

УТЕРЖДАЮ  
Global Approvals Manager  
Micro Motion Inc.



Paul Schilke  
September 25, 2019

## РАСХОДОМЕР-СЧЕТЧИК ВИХРЕВОЙ 8800 (СЕРИЯ 88) ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ



История ревизий:

Версия	Дата	Описание	Примечание
1.0	25.09.2019	Первый выпуск	

# РАСХОДОМЕРЫ-СЧЕТЧИКИ ВИХРЕВЫЕ 8800 (СЕРИЯ 88)

## ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

### **Введение**

Настоящее обоснование безопасности (далее – ОБ) распространяется на расходомеры-счетчики вихревые 8800 (серия 88) (далее – расходомеры), предназначены для измерения скорости потока и вычисления объемного расхода однородных, однофазных сред- жидкости, газа и пара.

### **1 Общие сведения**

#### **Основные параметры и характеристики**

Основные технические характеристики расходомеров приведены в приложении В руководства по эксплуатации на расходомер №00809-0107-4004 (далее руководство);

Габаритные, установочные и присоединительные размеры, масса расходомеров приведены в разделе Габаритные чертежи листа технических данных на расходомер №00813-0107-4004.

Руководство по эксплуатации, лист технических данных доступны на сайте <http://www2.emersonprocess.com/>

### **2 Общие принципы обеспечения безопасности**

**Безопасность в отношении различных видов опасности обеспечивается:**

- организацией системы качества производства.

- проектированием расходомеров в соответствии с их функциональным назначением, а также с учетом нагрузок и воздействий, которым они могут подвергаться при их эксплуатации, проведением прочностных расчетов;
- разработкой эксплуатационной документации;
- наличием обязательных предупреждающих знаков и знаков маркировки;
- проведением контрольных испытаний в процессе производства;
- организацией и осуществлением производственного контроля;
- проведением сборки и монтажа (демонтажа) в соответствии с регламентируемыми процедурами, определенными руководством по эксплуатации и инструкцией по монтажу п.1;
- эксплуатацией и техническим обслуживанием расходомеров в соответствии с требованиями нормативной и эксплуатационной документации.

#### 2.1 Механическая безопасность обеспечивается:

- применением материалов основных деталей расходомеров, выбранных с учетом параметров и условий эксплуатации, а также с учетом опасности, исходящей от рабочей среды (материалы деталей расходомеров, контактирующих с рабочей средой приведены в приложении А руководства по эксплуатации);
- обеспечением необходимых запасов прочности для основных элементов конструкции расходомеров с учетом условий их эксплуатации. Расходомеры предназначены для работы под давлением до 25,5 МПа. Максимальное рабочее давление для выбранного типа фланцев, приведённое в приложении А руководства по эксплуатации, уменьшается в зависимости от температуры. Коэффициент запаса прочности фланцев расходомера не менее 5. Коэффициент запаса прочности элементов корпуса расходомера не менее 4;
- применением подтвержденных испытаниями конструктивных решений. Отказ расходомера не приводит к разгерметизации и утечке рабочей среды.

#### 2.2 Термическая безопасность обеспечивается:

- выбором материалов основных деталей расходомеров с учетом обеспечения рабочего температурного диапазона.

Диапазон рабочей температуры среды от  $-330\text{ }^{\circ}\text{F}$  до  $800\text{ }^{\circ}\text{F}$  (от  $-201\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $427\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Повышение температуры рабочей среды приводят к понижению допустимого максимального рабочего давления среды (ASME B16.5 и/или ASME B31.3, таблица A-1);

- проведением сборки/монтажа в соответствии с регламентируемыми процедурами (раздел 3 руководства);

2.3 Химическая безопасность обеспечивается:

- коррозионной стойкостью материалов футеровки проточной части расходомера и электродов, контактирующих с измеряемой жидкостью. Заказчики уведомлены о том, что нельзя использовать расходомер в несовместимых агрессивных жидкостях. Химическая совместимость проверяется по справочным материалам, приведенным в руководстве по выбору материалов для электромагнитных расходомеров 00816-0107-3033, доступном на сайте <http://www2.emersonprocess.com/>.

2.4 Дополнительно механическая безопасность обеспечивается:

- устойчивостью к износу;

Частицы, содержащиеся в жидкости, могут осаждаться на датчике. Отказ датчика приводит к потере сигнала, но не разгерметизации устройства.

- устойчивостью к превышению характеристик расхода

Максимальный расход для измерения составляет 25 фут/с (7,6 м/с) жидкостей и 250 фут/с (76,2 м/с) газов. Превышение данных пределов не приводит к повреждению устройства, однако высокие скорости могут привести к преждевременному износу, снижают срок службы датчика и могут вывести его из строя. Тем не менее, отказ датчика не приводит к разгерметизации и утечке жидкости.

## **3 Анализ рисков**

### **3.1 Классификация технического состояния, отказов расходомеров**

**Критерием отказа** является несоответствие характеристик расходомера, указанным в руководстве по эксплуатации, Приложение А.

**Критическим отказом расходомера** считается:

- потеря прочности проточной части расходомера;

- невыполнение функций по назначению.

**Критерии предельных состояний:**

- невозможность устранения неисправностей расходомера на месте эксплуатации в соответствии с разделом руководства по эксплуатации;
- начальная стадия нарушения целостности корпусных деталей (появление протечек и конденсата на корпусе расходомера, появление конденсата в блоке электроники расходомера);
- недопустимое изменение размеров элементов по условиям прочности и функционирования расходомеров;
- возникновение трещин на деталях расходомеров.

**3.2 Перечень нежелательных событий (в т.ч. критических отказов), источников опасностей, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий, оценка опасности и риска, предварительные рекомендации по уменьшению опасностей (см. таблицу).**

	<i>Тип риска</i>	<i>Вероятность возникновения риска</i>	<i>Ограничение риска</i>			<i>Примечание</i>
			<i>Проектирование, производство</i>		<i>Применение</i>	
			<i>Конструкция</i>	<i>Контроль производственных процессов</i>	<i>Требования по предупреждению возникновения риска</i>	
	<b>Механические опасности:</b> опасности, обусловленные выбросом рабочей среды (нарушение герметичности мест соединений). Связаны с: - Ошибками монтажа; - Ошибками обслуживающего персонала; - Износом в процессе эксплуатации					

	<b>Тип риска</b>	<b>Вероятность возникновения риска</b>	<b>Ограничение риска</b>			<b>Примечание</b>
			<b>Проектирование, производство</b>		<b>Применение</b>	
			<b>Конструкция</b>	<b>Контроль производственных процессов</b>	<b>Требования по предупреждению возникновения риска</b>	
1	Разрыв по причине превышения максимально допустимого рабочего давления	Маловероятно	Применение проверенных материалов. Расчет прочности.	Неразрушающий /NDT/ контроль сварных соединений. Испытание давлением	См. инструкцию по монтажу	Требуется эксплуатация оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией. Величина расчетного давления должна быть не менее максимально допустимого рабочего давления, для которого предназначено оборудование.
2	Разрыв по причине превышения максимально допустимой температуры	Маловероятно	Применение проверенных материалов. Расчет прочности.	Неразрушающий /NDT/ контроль сварных соединений. Испытание давлением	См. инструкцию по монтажу	Требуется эксплуатация оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией. Величина расчетной температуры предусматривает безопасные пределы применения оборудования.
3	Разрыв по причине превышения предела текучести	Маловероятно	Применение проверенных материалов. Расчет прочности.	-	См. инструкцию по монтажу	Требуется эксплуатация оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией
4	Разрыв по причине увеличения допустимых сил и моментов, поддерживающих и закрепляющих конструкций	Маловероятно			См. инструкцию по монтажу	Требуется соответствующей установки/закрепления оборудования согласно документации изготовителя. Выполняется монтажной организацией и организацией, эксплуатирующей оборудование
5	Разрыв по причине коррозии	Маловероятно	Расчет прочности	Контроль размеров	См. руководство по эксплуатации	Требуется применение коррозионноустойчивых материалов по отношению к измеряемой среде. Расчет толщины стенки с поправкой на коррозию и эрозию.

	<i>Тип риска</i>	<i>Вероятность возникновения риска</i>	<i>Ограничение риска</i>			<i>Примечание</i>
			<i>Проектирование, производство</i>		<i>Применение</i>	
			<i>Конструкция</i>	<i>Контроль производственных процессов</i>	<i>Требования по предупреждению возникновения риска</i>	
6	Разрыв по причине износа	Невероятно	Расчет прочности	Контроль размеров	См. руководство по эксплуатации	Требует эксплуатацию оборудования согласно эксплуатационной документации. Износ прежде приводит к критическому отказу - нарушение функциональности, который должен быть своевременно диагностирован обслуживающим персоналом. Не приводит к разгерметизации устройства. Эксплуатация оборудования должна быть прекращена по достижению предельного состояния или окончания срока службы.
7	Разрыв сварных соединений при монтаже оборудования	Маловероятно			См. инструкцию по монтажу	Требует обеспечения качества сварных соединений при монтаже оборудования. Выполняется монтажной организацией
8	Разрыв сварных соединений при изготовлении оборудования	Невероятно		Неразрушающий /NDT/ контроль сварных соединений Испытание давлением		Требует исполнение сварных соединений изготовителем в соответствии с утвержденными WPS и WPQR
9	Разрыв по причине превышения максимальной характеристики расхода среды	Невероятно			См. руководство по эксплуатации	Требует эксплуатацию оборудования согласно эксплуатационной документации. Превышение характеристик расхода приводит к ускоренному износу.

	Тип риска	Вероятность возникновения риска	Ограничение риска			Примечание
			Проектирование, производство		Применение	
			Конструкция	Контроль производственных процессов	Требования по предупреждению возникновения риска	
	<b>Термические опасности</b> , приводящие к: ожогу или другому повреждению от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за нарушения герметичности мест соединений, а также теплового излучения. Связаны с: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ошибками монтажа;</li> <li>- Ошибками обслуживающего персонала</li> </ul>					
10	Риск нанесения ущерба здоровью вследствие температурного воздействия	Маловероятно			См. инструкцию по монтажу; См. руководство по эксплуатации	Требует эксплуатацию оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией. Соблюдение правил техники безопасности и охраны здоровья. Выполняется организацией, эксплуатирующей оборудование
	<b>Электрические опасности:</b> опасности от поражения электрическим током. Связаны с: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ошибками монтажа;</li> <li>- Ошибками обслуживающего персонала.</li> </ul>					
11	Риск нанесения ущерба здоровью вследствие поражения электрическим током	Маловероятно	Применение регламентов Directive LVD	Контроль прочности и сопротивления изоляции.	См. инструкцию по монтажу; См. руководство по эксплуатации	Требует эксплуатацию оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией. Соблюдение правил техники безопасности и охраны здоровья. Выполняется организацией, эксплуатирующей оборудование
	<b>Взрывобезопасность:</b> Опасность воспламенения взрывоопасной окружающей среды. Связаны с неправильной эксплуатацией во взрывоопасных зонах: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ошибками монтажа;</li> <li>- Ошибками обслуживающего персонала.</li> </ul>					



	<i>Тип риска</i>	<i>Вероятность возникновения риска</i>	<i>Ограничение риска</i>			<i>Примечание</i>
			<i>Проектирование, производство</i>		<i>Применение</i>	
			<i>Конструкция</i>	<i>Контроль производственных процессов</i>	<i>Требования по предупреждению возникновения риска</i>	
12	Риск нанесения ущерба вследствие воспламенения взрывоопасной окружающей среды	Маловероятно	Применение регламентов Directive ATEX	Пооперационный производственный контроль	См. инструкцию по монтажу; См. руководство по эксплуатации	Требуется обеспечение монтажа оборудования согласно документации изготовителя. Выполняется монтажной организацией и организацией, эксплуатирующей оборудование.  Требуется эксплуатацию оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией.
<b>Пожаробезопасность</b> Опасность воспламенения.						
13	Риск нанесения ущерба вследствие воспламенения расходомера	Невероятно	Применение регламентов Directive LVD	Пооперационный производственный контроль	См. инструкцию по монтажу; См. руководство по эксплуатации	Выполнен из негорючих и малогорючих материалов

3.3 Вероятность возникновения опасных ситуаций, отказов расходомеров, связанных с различными видами опасностей (механические, термические, электрические, ошибки монтажа, разрушение в процессе работы и т. д.) оценивается как невысокая, т. к.:

- расходомеры и его составные части сконструированы так, что они имеют достаточную устойчивость и стабильность при заранее предусмотренных условиях эксплуатации,
- различные части расходомеров и механические соединения выдерживают нагрузки, которым они подвергаются при использовании по назначению;

- применяемые при изготовлении материалы имеют достаточную прочность в заданных условиях применения;
- в разделах руководства присутствуют предупредительные надписи;
- руководство по эксплуатации содержит перечень возможных неисправностей и пути их устранения;
- пользователи обязаны иметь защиту от избыточного давления в трубопроводе с установленным расходомером.

#### 3.4 Для уменьшения опасности поражения электрическим током предусмотрены мероприятия:

- подключение питания расходомера осуществляется согласно требованиям руководства по эксплуатации;
- конструкция расходомера исключает контакт человека с токоведущими частями;
- все клеммы соединены в клеммные колодки, выполненные из материала, исключающего пробой;
- клеммы с высоким напряжением и током закрыты крышками, выполненными из того же материала, что и клеммные колодки;
- при производстве расходомеров выполняются электрические тесты, включающие измерение сопротивления и проверку прочности изоляции.

#### 3.5 Конструкция расходомера исключает опасные ситуации, связанные с ошибками монтажа:

- маркировка расходомера содержит информацию необходимую для безопасного применения;
- руководство по эксплуатации содержит предупредительные надписи;
- руководство по эксплуатации содержит перечень возможных неисправностей и методы их устранения.

#### 3.6 Возможные ошибочные действия персонала, приводящие к инциденту или аварии:

- эксплуатация расходомера в условиях и режимах, не предусмотренных эксплуатационной документацией;
- проведение работ по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту при наличии давления рабочей среды в трубопроводе.

3.7 Для исключения ошибок персонала при эксплуатации расходомера в руководстве указана периодичность проверок и текущего обслуживания, необходимого для безопасной эксплуатации расходомера.

3.8 Для исключения ошибок персонала при проведении работ по монтажу и ремонту расходомера в руководстве по эксплуатации указаны правила проведения работ по монтажу и ремонту расходомера.

3.9 В случае возникновения инцидента или критического отказа эксплуатация расходомера должна быть приостановлена до устранения неисправности. При аварийной ситуации следует руководствоваться инструкцией эксплуатирующей организации.

3.10 В случае достижения предельного состояния эксплуатация расходомера должна быть прекращена.

## 4 РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ

### 4.1 Общие сведения

Прочностные расчеты проводятся в соответствии с требованиями Европейская директива по оборудованию, работающему под давлением 97/23/ЕС, Приложение I, Раздел 2.2, Расчет достаточной прочности по ASME B31.3 Технологический трубопровод

В общем виде расчет рабочего давления осуществляется по ASME B31.3, Нормы технологического трубопровода, Параграф 304, формула 3а.

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)},$$

где:

$P$  – рабочее давление, фунт/дюйм<sup>2</sup>

$D$  – наружный диаметр трубопровода в дюймах

$S$  – значение нагрузки из таблицы A-1

$E$  – коэффициент качества из таблицы A-1A или A-1B

$Y$  – коэффициент из таблицы 304.1.1

$t$  – толщина стенки, рассчитанная по номинальному давлению из 304.1.2

Если геометрия расходомера не подходит для расчета, то рабочее давление определяется по результатам испытаний в соответствии с нормами ASME, Раздел VIII, Подраздел I, Параграф UG-101, (m).

$$\frac{B \cdot f}{4} \cdot \frac{S_U}{S_{U\_AVG}} = P$$

где:  $P$  – рабочее давление, фунт/дюйм<sup>2</sup>

$B$  – давление испытания на разрыв, либо давление, при котором гидростатическое испытание было закончено, фунт/дюйм<sup>2</sup>.

$F$  – коэффициент качества из UG-24

$S_U$  – прочность на растяжение при комнатной температуре, фунт/дюйм<sup>2</sup>.

$S_{U\_AVG}$  – средняя действительная прочность на растяжение проверяемого образца при комнатной температуре, фунт/дюйм<sup>2</sup>.

Допустимые нагрузки аутентичных нержавеющей сталей, используемые при расчете, ниже пределов, приведенных в Параграфе 7.1.2 Приложения 1 директивы 97/23/ЕС.

Все материалы, используемые в расходомерах, обладают растяжением свыше 14%. По ASME B31.3 допускается использовать нержавеющей стали и сплавы на основе никеля при указанных температурах без динамических испытаний. Растяжение данных материалов составляет от 20 до 45%, типовые значения в протоколах испытаний материала от 40 до 55%. По нормам ASME требуется, чтобы указанные и типовые значения растяжения были значительно выше 14% для обеспечения адекватного уровня безопасности

Все проточные части датчиков расхода расходомера, имеют достаточную прочность для сдерживания указанного максимального рабочего давления со значительным запасом прочности, а также соответствуют ASME B31.3 и Европейской директиве по оборудованию, работающему под давлением 97/23/ЕС. Расчеты на прочность приведены в Приложении А.

## 5 Обеспечение безопасности в процессе производства

Технологические процессы задокументированы, процедуры качества строго исполняются квалифицированным персоналом.

В процессе производства обеспечивается входной контроль и прослеживаемость используемых материалов:

- Все материалы, используемые в деталях расходомера, работающих под давлением, соответствуют спецификации. Протоколы испытаний сертифицированного материала по EN10204 типа 3.1 предоставляются для всех деталей, работающих под давлением.

В процессе производства осуществляются контрольные проверки сварных швов и испытания расходомеров (неразрушающий контроль, гидростатические испытания):

- коэффициенты сварки, используемые при расчете, основаны на ASME B31.3, параграф 302.3.4 и составляет 0.8 (выбор основан на качестве отливки и выборочном неразрушающем контроле). Данный коэффициент сварки плюс высокие коэффициенты запаса прочности от 4,8 до 6 по результатам испытаний давлением обеспечивают высокий общий уровень безопасности.
- все расходомеры проходят гидростатические испытания давлением, которое в 1,5 раза превышает максимальное рабочее давление.

Каждый этап производственного процесса документируется.

## **6 Требования к персоналу**

6.1 К эксплуатации расходомеров допускается квалифицированный персонал, ознакомленный с их устройством, руководством по эксплуатации, имеющий опыт обслуживания аналогичных устройств.

6.2 Обслуживающий персонал должен пройти инструктаж по технике безопасности, учитывающий специфику применения расходомеров в конкретном технологическом процессе.

6.3 Эксплуатация взрывозащищенных расходомеров должна проводиться только квалифицированным персоналом в соответствии с нормативными документами, регламентирующими применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

## **7 Эксплуатационные ограничения и условия применения**

7.1 Безопасное применение расходомеров возможно только в условиях, соответствующих требованиям, изложенным в эксплуатационной документации.

При эксплуатации расходомеров следует руководствоваться требованиями, приведенными в эксплуатационной документации на расходомер.

В эксплуатационной документации учтены все аспекты безопасности расходомеров:

- ограничен круг лиц, допущенных к управлению и обслуживанию;
- изложены приёмы работы, применение которых снижает риск причинения ущерба и вреда здоровью;
- приведены требования по техническому обслуживанию, выполнение которых обеспечит поддержание расходомеров в исправном состоянии.

7.2 На расходомерах выполнена маркировка, содержащая информацию об изделии и его изготовителе, а также данные, необходимые для монтажа и эксплуатации.

7.3 В период эксплуатации обслуживающий персонал должен следить за исправным состоянием оборудования, своевременно обеспечивать техническое обслуживание и ремонт. Периодичность технического обслуживания расходомера приведена в руководстве по эксплуатации.

#### 7.4 Эксплуатация во взрывоопасных зонах

Расходомеры должны применяться в соответствии с установленными требованиями нормативных документов, регламентирующих применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Не допускается применение расходомеров, не соответствующих требованиям эксплуатационной документации.

Не допускается применение расходомеров в условиях, не соответствующих требованиям условиям, указанным в эксплуатационной документации.

## **8 Действия персонала в случае инцидента, критического отказа или аварии**

При возникновении аварийной ситуации следует руководствоваться инструкцией эксплуатирующей организации.

Эксплуатация расходомеров должна быть прекращена в случае возникновения критического отказа, достижения предельного состояния или окончания срока службы.

## **9 Требования безопасности при утилизации**

9.1 Расходомеры подлежат утилизации после принятия решения эксплуатирующей организации о невозможности или нецелесообразности их ремонта или недопустимости их дальнейшей эксплуатации.

9.2 При демонтаже расходомеров и их деталей к обеспечению безопасности предъявляются те же требования, что и при монтаже перед пуском в эксплуатацию.

9.3 Для утилизации расходомеров не требуется применения специальных способов.

