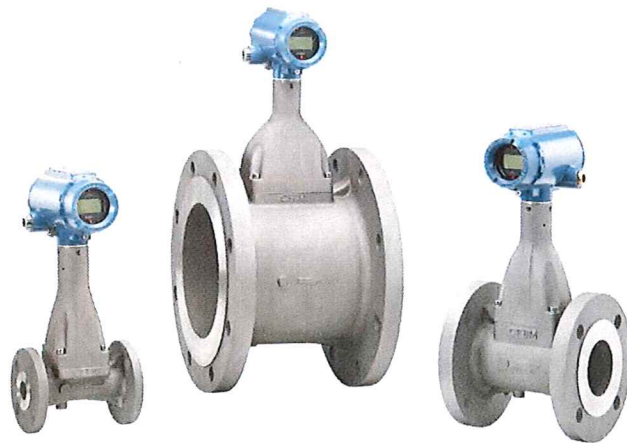


УТЕРЖДАЮ
Global Approvals Manager
Micro Motion Inc.



Paul Schilke
September 25, 2019

РАСХОДОМЕР ВИХРЕВОЙ 8600D ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ



История ревизий:

Версия	Дата	Описание	Примечание
1.0	25.09.2019	Первый выпуск	

Введение

Настоящее обоснование безопасности (далее – ОБ) распространяется на расходомеры вихревые 8600D (далее – расходомеры), предназначены для измерения скорости потока и вычисления объемного расхода однородных, однофазных сред - жидкостей, газа и пара.

1 Общие сведения

Основные параметры и характеристики

Основные технические характеристики расходомеров приведены в приложении В руководства по эксплуатации на расходомер №00809-0107-4860 (далее руководство);

Габаритные, установочные и присоединительные размеры, масса расходомеров приведены в разделе Габаритные чертежи листа технических данных на расходомер №00813-0107-4860.

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 6,3 МПа. Максимальное рабочее давление для выбранного типа фланцев, приведенное 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 –58 °F до 482 °F (от –50 °C до 250 °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).

	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:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ошибками монтажа; – ошибками обслуживающего персонала; – износом в процессе эксплуатации 					
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
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

	<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>	
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
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	
	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: - 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
	Электрические опасности: опасности от поражения электрическим током. Связаны с: - Ошибками монтажа; - Ошибками обслуживающего персонала.					
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
	Взрывобезопасность: Опасность воспламенения взрывоопасной окружающей среды. Связаны с неправильной эксплуатацией во взрывоопасных зонах: - 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>	
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.
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.

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/дюйм²

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/дюйм²

B – давление испытания на разрыв, либо давление, при котором гидростатическое испытание было закончено, фунт/дюйм².

f – коэффициент качества из UG-24

S_U – прочность на растяжение при комнатной температуре, фунт/дюйм².

S_{U_AVG} – средняя действительная прочность на растяжение проверяемого образца при комнатной температуре, фунт/дюйм².

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

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.



8600 ВИХРЕВОЙ РАСХОДОМЕР – ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ДОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ

Применение: Настоящий документ определяет технические характеристики, материалы и подтверждение достаточной прочности для указанных вихревых расходомеров с фланцами до ASME Class 300

Типоразмер и модели: 8600_

Ссылка: PED 97/23/ЕС, Приложение I, Параграф 2.2, Конструирование с достаточной прочностью

История ревизий:

Ревизия	Дата	Описание	Утверждено
Ревизия 1	22 мая 2012	Новый документ	J. Foster
Ревизия 2	2 апреля 2013	Исправлены расчеты напряжения	J. Foster
Ревизия 3	3 июля 2013	Добавлена опция сварки для 1 дюйма	J. Foster

Спецификация:

Код конструкции: ASME B31.3, Технологический трубопровод

Расчетная температура:

Нержавеющая сталь: -58°F to 482°F (-50°C to 250°C)

Расчетное давление:

Нержавеющая сталь: Давление до 720 psi

Снижение давления при повышении температуры по ASME B16.5 или EN 1092-1

Среда группа 1 Газы

Рейтинг фланцев: ASME class 150, 300
EN PN 16, PN 40

Материалы:

Нержавеющая сталь

Корпус сенсора - ASTM A351 CF3M Min T.S. = 70,000 psi

Проточная часть - ASTM A351 CF8M Min T.S. = 70,000 psi

Прокладка - GraFoil Grade GHE

Болты - A4-70 Прочность на разрыв = 101,000 psi

Категории давления

Расходомер 8600 является часть трубопровода. Категории давления приведены в таблице из Annex II.

Ду	Тип фланцев	Давление, бар	P*Ду	Категория
25	ASME 150	19.0	457.0	SEP
25	ASME 300	49.6	1196.6	SEP
25	PN 40	40.0	964.2	SEP
40	ASME 150	19.0	697.4	I
40	ASME 300	49.6	1825.8	II
40	PN 40	40.0	1471.2	II
50	ASME 150	19.0	925.1	I
50	ASME 300	49.6	2422.2	II
50	PN 40	40.0	1951.7	II
80	ASME 150	19.0	1382.2	II
80	ASME 300	49.6	3618.8	III
80	PN 40	40.0	2915.9	II
100	ASME 150	19.0	1825.7	II
100	ASME 300	49.6	4780.1	III
100	PN 16	16.0	1540.7	II
100	PN 40	40.0	3851.7	III
150	ASME 150	19.0	2745.1	II
150	ASME 300	49.6	7187.2	III
150	PN 16	16.0	2316.5	II
150	PN 40	40.0	5791.2	III
200	ASME 150	19.0	3636.1	III
200	ASME 300	49.6	9519.9	III
200	PN 16	16.0	3068.3	II
200	PN 40	40.0	7670.8	III

Анализ прочности

Корпус сенсора - Существует два размера корпусов сенсоров для расходомеров различного типоразмера. Номера деталей: 08600-6801-0001 и 08600-6802-0001. Благодаря уникальной геометрии корпусов сенсоров, прочность корпуса сенсора будет проверена экспериментальным испытанием под давлением в соответствии с кодом ASME B&PV, раздел VIII, подкласс 1, параграф UG101(m).

$$P = B * F * Su / Sa \quad \text{где:}$$

P = рабочее давление (psi)

B = испытательное давление (psi) (давление разрыва или остановки испытания)

F = фактор качества сварки (0.8)

Su = минимальная прочность на разрыв при комнатной температуре (psi)

Sa = фактическая прочность на разрыв при комнатной температуре (psi)

Давление для 08600-6801-0001 по результатам испытания B = 4,520 psi. Поэтому:

$$P = 4520 * 0.8 * 70000 / 77100 = 3283 \text{ psi}$$

Ссылка на прилагаемый протокол испытаний под давлением и фактическую прочность материала на разрыв прилагается.

Фактор безопасности (SF) = Рабочее давление (P) / Расчетное давление = 3283 / 720 = 4.5

Давление для 08600-6802-0001 по результатам испытания B = 4,600 psi. Поэтому:

$$P = 4600 * 0.8 * 70000 / 80900 = 3184 \text{ psi}$$

Ссылка на прилагаемый протокол испытаний под давлением и фактическую прочность материала на разрыв прилагается.

Фактор безопасности (SF) = Рабочее давление (P) / Расчетное давление = 3184 / 720 = 4.4

Этот фактор безопасности считается достаточным для конструкции.

Прокладка - Вихревой расходомер имеет уплотнение в виде прокладки между корпусом сенсора и корпусом проточной части. Этот стык был проанализирован в соответствии с ASME B&PV кодом, Раздел VIII, Раздел 1, Приложение 2, как указано в B31.3 раздел A304.5.1.

Рабочая нагрузка определяется по уравнению 1:

$$W_{m1} = 0.785G^2P + (2b \times 3.14GmP)$$

G = средний диаметр прокладки = 0.985 дюйма

P = Внутреннее расчетное давление = 1080 psi (720 ограничение на фланцы + 50% превышение давления при гидравлических испытаниях)

b = Опорная ширина прокладки = 0.0775 дюйма из Табл. 2-5.1

m = m фактор прокладки = 2

$$W_{m1} = 0.785 \times 0.985^2 \times 1080 + (2 \times 0.0775 \times 3.14 \times 0.985 \times 1080) = \mathbf{1858} \text{ фунтов}$$

Требуемая предварительная нагрузка по уравнению 2:

$$W_{m2} = 3.14bGy$$

Где y = y фактор прокладки = 2000 psi

$$W_{m2} = 3.14 \times 0.0775 \times 0.985 \times 2000 = 480 \text{ фунтов}$$

4 болта имеют площадь 0.11238 квадратных дюйма

Используя большее значение из 1 и 2 находим нагрузку на болты:

$$1858 \text{ фунтов} / 0.11238 \text{ кв. дюйма} = \mathbf{16358} \text{ psi}$$

Допустимое напряжение для болтов составляет 18,800 psi, что превышает требуемую предварительную нагрузку. Болты и прокладка могут быть использованы с учетом всех условий эксплуатации, включая 50% превышение давления при гидравлических испытаниях.

Фланцы - Вихревой расходомер использует стандартные фланцы в соответствии с ASME 16.5 и EN 1092-1. Эти стандарты определяют номинальные значения давления для фланцев, которые, в свою очередь, определяют номинальное давление вихревого расходомера.

Проточная часть – Прочность корпуса проточной части определяется в соответствии с кодом ASME B31.3 код технологических трубопроводов, параграф 304, выражение 3а.

$$t = PD / (SE + PY) \quad \text{или} \quad P = 2SEt / (D - 2Yt)$$

где
 P= расчетное давление (psi)
 S= допустимое напряжение (psi)
 E= фактор качества
 t= толщина стенки (дюйм)
 D= наружный диаметр (дюйм)
 Y= коэффициент (0.4 для вязких материалов)

Допустимые напряжения материала по ASME B31.3, таблица A-1:

Нержавеющая сталь:

ASTM A351 CF3M	Литая нержавеющая сталь	20,000 psi @ 100°F
		15,800 psi @ 800°F
ASTM A351 CF8M	Литая нержавеющая сталь	20,000 psi @ 100°F
		15,200 psi @ 800°F

В расчетах будут использованы наименьшие из допустимых напряжений, которые являются типичными значениями для литого материала.

Фактор качества литья = 0.8 для ASME B31.3, параграф 302.3.3

Расчет: $P = 2SEt / (D - 2Yt)$

Таблица 1 – Расчетное давление до 300F, максимальный рейтинг фланцев 720 psi по ASME B16.5

Размер линии	D	ID	t	E	Допускаемое напряжение (psi)	Y	Допускаемое давление (psi)
Dn 25	1.48	0.97	0.249	0.8	20000	0.4	6207
DN 37	1.95	1.50	0.216	0.8	20000	0.4	3871
DN 50	2.35	1.94	0.193	0.8	20000	0.4	2819
DN 80	3.29	2.89	0.187	0.8	20000	0.4	1901
DN 100	4.27	3.81	0.221	0.8	20000	0.4	1729
DN 150	6.24	5.74	0.237	0.8	20000	0.4	1251
DN 200	8.16	7.59	0.273	0.8	20000	0.4	1100

Таблица 2 – Расчетное давление до 800F, максимальный рейтинг фланцев 420 psi по ASME B16.5

Размер линии	D	ID	t	E	Допускаемое напряжение (psi)	Y	Допускаемое давление (psi)
Dn 25	1.48	0.97	0.249	0.8	15200	0.4	4717
DN 37	1.95	1.50	0.216	0.8	15200	0.4	2942
DN 50	2.35	1.94	0.193	0.8	15200	0.4	2143
DN 80	3.29	2.89	0.187	0.8	15200	0.4	1445
DN 100	4.27	3.81	0.221	0.8	15200	0.4	1314
DN 150	6.24	5.74	0.237	0.8	15200	0.4	951
DN 200	8.16	7.59	0.273	0.8	15200	0.4	836

Вихревые расходомеры имеют номинальное давление в соответствии с номинальным давлением фланца для всех исполнений, поэтому расчетное давление во всех случаях превышает номинальное давление фланца.

Сварное соединение

Для расходомера Ду25, существует сварной шов в области тела обтекания. Этот шов описан на чертеже 08600-1120. Сварной шов имеет минимальную глубину 0.079 дюймов. Диаметр 0.051 дюйма. Напряжение сдвига определяется уравнением

$$\sigma = F/hl = Pnr^2/2nrd = Pr/2d = (720\text{psi}) \cdot (0.051\text{in}) \cdot \pi/2(0.079\text{in}) = 730\text{ psi}$$

Это значительно ниже допустимого напряжения в 20000 psi для материала. Конструкция считается безопасной.

Резюме:

Проточная часть и болтовое соединение сенсора соответствуют требованиям V31.3. Результаты испытаний сенсора повышенным давлением показывают достаточный коэффициент безопасности. Технологические присоединения к процессу представляет собой стандартные фланцы. В результате вихревой расходомер демонстрирует достаточную прочность для соответствия расчетным давлениям.



Jeff Foster
Principal Engineer
22 January, 2010