

УТЕРЖДАЮ
Global Approvals Manager
Micro Motion Inc.



Paul Schilke
September 25, 2019

РАСХОДОМЕРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ 8700 (СЕРИЯ 87), ROSEMOUNT 8750

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ



История ревизий:

Версия	Дата	Описание	Примечание
1.0	25.09.2019	Первый выпуск	

Введение

Настоящее обоснование безопасности (далее – ОБ) распространяется на расходомеры электромагнитные 8700, Rosemount 8750 (далее – расходомеры), предназначенные для измерения скорости потока и вычисления объемного расхода электропроводящих жидкостей, пульп и суспензий, имеющих минимальную электропроводность $5 \cdot 10^{-4}$ См/м.

1 Общие сведения

Основные параметры и характеристики

Основные технические характеристики расходомеров приведены в приложении В руководства по эксплуатации на расходомер №00809-0107-4444 (далее руководство);

Габаритные, установочные и присоединительные размеры, масса расходомеров приведены в разделе Габаритные чертежи листа технических данных на расходомер №00813-0107-4444.

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, определенные 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 42,55 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 $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$ до $350\text{ }^{\circ}\text{F}$ (от $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $177\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- 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 2, раздел 8 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 39,37 фут/с (12 м/с).

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 расходомера.

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).

	Тип риска	Вероятность возникновения риска	Ограничение риска			Примечание
			Проектирование, производство		Применение	
			Конструкция	Контроль производственных процессов	Требования по предупреждению возникновения риска	
	<p>Механические опасности: опасности, обусловленные выбросом рабочей среды (нарушение герметичности мест соединений). Связаны с: - ошибками монтажа; - ошибками обслуживающего персонала; - износом в процессе эксплуатации</p>					
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	Требует эксплуатации 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	Требует эксплуатации 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	Требует эксплуатации оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией

	Тип риска	Вероятность возникновения риска	Ограничение риска			Примечание
			Проектирование, производство		Применение	
			Конструкция	Контроль производственных процессов	Требования по предупреждению возникновения риска	
4	Разрыв по причине увеличения допустимых сил и моментов, поддерживающих и закрепляющих конструкций	Маловероятно			См. инструкцию по монтажу	Требует 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	Требует применение коррозионностойких материалов по отношению к измеряемой среде. Расчет толщины стенки с поправкой на коррозию и эрозию.
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

	<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>	
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.
<p>Термические опасности, 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ошибками монтажа; - Ошибками обслуживающего персонала 						
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
<p>Электрические опасности: опасности от поражения электрическим током. Связаны с:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ошибками монтажа; - ошибками обслуживающего персонала. 						

	<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>	
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
<p>Взрывобезопасность: Опасность воспламенения взрывоопасной окружающей среды. Связаны с неправильной эксплуатацией во взрывоопасных зонах: - ошибками монтажа; - Ошибками обслуживающего персонала.</p>						
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	Требует обеспечение монтаж оборудования согласно документации изготовителя. Выполняется монтажной организацией и организацией, эксплуатирующей оборудование. Требует эксплуатацию оборудования только в условиях, предусмотренных эксплуатационной документацией.

	<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>	
	Пожаробезопасность 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.

3.11 Расходомер не имеет заглушек или отверстий за исключением, указанных ниже.

Доступна дополнительная конфигурация (8705 с опцией W1 или M1) с предохранительным клапаном в корпусе катушки для стравливания испарений технологической жидкости. Наличие жидкости в корпусе катушки возможно только при разрушении уплотнения электрода/футеровки. Подобный отказ характеризуется потерей сигнала расхода.

Доступна еще одна конфигурация (8705 с опцией M3 или M4), в которой камеры из нержавеющей стали привариваются к проточной части в местах установки электродов. В конструкцию включены средства для стравливания испарений. Наличие жидкости в герметичных камерах электрода возможно только при разрушении уплотнения электрода/футеровки. Подобный отказ характеризуется потерей сигнала расхода.

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 В31.3 Технологический трубопровод

В общем виде расчет рабочего давления осуществляется по ASME В31.3, Нормы технологического трубопровода, Параграф 304, формулы 3а и 3б.

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

$$t = \frac{P(d + 2c)}{2[SE - P(1 - Y)]},$$

где:

P – рабочее давление, фунт/дюйм²

D – наружный диаметр трубопровода в дюймах

d – внутренний диаметр трубопровода в дюймах

c – сумма механических допусков (резьба или глубина канавки) плюс допуск на коррозию и эрозию

S – значение нагрузки из таблицы А-1

E – коэффициент качества из таблицы А-1А или А-1В

Y – коэффициент из таблицы 304.1.1

t – толщина стенки, рассчитанная по номинальному давлению из 304.1.2

Фланцы по стандартам:

ASME B16.5	ТРУБНЫЕ ФЛАНЦЫ И ФЛАНЦЕВЫЕ ФИТИНГИ: NPS 1/2 ПО NPS 24
AWWA C207	СТАЛЬНЫЕ ТРУБНЫЕ ФЛАНЦЫ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ – РАЗМЕРЫ ОТ 4 ДО 144 ДЮЙМОВ (ОТ 100 ДО 3600 ММ)
MSS SP-44*	ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
JIS B 2220	ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
EN 1092-1	ФЛАНЦЫ И СОЕДИНЕНИЯ – КРУГЛЫЕ ФЛАНЦЫ ДЛЯ ТРУБ, КЛАПАНОВ, ФИТИНГОВ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, ОБОЗНАЧЕНИЕ PN – ЧАСТЬ 1: СТАЛЬНЫЕ ФЛАНЦЫ
AS 2129	ФЛАНЦЫ ДЛЯ ТРУБ, КЛАПАНОВ И ФИТИНГОВ

* Данные фланцы соответствуют всем требованиям за исключением размеров втулки. Наши втулки короче и толще стандартных (см. чертеж 08705-1005). Расчет нагрузки втулки для действительных размеров осуществляется по приложению 2 раздела VIII стандарта ASME по котлам и резервуарам, работающим под давлением. Те же требования к конструкции втулки используются MSS SP-44 (см. раздел 5.3.1 MSS SP-44). Расчеты приведены в соответствующем файле.

Расчет давления электродов выполняется по ASME B31.3, раздел 304.7.2.

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

Характеристики материала основаны на критериях расчета в ASME B31.3 и ASME раздел II, либо аналогичных.

Дополнительно, все материалы, используемые в расходомерах, обладают растяжением свыше 14%. По ASME B31.3 допускается использование нержавеющей сталей при указанных температурах без динамических испытаний. Растяжение данных материалов составляет от 20 до 45%, типовые значения в протоколах испытаний значительно выше. 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 сварных соединений, используемых при расчетах, базируются на ASME 31.3, Параграф 302.3.4. К ним относятся:
 - 0,8 для сварной трубы по ASTM A312
 - 1,0 для бесшовной трубы по ASTM A312
 - 1,0 для трубы ASTM A358 класса 1, 3 или 4 (необходим 100% радиографический контроль)
- Все расходомеры проходят гидростатические испытания давлением. Гидростатическое испытание каждого расходомера проводится при 1,5-кратном превышении максимального рабочего давления. Это соответствует требованию, изложенному в Параграфе 7.4.

Требования к гидростатическому испытанию приведены на всех чертежах. Технологические процессы базируются на данных чертежах и включают все указанные требования.

Номер чертежа	Описание
08705-0003	Модель 8705 0.5 – 5 дюймов
08705-0004	Модель 8705 0.6 – 24 дюйма
08705-0006	Модель 8705 0.30 – 48 дюймов
08711-0500	Модель 8711 0.15 – 0,3 дюйма
08711-0501	Модель 8711 0.5 – 1 дюйм
08711-0502	Модель 8711 1.5 – 8 дюймов
08721-0003	Модель 8721 0.5 – 4 дюйма

Примечание для модели 8711:

На модели 8711 бесфланцевого исполнения гидростатическое испытание выполняется до финишной сварки корпуса катушки. Однако в документации указывается, что это несет незначительный риск изменения способности выдерживать 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.

Приложение А
Расчеты на прочность



Rosemount Flow Division
12001 Technology Drive
Eden Prairie, MN 55344 USA

**ОТЧЕТ ПО КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА
ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ДОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ**

1 Применение

Настоящий документ определяет технические характеристики, материалы и подтверждение достаточной прочности для проточных частей электромагнитных расходомеров

2 Ссылки

- ASME B31.1 Технологические трубопроводы
- PED 2014/68/EU

3 История ревизий:

Ревизия	Дата	Описание	Утверждено
1	31 августа 2009	Новый документ	S. Rogers
2	21 октября 2009	Добавлена ссылка на чертеж фланца на стр. 6	S. Rogers
3	9 марта 2010	Добавлена 8705-1103 ссылка на чертеж фланца на стр. 6	J. Pettit
4	6 декабря 2013	Добавлен абзац на испытание на удар	E. Anderson
5	31 января 2014	M (8705 & 8711) и L (8711) проточки, как часть 8705 и 8711 проточек	E. Anderson
6	15 января 2015	Добавлен 8750	E. Anderson
7	26 марта 2019	1) Добавлены MS модели 2) Обновлено текущие стандарты 3) Обновлено формат	M. Kwong

4 Номера моделей, размеры и соединения

Номер модели	Описание	Размеры	Соединение с процессом	Номинальное давление
8705	Фланцевая проточная часть	0,5 - 36 дюймов NPS	Фланцевое	ANSI Класс 900 Макс.
8707	Фланцевая проточная часть	3 - 36 дюймов NPS	Фланцевое	ANSI Класс 900 Макс.
MS	Фланцевая проточная часть	3 - 36 дюймов NPS	Фланцевое	ANSI Класс 900 Макс.
8711	Безфланцевая проточная часть	0,5 - 8 дюймов NPS (0.5" NPS доступен с проточной частью $\varnothing 0.15"$ и $\varnothing 0.3"$)	Бесфланцевое	ANSI Класс 300 Макс.
8721	Гигиеническое исполнение	0,5 - 4 дюйма NPS	IDF санитарные фитинги	300 psi max
8750	Фланцевая проточная часть	0,5 - 36 дюймов NPS	Фланцевое	ANSI Класс 900 Макс.

5 Спецификации на электромагнитные расходомеры

В данном разделе описаны рабочие параметры для различных типов проточных частей.

5.1 Модели 8705, 8750, 8707 и MS

Расчетная температура

Футеровка	Температура (F)	Температура (C)
Футеровка из ПТФЭ	от -20°F до 350°F	от -29°C до 177°C
Футеровка из ЭТФЭ	от -20°F до 300°F	от -29°C до 149°C
Футеровка из ПФА	от -20°F до 350°F	от -29°C до 177°C
Футеровка из полиуретана	от 0°F до 140°F	от 18°C до 60°C
Футеровка из неопрена	от 0°F до 185°F	от 18°C до 85°C
Футеровка из линатекса	от 0°F до 158°F	от 18°C до 70°C

Расчетное давление при температуре окружающей среды

Класс фланца	Стандарт на фланец	Максимальное допустимое давление	Максимальное допустимое давление (единицы измерения, как в стандарте)
Класс D	AWWA C207	150 psi	150 psi
Класс 150	ANSI B16.5	285 psi	285 psi
Класс 300	ANSI B16.5	740 psi	740 psi
Класс 600	ANSI B16.5	1480 psi	1480 psi

Класс 900	ANSI B16.5	2220 psi	2220 psi
Класс 1500	ANSI B16.5	3705 psi	3705 psi
Класс 2500	ANSI B16.5	6170 psi	6170 psi
PN10	DIN/EN 1092-1	145 psi	10 бар
PN16	DIN/EN 1092-1	232 psi	16 бар
PN25	DIN/EN 1092-1	363 psi	25 бар
PN40	DIN/EN 1092-1	580 psi	10 бар
JIS 10K	JIS B2220	203 psi	1,4 МПа
JIS 20K	JIS B2220	493 psi	3,4 МПа
JIS 40K	JIS B2220	986 psi	6,8 МПа
Таблица D	AS 2129	138 psi	950 кПа
Таблица E	AS 2129	138 psi	950 кПа
Класс 150	MSS SP-44	285 psi	285 psi
Класс 300	MSS SP-44	740 psi	740 psi

Снижение значений давления: Снижение значений давления происходит в зависимости от температуры рабочей среды, определенной соответствующим стандартом на фланец.

Статья 3, раздел 1.3, (а), первый абзац, Группа жидкостей 1. Категории согласно Приложению II, Таблица 6: SEP, Категории 1, 2, и 3. Дополнительная информация по размеру и фланцу см. «ALL_PED Categories.xls»

5.2 Модель 8711

Расчетная температура

Футовка	Температура (F)	Температура (C)
Футовка из ПТФЭ	от -20°F до 350°F	от -29°C до 177°C
Футовка из ЭТФЭ	от -20°F до 300°F	от -29°C до 149°C
Футовка из ПФА	от -20°F до 200°F	от -29°C до 93°C

Расчетное давление при температуре окружающей среды

Размер и рейтинг	Рейтинг
0.5 дюйма – 8 дюймов ANSI Класс 300	720 psi
0.5 дюйма – 8 дюймов ANSI Класс 150	285 psi

Снижение значений давления: Снижение значений давления происходит в зависимости от температуры рабочей среды, определенной ASME B16.5 стандартом на фланец.

Статья 3, раздел 1.3, (а), первый абзац, Группа жидкостей 1. Категории согласно Приложению II, Таблица 6: SEP, Категории 1, 2, и 3. Дополнительная информация по размеру и фланцу см. «ALL_PED Categories.xls»

5.3 Модель 8721

Расчетная температура

Футеровка	Температура (F)	Температура (C)
Футеровка из ПФА	от 14°F до 320°F	от -10°C до 160°C

Расчетное давление

Размер	Рейтинг
0.5 дюйма – 2 дюймов	300 psi
2.5 дюйма	240 psi
3 дюйма	198 psi
4 дюйма	148 psi

Снижение значений давления: Нет снижения значений давления в зависимости и от температуры рабочей среды для этого продукта.

Статья 3, раздел 1.3, (а), первый абзац, Группа жид костей 1. Категории согласно Приложению II, Таблица 6: SEP, Категории 1, 2, и 3. Дополнительная информации по размеру и фланцу см. «ALL_PED Categories.xls»

6 Спецификация на материалы

Материалы трубы и фланца	Минимальная прочность на разрыв (psi)	Температурные ограничения*
Трубы		
304/304L (две марки) Нержавеющая сталь по ASTM A312 или ASTM A358*	75 000	от -20° F до +350° F
316/316L (два марки) Нержавеющая сталь по ASTM A312 или ASTM A358*	75 000	от -20° F до +350° F
Фланцы		
304/304L (с двумя значениями) Нержавеющая сталь по ASTM A182*	75 000	от -20° F до +350° F
316/316L (с двумя значениями) Нержавеющая сталь по ASTM A182*	75 000	от -20° F до +350° F
Углеродистая сталь по ASTM A105	70 000	от 32°F до +350°F
Отливки		
CF8M по ASTM A351*	70 000	от -20° F до +350° F

*B31.3 (2010) Раздел 323.2.2.f.2.a позволяет использовать соответствующие материалы вплоть до минимальной температуры -150°F без необходимости проведения испытаний на удар

7 Допустимое напряжение материала по ASME B31.3, таблица A-1

Материалы трубы и фланца	Макс допустимое напряжение (psi) @100°F
Трубы	
304/304L (две марки) Нержавеющая сталь по ASTM A312 или ASTM A358	20 000
316/316L (две марки) Нержавеющая сталь по ASTM A312 или ASTM A358	20 000
Фланцы	
304/304L (две марки) Нержавеющая сталь по ASTM A182	20 000
316/316L (две марки) Нержавеющая сталь по ASTM A182	20 000
Углеродистая сталь по ASTM A105	23 000
Отливки	
CF8M по ASTM A351	20 000

Максимально допустимое напряжение уменьшается с температурой; однако класс фланца при этом также понижается. Во всех случаях понижение класса фланца, при изменении температуры, больше, и, следовательно, это будет определять общее давление при данной температуре.

8 Анализ прочности

Анализ прочности проводится по ASME B31.3 Коды технологических трубопроводов.

8.1 Конструкция

8705, 8750, 8707 и MS фланцевые проточные части изготовлены из трубы, приваренной к двум технологическим фланцам. Каждая труба имеет неметаллическую футеровку, с двумя или тремя электродами, проходящими сквозь трубу и футеровку. Технические характеристики технологического фланца определяют конструкцию или максимальное рабочее давление расходомера, при этом труба, электроды и сварные соединения изготавливаются так, чтобы соответствовать классу фланца или быть выше.

8711 0.5 дюймов – 8 дюймов безфланцевые проточные части являются корпусом расходомера и представляют собой трубу или отливку, рассчитанную на номинальное давление по ANSI класс 300. Проточные части 0,15 дюйма и 0,30 дюйма изготавливаются механической обработкой и соответствуют классу давления ANSI 150. Все проточные части предназначены для монтажа между любыми фланцами с одинаковым или меньшим номинальным давлением. Каждая проточная часть футерована неметаллическим вкладышем и имеет два или три электрода, которые проходят в корпус сквозь футеровку.

8721 0.5 дюймов – 8 дюймов проточные части для гигиенического исполнения трубы изготавливаются из отрезка трубы, приваренного к фитингу IDF санитарного винтового типа. Номинальное давление составляет 300 psi до 2 дюймов и уменьшается для больших типоразмеров, таким образом, что значение $PS \cdot DN$ остается ниже 1000. Модель 8721 допускается только с жидкостями группы 2, так как она используется в пищевой промышленности. Таким образом, модель 8721 спроектирована в соответствии со здоровой инженерной практикой и не подпадает под все требования PED 2014/68/EU, приложение I.

8.2 Фланцы:

Модели 8705, 8750, 8707 и MS для проточных частей используются стандартные фланцы в соответствии с ASME B16.5, DIN/EN 1092-1 и нормативами других органов по стандартизации (см. таблицу ниже и стр. 2, расчетное давление). Эти стандарты определяют номинальное давление фланцев, которое определяет номинальное давление электромагнитного расходомера. Устойчивость к воздействию давления для каждого фланца, а также стандарт определяется соответствующими организациями по стандартизации; компания Rosemount Inc. не производила оценку расчетного давления самих фланцев.

Стандарт на фланцы	Наименование	Номер чертежа
ASME B16.5	ФЛАНЦЫ ТРУБ И ФЛАНЦЕВЫЕ ФИТИНГИ: От NPS 1/2 до NPS 24	08705-1005 и 08705-1105
AWWA C207	ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ - РАЗМЕР ОТ 4 ДО 144 ДЮЙМОВ (ОТ 100 ДО 3600 ММ)	08705-1005
MSS SP-44*	ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	08705-1005
JIS B 2220	ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБ	08705-1037
EN 1092-1	ФЛАНЦЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ - КРУГЛЫЕ ФЛАНЦЫ ДЛЯ ТРУБ, АРМАТУРЫ, ФИТИНГОВ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ, С УСТАНОВЛЕННЫМ УРОВНЕМ ПО ПЕРЕПАДУ ДАВЛЕНИЯ - ЧАСТЬ 1: СТАЛЬНЫЕ ФЛАНЦЫ	08705-1003 и 08705-1103
AS 2129	ФЛАНЦЫ ДЛЯ ТРУБ, АРМАТУРЫ И ФИТИНГОВ	08705-1036
* Данные фланцы соответствуют всем требованиям, кроме требований, предъявляемых к размерам раструбов. Наши раструбы короче и толще, чем стандартные (см. чертеж 08705-1005). Расчеты напряжения для фактических размеров раструбов выполнены и находятся в соответствии с Приложением 2 раздела VIII стандарта ASME Котлы и сосуды высокого давления. Критерии для конструкции раструбов те же, что используются во фланцах MSS SP-44 (см. раздел 5.3.1 MSS SP-44). Расчеты приведены в файле проектных данных.		

8.3 Труба

Прочность трубы определена в соответствии со стандартом для технологических трубопроводов ASME B31.3, пункт 304, уравнения 3а и 3б. Сведения по этим расчетам можно найти в следующих чертежах:

Модель	Чертеж
8705	08705-0014
8707	08705-0014
MS	08705-0014
8711	08711-1014 и 08711-1015
8721	08721-0014
8750	0850W-0014

Во всех случаях в чертеже, на который дается ссылка, указано, что труба имеет достаточную прочность для безопасного выдерживания давления со значительным запасом прочности.

8.4 Электроды (соответствуют B31.3)

Расчет давления следующих электродов выполнен в соответствии с ASME B31.3, раздел 304.7.2(а) и/или (с), в зависимости от конструкции электрода.

Наименование электрода	Модель	Коды исполнения	Метод	Результаты
Стандартный электрод	8705, 8750, 8707, MS	A, E, B, F (с фланцами на 1000 psi или менее)	304.7.2(а) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 50 000 штук продано с октября 2004 г. по январь 2009 г. Известная интенсивность отказов составляет менее 0,1%. Нет документально подтвержденных отказов, произошедших по причине недостаточной прочности конструкции.
Стандартный электрод	8711	A, E, B, F	304.7.2(а) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 21 000 штук продано с октября 2005 г. по январь 2009 г. Известная интенсивность отказов составляет менее 0,03%. Нет документально подтвержденных отказов, произошедших по причине недостаточной прочности конструкции.

Электрод высокого давления (по ANSI Класс 900)	8705, 8750, 8707, MS	A, E, B, F (с фланцами на 1000 psi или более)	304.7.2(a) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 1000 штук продано с октября 2004 г. по январь 2009 г. Известная интенсивность отказов составляет менее 0,2%. Нет документально подтвержденных отказов, произошедших по причине недостаточной прочности конструкции.
Электрод, демонтируемый на месте	8705	R	304.7.2(a) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 240 штук продано с октября 2004 г. по январь 2009 г. Нет задокументированных отказов, поэтому известная интенсивность отказов должна составлять менее 1/240, или 0,4%.
Электрод с обратной посадкой	8705, 8750, 8707, MS	C, G	304.7.2(c) Проверочные испытания	Испытано при максимальном давлении 4150. Расчетное макс. рабочее давление 645 psi.
Фракционный электрод	8711	A, E (для линий размером 15F и 30F)	304.7.2(a) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 4000 штук продано с октября 2005 г. По июнь 2009 г. Нет документально подтвержденных отказов, произошедших по причине недостаточной прочности конструкции.
Гигиенический электрод	8721	Все	304.7.2(a) Интенсивная успешная эксплуатация	Более 3000 штук продано с октября 2005 г. по июнь 2009 г. Нет задокументированных отказов, поэтому известная интенсивность отказов должна составлять менее 1/3261, или 0,03%.

8.5 Сварное соединение

Соединение труб и фланцев осуществляется при помощи сварки. Сварка осуществляется передним и подварочным угловым швом (см. ASME B31.3, рис. 328.5.2) в случае приварных охватывающих фланцев, или в стык в случае воротниковых фланцев. Сведения по сварным изделиям можно найти и на чертежах 08705-1500, 08705-1505, 08705-1510, 08705-1511, и 08711-1500.

8.6 Воротниковые фланцы

Обработка концов воротниковых фланцев соответствует ASME B31.3, раздел 328.4. Сварка производится в соответствии с разделом 328 - 331 и проходит приемочный контроль в соответствии с таблицей 341.3.2 и в соответствии с разделом 341.4.1 для Категории М Сред.

8.7 Приварные охватывающие фланцы

Минимальные размеры сварных швов для приварных охватывающих фланцев соответствуют указанным на рисунках 328-5.2А и 328-5.2В. Сварка производится в соответствии с разделом 328 - 331 и проходит приемочный контроль в соответствии с таблицей 341.3.2 и в соответствии с разделом 341.4.1 для Категорий М Сред.

8.8 Коэффициенты качества сварного шва (объединённые коэффициенты)

Сварной шов	Коэффициенты качества сварного шва	Источник
ASTM A312 Труба, свариваемая продольным швом	0.8	ASME B31.3 Таблица A-1B
ASTM A312 Бесшовная труба	1.0	ASME B31.3 Таблица A-1B
ASTM A358 Труба, свариваемая продольным швом (Класс 1, 3 или 4)	1.0	ASME B31.3 Таблица A-1B
V-образный шов, кольцевой, приварка трубы к фланцу	Н/Д	ASME B31.3 Толкование 1-42
Угловой шов, кольцевой, приварка трубы к фланцу	Н/Д	ASME B31.3 Толкование 1- 42

9 Выводы

Все исполнения проточных частей расходомера электромагнитного 8700 и MS перечисленные выше, 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 PED 2014/68/EU.