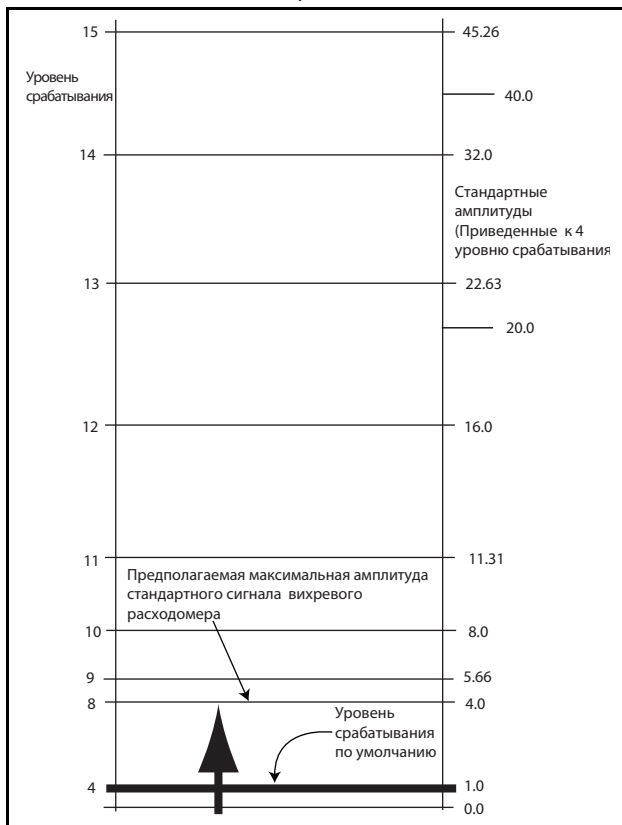
- Амплитуда вихревого сигнала ниже стандартной из-за очень низкой плотности технологической среды (низкое давление, высокая температура и (или) газы с низкой молекулярной массой) и (или) применению требуется измерение потока с низкой скоростью;
- Источники помех сведены к минимуму.

Рис. 20 Уровни срабатывания с 0-ого по 8-ой по сравнению с 4-ым



# Rosemount 8800

Рис. 21. Уровни срабатывания с 8-ого по 15-ой по сравнению с 4-ым





## Измерение малого расхода

Одним из недостатков вихревых расходомеров является неспособность измерять малый расход. Согласно разделу «Принцип работы» на стр. 3 для вихревых расходомеров нужно определить минимальное число Рейнольдса, чтобы они могли генерировать вихри, и минимальную силу сигнала, чтобы сенсор мог определять расход. Нижняя граница диапазона измерений вихревого расходомера зависит от числа Рейнольдса, силы сигнала и его фильтрации.

### ПРЕДЕЛЫ МАЛОГО РАСХОДА

В данном разделе будут пределы измерения пределы малого расхода вихревого расходомера Rosemount 8800.

#### Предел минимального числа Рейнольдса

Согласно разделу «Число Рейнольдса» на стр. 4 минимальное значение числа Рейнольдса для генерирования вихрей составляет 4 000 (предел турбулентного потока). Минимальная величина числа Рейнольдса для Rosemount 8800 составляет 5 000, чтобы обеспечить буферную зону выше теоретического диапазона турбулентного потока. Эта зона обеспечивает достижение турбулентного потока в процессе.

#### Предел $\rho V^2$

$\rho V^2$  - это другое название амплитуды сигнала или предела силы сигнала. Согласно пункту «Амплитуда и сила вихревого сигнала» на стр. 5 сила сигнала расхода зависит от плотности и скорости технологической среды. Для измерения расхода вихревым расходомером необходима некая минимальная величина амплитуды сигнала. В соответствии с заводскими настройками фильтра по умолчанию минимальная скорость, при которой Rosemount 8800 способен проводить измерения, может быть выражена следующим уравнением:

$$\text{Уравнение 14} \quad V_{\min} = \sqrt{36/\rho}$$

Где  $V_{\min}$  - это минимальная скорость, фут/сек, а  $\rho$  - плотность технологической среды, фунт/фут<sup>3</sup>. Или

$$\text{Уравнение 15} \quad V_{\min} = \sqrt{54/\rho}$$

Где  $V_{\min}$  - это минимальная скорость, м/с, а  $\rho$  - плотность технологической среды, кг/м<sup>3</sup>.

Эти пределы минимальной скорости зависят от заводских настроек фильтра по умолчанию. Регулировка настроек фильтра может изменить общую чувствительность системы.

Например, согласно уравнению 14, при снижении уровня срабатывания (см. пункт «Уровень срабатывания» на стр. 11) с 4 до 3, фактор чувствительности сенсора снизится с 36 до 26 (см. уравнение 14 на стр. 5). Опытным путем доказано, что фактор чувствительности сенсора может составлять всего 9 в условиях идеальной установки и правильной настройки фильтра.

### Минимальный измеряемый расхода

Минимальный измеряемый уровень расхода определяется как большая из двух величин (пределы минимального числа Рейнольдса и  $\rho V^2$ ). Другими словами, если доступна достаточная амплитуда сигнала, Rosemount 8800 может измерять расход вплоть до числа Рейнольдса 5 000. Если минимальный измеряемый уровень расхода определяется  $\rho V^2$ , то параметры фильтра могут быть настроены, чтобы обеспечить снижение предела расхода.

### Минимальный измеряемый уровень расхода и минимальный точный расход

При измерении малого расхода вихревым расходомером всегда учитывается точность. Минимальный точный расход - это точка, в которой К-фактор становится нелинейным. Согласно пункту «Зависимость К-фактора от числа Рейнольдса» на стр. 3, это случается, когда число Рейнольдса становится менее 20 000 (15 000 в применениях для газа и пара). Таким образом, несмотря на то, что вихревой расходомер может измерять вплоть до числа Рейнольдса в 5 000, он будет соответствовать спецификациям по линейной точности только в диапазоне чисел Рейнольдса до 20 000.

### Отсечка малого расхода

В некоторых случаях уровень отсечки малого расхода по умолчанию выше, чем минимальный измеряемый или даже минимальный точный расход. Настройки фильтра по умолчанию определяются с помощью функции автонастройки фильтра, упомянутой в пункте «Оптимизация» на стр.12. Настройки фильтра по умолчанию основываются на опытных данных и регулируются, чтобы обеспечить функционирование без помех. Итоговые настройки фильтра по умолчанию могут оказаться заниженными по сравнению с фактическими возможностями вихревого расходомера Rosemount 8800. Будьте осторожны, настраивая фильтр для регистрации показаний малого расхода, т.к. это повышает его чувствительность к помехам.

# Rosemount 8800

## РЕГУЛИРОВКА ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛОГО РАСХОДА

В этом разделе будут описаны рекомендации по настройке фильтра, в случаях, когда нужно фиксировать расход, уровень которого ниже, чем в настройках по умолчанию.

### ПРИМЕР 2. ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЦЕССЕ

(Единицы измерения США) Измеряемая среда: вода

Плотность технологической среды: 62,4 фунт/фут<sup>3</sup>

Скорость технологической среды: 1,0 сП

Размер трубы: 2 дюйма

Компенсированный К-фактор 36,00

Диапазон расхода 0 – 100 гал/мин

Желаемый минимальный измеряемый расход: 7,5 гал/мин

### Параметры расхода

Предел числа Рейнольдса ( $Rd = 5,000$ ) = 3,04 гал/мин

Предел  $\rho V^2 = \sqrt{36/\rho} = \sqrt{36/62,4} = 0,76$  фут/сек = 7,94 гал/мин

Минимальный измеряемый расход = 7,94 гал/мин (большой показатель из двух возможных)

Минимальный точный расход ( $Rd = 20,000$ ) = 12,15 гал/мин (предел линейной точности)

Отсечка малого расхода по умолчанию = 5,92 Гц = 9,87 гал/мин (на основании оптимизации)

### Ситуация

В этом примере минимальный измеряемый расход составляет 7,94 гал/мин. Если сигнал достаточно сильный, то прибор сможет фиксировать данные вплоть до 3,04 гал/мин. Линейная точность согласно спецификации будет поддерживаться вплоть до 12,15 гал/мин. Заводская отсечка по умолчанию будет установлена на 9,87 гал/мин. Этот показатель выше, чем рассчитанный минимальный измеряемый расход.

Пользователь хотел бы измерять расход вплоть до 7,5 гал/мин. С настройками по умолчанию это невозможно, т.к. отсечка малого расхода приведет к падению показаний расхода до нуля, если измерение становится менее 9,87 гал/мин.

### Решение

Чтобы фильтр мог обеспечить измерения вплоть до уровня желаемого минимального расхода, необходимо отрегулировать его параметры по умолчанию.

Чтобы фильтр мог обеспечить измерения вплоть до уровня желаемого минимального расхода, необходимо отрегулировать его параметры по умолчанию. Перед регулировкой фильтров ознакомьтесь с условиями, соблюдение которых необходимо.

Следовательно, перенос уровня отсечки ниже уровня заводских настроек возможен только в случае, если сложились следующие условия:

- при новом показателе отсечки малого расхода будут соблюдаться требования по минимальным значениям числа Рейнольдса и  $\rho V^2$ ;
- Низкочастотные помехи, такие как вибрация трубы, сведены к минимуму.

Не рекомендуется понижать уровень срабатывания за исключением случаев, когда сложились следующие условия:

- Амплитуда вихревого сигнала ниже стандартной из-за очень низкой плотности технологической среды (низкое давление, высокая температура и (или) газы с низкой молекулярной массой) и (или) в применении требуется измерение потока с низкой скоростью;
- Количество источников помех, таких как вибрация трубы, сведено к минимуму.

### ВНИМАНИЕ

Обратите внимание, что в обоих случаях при регулировке нужно принимать во внимание помехи, особенно помехи, вызванные вибрацией трубы. Понижение уровней фильтров увеличивает вероятность фиксирования помех вихревым расходомером. При измерении малого расхода вихревым расходомером убедитесь, что поддержка трубопроводов достаточна, и установка была выполнена согласно руководству по эксплуатации

### Пересмотр условий

С настройками фильтров по умолчанию отсечка малого расхода выше, чем желаемый минимальный расход. Для измерения желаемого расхода необходимо уменьшить отсечку.

### Минимальное число Рейнольдса

Предел числа Рейнольдса ( $Rd = 5,000$ ) = 3,04 гал/мин, таким образом, желаемый расход (7,5 гал/мин) выше, чем минимальный показатель.

Предел  $\rho V^2 = \sqrt{36/\rho} = 7,94$  гал/мин. Таким образом, желаемый расход (7,5 гал/мин) превышает этот предел. Чтобы увеличить чувствительность прибора и позволить ему фиксировать малый расход согласно критериям регулировки уровня срабатывания, может потребоваться понижение уровня срабатывания.

Рис. 22 Настройки фильтра по умолчанию для примера 2

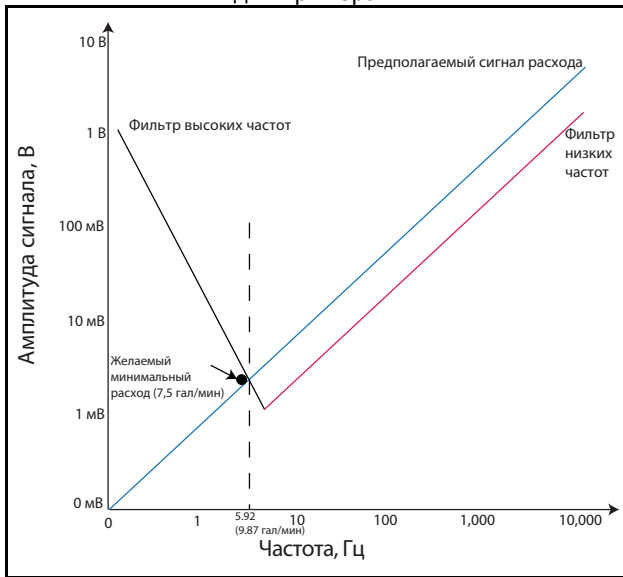
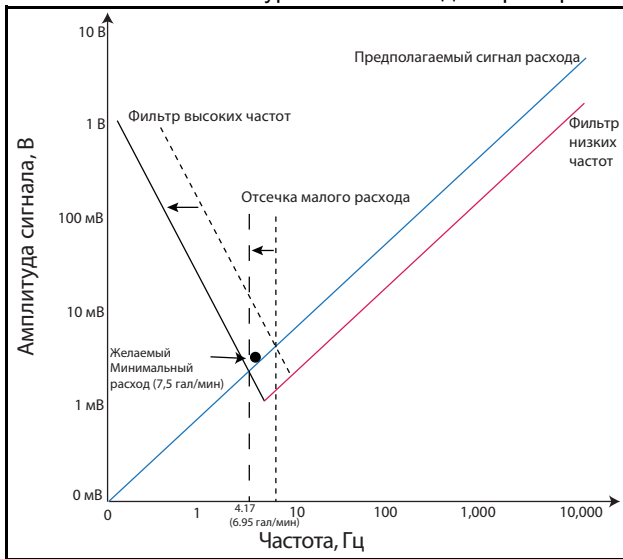


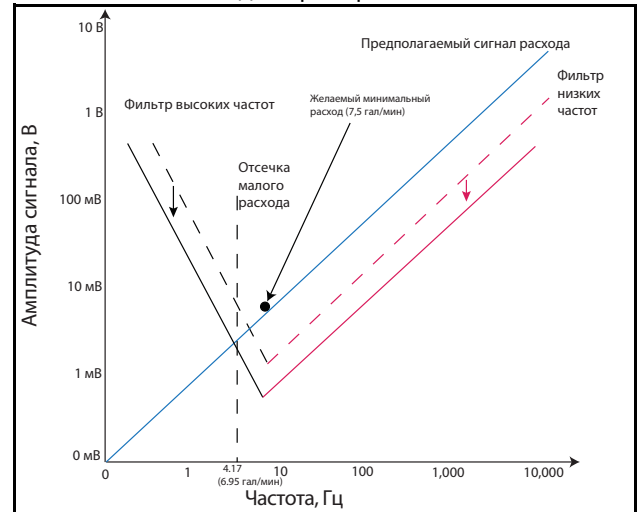
Рис. 23 Понижение уровня отсечки для примера 2



На Рис. 23 изображены настройки фильтра при переносе уровня отсечки малого расхода ниже желаемого уровня расхода. Согласно пункту «Отсечка малого расхода» на стр. 13 отсечка может быть настроена с шагом в 18%. В этом примере потребовалось два шага настройки. Возможен третий шаг, чтобы обеспечить 18%-ную зону нечувствительности вокруг уровня отсечки. Целью регулировки отсечки малого расхода является измерение желаемого минимального расхода без дополнительных помех.

Важно соблюдать правило и регулировать фильтр только на один шаг за раз. После регулировки на шаг в сторону увеличения необходимо понаблюдать за работой прибора, прежде чем приступать к дальнейшим действиям.

Рис. 24 Понижение уровня срабатывания для примера 2



На Рис. 24 изображено, что происходит с фильтром при понижении уровня срабатывания с 4 до 3. Чувствительность системы повышается, что обеспечивает лучший результат отношения амплитуды сигнала к уровню срабатывания во всех точках измерения. См. детали в пункте «Сила сигнала» на стр. 12. Фактически, предел  $\rho V^2$  понизился до  $\sqrt{26/\rho} = 6,74$  гал/мин, что ниже желаемого минимума расхода (7,5 гал/мин). Итогом регулировки уровня срабатывания должно стать отношение амплитуды сигнала к этому уровню 4:1 или выше на всем диапазоне расхода.

### Заключение

По итогам анализа ситуации и пересмотра условий регулировки фильтра были определены оптимальные параметры отсечки малого расхода и уровня срабатывания. В данном примере не учитывались внешние помехи, такие как вибрация трубы. Однако в реальных условиях их нужно будет учитывать, а уровни фильтров смогут быть понижены настолько, насколько позволит применение.

# Rosemount 8800

## Вибрация

Принцип работы вихревого расходомера основывается на измерении частоты. При отсутствии расхода может быть зафиксирован выходной сигнал, если диапазон частоты достаточно сильной вибрации совпадает с диапазоном частоты предполагаемого расхода.

Конструкция вихревого расходомера Rosemount 8800 сводит данное воздействие к минимуму, а заводские настройки обработки сигнала выбираются таким образом, чтобы устранить подобные ошибки в большинстве применений.

Если при нулевом расходе все же наблюдается ошибка выходного сигнала, то ее можно устранить, регулируя уровень отсечки малого расхода, уровень срабатывания или частоту среза фильтра низких частот.

Как только через датчик начинается движение потока, сигнал расхода почти полностью перекрывает воздействие вибрации. При минимальном или близком к нему расходе жидкости и стандартной установке на трубе, максимальная вибрация должна составлять 0,087 дюйма (2,21 мм) смещения на величину двойной амплитуды или ускорением не более 1g в зависимости от того, какое из значений меньше. При минимальном или близком к нему расходе газа и стандартной установке на трубе, максимальная вибрация должна составлять 0,043 дюйма (1,09 мм) смещения на величину двойной амплитуды или не более 0,5g в зависимости от того, какой из показателей меньше.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Регулировка фильтров обработки сигнала может повлиять на устойчивость вихревого расходомера к вибрации. Вышеупомянутые спецификации по вибрации созданы на основании заводских настроек фильтра по умолчанию.

### Вибрация трубы

Вибрация трубы может быть вызвана многими факторами, включая клапаны, двигатели, наносы, вращающееся оборудование и прочие источники помех на трубе. Чрезмерная вибрация трубы может вызвать нарушение целостности трубы, утечки или повреждение оборудования. Кроме того, она может привести к фиксации ложных данных вихревым расходомером.

Вибрация трубы может возникнуть в любом направлении обычно при частоте менее 20 Гц. Вибрация трубы особенно опасна, когда она направлена вдоль одной оси с движением тела обтекания. Однако если сумма вибраций по всем осям слишком велика, она может также вызвать регистрацию ложного расхода прибором. Основными решениями для ограничения вибрации являются установка опор или распорок для трубы и изменение ориентации расходомера при установке.

### Балансировка масс

Первым решением, применяемым вихревым расходомером Rosemount 8800 для обеспечения устойчивости к вибрации, является балансировка масс. Балансировка - это способ механического конструирования, при котором масса вокруг осевой точки сенсорной системы уравновешена, в результате чего центр тяжести системы движется вместе с любой вибрацией трубы. Как следствие, вибрация самой трубы не вызывает движения сенсорной системы, которое приводит к воздействию на пьезоэлектрический элемент. При отсутствии воздействия на пьезоэлектрический элемент не вырабатывается электрический сигнал, который может быть принят за расход.

### Адаптивная обработка цифровых сигналов

Вторым решением, применяемым вихревым расходомером Rosemount 8800 для обеспечения устойчивости к вибрации, является адаптивная обработка цифровых сигналов (ADSP). Технология адаптивной обработки цифрового сигнала (ADSP) расходомеров Rosemount 8800 настраивается на заводе-изготовителе таким образом, чтобы обеспечивать оптимальную фильтрацию в диапазоне расхода с учетом условного прохода, технологической среды и ее плотности. В большинстве применений подходят заводские настройки этих параметров, однако, в некоторых применениях может потребоваться регулировка адаптивной обработки цифрового сигнала для исключения помех, вызванных вибрацией трубы.

### РЕГУЛИРОВКА ФИЛЬТРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ

В данном разделе будут представлены рекомендации по регулировке фильтра, когда расходомер фиксирует ложные показания потока из-за чрезмерной вибрации трубы.

## ПРИМЕР № 3

### Информация о процессе

(Единицы измерения США)  
Измеряемая среда: вода  
Плотность технологической среды: 62,4 фунт/фут3  
Скорость технологической среды: 1.0 сГП  
Размер трубы: 2 дюйма  
Компенсированный К-фактор 36,00  
Диапазон расхода: 0 – 100 гал/мин

### Параметры расхода

Расход = 12 гал/мин (7,2 Гц)  
Отсечка малого расхода по умолчанию = 5,92 Гц = 9,87 гал/мин (на основании оптимизации).  
Допустимый минимальный расход = 20 гал/мин

### Условия

В этом примере в трубе отсутствует поток, но вихревой расходомер фиксирует расход 12 гал/мин (при частоте в 7,2 Гц). Пользователю нужно устранить ложное фиксирование расхода. Для этого необходимо отрегулировать настройки фильтров по умолчанию, чтобы устранить помехи от вибрации.

### Решение

Чтобы устранить ложное фиксирование расхода, вызванное вибрацией трубопровода нужно будет отрегулировать настройки фильтра по умолчанию. Перед регулировкой фильтра обратите внимание на условия для повышения показателей фильтров.

Первым действием при регулировке должно быть изменение способа отклика с демпферного на шаговый, если одновременно сложились следующие условия:

- Показатель отсечки малого расхода выше измеряемого расхода.
- Шаговое изменение выходного сигнала расхода не окажет отрицательного влияния на систему управления или процесс. См. доп. информацию о возможном шаговом изменении выходного сигнала в пункте «Отклик отсечки малого расхода» на стр. 10.

Увеличение отсечки малого расхода по сравнению с заводскими настройками по умолчанию возможно, если одновременно сложились следующие условия:

- Низкочастотные помехи вызывают ложное срабатывание (фиксируемые значения расхода выше фактических, или несмотря на отсутствие расхода происходит его фиксирование).

- Применение допускает сужение диапазона расхода после повышения уровня отсечки.

Если плотность технологической среды недостаточно высока, то повышение уровня срабатывания может привести к снижению точности измерений и пропуску импульсов. Возможно повышение уровня срабатывания, чтобы увеличить нечувствительность к помехам, если сложились следующие условия:

- Плотность технологической среды достаточно высока;
- Помехи вызывают ложное срабатывание, которого нельзя избежать переносом уровня отсечки малого расхода или среза частоты фильтра малого расхода.

### Пересмотр условий

С настройками фильтра по умолчанию происходит фиксирование расхода при его отсутствии. Чтобы устранить ложное фиксирование расхода, необходимо повысить уровень отсечки малого расхода.

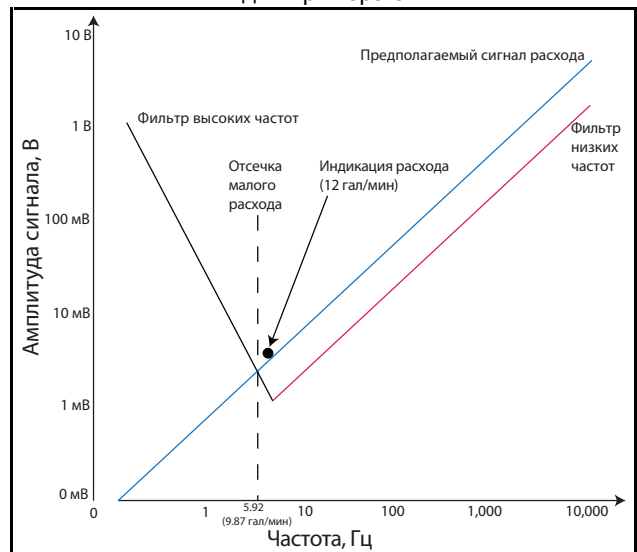
### Определение расхода

Расход = 12 гал/мин (7,2 Гц) выше, чем отсечка малого расхода по умолчанию 9,87 гал/мин или 5,92 Гц.

### Допустимый минимальный расход

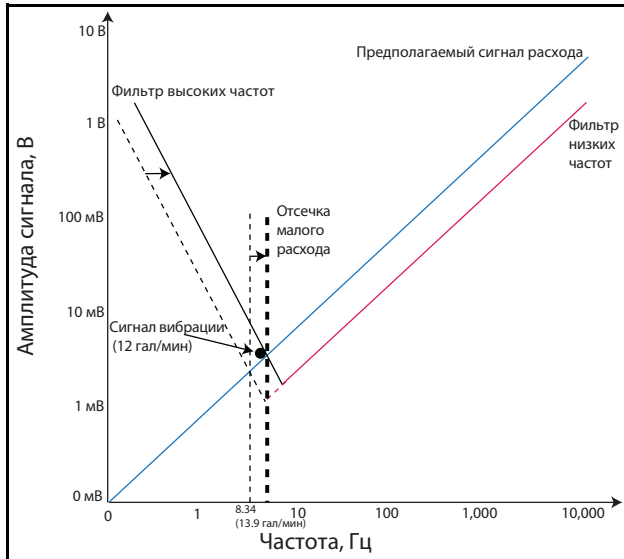
Согласно данным пользователя, допустимый минимальный расход составляет 20 гал/мин, поэтому повышение уровня отсечки малого расхода допустимо.

Рис. 25 Настройки фильтра по умолчанию для примера 3



# Rosemount 8800

Рис. 26 Увеличение отсечки малого расхода  
для примера 3



На Рис. 26 изображены настройки фильтра при повышении уровня отсечки малого расхода относительно уровня ложного фиксирования расхода. Согласно пункту «Отсечка малого расхода» на стр. 17 отсечка малого расхода может быть отрегулирована с шагом в 18%. В этом примере потребовалось два шага. Цель регулировки уровня отсечки малого расхода - исключить ложное фиксирование расхода без изменения желаемого диапазона измерений.

Важно соблюдать правило и регулировать фильтр только на один шаг за раз. После регулировки на шаг в сторону увеличения необходимо понаблюдать за работой прибора, прежде чем приступить к дальнейшим действиям.

В этом примере регулировка уровня срабатывания не потребовалась. Было достаточно изменить отсечку малого расхода, чтобы исключить ложное фиксирование расхода.

## Заключение

По итогам анализа ситуации и пересмотра условий регулировки фильтра были определены оптимальные параметры отсечки малого расхода. В этом примере регулировка отсечки малого расхода не повлияла на диапазон расхода.

## Справочные данные

Таб. 2 Автонастройки фильтров плотности для оптимизации параметров обработки сигналов

Плотность, фунт/фут <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
0,02	0,30
0,04	0,60
0,08	1,2
0,15	2,5
0,30	5
0,60	10
1,2	20
2,5	40
5	80
10	160
20	320
40	640
80+	1280+

Таб. 3 Стандартная частота в зависимости от технологической среды и размера трубы

Условный проход, дюйм	Условный проход, мм	Номинальный К-фактор	Жидкости		Газ/пар	
			Минимальная частота вихреобразования, Гц	Максимальная частота вихреобразования, Гц	Минимальная частота вихреобразования, Гц	Максимальная частота вихреобразования, Гц
0,5	15	1643	25,9	648	259	6484
1	25	303,6	13,6	341	136	3408
1,5	40	78,23	8,3	207	83	2068
2	50	36,05	6,3	157	63	1571
3	80	10,79	4,1	104	41	1036
4	100	4,672	3,1	77	31	772
6	150	1,379	2,1	52	21	517
8	200	0,594	1,5	39	15	386
10	250	0,285	1,0	27	10	270
12	300	0,170	1,0	22	9	220

Таб. 4 Номинальный К-фактор в зависимости от размера трубы

Условный проход, дюйм	Условный проход, мм	Номинальный К-фактор (Тип F/W/D)	Номинальный К-фактор (Тип R)
0,5	15	1643	-
1	25	303,6	1643
1,5	40	78,23	303,6
2	50	36,05	78,23
3	80	10,79	36,05
4	100	4,672	10,79
6	150	1,379	4,672
8	200	0,594	1,379
10	250	0,285	0,594
12	300	0,170	0,285

*Логотип Emerson является торговой и сервисной маркой компании Emerson Electric Co. Название и логотип Rosemount являются зарегистрированными товарными знаками Rosemount Inc. PlantWeb является маркой одной из компаний бизнес-платформы Emerson Process Management. Все другие торговые марки являются собственностью соответствующих владельцев.*

*Одобрено Комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России) и зарегистрировано в Государственном реестре средств измерений РФ.*

*Reducer Vortex является торговой маркой Rosemount Inc.*

*MultiVariable (MV) является торговой маркой Rosemount Inc.*

*Annubar является зарегистрированной товарной маркой компании Dieterich Standard Inc.*

*Mass ProBar and ProBar являются торговыми марками Dieterich Standard Inc.*

*HART является зарегистрированной торговой маркой HART Communication Foundation.*

*FOUNDATION является торговой маркой Fieldbus Foundation.*

*Фото на обложке: 8800-8800k921*

Стандартные условия поставки можно найти по адресу [www.rosemount.com/terms\\_of\\_sale](http://www.rosemount.com/terms_of_sale)

### Emerson Process Management

Россия, 115114, г. Москва,  
ул. Летниковская, д. 10, стр. 2, этаж 5  
Телефон: +7 (495) 981-981-1  
Факс: +7 (495) 981-981-0  
Info.Ru@Emerson.com  
[www.emersonprocess.ru](http://www.emersonprocess.ru)

Азербайджан, AZ-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, 050012, г. Алматы  
ул. Толе Би, 101, корпус Д, Е, 8 этаж  
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, 454112, г. Челябинск,  
Комсомольский проспект, 29  
Телефон: +7 (351) 799-51-5G  
Info.Metran@Emerson.com  
[www.metran.ru](http://www.metran.ru)

Технические консультации по выбору и применению  
продукции осуществляет Центр поддержки Заказчиков  
Телефон +7 (351) 799-51-51  
Факс +7 (351) 247-16-67

