

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГУП «ВНИИМС»)
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ РОССИИ**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

по научной работе

ФГУП «ВНИИМС»

В.Н. Яншин



« 03 » 2013 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

**РАСХОД И КОЛИЧЕСТВО ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ.
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДИАФРАГМ
“Rosemount 1595”, “Rosemount 1195”, “Rosemount 405”**

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

МИ 3416-2013

РАЗРАБОТАНА Федеральным государственным унитарным предприятием Всероссийский НИИ метрологической службы (ФГУП «ВНИИМС»)

ИСПОЛНИТЕЛИ: Беляев Б.М., канд. техн. наук;
Дудькин А.А.

РАЗРАБОТАНА Обществом с ограниченной ответственностью «Эмерсон» (ООО «Эмерсон»)

ИСПОЛНИТЕЛИ: Корец А.Р.

УТВЕРЖДЕНА ФГУП «ВНИИМС» 11.03.2013 г.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ФГУП «ВНИИМС» 11.03.2013 г.

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ФГУП «ВНИИМС» и ООО «Эмерсон»

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	1
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	2
4 ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	5
4.1 Основные условные обозначения.....	5
4.2 Индексы условных обозначений величин	7
4.3 Сокращения.....	7
4.4 Единицы величин	7
5 МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
5.1 Принцип метода измерений	7
5.2 Уравнения измерений расхода среды	8
5.3 Составляющие уравнения измерений расхода среды.....	10
5.4 Уравнения измерений количества среды.....	12
6 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ МОНТАЖУ	13
6.1 Общие положения	13
6.2 Измерительные комплексы (ИК)	13
6.3 Средства измерений перепада давлений и давления	13
6.4 Средства измерений температуры.....	15
6.5 Средства измерений плотности, состава и влажности среды.....	17
6.6 Вычислительные устройства.....	17
6.7 Требования к измерительному трубопроводу.....	17
6.8 Требования к диафрагмам	20
6.9 Требованиям к отверстиям для отбора давления.....	26
7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА	28
8 УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.....	28
8.1 Средства измерений	28
8.2 Измеряемая среда и параметры потока.....	28
8.3 Сужающее устройство	29
8.4 Измерительный трубопровод.....	30
9 ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ.....	30
10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	31
10.1 Расчет расхода среды.....	31
10.2 Расчет количества среды	33
10.3 Представление результатов измерений и расчетов	33
11 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА СРЕДЫ	33
11.1 Общие положения	33
11.2 Формулы для расчета неопределенности расхода среды.....	37
11.3 Составляющие неопределенности расхода	39
11.4 Оценка неопределенности результатов определения количества среды.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ А ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАФРАГМ (справочное)	41
А.1. Диафрагмы Rosemount 1195	41
А.2. Диафрагмы Rosemount 405Р и 405С.....	44
А.3. Диафрагмы Rosemount 1595.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСТЕЧЕНИЯ ДИАФРАГМ	48
Б.1 Определение коэффициента истечения диафрагм 405С.....	48
Б.2 Определение коэффициента истечения диафрагм 405Р	50

Б.3	Определение коэффициента истечения диафрагм 1195.....	51
Б.4	Определение коэффициента истечения диафрагм 1595.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ В ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЙ ДИАФРАГМ, ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ИТ И КОЛЬЦЕВОЙ СЕКЦИИ ОТБОРА ДАВЛЕНИЯ		53
В.1	Определение диаметра измерительного трубопровода (ИТ) при температуре 20 °С и при рабочей температуре.....	53
В.2	Определение диаметров отверстий диафрагм при температуре 20 °С и при рабочей температуре.....	54
В.3	Определение внутреннего диаметра кольцевой секции отборов для диафрагм 405С и 405Р при 20 °С и рабочей температурах	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ПРЯМОЛИНЕЙНЫЕ УЧАСТКИ ДЛЯ ДИАФРАГМ		58
Г.1.	Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 1595 и 405С.....	58
Г.2.	Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 405Р	58
Г.3.	Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 1195	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ПРИМЕР РАСЧЕТНОГО ЛИСТА ДИАФРАГМЫ		60
ПРИЛОЖЕНИЕ Е ПРИМЕР КАЛИБРОВОЧНОГО ЛИСТА ДИАФРАГМЫ.....		61

<p>Государственная система обеспечения единства измерений</p> <p>РАСХОД И КОЛИЧЕСТВО ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДИАФРАГМ “Rosemount 1595”, “Rosemount 1195”, “Rosemount 405”</p> <p>ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ</p>	<p>МИ 3416–2013</p>
---	----------------------------

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация устанавливает методику измерений расхода и количества жидкостей, газов и пара (далее – среда) в наполненных напорных трубопроводах круглого сечения с помощью измерительных комплексов (далее – ИК), в состав которых входят:

– диафрагма “Rosemount 1595” или “Rosemount 1195” или “Rosemount 405C” или “Rosemount 405P”, фирмы Emerson Process Management/Rosemount Inc./Dieterich Standard Inc., США (далее – СУ или диафрагма);

– измерительный трубопровод (далее – ИТ);

– средства измерений перепада давлений и параметров среды и ее характеристик;

– средства обработки результатов измерений в реальном масштабе времени;

– соединительные линии и вспомогательные технические устройства.

Рекомендация определяет основные требования к средствам, методу и условиям выполнения измерений, а также содержит практические рекомендации по выполнению измерений и обработке результатов измерений расхода и количества среды, а также оценке погрешности их измерений при разработке методик измерений с применением измерительных комплексов на базе диафрагм “Rosemount 1595”, “Rosemount 1195”, “Rosemount 405C”, “Rosemount 405P”.

Рекомендация определяет основные требования к средствам, методу и условиям выполнения измерений, а также содержит практические рекомендации по выполнению измерений и обработке результатов измерений расхода и количества среды, а также оценке неопределенности их измерений.

Положения рекомендации распространяются на измерения расхода и количества среды измерительными комплексами как отечественного, так и зарубежного производства.

Рекомендация разработана с учетом требований ГОСТ Р 8.563.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие документы:

– ГОСТ 8.417–2002 ГСИ. Единицы физических величин

– ГОСТ 8.586.1–2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1 Принцип метода измерений и общие требования

– ГОСТ 8.586.2–2005 ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2 Диафрагмы. Технические требования

– ГОСТ 8.586.5–2005 Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5 Методика выполнения измерений

- ГОСТ 2939–63 Газы. Условия для определения объема
- ГОСТ 30319.0–96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения
- ГОСТ 30319.1–96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки
- ГОСТ 30319.2–96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости
- ГОСТ 30319.3–96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств по уравнению состояния
- ГОСТ Р 8.563–2009 ГСИ. Методики (методы) измерений
- ГОСТ 8.566–99 Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственная система данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения
- ГОСТ 15528–86 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения
- ГСССД МР 113–2003 Определение плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и динамической вязкости влажного нефтяного газа в диапазоне температур 263...500 К при давлениях до 15 МПа.
- ГСССД МР 147–2008 Расчет плотности, энтальпии, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости воды и водяного пара при температурах 0...1000 С и давлениях 0,0005...100 МПа на основании таблиц стандартных справочных данных ГСССД 187–99 и ГСССД 6–89
- РМГ 29–99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения
- РМГ 43–2001 ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»

Примечание – При пользовании настоящей рекомендацией целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящей рекомендацией следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей рекомендации применены термины по ГОСТ 15528–86 и РМГ 29–99, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 сужающее устройство (по ГОСТ 8.586.1): Техническое устройство, устанавливаемое в измерительном трубопроводе для создания перепада давления среды путем уменьшения площади сечения трубопровода (сужения потока).

3.2 диафрагма: Тип сужающего устройства, выполненного в виде тонкого диска с одним или несколькими отверстиями.

3.3 камера усреднения (по ГОСТ 8.586.1): Полость, предназначенная для усреднения давления, сообщающаяся с одной стороны через кольцевую щель (сплошную или прерывистую) с полостью трубопровода, с другой – через круглое отверстие со средством измерения давления или перепада давления на сужающем устройстве.

Примечание – Камеры усреднения могут быть кольцевыми или в виде коллектора, сообщающегося с отдельными отверстиями для отбора давления.

3.4 среда (по ГОСТ 8.586.1): Движущаяся по измерительному трубопроводу среда (жидкость или газ, в том числе сухой насыщенный или перегретый пар), расход и(или) количество которой подлежит определению.

3.5 давление среды (по ГОСТ 8.586.1): Абсолютное давление среды, измеренное в месте расположения отверстия для отбора давления.

Примечание – Часть абсолютного давления среды, на которую оно превышает атмосферное давление, называют избыточным давлением среды.

3.6 статическое давление среды (по ГОСТ 8.586.1): Абсолютное давление движущейся среды, которое может быть измерено посредством подключения средства измерений к отверстию для отбора давления.

3.7 перепад давления на сужающем устройстве (по ГОСТ 8.586.1): Разность между значениями статического давления среды в до и после сужающего устройства с учетом разности высоты положения отверстий для отбора давления до и после сужающего устройства.

3.8 рабочие условия (по ГОСТ 8.586.1): Давление и температура среды, при которых выполняют измерение ее расхода и(или) количества.

3.9 объемный расход среды (по ГОСТ 8.586.1): Объем среды при рабочих условиях, протекающей через отверстие сужающего устройства в единицу времени.

3.10 массовый расход среды (по ГОСТ 8.586.1): Масса среды, протекающей через отверстие сужающего устройства в единицу времени.

3.11 объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям (по ГОСТ 8.586.1): Объемный расход среды, приведенный к условиям по ГОСТ 2939 – абсолютное давление 0,101325 МПа, температура 20 °С (далее – стандартные условия).

3.12 число Рейнольдса (по ГОСТ 8.586.1): Отношение силы инерции к силе вязкости потока, рассчитываемое по формуле

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot q_m}{\pi \cdot \mu \cdot D} \quad (3.1)$$

3.13 коэффициент расширения: Поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение плотности газа (пара), обусловленное уменьшением его статического давления после сужающего устройства или в его горловине.

Примечание – Коэффициент расширения равен единице, если измеряемая среда – жидкость, и меньше единицы, если измеряемая среда – газ или пар.

3.14 измерительный трубопровод: Участок трубопровода, границы и геометрические характеристики которого, а также размещение на нем сужающего устройства, местных сопротивлений, средств измерений регламентируется настоящей рекомендацией.

3.15 местное сопротивление (по ГОСТ 8.586.1): Трубопроводная арматура или другой элемент трубопровода, изменяющий кинематическую структуру потока (задвижка, кран, колено, диффузор и т. д.).

3.16 уступ (по ГОСТ 8.586.1): Смещение внутренних поверхностей двух секций измерительного трубопровода в месте их стыка, обусловленное смещением осей этих секций и (или) различием значений их внутреннего диаметра.

3.17 высота уступа (по ГОСТ 8.586.1): Максимальное смещение образующих внутренних поверхностей двух секций измерительного трубопровода, расположенных в одной осевой плоскости.

3.18 устройство подготовки потока (по ГОСТ 8.586.1): Техническое устройство, позволяющее устранить закрутку потока и уменьшить деформацию эпюры скоростей потока.

3.19 струевыпрямитель (по ГОСТ 8.586.1): Техническое устройство для выполнения одной из функций устройства подготовки потока – устранения закрутки потока.

3.20 неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

3.21 стандартная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Неопределенность результата измерения, выраженная как стандартное отклонение.

3.22 относительная стандартная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Отношение стандартной неопределенности к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

3.23 суммарная стандартная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Стандартная неопределенность результата измерения, когда результат получают из значений ряда других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов, причем члены являются дисперсиями или ковариациями этих других величин, взвешенных в соответствии с тем, как результат измерения изменяется в зависимости от изменения этих величин.

3.24 относительная суммарная стандартная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Отношение суммарной стандартной неопределенности результата измерения к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

3.25 расширенная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Величина, определяющая интервал вокруг результата измерения, в пределах которого, можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине.

3.26 относительная расширенная неопределенность (по ГОСТ 8.586.1): Отношение расширенной неопределенности к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

3.27 скорость среды: Средняя скорость среды при рабочих условиях в трубопроводе протекающей через единицу площади в единицу времени рассчитываемая по формуле

$$v = \frac{4 \cdot q_m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot q_o}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot q_c \cdot \rho_c}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}. \quad (3.2)$$

3.28 показатель адиабаты (изоэнтропии) газа (по ГОСТ 8.586.1): Отношение относительного изменения давления к соответствующему относительному изменению плотности газа в процессе изменения его состояния без теплообмена с окружающей средой.

$$\kappa = \frac{\rho}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial \rho} \Big|_S. \quad (3.3)$$

Пр и м е ч а н и е – Значение показателя адиабаты зависит от типа газа, его температуры и давления. Показатель адиабаты используют в формулах для расчета коэффициента расширения.

3.29 коэффициент Джоуля–Томсона (по ГОСТ 8.586.1): Отношение изменения температуры среды к соответствующему изменению ее давления при постоянной энтальпии, рассчитываемое по формуле

$$\mu_{JT} = \frac{\partial T}{\partial P} \Big|_H \quad \text{или} \quad \mu_{JT} = \frac{R \cdot T^2}{M \cdot P \cdot c_p} \cdot \frac{\partial Z}{\partial T} \Big|_P. \quad (3.4)$$

3.30 среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости (по ГОСТ 8.586.1): Среднеарифметическое из абсолютных значений отклонения профиля от средней линии в пределах базовой длины.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ

4.1 Основные условные обозначения

Основные условные обозначения параметров, используемых в настоящей рекомендации, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Условные обозначения параметров

Условное обозначение	Наименование параметра	Размерность M – масса L – длина T – время Θ – температура	Единица физической величины
D	Внутренний диаметр трубопровода	L	м
D_{20}	Внутренний диаметр трубопровода при 20 °С	L	м
d	Диаметр отверстия СУ в рабочих условиях	L	м
d_{20}	Диаметр отверстия СУ при 20 °С	L	м
d_c	Средний диаметр отверстий в диафрагмах 405С и 1595 при рабочей температуре среды	L	м
d_{c20}	Средний диаметр отверстий в диафрагмах 405С и 1595 при температуре 20 °С	L	м
M_{ID}	Внутренний диаметр кольцевой камеры для диафрагм 405Р и 405С при рабочей температуре среды	L	м
$M_{ID 20}$	Внутренний диаметр кольцевой камеры для диафрагмы 405Р или 405С при температуре 20 °С	L	м
K_T	Поправочный коэффициент на изменение диаметра измерительного трубопровода, вызванное отклонением температуры измеряемой среды от 20 °С	Безразмерная величина	–
K_o	Поправочный коэффициент на изменение внутреннего диаметра СУ, вызванное отклонением температуры измеряемой среды от 20 °С	Безразмерная величина	–
β	Относительный диаметр отверстия СУ	Безразмерная величина	–
β'	Номинальный (типовой) относительный диаметр отверстия СУ	Безразмерная величина	–
Re	Число Рейнольдса	Безразмерная величина	–
C	Коэффициент истечения	Безразмерная величина	–
D_t	Наружный диаметр преобразователя температуры, термометра или его защитной гильзы (при ее наличии)	L	м
ε	Коэффициент расширения	Безразмерная величина	–
E	Коэффициент скорости входа	Безразмерная величина	–
K	Коэффициент сжимаемости среды	Безразмерная величина	–

Окончание таблицы 4.1

Условное обозначение	Наименование параметра	Размерность М – масса L – длина T – время Θ – температура	Единица физической величины
κ	Показатель адиабаты	Безразмерная величина	–
μ	Динамическая вязкость среды	$ML^{-1}T^{-1}$	Па·с
P	Абсолютное давление среды	$L^{-1}MT^{-2}$	Па
P_c	Абсолютное давление в стандартных условиях	$L^{-1}MT^{-2}$	Па
ΔP	Перепад давления на СУ	$L^{-1}MT^{-2}$	Па
q_m	Массовый расход	MT^{-1}	кг/с
q_v	Объемный расход в рабочих условиях	L^3T^{-1}	м ³ /с
q_c	Объемный расход, приведенный к стандартным условиям	L^3T^{-1}	м ³ /с
m	Масса измеряемой среды	M	кг
V	Объем среды в рабочих условиях	L^3	м ³
V_C	Объем среды, приведенный к стандартным условиям	L^3	м ³
v	Скорость среды в трубопроводе	LT^{-1}	м/с
t	Температура среды	Θ	°С
T	Термодинамическая температура среды	Θ	К
ρ	Плотность среды в рабочих условиях	ML^{-3}	кг/м ³
ρ_c	Плотность среды в стандартных условиях	ML^{-3}	кг/м ³
$\Delta \bar{w}$	Потери давления на СУ	$L^{-1}MT^{-2}$	Па
Ra	Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости	L	м
C	Коэффициент истечения	Безразмерная величина	–
P_a	Атмосферное давление	$L^{-1}MT^{-2}$	Па
τ_1	Время начала измерений	T	с
τ_2	Время окончания измерений	T	с
y	Любая контролируемая величина	Зависит от единицы величины	Зависит от единицы величины
u_y	Стандартная неопределенность результата измерений величины y	Зависит от единицы величины	Зависит от единицы величины
u'_y	Относительная стандартная неопределенность результата измерений величины y		%
U_y	Расширенная неопределенность результата измерений величины y	Зависит от единицы величины	Зависит от единицы величины
U'_y	Относительная расширенная неопределенность результата измерений величины y		%
δ_y	Относительная погрешность величины y		%

Примечание – Условные обозначения, не указанные в таблице 4.1, указаны непосредственно в тексте рекомендации.

4.2 Индексы условных обозначений величин

Индексы в условных обозначениях величин обозначают следующее:

в – верхний предел измерений;

н – нижний предел измерений;

с – стандартные условия;

MAX – максимальное значение величины;

MIN – минимальное значение величины.

4.3 Сокращения

В настоящей рекомендации применены следующие сокращения:

ИТ – измерительный трубопровод;

СУ – сужающее устройство;

МС – местное сопротивление;

УПП – устройство подготовки потока;

ПТ – измерительный преобразователь температуры;

ПД – измерительный преобразователь давления;

ППД – измерительный преобразователь перепада давления;

СИ – средство измерений.

4.4 Единицы величин

В данной рекомендации применяются единицы Международной системы единиц (международное сокращенное наименование – SI).

Наравне с единицами Международной системы единиц по ГОСТ 8.417 допускается применять другие единицы, нашедшие широкое применение на практике, их сочетания с единицами SI, а также десятичные кратные и дольные единицы.

5 МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

5.1 Принцип метода измерений

5.1.1 Расход среды определяют методом переменного перепада давления.

Метод основан на создании в ИТ с помощью СУ местного сужения потока, часть потенциальной энергии которого переходит в кинетическую энергию, средняя скорость потока в месте его сужения повышается, а статическое давление становится меньше статического давления до СУ. Разность давления (перепад давления) тем больше, чем больше расход среды, и, следовательно, она может служить мерой расхода.

Массовый расход среды при этом рассчитывают по формуле

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}. \quad (5.1)$$

5.1.2 Расчет массового расхода среды q_m выполняют в соответствии с формулой (5.1) при известных значениях ее составляющих, часть из которых получают путем непосредственных измерений, другую часть – расчетным путем.

5.1.3 Количество среды определяют путем интегрирования расхода среды по времени.

5.1.4 Уравнение, позволяющее выполнить пересчет результата измерений из объемных единиц в массовые единицы, имеет вид

$$q_m = q_c \cdot \rho_c = q_0 \cdot \rho. \quad (5.2)$$

5.1.5 Расход среды измеряют в единицах массового расхода, объемного расхода в рабочих условиях и объемного расхода, приведенного к стандартным условиям (в качестве стандартных условий принимают $T_c=293,15$ К (20 °С) и $P_c = 101,325$ кПа (760 мм.рт.ст) по ГОСТ 2939.

5.2 Уравнения измерений расхода среды

5.2.1 Уравнения измерений массового расхода

Уравнение измерений массового расхода среды при непосредственном определении плотности:

а) для диафрагм 405Р и 1195

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}; \quad (5.3)$$

б) для диафрагм 405С и 1595

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}. \quad (5.3a)$$

Уравнение измерений массового расхода газов при косвенном определении плотности газа через плотность при стандартных условиях:

а) для диафрагм 405Р и 1195

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \rho_c \cdot P \cdot T_c}{P_c \cdot T \cdot K}}; \quad (5.4)$$

б) для диафрагм 405С и 1595

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \rho_c \cdot P \cdot T_c}{P_c \cdot T \cdot K}}. \quad (5.4a)$$

5.2.2 Уравнения измерений объемного расхода

Уравнение измерений объемного расхода среды при непосредственном определении плотности:

а) для диафрагм 405Р и 1195

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}; \quad (5.5)$$

б) для диафрагм 405С и 1595

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (5.5a)$$

Уравнение измерений объемного расхода газов при косвенном определении плотности газа через плотность при стандартных условиях:

а) для диафрагм 405P и 1195

$$q_v = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \frac{P_c \cdot T \cdot K}{\rho_c \cdot P \cdot T_c}}; \quad (5.6)$$

б) для диафрагм 405C и 1595

$$q_v = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \frac{P_c \cdot T \cdot K}{\rho_c \cdot P \cdot T_c}}. \quad (5.6a)$$

5.2.3 Уравнения измерений объемного расхода среды, приведенного к стандартным условиям

Уравнение измерений объемного расхода газов, приведенного к стандартным условиям при непосредственном определении плотности:

а) для диафрагм 405P и 1195

$$q_c = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}}{\rho_c}; \quad (5.7)$$

б) для диафрагм 405C и 1595

$$q_c = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}}{\rho_c}. \quad (5.7a)$$

Уравнение измерений объемного расхода газов, приведенного к стандартным условиям при косвенном определении плотности газа через плотность при стандартных условиях:

а) для диафрагм 405P и 1195

$$q_c = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot d^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \frac{P \cdot T_c}{\rho_c \cdot P_c \cdot T \cdot K}}; \quad (5.8)$$

б) для диафрагм 405C и 1595

$$q_c = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \varepsilon \cdot (2 \cdot d_c)^2 \cdot E \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \frac{P \cdot T_c}{\rho_c \cdot P_c \cdot T \cdot K}}. \quad (5.8a)$$

5.2.4 Расход сухой части влажного газа определяется в соответствии с Приложением Б ГОСТ 8.586.5.

5.3 Составляющие уравнения измерений расхода среды

5.3.1 Определение коэффициента истечения СУ.

Значение коэффициента истечения C определяют по Приложению Б.

5.3.2 Определение коэффициента расширения

Коэффициент расширения рассчитывают по формулам

а) для диафрагм 405С, 405Р и 1595

$$\varepsilon = 1 - (0,351 + 0,256 \cdot \beta^4 + 0,93 \cdot \beta^8) \cdot \left[1 - \left(\frac{P - \Delta P}{P} \right)^{\frac{1}{k}} \right]; \quad (5.9)$$

б) для диафрагм 1195

– при $0,254 \leq d_{20} < 1,6764$ мм (QUADRANT EDGE):

$$\varepsilon = \frac{\left[(1 - \beta^4) \cdot \left(\frac{k}{k-1} \right) \cdot \left(\frac{P - \Delta P}{P} \right)^{\frac{2}{k}} \cdot \left[1 - \left(\frac{P - \Delta P}{P} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \right]^{\frac{1}{2}}}{\left[1 - \beta^4 \cdot \left(\frac{P - \Delta P}{P} \right)^{\frac{2}{k}} \right] \cdot \left(1 - \frac{P - \Delta P}{P} \right)}; \quad (5.10)$$

– при $d_{20} \geq 1,6764$ мм (SQUARE EDGE):

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot \beta^4) \cdot \frac{\Delta P}{P \cdot k}. \quad (5.11)$$

в) при измерении расхода и количества жидкостей, значение коэффициента расширения ε принимают равным 1.

5.3.3 Коэффициент скорости входа определяют по формуле

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}}. \quad (5.12)$$

5.3.4 Относительный диаметр отверстия СУ

Относительный диаметр отверстия СУ определяют по формулам

а) для диафрагм 1195

$$\beta = \frac{d}{D}. \quad (5.13)$$

б) для диафрагм 1595

$$\beta = \frac{2 \cdot d_c}{D}. \quad (5.14)$$

в) для диафрагм 405P

$$\beta = \frac{d}{M_{ID}}. \quad (5.15)$$

г) для диафрагм 405C

$$\beta = \frac{2 \cdot d_c}{M_{ID}}. \quad (5.16)$$

5.3.5 Определение физических свойств среды

5.3.5.1 При измерении расхода и количества сред в зависимости от измеряемых сред и применяемых уравнений измерений необходимо знать значения следующих физических свойств среды: плотности, вязкости, показателя адиабаты (только для газов и пара), коэффициента сжимаемости (только для газов) и плотности при стандартных условия.

Физические свойства среды могут быть определены путем прямых измерений или косвенным методом на основе данных, аттестованных в качестве стандартных справочных данных категорий СТД или СД (см. ГОСТ 8.566).

5.3.5.2 Плотность, показатель адиабаты и вязкость среды определяют для условий (температуры и давления) в плоскости отверстий, предназначенных для измерения статического давления.

Требования к методам определения и средствам определения плотности среды при рабочих условиях приведены в пункте 6.5.1.

При отсутствии справочных данных о значениях показателя адиабаты или методов его расчета вместо показателя адиабаты может быть использовано значение отношения удельной теплоемкости при постоянном давлении к удельной теплоемкости при постоянном объеме.

Вязкость среды может быть непосредственно измерена или рассчитана с помощью эмпирических или теоретических уравнений или определена графоаналитическим методом.

Требования к методам определения и СИ плотности газа при стандартных условиях приведены в пункте 6.5.2.

5.3.6 Определение давления среды и перепада давления на СУ

5.3.6.1 Давление среды и перепад давления на СУ измеряют методами и СИ, соответствующими требованиям пункта 6.3.

5.3.6.2 Требования к СИ давления среды и перепада давления на СУ, а также к их монтажу приведены в пункте 6.3.

5.3.7 Определение температуры среды

5.3.7.1 Температуру среды измеряют методами и СИ, соответствующими требованиям пункта 6.4.

5.3.7.2 Требования к СИ температуры и их размещению на ИТ приведены в пункте 6.4.

5.3.8 Определение внутреннего диаметра ИТ

Внутренний диаметр ИТ определяют по разделу В.1 Приложения В.

5.3.9 Определение внутреннего диаметра СУ

Внутренний диаметр СУ определяют по разделу В.2 Приложения В.

5.3.10 Определение внутреннего диаметра кольцевой секции отборов

Внутренний диаметр кольцевой секции отборов определяют по разделу В.3 Приложения В.

5.3.11 Определение потери давления на СУ.

Потери давления на диафрагмах 405С, 405Р, 1195 и 1595 приводятся в расчетном листе завода-изготовителя.

Допускается применение следующей упрощенной формулы для определения потери давления:

$$\Delta p = (1 - \beta^{1,9}) \cdot \Delta P. \quad (5.17)$$

5.4 Уравнения измерений количества среды

5.4.1 Количество среды определяют по уравнениям:

$$m = \int_{\tau_1}^{\tau_2} q_m \cdot d\tau, \quad (5.18)$$

$$V = \int_{\tau_1}^{\tau_2} q_o \cdot d\tau, \quad (5.19)$$

$$V_c = \int_{\tau_1}^{\tau_2} q_c \cdot d\tau. \quad (5.20)$$

Уравнения измерений (5.18) – (5.20) применяют при непрерывном процессе измерений расхода среды.

5.4.2 При применении средств обработки результатов измерений с дискретным вычислением, допускается использовать приближенные уравнения измерений количества среды:

– при прямоугольной аппроксимации

$$m = \sum_{i=1}^n q_{mi} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.21)$$

$$V = \sum_{i=1}^n q_{oi} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.22)$$

$$V_c = \sum_{i=1}^n q_{ci} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.23)$$

– при трапецидальной аппроксимации

$$m = \sum_{i=1}^n \frac{q_{m(i)} + q_{m(i+1)}}{2} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.24)$$

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{q_{o(i)} + q_{o(i+1)}}{2} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.25)$$

$$V_c = \sum_{i=1}^n \frac{q_{c(i)} + q_{c(i+1)}}{2} \cdot \Delta\tau_i, \quad (5.26)$$

где

$q_{m(i)}$, $q_{o(i)}$ и $q_{c(i)}$ – значения функций $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ в начале интервала $\Delta\tau_i$, соответственно;

$q_{m(i+1)}$, $q_{o(i+1)}$ и $q_{c(i+1)}$ – значения функций $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ в конце интервала $\Delta\tau_i$, соответственно;

n – число интервалов дискретизации в течение времени τ_0 , где время измерений рассчитывается по формуле

$$\tau_0 = \tau_2 - \tau_1 = \sum_{i=1}^n \Delta\tau_i, \quad (5.27)$$

где $\Delta\tau_i$ – интервал цикла вычислений расхода.

6 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ МОНТАЖУ

6.1 Общие положения

6.1.1 Для определения расхода и количества среды измеряют или вводят как условно-постоянные значения переменные параметры потока и среды, входящих в уравнение измерения расхода.

6.1.2 СИ и вспомогательные технические устройства, необходимые для измерения расхода и количества среды, выбирают исходя из условий их эксплуатации и технико-экономической целесообразности.

6.1.3 Значения условно-постоянных величин (параметров, принимаемых в качестве постоянных величин на определенный период, например, час, сутки, месяц и т.д.) принимают равными ожидаемым значениям, прогнозируемым на основе ранее выполненных измерений или общих знаний об условиях проведения измерений.

6.2 Измерительные комплексы (ИК)

6.2.1 По степени автоматизации процесса измерений и обработки результатов измерений измерительные комплексы относят к системам автоматических измерений контролируемых параметров с вычислительными устройствами обработки их результатов в реальном масштабе времени.

6.2.2 В измерительных комплексах применяют автоматические средства измерений любого принципа действия, но с защитой памяти и программ от постороннего вмешательства. При вводе условно-постоянных значений параметров время ввода и их значения регистрируют.

6.3 Средства измерений перепада давлений и давления

6.3.1 Измерения перепада давления на диафрагмах

6.3.1.1 Перепад давления на диафрагмах 405, 1195, 1595 определяют в соответствии с пунктом 5.1.1.

У диафрагм 405 и 1195 плюсовой и минусовой отбор давления являются неотъемлемой частью комплексно поставляемого устройства.

Отборы давления диафрагмы 1595 выполняют с помощью отдельных отверстий в стенках ИТ или фланцах, либо нескольких взаимно соединенных отверстий, в соответствии с требованиями пункта 6.9.

Разницу между статическими давлениями среды на входе и выходе СУ определяют с помощью средств измерений перепада давления (дифференциальных манометров – дифманометров) путем подсоединения их к отверстиям для отбора давления.

6.3.1.2 Допускается подключение к одному СУ двух или более дифманометров.

6.3.1.3 При выполнении соединений для передачи сигнала перепада давления от отборов до дифманометра руководствуются требованиями инструкции по эксплуатации и требованиями, приведенными в пунктах 6.2.1 ÷ 6.2.10 и Приложениями В и Г ГОСТ 8.586.5.

6.3.2 Определение абсолютного давления

6.3.2.1 Абсолютное давление среды измеряют с помощью средств измерений абсолютного или избыточного давления (манометров). При измерениях избыточного давления, абсолютное давление рассчитывают как сумму избыточного и атмосферного давлений по формуле

$$P = P_{II} + P_a . \quad (6.1)$$

6.3.2.2 Абсолютное или избыточное давление измеряют манометром, подключенным к плюсовой соединительной трубке дифманометра.

Для диафрагм 1595, допускается СИ абсолютного или избыточного давления подключать к отдельному отверстию перед СУ, размещенному в сечении ИТ в месте установки входного по потоку отверстия для отбора перепада давления. Отбор давления диафрагмы 1595, должен находиться в плоскости, проходящей через центральную ось трубопровода и лежащей под углом 45 (+/-5) градусов к линии, проведенной через центры любых двух диагонально расположенных измерительных отверстий диафрагмы 1595.

6.3.2.3 Измерения абсолютного или избыточного давления выполняют с учетом разности высот установки диафрагмы и средства измерений давления.

6.3.2.4 Измерения абсолютного или избыточного давления конденсирующего газа и пара в случае применения конденсационных сосудов выполняют с учетом разности высот установки СУ и ПД.

В этом случае значение давления рассчитывают по формуле

$$P = P_{II} - \rho_k \cdot g \cdot H , \quad (6.2)$$

где

P_{II} – показание ПД абсолютного давления или сумма показаний ПД избыточного и атмосферного давления;

ρ_k – плотность конденсата в соединительной трубке;

g – ускорение свободного падения;

H – разность высот установки конденсационного сосуда и ПД.

6.3.2.5 Допускаются измерения перепада давления, абсолютного или избыточного давления многопараметрическими преобразователями, в составе которых имеются как сенсор перепада давления, так и сенсор абсолютного или избыточного давления.

6.3.2.6 При измерениях избыточного давления атмосферное давление измеряют в месте расположения манометра избыточного давления, если последний размещен в замкнутом пространстве при наличии поддува/разряжения, создаваемого системами кондиционирования.

6.3.2.7 Атмосферное давление может быть принято за условно-постоянное значение.

6.4 Средства измерений температуры

6.4.1 Температуру среды измеряют с помощью средств измерений температуры (термометров).

6.4.2 Термодинамическую температуру измеряемой среды определяют по формуле

$$T = t + 273,15. \quad (6.3)$$

6.4.3 Для диафрагм 1195 допускается измерять температуру термометром, встроенным в калиброванную трубную секцию на заводе-изготовителе. Для диафрагм 405 допускается измерять температуру термометром, интегрально встроенным в кольцевую секцию камеры отборов.

6.4.4 Температуру среды термометром не встроенным в секцию диафрагм 1195 и 405, измеряют на прямолинейном участке ИТ до или после СУ.

Во всех случаях необходимо стремиться к тому, чтобы ПТ или его защитная гильза (при ее наличии) как можно меньше загромождали проходное сечение ИТ.

6.4.5 Не встроенный в диафрагмы 1195 и 405 ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) погружают в ИТ на глубину $(0,3-0,7) D$.

В случае измерения расхода пара или среды, температура которой более $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, рекомендуется ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) погружать в ИТ на глубину $(0,5-0,7)D$.

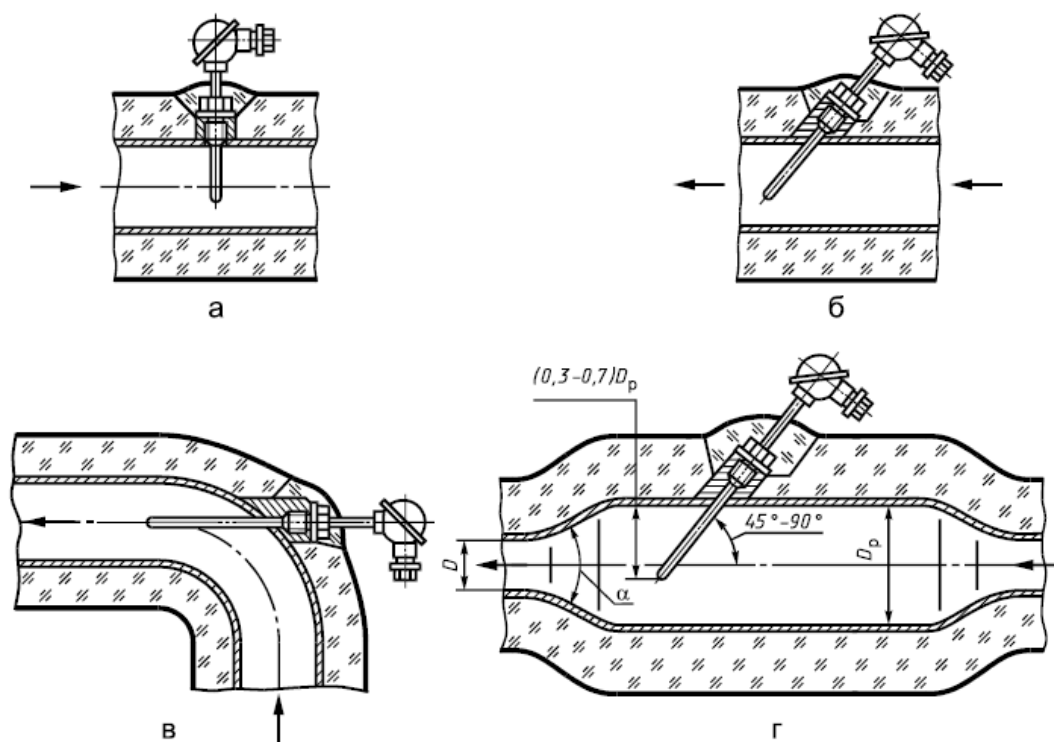


Рис. 6.1. Схема установки ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии).

6.4.6 Наилучшим расположением ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) при их установке является радиальное (рисунок 6.1 а).

Допускается наклонное их расположение, как показано на рисунках 6.1 б) и 6.1 г), или установка за СУ в колене, как показано на рисунках 6.1 в). Направление потока в вариантах на рисунках 6.1 б), г) рекомендуемое.

6.4.7 При измерении температуры среды до СУ ПТ не встроенным в диафрагмы для диафрагм 1195 и 405Р руководствуются требованиями пунктом 6.3.5 ГОСТ 8.586.5, для диафрагм 1595 и 405С следует руководствоваться ниже приведенными положениями:

а) если диаметр D_t удовлетворяет условию $D_t \leq 0,13D$, то:
– установка ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) не влияет результаты измерений расхода среды на расстоянии более $2D$;
– ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) не допускается устанавливать на расстоянии менее $2D$.

б) расстояние между СУ и ПТ не должно превышать $30D$.

в) между СУ и ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) должны отсутствовать местные сопротивления.

6.4.8 При измерении температуры среды после СУ ПТ не встроенным в диафрагмы для диафрагм 1195 и 405Р руководствуются требованиями пункта 6.3.6. ГОСТ 8.586.5, для диафрагм 1595 и 405С следует руководствоваться ниже приведенными положениями:

а) ПТ или его защитная гильза (при ее наличии) не должны устанавливаться от СУ далее $15D$;

б) если диаметр $D_t \leq 0,26D$, то ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) устанавливают на расстоянии не менее $2D$;

в) если $D_t > 0,26D$, то ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) устанавливают в расширитель в соответствии с пунктом 6.3.7 ГОСТ 8.586.5;

г) допускается установка ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) в колене в соответствии с рисунком 11в ГОСТ 8.586.5;

д) между СУ и ПТ или его защитной гильзой (при ее наличии) должны отсутствовать местные сопротивления.

6.4.9 При установке ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) в расширителе внутренний диаметр расширителя должен быть не менее $3,85D_t$. Расстояние между СУ и ближайшей границей расширителя (сечением перехода ИТ в конус) должно быть при использовании диафрагм 405Р и 1195 не менее $8,55\beta^{0,55}D$, при применении диафрагм 405С и 1595 не менее $2D$. Расстояние между СУ и ПТ или его защитной гильзой (при ее наличии) при данном варианте установки не должно превышать $15D$.

6.4.10 При установке ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) в расширителе для формирования безотрывного потока в диффузоре необходимо соблюдать требования пункта 6.3.7. ГОСТ 8.586.5.

6.4.11 При измерении температуры газа после СУ, в случае больших потерь давления ($\Delta\omega > 2,5 \cdot 10^5$ Па) на СУ для обеспечения высокой точности измерения температуры необходимо рассчитывать температуру до СУ по измеренной температуре после СУ по формуле

$$T = T_2 + \mu_{JT} \cdot \Delta\omega, \quad (6.4)$$

где

T_2 – измеренное значение температуры после СУ.

Потерю давления $\Delta\omega$ в СУ следует определять согласно пунктом 5.3.11.

Коэффициент Джоуля-Томсона, μ_{JT} , определяют в соответствии с пунктом 3.3.8 ГОСТ 8.586.1.

6.4.12 При установке ПТ в гильзу (карман) обеспечивают надежный тепловой контакт, заполняя гильзу, например, жидким маслом и погружая ПТ в гильзу на полную ее глубину (с монтажным зазором). В соответствии с пунктом 6.3.9 ГОСТ 8.586.5 рекомендуется, чтобы зазор между боковыми стенками гильзы и ПТ не превышал 0,5 мм.

Часть ПТ, выступающая над ИТ, должна иметь термоизоляцию, если температура потока отличается от температуры окружающей среды более, чем на 40 °С.

Рекомендуется ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) термоизолировать от стенки ИТ.

6.5 Средства измерений плотности, состава и влажности среды

6.5.1 Определение плотности в рабочих условиях

6.5.1.1 Определение плотности в рабочих условиях проводят по пункту 6.4.1 ГОСТ 8.586.5.

6.5.1.2 При установке плотномера во внутренней полости ИТ плотномер устанавливают от СУ на расстоянии:

– не менее указанного для ПТ в пункте 6.3.5 ГОСТ 8.586.5 (при соответствии диаметра погружаемой в полость трубопровода части плотномера диапазону значений диаметра ПТ) – при его установке до СУ;

– не менее $8D$ – при его установке после СУ.

6.5.2 Определение плотности газа в стандартных условиях

Определение плотности газа в стандартных условиях проводят по пункту 6.4.2 ГОСТ 8.586.5.

6.5.3 Определение компонентного состава

Определение компонентного состава проводят по пункту 6.4.3 ГОСТ 8.586.5.

6.5.4 Определение влажности газа

Определение влажности газа проводят по пункту 6.4.4 ГОСТ 8.586.5.

6.5.5 При определении плотности при стандартных условиях, состава и влажности газа пробы рекомендуется отбирать из одной точки.

6.6 Вычислительные устройства

6.6.1 Вычислительное устройство должно автоматически вычислять значения параметров потока и среды, а также значение расхода среды в соответствии с пунктом 5.2 и количество среды в соответствии с пунктом 5.4.

При расчете расхода и количества среды допускается применение упрощенных формул. Дополнительный вклад в неопределенность результатов вычисления от введенных упрощений определяют относительно результатов вычислений, выполненных в соответствии с требованиями подразделов 10.1 и 10.2.

6.6.2 Вычислительное устройство должно контролировать соблюдение методических ограничений на применение СУ, методов расчета физических свойств измеряемых сред и технологических ограничений на значения измеряемых величин.

6.6.3 Вычислительное устройство должно формировать архивные базы данных о результатах измерений и вычислений, нештатных ситуациях и вмешательствах оператора (изменение данных, влияющих на результаты измерений расхода и количества измеряемой среды).

6.6.4 Вычислительное устройство должно отображать результаты измерений и вычислений, а также данные о конфигурировании вычислительного устройства на своем показывающем устройстве и/или передавать их на внешнее устройство отображения информации.

6.6.5 Вычислительное устройство должно обеспечивать возможность распечатки архивной и итоговой информации на принтере непосредственно или с применением устройств приема/передачи информации (переносного устройства сбора информации, компьютера и т. п.).

6.6.6 В вычислительном устройстве должна быть предусмотрена защита хранящейся в нем информации от возможности ее искажения.

6.6.7 Детализацию перечисленных в пунктах 6.6.1 ÷ 6.6.6 функций вычислительного устройства и необходимость в дополнительных его функциях устанавливают заинтересованные стороны или соответствующий нормативный документ (при его наличии).

6.7 Требования к измерительному трубопроводу

6.7.1 Общие положения

6.7.1.1 ИТ должен быть круглого сечения на всей длине прямолинейных участков.

На участках $2D$ до и после СУ поперечные сечения ИТ считают круглыми, если лю-

бой диаметр ИТ в любой плоскости отличается не более чем на 1 % от значения среднего диаметра D .

За пределами участка $2D$ до и после СУ поперечное сечение считают круглым по результатам визуального наблюдения.

6.7.1.2 ИТ может быть расположен горизонтально, вертикально и наклонно. При этом ИТ должен быть полностью заполнен средой.

6.7.1.3 СУ должно быть установлено между двумя прямолинейными участками ИТ, минимальная длина которых для каждого типа СУ регламентирована в соответствии с пунктом 6.7.2 для 405Р и 1195 и пунктом 6.7.3 для 405С и 1595. Эти участки ИТ считают прямолинейными, если отклонение линии, образуемой наружной поверхностью трубопровода и любым продольным сечением, от прямой линии на любом отрезке участка ИТ не превышает 0,4 % от длины отрезка.

Участок между двумя МС до СУ считают прямолинейным, если отклонение от прямолинейности визуально не обнаруживается.

В случае применения составной конструкции ИТ, уступ на стыке его секций не должен превышать пределов, указанных в пункте 6.7.5.3.

6.7.1.4 Если для изготовления ИТ использованы прямошовные трубы и для отбора статического давления применяют одно отдельное отверстие, то шов трубы на участке длиной не менее $0,5D$, расположенном непосредственно перед отверстием для отбора давления, не должен располагаться в секторе с углом $\pm 30^\circ$ поперечного сечения ИТ от оси этого отверстия. Если для отбора статического давления используется несколько взаимно соединенных отверстий, то шов может быть расположен в любом секторе.

В случае применения труб со спиральным сварным швом должна быть обеспечена гладкая внутренняя поверхность ИТ путем ее механической обработки (внутренний валик должен быть сточен) на длине не менее $2D$ до СУ и $2D$ после СУ для диафрагм 1595 и 405С и на длине не менее $10D$ до СУ и не менее $4D$ после СУ для диафрагм 1195 и 405Р.

Высота внутреннего шва прямошовной трубы, а также внутреннего валика сварного шва соединения секций ИТ не должна превышать допуска на уступ, указанного в пункте 6.4.3 ГОСТ 8.586.2.

6.7.1.5 На внутренней поверхности ИТ не должны скапливаться осадки в виде песка, металлической окалины и других загрязнений. Внутренняя поверхность ИТ должна быть чистой в течение всего времени измерений, все дефекты поверхности должны быть устранены на длине не менее $2D$ до СУ и $2D$ после СУ для диафрагм 1595 и 405С, и на длине не менее $10D$ до СУ и не менее $4D$ после СУ для диафрагм 1195 и 405Р. Для обеспечения возможности очистки внутренней поверхности ИТ рекомендуется соединение участков ИТ выполнять разъемными. Разъемное соединение должно располагаться не ближе $2D$ от СУ.

Шероховатость внутренней поверхности ИТ определяют в соответствии с пунктом 7.1.5 ГОСТ 8.586.1.

Шероховатость ИТ нормируется на участке длиной не менее $2D$ до СУ и $2D$ после СУ для диафрагм 1595 и 405С, и на участке ИТ длиной не менее $10D$ до СУ и не менее $4D$ после СУ для диафрагм 405Р и 1195. Для диафрагм 1195 поставляемых в сборе с заводскими хонингованными трубными секциями из нержавеющей стали или из Hastelloy, значение Ra не нормируется.

Допускаемое значение Ra должно быть не больше Ra_{max} и не меньше Ra_{min} , определяемых в соответствии с таблицами 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2 – Максимальное значение $10^4 \cdot Ra_{max}/D$

β	Re								
	$\leq 10^4$	$3 \cdot 10^4$	10^5	$3 \cdot 10^5$	10^6	$3 \cdot 10^6$	10^7	$3 \cdot 10^7$	10^8
$\leq 0,2$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
0,3	15	15	15	15	15	15	15	14	13
0,4	15	15	10	7,2	5,2	4,1	3,5	3,1	2,7
0,5	11	7,7	4,9	3,3	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9
0,6	5,6	4,0	2,5	1,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4
$\geq 0,6$	4,2	3,0	1,9	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3

Таблица 6.3 – Минимальное значение $10^4 \cdot Ra_{min}/D$

β	Re			
	$\leq 3 \cdot 10^6$	10^7	$3 \cdot 10^7$	10^8
$\leq 0,5$	0,0	0,0	0,0	0,0
0,6	0,0	0,0	0,003	0,004
$\geq 0,6$	0,0	0,013	0,016	0,012

6.7.1.6 ИТ может быть оснащен дренажными и/или продувочными отверстиями. Дренажные отверстия предназначены для удаления твердых отложений и накопившихся жидкостей, а продувочные – для удаления газовых пробок в жидкой среде. В процессе выполнения измерений не допускаются утечки среды через дренажные и продувочные отверстия.

Диаметр дренажных и продувочных отверстий должен быть не более $0,08D$.

В случае применения для отбора статического давления отдельных отверстий, дренажные и продувочные отверстия размещают на расстоянии более $0,5D$ от отверстия для отбора давления. Расстояние измеряют по прямой линии между центрами каждого из этих отверстий и центром отверстия для отбора давления, расположенного с той же стороны СУ. Плоскости, каждая из которых проходит через ось одного из указанных отверстий и ось трубопровода, должны находиться по отношению друг к другу под углом не менее 30°

6.7.1.7 Теплоизоляция трубопровода выполняется в соответствии с пунктом 7.1.7 ГОСТ 8.586.1.

6.7.2 Минимальная длина прямолинейных участков измерительного трубопровода для диафрагм 1195 и 405Р.

6.7.2.1 Длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 405Р считается от начала кольцевой секции отборов. Для диафрагмы 1195, длина прямолинейных участков ИТ считается от поверхности самой диафрагмы.

6.7.2.2 При входе в СУ поток должен быть стабилизированным. Поток считается стабилизированным, если длина прямолинейных участков ИТ отвечает требованиям раздела 6 ГОСТ 8.586.2 и Приложения Г.

6.7.2.3 Установка УПП или струевыпрямителя до СУ в регламентированном месте между МС и СУ позволяет использовать более короткие прямолинейные участки ИТ.

Описание конструкции ряда типов УПП и струевыпрямителей приведено в Приложении Е ГОСТ 8.586.1.

К эксплуатации допускаются УПП или струевыпрямители, которые прошли испытания в соответствии с Приложением Ж ГОСТ 8.586.1.

6.7.3 Минимальная длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 1595 и 405С.

6.7.3.1 Длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 405С считается от начала кольцевой секции отборов. Для диафрагмы 1595, длина прямолинейных участков ИТ считается от поверхности самой диафрагмы.

6.7.3.2 При входе в СУ поток должен быть стабилизированным. Поток считается стабилизированным, если длина прямолинейных участков ИТ соответствует требованиям, указанным в Приложении Г.

6.7.4 Установка термометра в соответствии с требованиями подраздела 6.4 не изменяет необходимых прямолинейных участков ИТ для других МС, т.е. первичный преобразователь температуры или его гильза (при ее наличии) не рассматриваются как МС.

6.7.5 Округлость и цилиндричность ИТ

6.7.5.1 На участке ИТ длиной $2D$, расположенном непосредственно перед диафрагмой (или кольцевой камерой отборов для 405) ни одно значение диаметра в любой плоскости на этом отрезке не должно отличаться больше чем на 0,3 % от среднего значения D .

Если на этом участке имеется сварной шов, то внутренний валик шва должен быть путем его механической обработки сточен до состояния, удовлетворяющего вышеприведенному в этом пункте требованию.

6.7.5.2 Диаметр D определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений не менее чем в трех поперечных сечениях ИТ, равномерно распределённых на отрезке $0,5D$, из которых два сечения соответствуют расстояниям $0D$ и $0,5D$ от места отверстий для отбора давления, расположенных до диафрагмы. Если конструкция участка сварная, третье сечение должно быть в плоскости сварного шва.

В каждом из сечений проводят измерения не менее чем в четырех диаметральных направлениях, расположенных приблизительно под одинаковым углом друг к другу. При этом относительная неопределенность результата измерения, вносимая измерительным инструментом, не должна превышать 0,1 %.

Измеренный диаметр приводят к температуре 20 °С в соответствии с разделом В.1 Приложения В.

Для диафрагм 1195, поставляемых в сборе с заводскими хонингованными трубными секциями ИТ из нержавеющей стали или из Hastelloy, в формулах расчета расхода используется номинальное значение стандартного диаметра трубопровода $D_{20}^{ном}$ (приведенное в документации производителя и приложении В.1).

6.7.5.3 За пределами участка ИТ длиной $2D$, расположенного непосредственно перед диафрагмой (или кольцевой камерой отборов для диафрагм 405), ИТ между диафрагмой и первым МС может быть изготовлен из одной или нескольких секций труб.

Для диафрагм 405Р и 1195 должны выполняться требования пунктов 6.4.3 ÷ 6.4.5 ГОСТ 8.586.2.

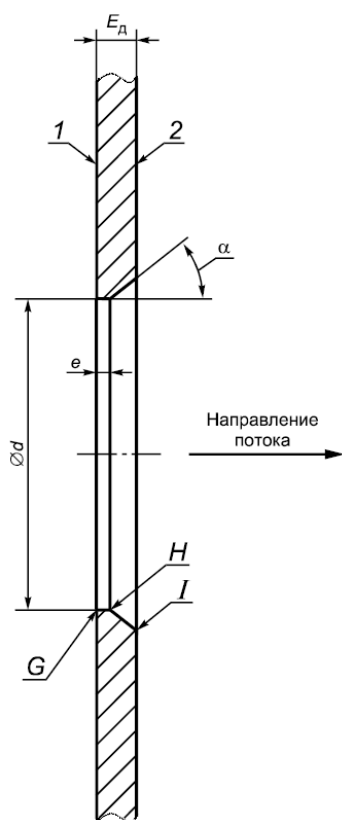
Для диафрагм 405С и 1595, в пределах участка ИТ, расположенного между сечениями ИТ на расстоянии от диафрагмы от $2D$ до $3D$, разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не должны превышать $0,003D$.

6.7.5.4 Диаметр прямолинейного участка ИТ после диафрагмы, полученный в результате однократного измерения в любом сечении ИТ на расстоянии не более $2D$ от входного торца диафрагмы, не должен отличаться от D больше, чем на 3 %.

6.8 Требования к диафрагмам

6.8.1 Общие положения

Поперечное сечение в осевой плоскости диафрагм 405Р, 405С, 1595 и 1195 показано на рисунке 6.2. Буквенные обозначения элементов и геометрических параметров диафрагмы, приведенные на рисунке 6.2, применены далее в настоящем разделе.



1 – входной торец диафрагмы, 2 – выходной торец диафрагмы.

Рисунок 6.2 – Поперечный разрез диафрагмы

Для диафрагм 1195 с d менее 1.6764 мм, $E_d=e$. Данные диафрагмы можно применять для измерения двунаправленного расхода.

6.8.2 Общие требования

6.8.2.1 Приведённые ниже требования распространяются только к части диафрагмы, находящейся внутри трубопровода.

6.8.2.2 Отверстие диафрагмы должно быть соосно с ИТ. Торцевые стороны диафрагмы должны быть плоскими и параллельными друг другу.

6.8.2.3 Конструкция диафрагмы и узла ее крепления должна гарантировать, что под действием перепада давления на ней или других напряжений, уклон диафрагмы (см. пункт 6.8.3) не будет превышать в рабочих условиях $\pm 1\%$.

6.8.2.4 Для диафрагм 1195 поставляемой без заводских хонингованных трубных секций ИТ (для установки в ИТ заказчика), дополнительно к требованиям раздела 6.8, применяются требования разделов 6.1.1...6.1.3 РД 50–411–83.

6.8.3 Входной торец диафрагмы

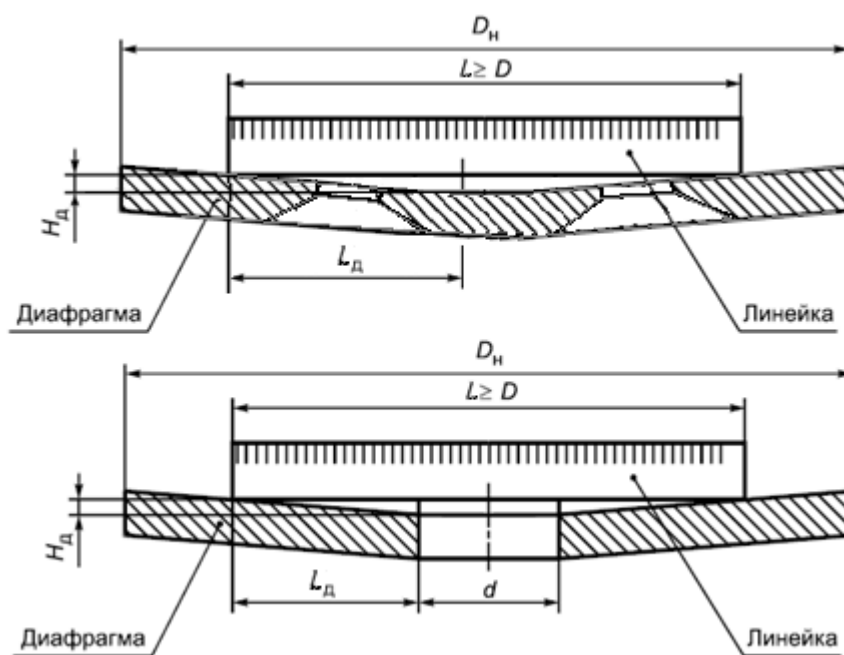
6.8.3.1 Поверхность входного торца диафрагмы (см. рисунок 6.2) должна быть плоской.

Диафрагмы 405Р типоразмером менее 2” считают плоскими при отсутствии видимых повреждений при выполнении условия ограничения перепада давления в соответствии с пунктом 8.2.8.

Для остальных диафрагм, неплоскостность поверхности входного торца диафрагмы определяют перед ее установкой. Диафрагму считают плоской, если максимальный зазор между ней и поверочной линейкой длиной L , наложенной вдоль любого диаметра диафрагмы (см. рисунок 6.3), не превышает $0,005 \cdot (L-d)/2$, т.е. уклон меньше 0,5 %.

Неплоскостность торцов СУ определяют с помощью оптических линеек методом световой щели или поверочных линеек и плит, методом “на краску”, а также по значению ли-

нейных отклонений зазоров, измеряемых щупами. Для определения неплоскости диафрагму кладут на стол и ищут положение поверочной линейки на диафрагме, когда видна на просвет наибольшая неплоскость. Щупами определяют величину неплоскости. Допускается применение индикатора часового типа.



D_H – наружный диаметр диска диафрагмы; H_D – максимальное отклонение поверхности входного торца от плоскости; L – длина линейки; L_D – длина проекции на горизонтальную плоскость линии, соединяющей точку касания линейки поверхности диафрагмы и край отверстия диафрагмы

Рисунок 6.3 – Схема, иллюстрирующая измерение неплоскости диафрагмы

Для диафрагм 1595 и 1195, выбирают $L \geq D$.

Для диафрагм 405, L выбирают исходя из условия

$$(D - 4 \cdot E_D) \geq L \geq 0,7 \cdot D. \quad (6.5)$$

Измеренный уклон, характеризуемый отношением H_D/L_D , должен удовлетворять условию

$$\frac{H_D}{L_D} < 0,005. \quad (6.6)$$

6.8.3.2 Поверхность входного торца диафрагмы должна иметь значение шероховатости Ra не более 1,27 мкм.

Шероховатость поверхностей СУ определяют методом, основанным на сравнении обработанной поверхности с образцами шероховатости поверхности, или с помощью контактных профилографов - профилометров, микроинтерферометров или растровых измерительных микроскопов, приборов светового, теневого сечений.

Шероховатость поверхностей входного и выходного торцов и отверстия диафрагмы определяют визуально сравнением с аттестованными образцами или со стандартными образцами шероховатости поверхности или с помощью СИ, указанных в данном разделе выше.

6.8.3.3 С целью обеспечения удобства проверки правильности установки входного торца диафрагмы по отношению к направлению потока предусматривают следующие маркировочные знаки:

- знак “INLET” на ручке диафрагмы 1595, выполненной со стороны входного торца диафрагмы;
- знак “OUTLET” на поверхности диафрагмы 1595, выполненной со стороны выходного торца диафрагмы;
- знак “INLET” со стороны входного торца диафрагмы 1195;
- стрелку, показывающую направление потока на корпусе интегрального манифольда для диафрагм 405;

Для всех диафрагм 1195, 1595 и 405 допускаются нанесение иных маркировочных знаков или отсутствие любых маркировочных знаков. Если надписи нанесены на входном торце СУ, то они должны находиться вне пределов круга диаметром, равным внутреннему диаметру ИТ.

6.8.4 Выходной торец диафрагмы

6.8.4.1 Поверхность выходного торца диафрагмы (см. рисунок 6.2) должна быть плоской и параллельной поверхности входного торца диафрагмы.

Параллельность торцов определяют по результатам измерений толщины диафрагмы по пункту 6.8.5 в соответствии с требованиями данного раздела .

6.8.4.2 Допускается качество обработки поверхности выходного торца диафрагмы устанавливать ниже установленного для входного торца. Рекомендуется, чтобы значение Ra выходного торца не превышало 0,01 мм.

Если диафрагма предназначена для измерений расхода сред текущих в прямом и обратном направлениях, то оба торца диафрагмы должны иметь шероховатость в соответствии с требованиями пункта 6.8.3.2.

6.8.4.3 Неплоскостность и состояние поверхности выходного торца диафрагмы допускается оценивать методом визуального контроля.

6.8.4.4 Поверхность выходного торца диафрагмы считают параллельной поверхности входного торца, если выполняются требования пункта 6.8.5.4.

6.8.5 Толщина диафрагмы и длина цилиндрической части ее отверстия

6.8.5.1 Длину цилиндрической части отверстия диафрагмы e (см. рисунок 6.3) определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений не менее чем в шести равноудаленных друг от друга точках. При измерениях могут использоваться отпечатки кромок диафрагмы на фольге, расположенной на упругой основе.

Длина e цилиндрической части отверстия диафрагмы после ремонта, должна находиться в пределах от $0.005D$ до $0.02D$.

6.8.5.2 Разность между значениями e при ее измерении в любой точке контура отверстия не должна превышать $0,001D$ при проверке диафрагм после их ремонта.

6.8.5.3 Необходимую наименьшую толщину диафрагмы E_d проверяют на соответствие с требованиями максимального возможного уклона в рабочих условиях.

Толщину диафрагмы определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений толщины в четырех равноудаленных друг от друга точках на окружности радиусом $0,75D$ и на краях отверстия диафрагмы в местах перехода конической части в торцовую поверхность.

6.8.5.4 Для диафрагм после ремонта, если $D \geq 200$ мм, то разность между значениями E_d , измеренными в любой точке диска диафрагмы, не должна превышать $0,001D$. Если $D < 200$ мм, то разность между значениями E_d , измеренными в любой точке диска диафрагмы, не должна быть более 0,2 мм. Также для диафрагм после ремонта, E_d должно находиться в пределах от $0.005D$ до $0.05D$.

6.8.6 Угол наклона α образующей конуса

6.8.6.1 Если толщина E_d превышает длину e , то отверстие диафрагмы должно иметь скос со стороны выходного торца (см. рисунок 6.3). Поверхность скоса должна быть чистой.

6.8.6.2 Угол α наклона образующей конуса к оси отверстия диафрагмы должен быть в пределах $(45 \pm 15)^\circ$.

Угол наклона образующей выходного конуса отверстия диафрагмы определяют по результатам однократного измерения.

6.8.7 Кромки G , H и I

6.8.7.1 На кромке G (см. рисунок 6.3) не допускается наличие каких либо дефектов – вмятин, рисок и заусенцев и т.п.

6.8.7.2 Если в процессе эксплуатации диафрагмы радиус кромки G не более $0,0004d$, то кромку считают острой.

Остроту входной кромки диафрагм определяют внешним осмотром или путем измерений увеличенного изображения отпечатка, снятого с кромки диафрагмы. Измерения радиуса закругления входной кромки диафрагмы можно проводить другими методами при условии, что используемый метод, утвержден в установленном порядке.

Значение радиуса r входной кромки диафрагмы определяют визуально или путем измерений.

При визуальном определении значения r исходят из того, что отсутствие отражения света от входной кромки диафрагмы, рассматриваемой невооруженным глазом под углом 45° к плоскости диафрагмы, свидетельствует о том, что значение r не превышает $0,04 \cdot 10^{-3}$ м. Это значение r принимается как результат его визуального определения.

При измерении радиуса r в качестве его значения принимают среднее арифметическое результатов измерений в восьми, равномерно размещенных по окружности, точках.

6.8.7.3 Кромки H и I (см. рисунок 6.2) должны быть без заусенцев, фасок или закругления. Допускаются небольшие дефекты (например, одиночная царапина).

6.8.8 Диаметр отверстия диафрагмы

6.8.8.1 Диаметр d (см. рисунок 6.2) и относительный диаметр β диафрагм 1195, 1595 и 405 должен находиться в пределах, указанных в документации фирмы-изготовителя.

6.8.8.2 Значение диаметра d или d_C рассчитывают по Приложению В. В качестве значения диаметра отверстия диафрагмы d_{20} или d_{C20} принимают среднее значение результатов измерений диаметра каждого из отверстий не менее, чем в шести направлениях, расположенных под приблизительно равными (визуально контролируемые) углами друг к другу и приведенных к температуре 20°C в соответствии с Приложением В. При этом относительная неопределенность результата измерения диаметра, вносимая измерительным инструментом, не должна превышать $0,02\%$.

6.8.8.3 Отверстие должно быть цилиндрическим. Это требование считается выполненным, если результат измерений диаметра в любом из направлений (см. пункт 6.8.8.2) не отличается от среднего значения диаметра более чем на $0,05\%$ при проверке диафрагм после ремонта, или при выполнении требований раздела 6.8.7 при первичной проверке новой диафрагмы или при периодических проверках.

6.8.8.4 Внутренняя поверхность отверстия должна иметь значение шероховатости Ra не более $1,25$ мкм при диаметре данного отверстия (d_{20} или d_{C20}) менее 125 мм и не более $10^{-5} \cdot d_{20}$ (или $10^{-5} \cdot d_{C20}$) при диаметре данного отверстия более 125 мм.

6.8.9 Внутренний диаметр кольцевой секции отборов диафрагмы 405

6.8.9.1 Значение внутреннего диаметра кольцевой секции отборов M_{ID} рассчитывают по Приложению В. В качестве значения диаметра отверстия диафрагмы M_{ID20} принимают среднее значение результатов измерений диаметра с входной по потоку стороны диафрагмы не менее, чем в четырех направлениях, расположенных под приблизительно равными (визуально контролируемые) углами друг к другу и приведенных к температуре 20°C в соответствии с Приложением В. При этом, относительная неопределенность результата измерения диаметра, вносимая измерительным инструментом, не должна превышать $0,1\%$.

6.8.9.2 Внутренняя поверхность кольцевой секции отбора диафрагм 405 должна быть цилиндрической. Это требование считается выполненным, если результат измерений внут-

ренного диаметра кольцевой секции отбора в любом из направлений (см. пункт 6.8.9.1) не отличается от среднего значения более чем на 0,3 %.

6.8.10 Требования к монтажу диафрагм 405, 1195 и 1595

6.8.10.1 Монтаж диафрагм 405, 1195 и 1595 выполняют в соответствии с требованиями технической документации фирмы-изготовителя.

6.8.10.2 Способ крепления диафрагмы должен обеспечивать сохранение ее правильного положения после фиксации ее в узле крепления.

Способ крепления, во избежание коробления и деформации диафрагмы, должен предусматривать возможность ее свободного теплового расширения

6.8.10.3 Уплотнительные прокладки и/или уплотнительные кольца не должны выступать во внутреннюю полость ИТ и не перегораживать отверстия для отбора давления. Они должны быть как можно тоньше с учётом необходимости сохранения соотношений, определённых в пункте 6.9.

6.8.11 Расположение диафрагмы 1595

6.8.11.1 Диафрагма должна быть расположена в ИТ таким образом, чтобы было обеспечено течение среды от входного торца диафрагмы к ее выходному.

6.8.11.2 Диафрагма должна быть расположена перпендикулярно к оси ИТ в пределах $\pm 1^\circ$.

6.8.11.3 Диафрагма должна быть центрирована в трубопроводе.

Внешний диаметр диафрагмы 1595 совпадает с отверстиями стандартных фланцев по EN 1092-1 (соответствует ГОСТ 12815) или ANSI B16.5, что позволяет ее центровать внутри ИТ.

Диафрагма 1595 монтируется аналогично стандартным диафрагмам ISO 5167-2003 или ГОСТ 8.586.2, но таким образом, чтобы все отборы давления и отборы перепада давления находились в плоскости, проходящей через центральную ось трубопровода и лежащей под углом $45 (+/-5)$ градусов к линии, проведенной через центры любых двух диагонально расположенных измерительных отверстий диафрагмы 1595.

Для всех значений D и β допускается фланцевый отбор, а для $\beta \leq 0.4$ допускается также трехрадиусный отбор (D и $D/2$) в соответствии с разделом 5.2.2 ГОСТ 8.586.2.

При применении с диафрагмой 1595 нескольких взаимно соединенных отверстий для отбора давления до СУ или после СУ, их рекомендуется соединять по схеме, представленной на рисунке 1 ГОСТ 8.586.1.

В случае применения нескольких взаимно соединенных отверстий, допустимое значение эксцентриситета (смещение оси отверстия диафрагмы относительно оси ИТ) определяют по формуле

$$e_c = \frac{0,005 \cdot D}{0,1 + 2,3\beta^4}. \quad (6.7)$$

В случае применения отдельных отверстий для отбора давления должны быть определены расстояния между осями отверстия диафрагмы и ИТ, в направлениях параллельно e_{cl} и перпендикулярно e_{cn} оси отверстия для отбора давления, как показано на рисунке 6.4.

Значение e_{cl} должно удовлетворять условию

$$e_{cl} \leq \frac{0,0025 \cdot D}{0,1 + 2,3\beta^4}. \quad (6.8)$$

Значение e_{cn} должно удовлетворять условию

$$e_{cn} \leq \frac{0,005 \cdot D}{0,1 + 2,3\beta^4}. \quad (6.9)$$

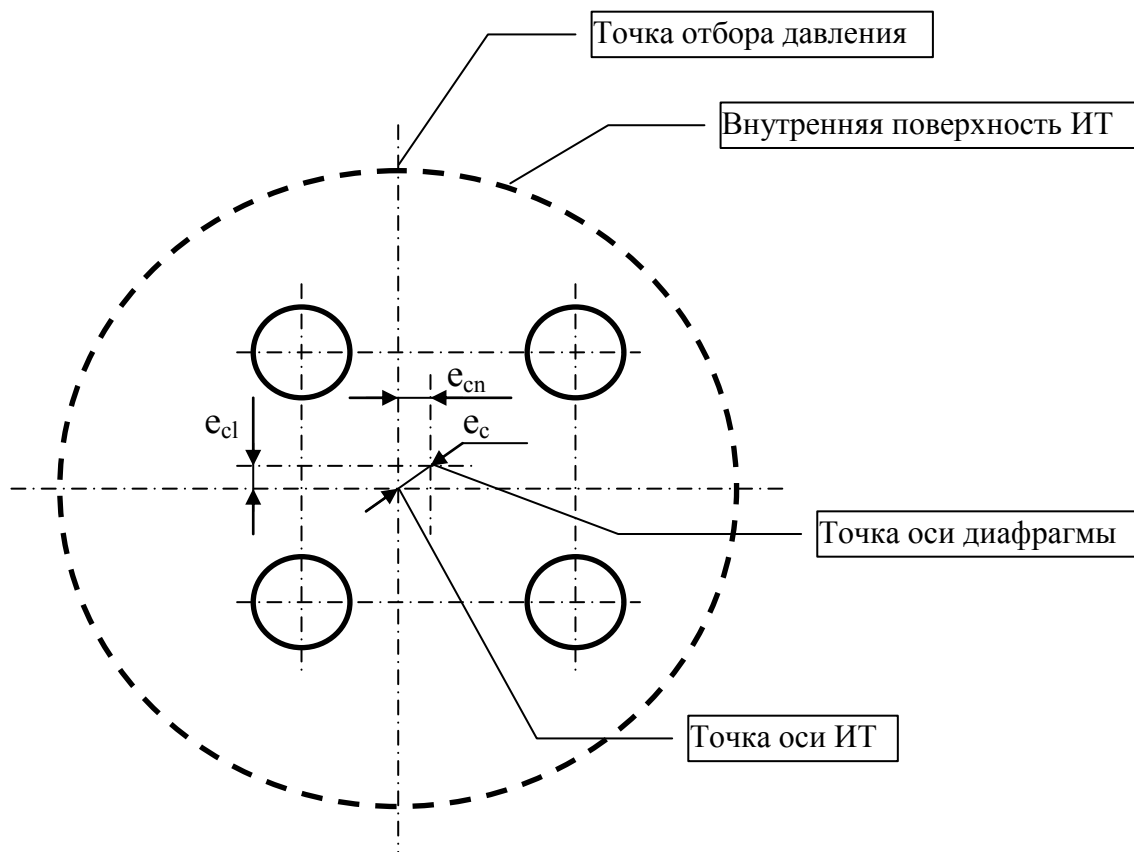


Рисунок 6.4 – Параметры эксцентриситета установки диафрагмы 1595

6.9 Требования к отверстиям для отбора давления

6.9.1 Общие положения

Для каждой диафрагмы должны быть выполнены не менее чем одно отверстие для отбора давления (далее в разделе – отверстие) до диафрагмы и одно после нее, расположенные в том или другом стандартном положении в зависимости от способа отбора давления.

Возможные способы отбора давления диафрагм 1195, 405 и 1595 описаны в разделах А.1, А.2, 6.9.2, 6.8.11.3.

Для диафрагм 1195 и 405, отборы давления являются неотъемлемой частью конструкции, поставляемой заводом-изготовителем.

Для диафрагм 1595 применяется фланцевый или трехрадиусный способ отбора в соответствии с пунктом 6.9.2. Расположение отверстий отборов давления относительно измерительных отверстий диафрагм 1595 выполняется в соответствии с требованием раздела 6.8.11.3.

6.9.2 Диафрагмы 1595 с трехрадиусным или фланцевым способами отбора давления

6.9.2.1 Ось отверстия должна быть расположена на определенном расстоянии от соответствующего торца диафрагмы в зависимости от способа отбора давления. При размещении отверстий необходимо учитывать толщину прокладок и/или уплотнительного материала, применяемых при монтаже диафрагмы.

6.9.2.2 Для диафрагм с трехрадиусным способом отбора давления (см. рисунок 6.5 а), расстояния l_1 и l_2 измеряют от входного торца диафрагмы.

Значение l_1 должно быть равным $(1 \pm 0,1)D$, а l_2 должно находиться в следующих пределах:

– $(0,5 \pm 0,02)D$ при $\beta \leq 0,6$;

– $(0,5 \pm 0,01)D$ при $\beta > 0,6$.

6.9.2.3 Для диафрагм с фланцевым отбором давления (см. рисунок. 6.5 б) расстояние l_1 измеряют от входного торца диафрагмы, а расстояние l'_2 – от выходного торца диафрагмы.

Значения l_1 и l'_2 могут находиться в следующих пределах:

– $(25,4 \pm 0,5)$ мм при $\beta > 0,6$ и $D < 150$ мм;

– $(25,4 \pm 1)$ мм в остальных случаях.

6.9.2.4 Осевая линия отверстия должна пересекаться с осевой линией ИТ под углом $(90 \pm 3)^\circ$.

6.9.2.5 Кромки отверстия в месте выхода в ИТ должны быть заподлицо с внутренней поверхностью ИТ и насколько возможно острыми. Для ликвидации заусенцев на внутренней кромке отверстия допускается её притупление радиусом не более одной десятой от диаметра отверстия. Не допускаются какие-либо неровности на внутренней поверхности отверстия и на самом ИТ вблизи от отверстия.

6.9.2.6 Соответствие отверстий требованиям пунктов 6.9.2.4 и 6.9.2.5 можно оценивать визуально.

6.9.2.7 Диаметр отверстий должен быть не более $0,13D$ и не более 13 мм.

При выборе диаметра отверстия учитывают необходимость исключения случайного его засорения. Отверстия до и после диафрагмы должны иметь одинаковый диаметр с допуском отклонением не более 0,1 мм.

6.9.2.8 Отверстия должны быть круглыми и цилиндрическими на глубине не менее 2,5 внутренних диаметров этого отверстия. Соответствие отверстий данным требованиям можно оценивать визуально.

6.9.2.9 Оси отверстий до и после диафрагмы рекомендуется располагать в одной осевой плоскости.

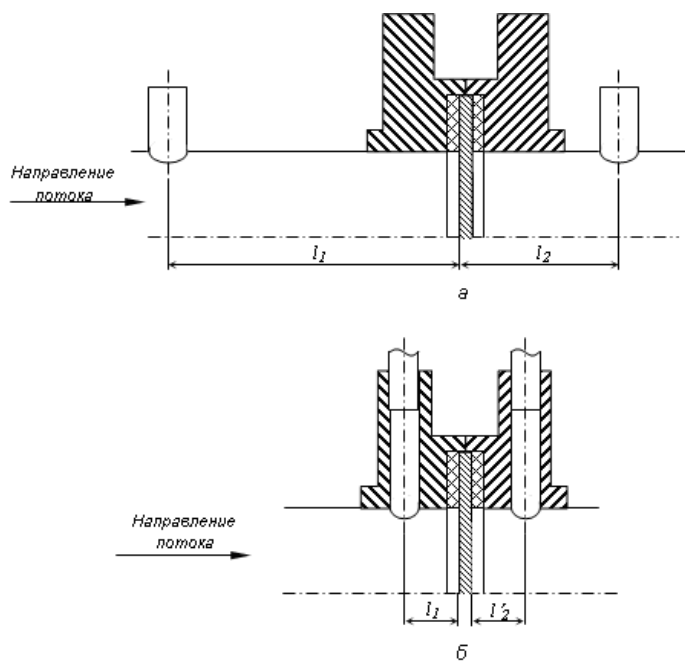


Рисунок 6.5 – Расположение отверстий для трехрадиусного и фланцевого способов отбора давления диафрагмы 1595.

7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА

7.1 При проведении монтажа и демонтажа СИ и выполнении измерений необходимо соблюдать правила техники безопасности, приведенные в эксплуатационной документации СИ и вспомогательного оборудования. При проведении измерений должны быть обеспечены условия, соответствующие требованиям охраны труда, приведенные в нормативных документах РФ и документах действующих на объекте.

7.2 Перед монтажом СИ и вспомогательного оборудования необходимо проверить наличие и целостность маркировок взрывозащиты, наличие и целостность крепежных элементов, оболочек. Монтаж узлов и электрические подключения необходимо производить в строгом соответствии со схемами соединений, приведенных в инструкциях по монтажу (руководствах по эксплуатации). Запрещается вносить какие-либо изменения в электрическую схему, а также использовать любые запасные части, не предусмотренные технической документацией.

7.3 В процессе эксплуатации СИ и вспомогательное оборудование должны подвергаться периодическому осмотру (не реже одного раза в месяц). При осмотре проверяют целостность их оболочек, наличие и целостность крепежных элементов, пломб, предупредительных надписей и др.

7.4 К проведению монтажа и выполнению измерений допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на СИ и вспомогательное оборудование, прошедшие инструктаж по технике безопасности и имеющие опыт эксплуатации измерительной техники.

7.5 Операторы должны знать и выполнять требования руководств по эксплуатации СИ, применяемых при выполнении измерений.

8 УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Средства измерений

8.1.1 Условия эксплуатации СИ соответствуют условиям их эксплуатации, установленным изготовителями этих СИ.

8.1.2 Диапазон измерений применяемых СИ должны быть не менее диапазонов изменений измеряемых параметров.

8.1.3 Измерения проводят СИ, прошедшими поверку или калибровку в зависимости от сферы применения и имеющие действующие свидетельства о поверке или калибровке.

8.1.4 СИ применяют в соответствии с требованиями, изложенными в их эксплуатационной документации.

8.1.5 СИ и их монтаж на ИТ соответствуют требованиям раздела 6.

8.2 Измеряемая среда и параметры потока

8.2.1 СУ применяют для измерений расхода сжимаемых (газ, пар) и несжимаемых (жидкость) однофазных и однородных по физическим свойствам стационарных или медленно изменяющихся во времени дозвуковых потоках сред.

Расход среды считается медленно меняющийся во времени, если выполняются требования раздела 6.3.1 ГОСТ 8.586.1. Проверку данного условия проводят в соответствии с Приложением Ж ГОСТ 8.586.1.

Примечания

1. Среда считается однородной, если ее свойства (состав, плотность, давление и др.) изменяются в пространстве непрерывно (по ГОСТ 8.586.1).

2. Среда считается однофазной, если все ее составляющие части принадлежат одному и тому же жидкому или газообразному состоянию (по ГОСТ 8.586.1).

8.2.2 При течении среды через СУ ее фазовое состояние не должно изменяться.

8.2.2.1 При измерении расхода жидкости минимальное статическое давление среды в отверстии СУ должно быть больше давления насыщенного пара среды.

8.2.2.2 При измерении расхода газа его температура в отверстии СУ должна быть выше температуры точки росы по влаге и температуры конденсации газа. Температуру газа в отверстии СУ T_0 по температуре газа, измеренной в ИТ, определяют по формуле

$$T_0 = T \cdot \left(1 - \frac{\Delta P}{P}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}. \quad (8.1)$$

8.2.3 Если среда является газом, то отношение перепада давления на СУ к давлению среды должно быть не более 0,25.

8.2.4 Скорость среды должна быть меньше скорости звука в этой среде.

8.2.5 Для диафрагм 405С, 405Р и 1595 значение перепада давления на диафрагме не должен превышать 199,2 кПа при температуре измеряемой среды от -196 °С до 427 °С и 99,6 кПа для температуры измеряемой среды от 427 °С до 649 °С.

8.2.6. Прямолинейные участки до и после СУ должны соответствовать требованиям раздела 6.

8.2.7 Минимально допускаемое число Рейнольдса не менее значений, приведенных в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Минимально допускаемое число Рейнольдса

СУ	Минимально допускаемое число Рейнольдса
Диафрагмы 1595, 405С	5000
Диафрагмы 405Р	по разделу 6 ГОСТ 8.586.2
Диафрагмы 1195	1500

8.2.8 Разность давлений на СУ не превышает максимально допускаемую разность давлений для применяемой диафрагмы.

8.2.9 Разность давлений на СУ не менее минимально рекомендуемой разности давлений для применяемой диафрагмы (по расчетному листу диафрагмы – Min Recommended Min DP).

8.2.10 Давление среды не превышает максимально допускаемого давления для применяемой диафрагмы (по расчетному листу диафрагмы – Max. Allow. Pressure).

8.2.11 Температура среды не превышает максимально допускаемой температуры для применяемой диафрагмы (по расчетному листу диафрагмы – Max. Allow. Temp).

8.2.12 Расход через диафрагму больше минимально рекомендованного расхода через диафрагму (по расчетному листу диафрагмы – Primary Element Min Limit of Use).

8.3 Сужающее устройство

8.3.1 СУ должно быть изготовлено и установлено согласно требованиям технической документации фирмы-изготовителя и раздела 6. Геометрические размеры СУ должны соответствовать геометрическим размерам, приведенным на чертеже поставляемым с СУ.

Если характеристики СУ или условия их применения выходят за пределы, указанные в разделе 6, следует экспериментально определить коэффициент истечения диафрагмы при фактических условиях его эксплуатации.

8.3.2 СУ должно быть изготовлено из стойкого по отношению к среде материала, температурный коэффициент линейного расширения которого известен в диапазоне изменения температуры среды.

8.3.3 СУ и их монтаж на ИТ соответствуют требованиям раздела 6.8.

8.4 Измерительный трубопровод

8.4.1 ИТ соответствует требованиям раздела 6.7.

8.4.2 ИТ при выполнении измерений расхода и количества среды полностью заполнен средой.

9 ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ

9.1 Перед проведением измерений проверяют:

- соответствие наименьших длин прямолинейных участков ИТ требованиям, изложенным в Приложении Г (проверку проводят перед пуском в эксплуатацию ИК);
- соответствие монтажа соединительных и заборных труб требованиям, изложенным в разделе 6 (проверку проводят один раз в год);
- соответствие конструкции СУ требованиям технической документации (проверку проводят перед пуском в эксплуатацию ИК);
- соответствие монтажа средств измерений требованиям инструкций по монтажу и/или соответствующих разделов эксплуатационной документации (проверку проводят не реже, чем один раз в год);
- соответствие условий проведения измерений требованиям, изложенным в разделе 6 (проверку проводят не реже, чем один раз в год);
- соответствие условий проведения измерений требованиям, изложенным в разделе 8;
- наличие документации или соответствующих отметок, допускающих СИ к эксплуатации;
- корректность конфигурирования вычислительного устройства в составе СИ расхода и количества среды (при его наличии).

Периодически, не реже одного раза в месяц (если иная периодичность не установлена требованиями безопасности), начиная с момента ввода в эксплуатацию ИК, проверяют герметичность всех узлов соединений, в которых находится среда.

9.2 По договоренности заинтересованных сторон допускается проверку ИК или отдельных его узлов и соединений проводить чаще, чем это указано в пункте 9.1.

9.3 Для параметров, принимаемых за условно-постоянные величины, определяют их значения и вводят в память вычислительного устройства. Значения условно-постоянных параметров рассчитывают по формуле

$$y = \frac{y_{MIN} + y_{MAX}}{2}, \quad (9.1)$$

где y_{MAX} и y_{MIN} – верхнее и нижнее значение диапазона изменения параметра y .

9.4 После проверки все средства измерений в соответствии с требованиями инструкций по их монтажу и эксплуатации приводят в рабочее состояние и проводят измерения параметров, по которым определяют количество и/или расход среды.

9.5 При обнаружении несоответствия ИК хотя бы одному из требований, указанных в пункте 9.1, принимают меры, направленные на устранение этого несоответствия.

Порядок восстановления действительных результатов измерений, связанных с обнаружением несоответствия по пункту 9.1, устанавливается договором между заинтересованными сторонами. Основанием восстановления результатов может служить анализ прошедших или/и последующих результатов измерений, или/и обнаруженных ошибок, или погрешностей измерений.

10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Расчет расхода среды

10.1.1 Исходные данные и применяемые уравнения

10.1.1.1 Исходные данные

Для расчета расхода среды необходимы следующие исходные данные:

- тип диафрагмы;
- способ отбора перепада давления (для диафрагм 1595);
- диаметр отверстия СУ (d_{20} для 1195 и 405Р и d_{C20} для 1595 и 405С)
- внутренний диаметр ИТ D_{20} ;
- внутренний диаметр кольцевой секции отборов M_{ID20} (для диафрагм 405С и 405Р);
- калибровочный коэффициент для диафрагмы F_C (для диафрагм 405С и 1595);
- материал, из которого изготовлено СУ;
- материал, из которого изготовлен прямолинейный участок ИТ непосредственно перед СУ;
- материал, из которого изготовлена кольцевая секция отборов (для диафрагм 405);
- для смеси газов (в т.ч. природного газа) – полный компонентный состав смеси газов (при расчете свойств смеси газов по полному компонентному составу);
- молярные доли диоксида углерода x_y и азота x_a в природном газе и его плотность при стандартных условиях ρ_c (для природного газа при расчете его свойств по неполному компонентному составу по ГОСТ 30319.1, ГОСТ 30319.2);
- плотность среды в рабочих условиях ρ (при наличии плотномера);
- перепад давления на СУ ΔP ;
- абсолютное давление среды P или избыточное давление среды P_u ;
- атмосферное давление P_a (при измерении в ИТ избыточного давления среды);
- температура среды t .

П р и м е ч а н и е – Некоторые из вышеперечисленных параметров или характеристик в зависимости от конкретного вида применяемых основных расчетных уравнений могут не использоваться.

10.1.1.2 Определение значений исходных величин

Значения параметров и характеристик СУ (d_{20} , d_{C20} , M_{ID20} , марка материала, из которого изготовлено СУ) определяют по документации на СУ и Приложению В.

Значения параметров и характеристик ИТ (D_{20} , R_a , марки материалов, из которых изготовлено ИТ) определяют по документации на ИТ и Приложению В.

Значения физико-химических параметров смеси газов – полный состав смеси или (для природного газа) ρ_c , x_a , x_y , а также значения параметров потока – ΔP , t , P (или P_u и P_a) измеряют в соответствии с требованиями настоящей рекомендации.

10.1.1.3 Уравнения для расчета расхода среды

Для расчета расхода среды применяют уравнения, указанные в разделе 5. Исходные данные для расчета расхода среды приведены в пункте 10.1.1.1.

Для расчета физических свойств среды – плотности (для жидкостей и водяного пара), плотности при стандартных условиях (для смесей газов с известным полным составом), коэффициента сжимаемости и показателя адиабаты (для газов), динамической вязкости применяют уравнения или таблицы из соответствующих нормативных документов в соответствии с пунктом 5.3.5.

Для природного газа применяют ГОСТ 30319.1, ГОСТ 30319.2, ГОСТ 30319.3.

Для попутного нефтяного газа применяют ГСССД МР 113.

Для воды и водяного пара применяют ГСССД МР 147.

Данные уравнения дополняют условиями ограничений действия метода переменного перепада давления, приведенными в разделе 8.

10.1.2 Порядок расчета расхода среды

10.1.2.1 Расчет значений промежуточных величин

В зависимости от марки материала СУ по Приложению В рассчитывают d или d_C и для 405 – M_D .

В зависимости от марки материала ИТ по Приложению В рассчитывают D .

По формулам пункта 5.3.4 вычисляют значение β .

По формуле (5.12) вычисляют значение E .

При измерении избыточного давления среды P_u и атмосферного давления P_a определяют абсолютное давление среды P по формуле (5.1).

По формуле (5.3) вычисляют термодинамическую температуру T среды.

Рассчитывают следующие свойства среды:

- для жидкостей и водяного пара – ρ ;
- для газов и смеси газов при заданном полном составе – ρ_c ;
- для газов и смеси газов – K ;
- для газообразных сред (газов, водяного пара) – κ ;
- для всех сред – μ ;

По пункту 5.3.2 для соответствующего типа диафрагмы рассчитывают значение ε (при расчете расхода газов и пара).

10.1.2.2 Решение уравнения расхода выполняют в следующей последовательности:

а) принимают значение калибровочного коэффициента для диафрагмы F_C (для диафрагм 405С и 1595) равным 1;

б) принимают значение поправочного коэффициента к коэффициенту истечения на несоответствие внутреннего диаметра трубопровода его номинальному значению F_D (для диафрагм 405С и 405Р) равным 1;

в) принимают первое приближение значения числа Рейнольдса Re_1 , равное 10^6 ;

г) рассчитывают первое приближение значения коэффициента истечения C_1 ;

д) по уравнению расхода среды, по параметрам, указанным в пункте 10.1.1.3 (кроме коэффициентов F_C и F_D принятых равными 1), рассчитывают первое приближение значения расхода среды q_1 ;

е) по полученному значению q_1 , применяя уравнения, указанные в пункте 10.1.1.3 (кроме коэффициентов F_C и F_D принятых равными 1), последовательно находят второе приближение значений Re_2 , C_2 , и q_2 ;

ж) процесс уточнения значений Re , C и q проводят до тех пор, пока значение относительного отклонения между полученным значением расхода q_i и его предыдущим значением q_{i-1} будет удовлетворять условию:

$$\frac{|q_i - q_{i-1}|}{q_i} < 10^{-5}, \quad (10.1)$$

з) рассчитывают значение коэффициента F_D по Приложению Б (для диафрагм 405С и 405Р);

и) по уравнению расхода среды, по параметрам, указанным в пункте 10.1.1.3, по фактическому значению коэффициента F_C (для диафрагм 405С и 1595), по значению коэффициента F_D (для диафрагм 405С и 405Р), рассчитанному по з), и по значению Re , полученному на последней итерации пункта ж), рассчитывают значение расхода среды q ;

к) проверяют соответствие числа Рейнольдса Re требованиям раздела 8.

л) проверяют соответствие измеренного перепада давления ΔP , допустимым пределам в соответствии с пунктом 8.2.8;

м) проверяют соответствие измеренного расхода q , допустимому минимальному расходу в соответствии с пунктом 8.2.12;

л) при выполнении условий по пунктам перечисления к), л), м) значение расхода, рассчитанное по пункту и) принимают за искомое значение расхода среды.

10.2 Расчет количества среды

Объем и массу среды определяют путем интегрирования функции расхода по времени.

Операцию интегрирования реализуют с помощью вычислительного устройства путем циклического процесса расчета расхода по переменным исходным данным и их суммирования по одной из формул, приведенных в подразделе 5.4.

Процедура выполнения расчета расхода на одном цикле вычислений аналогична изложенной в подразделе 10.1.

Ввод условно-постоянных параметров потока, СУ и ИТ, установку длительности цикла измерений, фиксацию количества этих циклов за установленный промежуток времени, а также организацию циклов измерений переменных параметров осуществляют с помощью программных и технических средств.

10.3 Представление результатов измерений и расчетов

Результаты измерений и расчета представляют именованным числом.

Представление результатов расхода и количества среды следует сопровождать указаниями моментов времени (для количества среды – интервалов времени), соответствующих каждому из представленных результатов измерений.

Наименьшие разряды числовых значений результатов измерений должны быть такими же, как наименьшие разряды числовых значений абсолютной расширенной неопределенности измерений.

Необходимое число значащих цифр N определяемой величины y может быть рассчитано по формуле

$$N = 4 - \lg(2 \cdot A \cdot U'_y), \quad (10.2)$$

где A – числовое значение первой значащей цифры значения величины y ;
Значение N округляют до целого числа.

11 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА СРЕДЫ

11.1 Общие положения

11.1.1 При оценке относительной расширенной неопределенности результатов измерений расхода и количества среды определяют интервал вокруг результата измерения, в пределах которого находятся значения, которые с 95 % – ым уровнем доверия могут быть приписаны измеряемой величине.

11.1.2 Процедура оценки неопределенности результатов измерений расхода и количества среды предполагает наличие ограниченной исходной информации, когда для СИ нормированы только следующие метрологические характеристики:

– пределы допускаемых значений основной погрешности СИ или неопределенности результатов измерений, вносимой СИ, с указанием уровня доверия;

– пределы допускаемых значений дополнительных погрешностей СИ или неопределенности результатов измерений, вносимые СИ, при наибольших отклонениях внешних

влияющих величин от нормальных значений, либо максимально допускаемые значения коэффициентов влияния.

При этом отсутствует информация о виде функции распределения внешних влияющих величин и частотных характеристиках изменений измеряемой величины и внешних влияющих величин.

В этом случае принимают следующие допущения (по ГОСТ 8.586.5):

- все значимые систематические эффекты учтены в результатах измерений;
- за математическое ожидание коэффициента чувствительности принимают его нормируемое максимально допускаемое значение;
- между входными переменными уравнения измерения расхода не существует корреляционных связей;
- распределение вероятностей значений измеряемой величины соответствует нормальному закону Гаусса.

При оценке неопределенности результатов измерений расхода и количества среды принимают следующие допущения:

- погрешности определения C , ε , ΔP , ρ не зависят друг от друга;
- погрешности определения K_T , K_o , K_M являются малыми величинами;
- погрешность определения коэффициента сжимаемости среды K и плотности в стандартных условиях ρ_C не зависят друг от друга.

Для количественного выражения неопределенности результата измерения, представленной в виде границ отклонения значения величины от ее оценки (неполное знание о значении величины), полагают, что распределение возможных значений измеряемой величины в указанных границах не противоречит равномерному распределению.

11.1.3 Относительную расширенную неопределенность результата измерений величины y при 95 %-ном уровне доверия рассчитывают по формуле

$$U'_y = 2 \cdot u'_y. \quad (11.1)$$

Если известна относительная расширенная неопределенность U'_y , с указанием уровня доверия или используемого коэффициента охвата, то относительную стандартную неопределенность результата измерений u'_y величины y рассчитывают по формуле

$$u'_y = \frac{U'_y}{k_o}, \quad (11.2)$$

где

k_o – коэффициент охвата, зависящий от распределения вероятностей, приписанного рассматриваемой величине, и уровня доверия.

П р и м е ч а н и я

1. В соответствии с РМГ 43–2001, для большинства практических случаев:
 - для нормального закона распределения $k_o=2$ при 95 % – ом уровне доверия и $k_o=3$ при 99 % – ом уровне доверия;
 - для равномерного закона распределения $k_o=1,65$ при 95 % – ом уровне доверия и $k_o=1,71$ при 99 % – ом уровне доверия.

2. При расчете относительной стандартной неопределенности результата измерений величины y при уровне доверия отличном от уровня 95% и закона распределения отличного от нормального в формулах (11.4) ÷ (11.12), вместо значения 0,5 следует использовать значение $1/k_o$.

Если известны только границы (y_{MIN} и y_{MAX}) для величины y , то относительную стандартную неопределенность результата измерений величины y рассчитывают по формуле

$$u'_y = \frac{(y_{MAX} - y_{MIN})}{\sqrt{3} \cdot (y_{MAX} + y_{MIN})} \cdot 100\% . \quad (11.3)$$

11.1.4 Относительную стандартную неопределенность результата измерений величины y , обусловленную основной погрешностью СИ рассчитывают последующим формулам:

– при известных пределах основной относительной погрешности δy_o

$$u'_{y_o} = 0,5 \cdot \delta y_o , \quad (11.4)$$

– при известных пределах основной абсолютной погрешности Δy_o

$$u'_{y_o} = 0,5 \cdot \frac{\Delta y_o}{y} \cdot 100\% , \quad (11.5)$$

– при известных пределах основной приведенной погрешности γ_{y_o} , если нормирующим параметром принят диапазон измерений ($y_B - y_H$),

$$u'_{y_o} = 0,5 \cdot \gamma_{y_o} \cdot \frac{(y_B - y_H)}{y} . \quad (11.6)$$

11.1.5 Дополнительную составляющую относительной стандартной неопределенности величины y , вызванную внешней влияющей величиной рассчитывают в зависимости от способа ее нормирования по пунктам 11.1.5.1 или 11.1.5.2.

11.1.5.1 Дополнительную составляющую относительной стандартной неопределенности величины y , вызванную внешней влияющей величиной при нормировании пределов допускаемых значений погрешности СИ при наибольших отклонениях внешней влияющей величины от нормального значения, рассчитывают по следующим формулам:

– при известных пределах дополнительной относительной погрешности δy_d

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \delta y_d , \quad (11.7)$$

– при известных пределах дополнительной абсолютной погрешности Δy_d

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \frac{\Delta y_d}{y} \cdot 100 \% , \quad (11.8)$$

– при известных пределах дополнительной приведенной погрешности γ_{y_d} , если нормирующим параметром принят диапазон измерений ($y_B - y_H$),

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \gamma_{y_d} \cdot \frac{(y_B - y_H)}{y} . \quad (11.9)$$

11.1.5.2 Дополнительную составляющую относительной стандартной неопределенности величины y , вызванную внешней влияющей величиной при нормировании пределов допускаемых значений коэффициентов влияния, рассчитывают по следующим формулам:

– при известных пределах дополнительной относительной погрешности δ_{y_d} при отклонении значения влияющей величины на ΔX

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \delta_{y_d} \cdot \frac{\Delta X_{MAX}}{\Delta X}, \quad (11.10)$$

– при известных пределах дополнительной абсолютной погрешности Δy_d при отклонении значения влияющей величины на ΔX

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \frac{\Delta y_d}{y} \cdot \frac{\Delta X_{MAX}}{\Delta X} \cdot 100\%, \quad (11.11)$$

– при известных пределах дополнительной приведенной погрешности γ_{y_d} , если нормирующим параметром принят диапазон измерений $(y_B - y_H)$ при отклонении значения влияющей величины на ΔX

$$u'_{y_d} = 0,5 \cdot \gamma_{y_d} \cdot \frac{(y_B - y_H)}{y} \cdot \frac{\Delta X_{MAX}}{\Delta X}, \quad (11.12)$$

где ΔX_{MAX} – наибольшее отклонение внешней влияющей величины от нормального значения.

11.1.6 Относительную стандартную неопределенность значения измеряемой величины y с учетом ее основной и дополнительных составляющих рассчитывают по формуле

$$u'_y = \sqrt{u'^2_{y_o} + \sum_{i=1}^N u'^2_{y_{di}}}, \quad (11.13)$$

где

N – число влияющих величин;

u'_{y_o} – относительная стандартная неопределенность результата измерений величины y , рассчитанная без учета дополнительных составляющих неопределенности, вызванных внешними влияющими величинами;

$u'_{y_{di}}$ – дополнительный вклад в неопределенность результата измерений величины y от i – й влияющей величины.

Примечание – В случае, если пределы погрешности СИ нормируется в виде пределов погрешности, учитывающих и основную, и дополнительные погрешности, значение относительной стандартной неопределенности результата измерений величины y рассчитывается по формулам (11.4) – (11.6), подставляя в формулы вместо u'_{y_o} , δ_{y_o} , Δy_o , γ_{y_o} , соответственно, u'_y , δ_y , Δy , γ_y .

11.1.7 Относительную стандартную неопределенность результата измерений величины y , определяемую косвенным методом, которая связана функциональной

зависимостью с измеряемыми величинами y (например температурой, давлением, компонентным составом)

$$y = F(y_1, y_2, \dots, y_N), \quad (11.14)$$

рассчитывают по формуле

$$u'_y = \sqrt{u'^2_{mF} + \sum_{i=1}^N g_{yi}^2 \cdot u'^2_{yi}}, \quad (11.15)$$

где

u'_{mF} – неопределенность, приписываемая функциональной зависимости;

u'_{yi} – неопределенность результата измерения i – й величины;

g_{yi} – относительный коэффициент чувствительности величины y к изменению i – й измеряемой величины.

Примечание – При известной абсолютной погрешности Δy или относительной погрешности δy , приписываемой функциональной зависимости, неопределенность u'_{mF} рассчитывают по формуле

$$u'_{mF} = \frac{\Delta y}{y \cdot \sqrt{3}} \cdot 100\% = \frac{\delta y}{\sqrt{3}}, \quad (11.16)$$

Относительный коэффициент чувствительности рассчитывают по формуле

$$g_{yi} = F'_{yi} \cdot \frac{y_i}{y}, \quad (11.17)$$

где F_{yi} – частная производная функции F по y_i .

Если неизвестна математическая взаимосвязь величины y с величиной y_i или дифференцирование функции F затруднено, то коэффициент влияния рассчитывают по формуле

$$g_{yi} = \frac{\Delta y}{\Delta y_i} \cdot \frac{y_i}{y}, \quad (11.18)$$

где Δy – изменение определяемой величины y при изменении y_i на величину Δy_i .

11.1.8 Относительная расширенная неопределенность должна быть представлена не более, чем двумя значащими цифрами.

11.2 Формулы для расчета неопределенности расхода среды

11.2.1 Формула для расчета относительной стандартной неопределенности при измерении объемного и массового расходов по формулам (5.3), (5.3а), (5.5) и (5.5а) для несжимаемой среды (жидкость):

$$u'_q = \sqrt{u'^2_c + \left(\frac{2 \cdot \beta^4}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_D + \left(\frac{2}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_d + 0,25 \cdot (u'^2_{\Delta P} + u'^2_\rho) + u'^2_N}, \quad (11.19)$$

11.2.2 Формула для расчета относительной стандартной неопределенности при измерении объемного и массового расходов по формулам (5.3), (5.3а), (5.5) и (5.5а) для сжимаемой среды (газ и пар):

$$u'_q = \sqrt{u'^2_c + \left(\frac{2 \cdot \beta^4}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_D + \left(\frac{2}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0,25 \cdot (u'^2_{\Delta P} + u'^2_\rho) + u'^2_N}, \quad (11.20)$$

11.2.3 Формулы для расчета относительной стандартной неопределенности при измерении расхода газа, приведенного к стандартным условиям по формулам (5.4), (5.4а), (5.6), (5.6а), (5.7), (5.7а), (5.8) (5.8а):

а) в случае независимости ρ и ρ_c (например, ρ определяют с помощью плотнoмера)

$$u'_q = \sqrt{u'^2_c + \left(\frac{2 \cdot \beta^4}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_D + \left(\frac{2}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_d + u'^2_\varepsilon + u'^2_{\rho c} + 0,25 \cdot (u'^2_{\Delta P} + u'^2_\rho) + u'^2_N}, \quad (11.21)$$

б) в случае зависимости ρ и ρ_c (при косвенном определении плотности газа в рабочих условиях через плотность газа при стандартных условиях)

$$u'_q = \sqrt{u'^2_c + \left(\frac{2 \cdot \beta^4}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_D + \left(\frac{2}{1 - \beta^4}\right) \cdot u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0,25(u'^2_{\Delta P} + u'^2_{\rho c} + u'^2_T + u'^2_P + u'^2_K) + u'^2_N}. \quad (11.22)$$

11.2.4 Формула для расчета относительной стандартной неопределенности при измерении расхода при применении ИК (расходомеров) на базе диафрагм с нормированными пределами погрешности (неопределенности) измерений расхода (количества)

$$u'_q = \sqrt{u'^2_F + u'^2_{qA}}, \quad (11.23)$$

где

u'_F – относительная стандартная неопределенность при измерении расхода ИК (расходомера) на базе диафрагм с нормированными пределами погрешности (неопределенности) измерений расхода (количества);

u'_{qA} – относительная стандартная неопределенность при измерении расхода, рассчитанная по формулам (11.19) – (11.22).

При расчете относительной стандартной неопределенности при измерении расхода u'_{qA} , значения относительных стандартных неопределенностей, приведенные в формулах (11.19) – (11.22) или применяемые для их расчета принимаются равными нулю, если они учитываются в относительной стандартной неопределенности при измерении расхода ИК (расходомера) на базе диафрагм с нормированными пределами погрешности (неопределенности) измерений расхода (количества) u'_F .

11.3 Составляющие неопределенности расхода

11.3.1 Неопределенность коэффициента истечения определяют по формуле

$$u'_C = 0,5 \cdot (U'_{C0} + U'_L + U'_{Lt} + U'_h + U'_{Re}), \quad (11.24)$$

где

U'_{C0} – неопределенность коэффициента истечения для всех способов отборов давлений определяют по таблице 11.1, %;

U'_L – составляющая неопределенности коэффициента истечения, которая обусловлена сокращением длины прямолинейных участков (для диафрагм 405P и 1195 определяется в соответствии с разделом 6 ГОСТ 8.586.2, для диафрагм 1595 и 405C $U'_L = 0$, т.к. сокращение прямолинейных участков не допускается);

U'_{Lt} – составляющая неопределенности коэффициента истечения, которая обусловлена сокращением длины прямолинейных участков между СУ и гильзой термометра и определяется в соответствии с пунктом 6.4.7;

U'_h – составляющая неопределенности коэффициента истечения, которая обусловлена наличием уступа на ИТ (определяют в соответствии с пунктом по пункту 6.4.4 ГОСТ 8.586.2 только для диафрагм 405P и 1195);

U'_{Re} – составляющая неопределенности коэффициента истечения равна:

- 0,5 % для диафрагм 405P, 405C и 1595 при $\beta > 0,5$ и $Re < 10000$;

- 3 % для диафрагм 1195 при $\beta \leq 0,6$ и $Re < 1500$ или $\beta > 0,6$ и $Re < 10000$.

Таблица 11.1 Неопределенность коэффициента истечения

Тип диафрагмы и ее параметры		Неопределенность коэффициента истечения U'_{C0} , %
1595 и 405C	$\beta' < 0,6$	0,5
	$0,6 \leq \beta'$	1,0
405P (Ду обозначает типоразмер диафрагмы)	Ду = 1/2"	2,25
	1/2" < Ду < 2"	1,75
	Ду ≥ 2"	1,25
1195	$\beta < 0,1$	2,5
	$0,1 \leq \beta < 0,2$	1,25
	$0,2 \leq \beta \leq 0,6$	0,75
	$0,6 < \beta \leq 0,8$	1,5

Примечания

1. Для диафрагм 1195 поставляемой без заводских хонингованных трубных секций ИТ (для установки в ИТ заказчика), U'_{C0} принимается равной 5 %.

2. Приведенные в таблице 11.1 неопределенности действительны при выполнении следующих условий:

– для диафрагм 405 и 1595, для расчета d , d_C и M_{ID} используются номинальные табличные значения соответствующих параметров при 20 °C ($M_{ID20}^{ном}$, $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$),

– для диафрагм 1195, для определения d , используется расчетное значение диаметра отверстия (указанное в кодировке диафрагмы), по которому завод данные диафрагмы изготавливал ($d_{20}^{расч}$);

– для диафрагм 1195, поставляемых в сборе с заводскими хонингованными трубными секциями ИТ из нержавеющей стали или из Hastelloy, для расчета D , используется номинальное табличное значение $D_{20}^{ном}$.

11.3.2 Неопределенность определения диаметра отверстия диафрагмы u'_d принимают равным 0,02 %.

11.3.3 Неопределенность определения внутреннего диаметра ИТ u'_D принимают равным 0,1 %.

11.3.4 Неопределенность коэффициента расширения рассчитывают по формуле

$$u'_\varepsilon = \sqrt{0,25 \cdot U_{\varepsilon 0}^2 + \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)^2 \cdot (u_{\Delta P}^2 + u_P^2 + u_\kappa^2)}, \quad (11.25)$$

Значение $U'_{\varepsilon 0}$ вычисляют согласно по формуле

$$U'_{\varepsilon 0} = 3,5 \cdot \frac{\Delta P}{\kappa \cdot P}, \quad (11.26)$$

Формулы для расчета неопределенностей результатов измерений ΔP , P и значения κ представлены в пунктах 11.3.5, 11.3.6 и 11.3.10.

11.3.5 Неопределенность результата измерения ΔP определяют по пункту 10.3.4 ГОСТ 8.586.5.

11.3.6 Неопределенность результата измерения абсолютного давления P определяют по пункту 10.3.5 ГОСТ 8.586.5.

11.3.7 Неопределенность результата измерения температуры среды определяют по пункту 10.3.6 ГОСТ 8.586.5.

11.3.8 Неопределенность плотности газа при стандартных условиях $u'_{\rho c}$ с помощью плотномера определяют по пункту 10.3.7 ГОСТ 8.586.5.

11.3.9 Если плотность ρ в рабочих условиях измеряют с помощью плотномера, то неопределенность u'_ρ определяют по пункту 10.3.8 ГОСТ 8.586.5.

11.3.10 Неопределенность показателя адиабаты газа u'_κ определяют на основе неопределенности, приписываемой справочным данным, взятым из соответствующих нормативных документов, устанавливающих методы косвенного расчета показателя адиабаты среды.

11.3.11 Неопределенность содержания i -ого компонента смеси u'_{xi} определяют в соответствии с нормативными документами, которые устанавливают методы и СИ компонентного состава среды.

11.3.12 Неопределенность при вычислении расхода u'_N принимают равной 0,5 пределов относительной погрешности вычисления расхода устройством обработки результатов измерений.

11.3.13 Неопределенность параметров, принятых за условно-постоянные величины, определяют по формуле (11.3).

11.4 Оценка неопределенности результатов определения количества среды

Оценку неопределенности результатов определения количества среды проводят в соответствии с пунктом 10.4 ГОСТ 8.586.5.

ПРИЛОЖЕНИЕ А ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАФРАГМ (справочное)

А.1. Диафрагмы Rosemount 1195

Конструкция диафрагмы Rosemount 1195 включает в себя диафрагменную пластину (или собственно диафрагму, см. рис. А.2), двух частей фланцевой секции (рис. А.3) и опциональной калиброванной трубной секции (рис А.6). Диафрагма Rosemount 1195 имеет разборную конструкцию. Две части фланцевой секции зажимающие диафрагму соединяются 2мя шпильками. Между фланцевыми секциями и диафрагмой устанавливаются прокладки (рис. А.1).

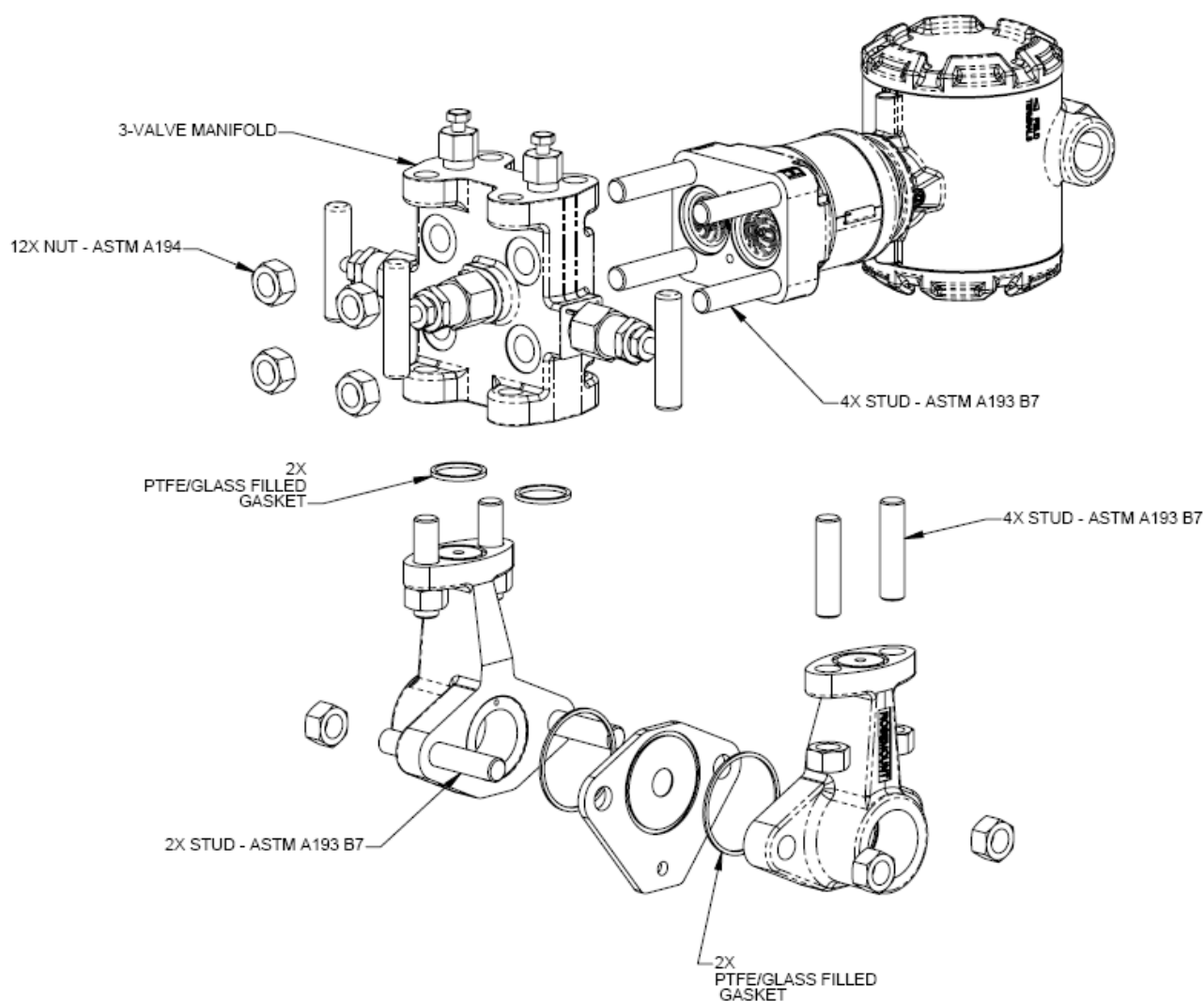


Рис.А.1. Сборочный чертеж 1195 (с интегральным манифольдом и трансмиттером).

Диафрагменная пластина (рис. А.6) имеет круглое отверстие диаметром от 0,254 мм до 30,074 мм, расположенное посередине трубной секции, круглую проточку (с 2х сторон) для установки прокладок и 2 отверстия для шпилек. Передняя кромка отверстия диафрагмы – острая, 90 градусов. Стандартная толщина диафрагменной пластины для всех типоразмеров 4.1148 мм (0.162 дюйма).

Для диафрагм 1195 с d_{20} менее 1.6764 мм, обе кромки острые, 90 градусов (на рис. 5.2 $E_D=e$). Данные диафрагмы можно применять для измерения двунаправленного расхода.

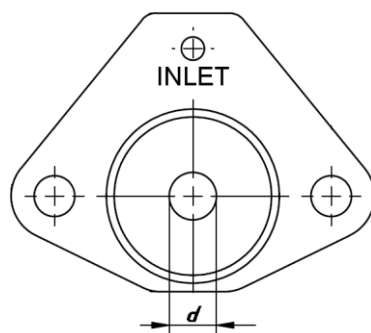
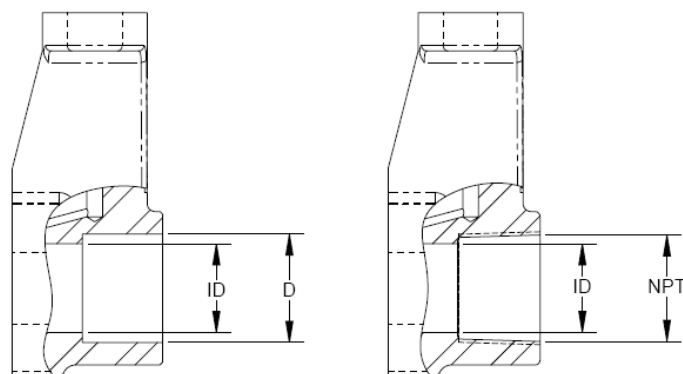


Рис. А.2. Диафрагма Rosemount 1195

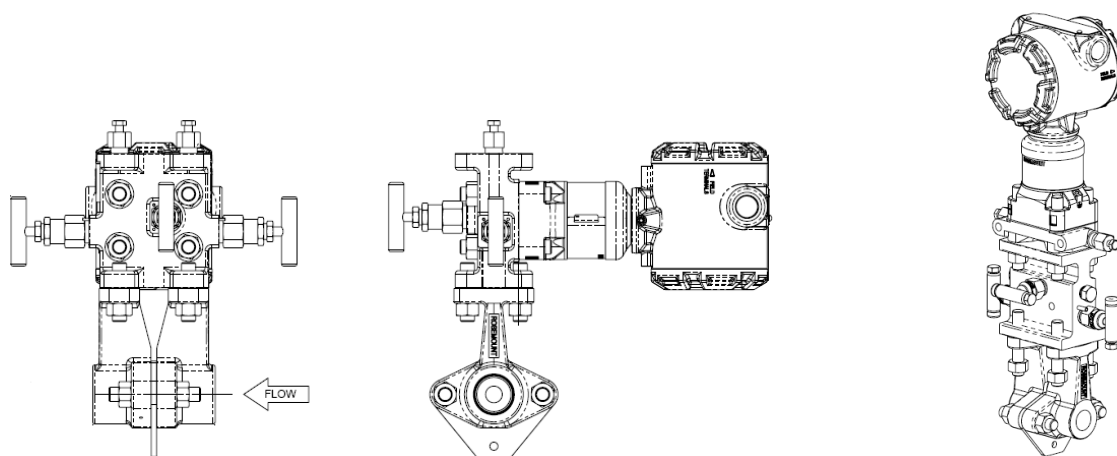
Фланцевые секции обеспечивают угловой тип отбора. Диафрагма Rosemount 1195 использует три типоразмера фланцевой секции (и соответственно ИТ): 0.5, 1 и 1.5 дюйма. Максимальный относительный диаметр β равен 0.8. Минимальное значение β ограничено минимальным диаметром отверстия 0,254 мм. Со стороны отборов, секции заканчиваются фланцами для прямого монтажа вентильного блока или датчика перепада давления с межцентровым расстоянием 54 мм (рис. А.1, А.6 а) и А.4) или переходниками (фланцевыми адаптерами) с резьбовым соединением (стандартно 1/2" NPT) для подвода импульсных линий (рис. А.5). Адаптеры имеют эксцентрик (1.5 мм), позволяющий обеспечивать расстояние между центрами выходных отверстий 51, 54 или 57 мм. Соединение между фланцевыми секциями и ИТ может быть резьбовым (стандартно NPT), или под приварку (см. рис. А.3).



а) под приварку ИТ

б) резьбовое соединение с ИТ

Рис. А.3. Фланцевые секции диафрагмы 1195



а) с манифольдом 305RT (см. также рис. А.1)

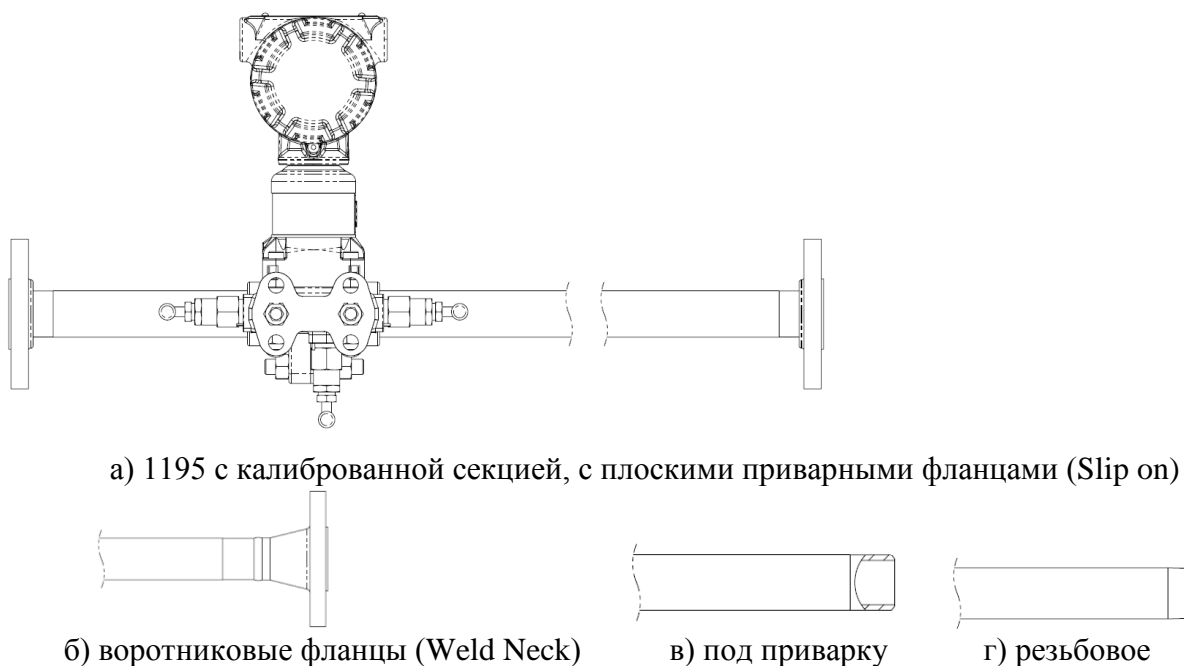
б) с манифольдом 304RT

Рис. А.4. 1195 с интегральным монтажом передатчика (с манифольдом)



Рис. А.5. 1195 с переходниками для удаленного монтажа трансмиттера

Калиброванные (хонингованные) трубные секции заводской поставки различаются по материалам (стандартно нержавеющая сталь 316 или Hastelloy C) и исполнению соединения с процессом. Варианты исполнений соединения с процессом для трубных секций приведены на рис. А.6.



а) 1195 с калиброванной секцией, с плоскими приварными фланцами (Slip on)

б) воротниковые фланцы (Weld Neck)

в) под приварку

г) резьбовое

Рис. А.6. Исполнение калиброванных секций

При необходимости, в трубные секции (по потоку после диафрагмы) устанавливаются сенсоры температуры (рис А.7).

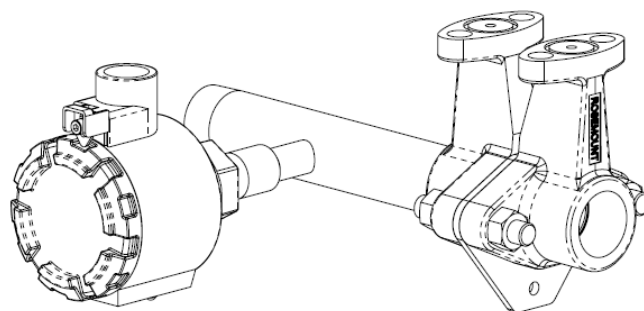


Рис А.7. Сенсор температуры встроенный в калиброванную трубную секцию.

А.2. Диафрагмы Rosemount 405P и 405C

Компактная диафрагма Rosemount 405 представляет собой единую конструкцию, состоящую из собственно диафрагменной пластины, камеры с угловыми отборами в виде кольцевой секции, удлинителя соединяющего камеру отборов с трехвентильным блоком и трехвентильного блока (для интегрального монтажа датчика перепада давления с сенсорным модулем типа Coplanar™). Диафрагмы Rosemount 405 бывают двух типов: 405P с одним отверстием и диафрагма 405C с четырьмя отверстиями. 405P доступна для типоразмеров от ½ дюйма. 405C доступна для типоразмеров от 2 дюймов. Передняя (входная по потоку) кромка у отверстий – острая, 90 градусов.

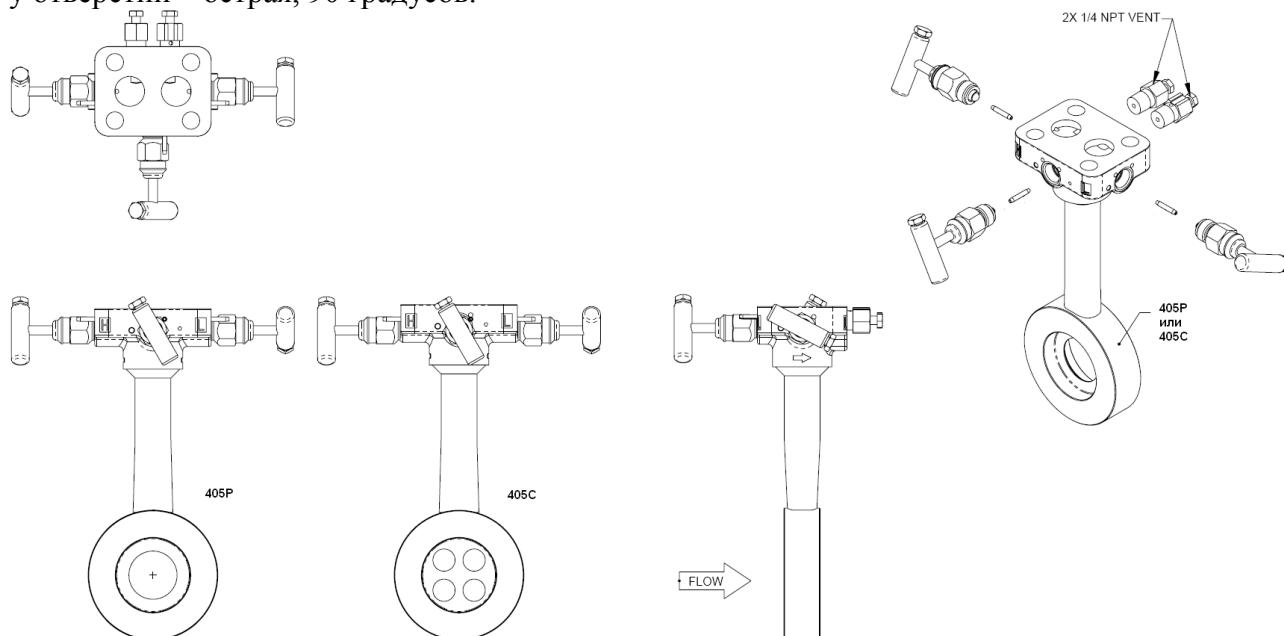


Рис А.8. Диафрагма Rosemount 405

Диафрагмы Rosemount 405 монтируются во фланцевую секцию измерительного трубопровода. Для центровки Rosemount 405 внутри трубопровода, совместно с диафрагмой поставляется центровочное полукольцо с внутренним диаметром равным внешнему диаметру кольцевой секции камеры отборов, и с проточками на внешней стороне совпадающими с отверстиями стандартных фланцев по EN 1092–1 (соответствует ГОСТ 12815) или ANSI B16.5.

В кольцевой секции отборов может находиться встроенный интегральный сенсор температуры (рис. А.9, А.10).

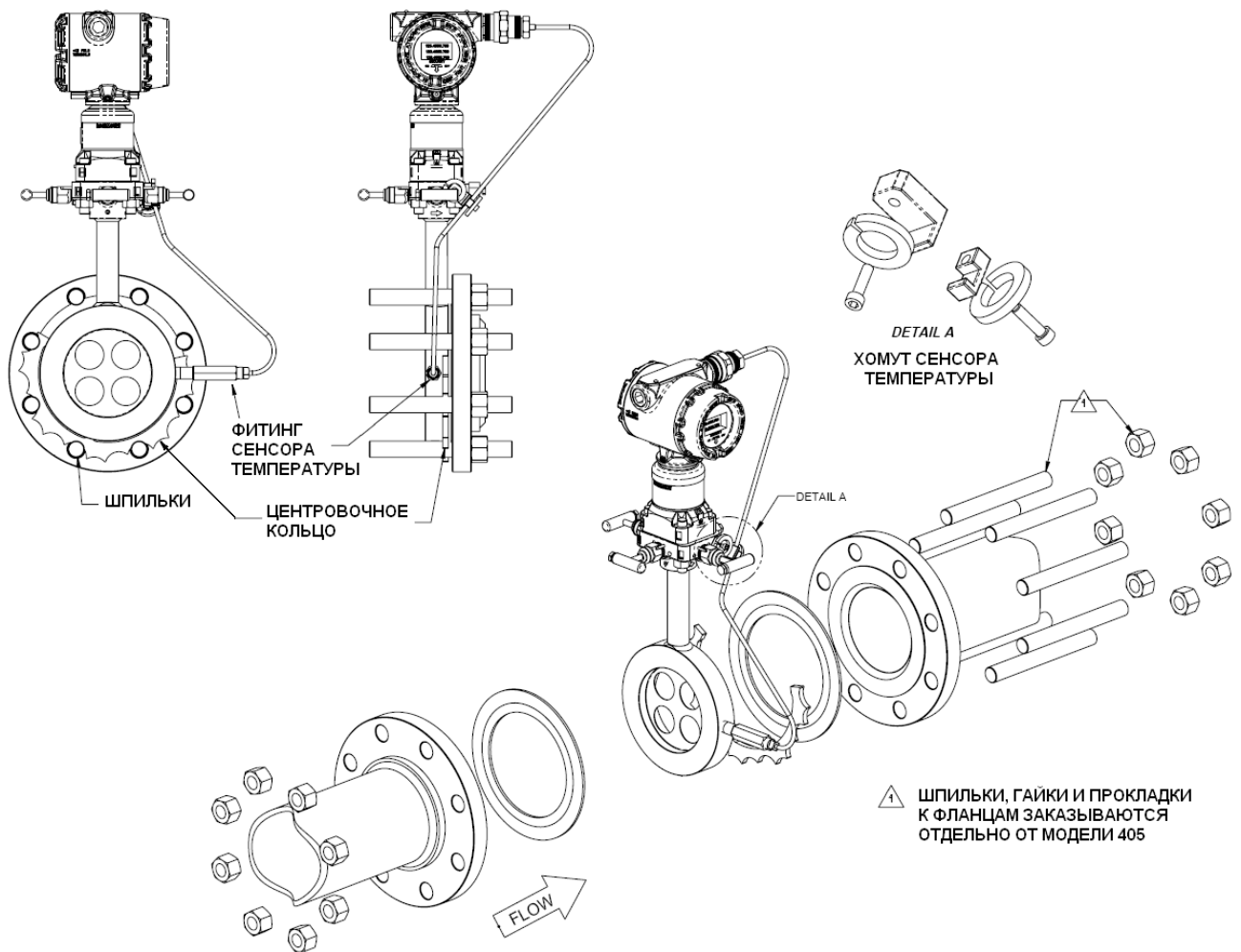


Рис.А.9. Монтаж диафрагмы Rosemount 405 в ИТ

Дополнительно диафрагма Rosemount 405 может быть укомплектована переходником для прямого монтажа датчиков с собственными фланцами (рис. А.10) или адаптерами для подвода импульсных линий, для удаленного монтажа датчика перепада (рис. А.11).

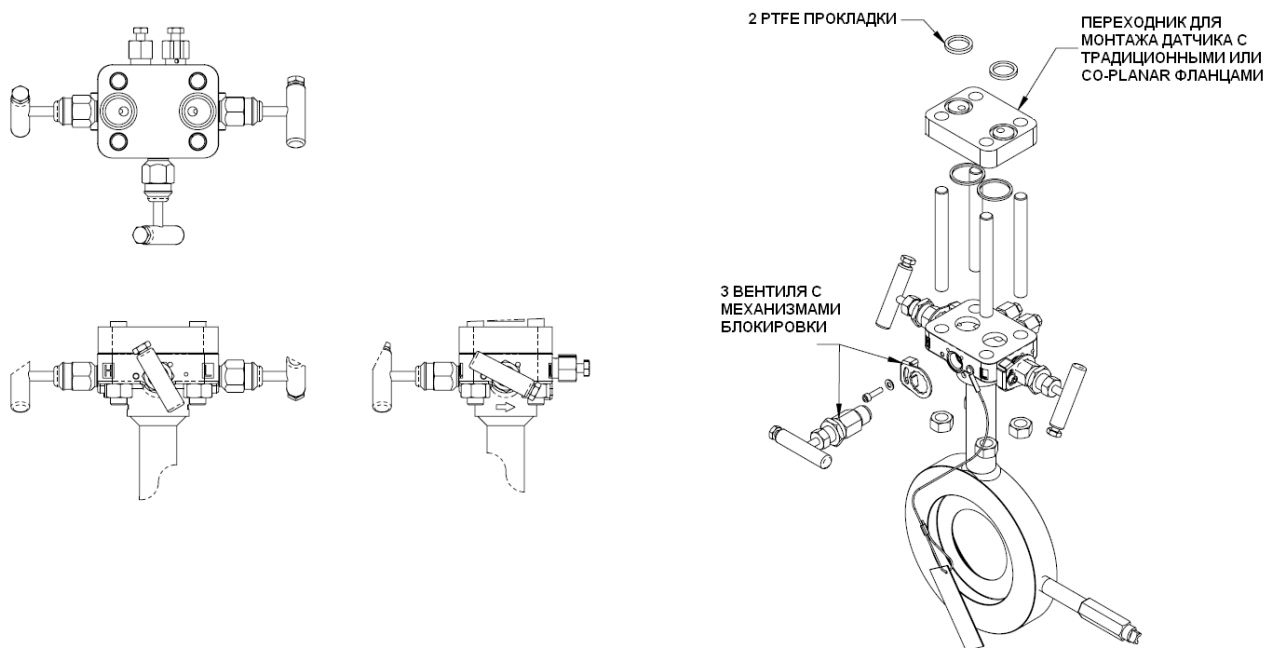


Рис.А.10. Диафрагма Rosemount 405 для интегрального монтажа трансмиттера с традиционными фланцами или фланцами Coplanar™.

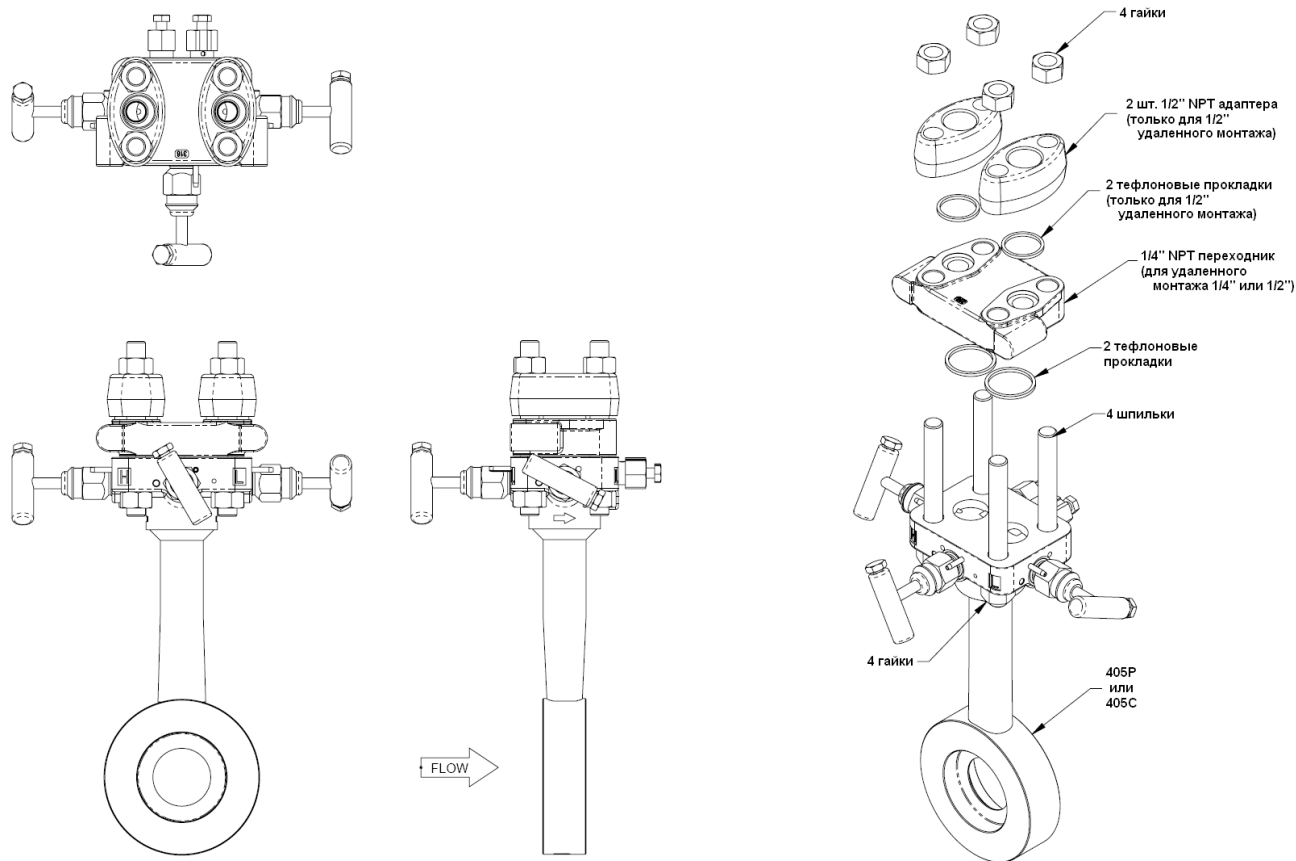


Рис.А.11. Диафрагма Rosemount 405 для удаленного монтажа передатчика

А.3. Диафрагмы Rosemount 1595

Диафрагма Rosemount 1595 представляет собой диск с четырьмя отверстиями, симметрично расположенными относительно центральной оси трубопровода. Передняя (входная по потоку) кромка у отверстий – острая, 90 градусов. 1595 может быть с ручкой (рис А.13 а), модель 1595Р), или круглого профиля (рис А.13 б), модель 1595U). Диафрагма 1595 может монтироваться в стандартные фланцы, применяемые например, для монтажа стандартных диафрагм по ISO 5167–2 или ГОСТ 8.586.2.

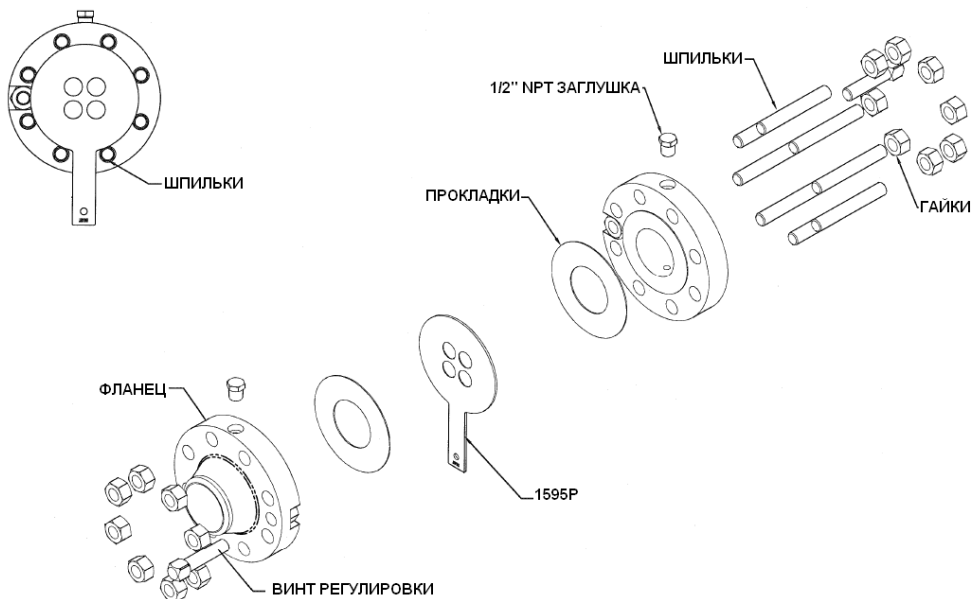
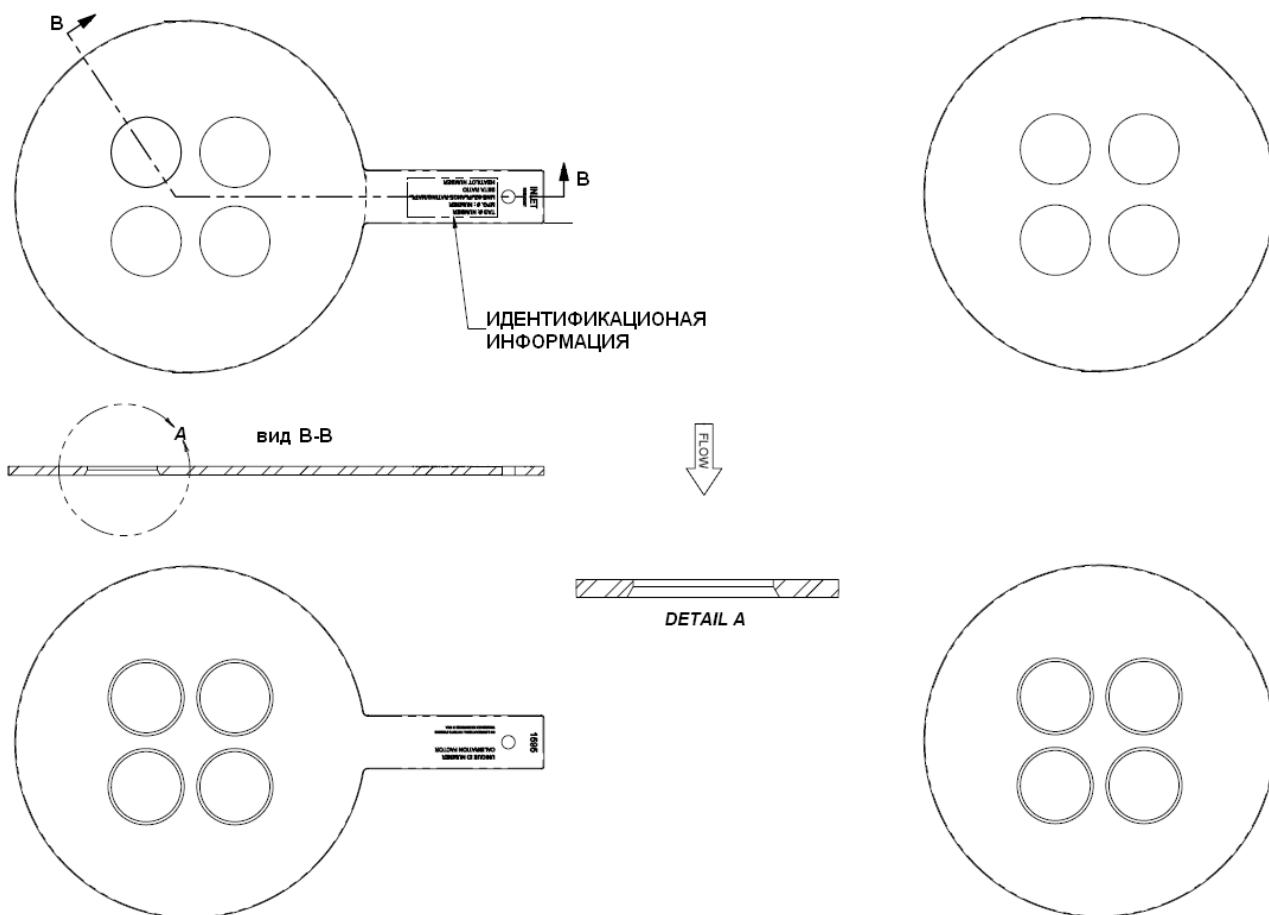


Рис.А.12. Монтаж диафрагмы Rosemount 1595 в ИТ.



а) 1595P

б) 1595U

Рис.А.13. Диафрагма Rosemount 1595.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСТЕЧЕНИЯ ДИАФРАГМ

Б.1 Определение коэффициента истечения диафрагм 405С

Б.1.1 Значение коэффициента истечения C для диафрагм 405С рассчитывают по формуле

$$C = C_C \cdot F_C \cdot F_D, \quad (\text{Б.1.1})$$

где

F_C – калибровочный коэффициент для диафрагмы (определяется по результатам калибровки диафрагмы на проливочной установке);

F_D – поправочный коэффициент к коэффициенту истечения на несоответствие внутреннего диаметра трубопровода его номинальному значению;

C_C – нескорректированный коэффициент истечения.

Б.1.2 Значение нескорректированного коэффициента истечения C_C рассчитывают по формуле

а) для диафрагм 405С (типоразмеры более 2")

$$C_C = 0,5961 + 0,0261 \cdot \beta^2 - 0,216 \cdot \beta^8 + 0,000521 \cdot \left(\frac{10^6 \cdot \beta}{\text{Re}} \right)^{0,7} + \left(0,0188 + 0,0063 \cdot \left(\frac{19000\beta}{\text{Re}} \right)^{0,8} \right) \cdot \beta^{3,5} \cdot \left(\frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{0,3}. \quad (\text{Б.1.2})$$

б) для диафрагм 405С (типоразмер 2")

$$C_C = 0,5961 + 0,0261 \cdot \beta^2 - 0,216 \cdot \beta^8 + 0,000521 \cdot \left(\frac{10^6 \cdot \beta}{\text{Re}} \right)^{0,7} + \left(0,0188 + 0,0063 \cdot \left(\frac{19000\beta}{\text{Re}} \right)^{0,8} \right) \cdot \beta^{3,5} \cdot \left(\frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{0,3} + 0,011 \cdot (0,75 - \beta) \cdot \left(2,8 - \frac{M_{ID}}{0,0254} \right). \quad (\text{Б.1.3})$$

Б.1.3 Значение поправочного коэффициента к коэффициенту истечения на несоответствие внутреннего диаметра ИТ его номинальному значению F_D рассчитывают по формуле

$$F_D = K_{F2} \cdot \left(\frac{D}{0,0254} \right)^2 + K_{F1} \cdot \left(\frac{D}{0,0254} \right) + K_{F0}. \quad (\text{Б.1.4})$$

где K_{F2} , K_{F1} , K_{F0} – коэффициенты, определяемые по таблице Б.1.

Таблица Б.1. Коэффициенты для расчета F_D

Типоразмер ИТ	β'	Диафрагмы 405С			Диафрагмы 405Р		
		K_{F2}	K_{F1}	K_{F0}	K_{F2}	K_{F1}	K_{F0}
½"	0,4	-	-	-	0,0338	- 0,1592	1,1067
1"	0,4	-	-	-	0,0338	- 0,1748	1,1650
1 ½"	0,4	-	-	-	0,0329	- 0,1924	1,2408
2"	0,4	0,19662	- 0,84764	1,91200	0,01350	- 0,10100	1,16080
3"	0,4	0,02480	- 0,17778	1,31197	0,01320	- 0,11330	1,23170
4"	0,4	0,03868	- 0,33545	1,72358	0,01301	- 0,12455	1,29790
5"	0,4	0,01607	- 0,17430	1,47025	0,00331	- 0,04672	1,15590
6"	0,4	-0,00244	0,02153	0,95903	-0,00873	0,09505	0,74733
8"	0,4	-0,00220	0,03061	0,89610	0,00998	-0,16856	1,70859
10"	0,4	-0,00122	0,02147	0,90767	-0,00628	0,11868	0,44124
12"	0,4	-0,00524	0,12387	0,26817	-0,001003	0,016866	0,939963
½"	0,65	-	-	-	0,0912	- 0,5584	1,2889
1"	0,65	-	-	-	0,1825	- 0,7991	1,6713
1 ½"	0,65	-	-	-	0,1602	- 0,8745	2,0215
2"	0,65	0,33488	- 1,47032	2,60837	0,12820	- 0,81770	2,15880
3"	0,65	-0,05183	0,28982	0,59867	0,10660	- 0,85200	2,62390
4"	0,65	0,00569	- 0,07052	1,19170	0,09457	- 0,87351	2,99452
5"	0,65	-0,02914	0,26464	0,40654	0,03990	- 0,47672	2,39517
6"	0,65	-0,00865	0,07134	0,88563	0,00204	- 0,08491	1,43923
8"	0,65	-0,04668	0,71469	- 1,73075	0,06679	- 1,11935	5,67299
10"	0,65	-0,02450	0,47140	- 1,26388	0,01531	- 0,36388	3,10576
12"	0,65	-0,03412	0,80000	- 3,68702	0,04932	- 1,24597	8,84034

Примечание – для диафрагм 405С с типоразмером ИТ 2", $\beta' = 0,6$.

Б.1.4 Значение калибровочного коэффициента F_C определяется по калибровочному листу диафрагмы. Пример калибровочного листа диафрагмы приведен в Приложении Е.

Б.2 Определение коэффициента истечения диафрагм 405Р

Б.2.1 Значение коэффициента истечения C для диафрагм 405Р рассчитывают по формуле

$$C = C_p \cdot F_D, \quad (\text{Б.2.1})$$

где

F_D – поправочный коэффициент к коэффициенту истечения на несоответствие номинального диаметра ИТ;

C_p – нескорректированный коэффициент истечения.

Б.2.2 Значение нескорректированного коэффициента истечения рассчитывают по формуле

а) для диафрагм 405Р (типоразмеры 2" и более)

$$C_p = 0,5959 + 0,0312 \cdot \beta^{2,1} - 0,184 \cdot \beta^8 + \frac{91,706 \cdot \beta^{2,5}}{\text{Re}^{0,75}}; \quad (\text{Б.2.2})$$

б) для диафрагм 405Р (типоразмеры менее 2")

$$C_p = K_A \cdot \beta^4 + K_B \cdot \beta^3 + K_C \cdot \beta^2 + K_D \cdot \beta + K_E + (K_F \cdot \beta^4 + K_G \cdot \beta^3 + K_H \cdot \beta^2 + K_I \cdot \beta + K_J) \cdot \sqrt{\frac{\beta}{\text{Re}}} \quad (\text{Б.2.3})$$

где $K_A \dots K_J$ – коэффициенты из таблицы Б.2.

Таблица Б.2. Коэффициенты $K_A \dots K_J$

Типоразмер ИТ	K_A	K_B	K_C	K_D	K_E
½"	2,854437	-3,378356	1,205753	-0,07817863	0,5884229
1"	0,07300363	-0,346828	0,2588337	-0,03890471	0,595342
1 ½"	-0,3459831	0,040353	0,2830634	-0,1111218	0,6051001

Окончание таблицы Б.2.

Типоразмер ИТ	K_F	K_G	K_H	K_I	K_J
½"	52,11968	-77,01062	56,26178	-17,54468	3,146987
1"	6,377415	12,17111	-6,079081	0,6620094	1,408031
1 ½"	89,79559	-124,0909	66,42804	-13,71296	2,337983

Б.2.3 Поправочный коэффициент к коэффициенту истечения на несоответствие номинального диаметра трубопровода F_D определяется в соответствии с Б.1.3.

Б.3 Определение коэффициента истечения диафрагм 1195

Б.3.1 Значение коэффициента истечения C рассчитывают по формуле

а) для диафрагм 1195 при $0,254 \leq d_{20} < 1,6764$ мм (QUADRANT EDGE)

$$C = 1,005529 - 6,75 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{\text{Re}}}, \quad (\text{Б.3.1})$$

б) для диафрагм 1195 при $d_{20} \geq 1,6764$ мм (SQUARE EDGE)

$$C = K_A \cdot \beta^4 + K_B \cdot \beta^3 + K_C \cdot \beta^2 + K_D \cdot \beta + K_E + \\ + (K_F \cdot \beta^4 + K_G \cdot \beta^3 + K_H \cdot \beta^2 + K_I \cdot \beta + K_J) \cdot \sqrt{\frac{\beta}{\text{Re}}}. \quad (\text{Б.3.2})$$

где $K_A \dots K_J$ – коэффициенты из таблицы Б.2.

Б.4 Определение коэффициента истечения диафрагм 1595

Б.4.1 Значение коэффициента истечения C рассчитывают по формуле

$$C = C_c \cdot F_c, \quad (\text{Б.4.1})$$

где

F_c – калибровочный коэффициент для диафрагмы (определяется по результатам калибровки диафрагмы на проливочной установке);

C_c – нескорректированный коэффициент истечения.

Б.4.2 Значение нескорректированного коэффициента истечения C_c рассчитывают по формуле

$$\begin{aligned} C_c = & 0,5961 + 0,0261\beta^2 - 0,216\beta^8 + 0,000521 \cdot \left(\frac{10^6 \cdot \beta}{\text{Re}}\right)^{0,7} + \\ & + \left(0,0188 + 0,0063 \cdot \left(\frac{19000 \cdot \beta}{\text{Re}}\right)^{0,8}\right) \cdot \beta^{3,5} \cdot \left(\frac{10^6}{\text{Re}}\right)^{0,3} + \\ & + \left(0,043 + 0,080e^{-10L_1} - 0,123e^{-7L_1}\right) \cdot \left(1 - 0,11 \cdot \left(\frac{19000 \cdot \beta}{\text{Re}}\right)^{0,8}\right) \cdot \left(\frac{\beta^4}{1 - \beta^4}\right) - \\ & - 0,031 \cdot \left(M_1 - 0,8 \cdot M_1^{1,1}\right) \cdot \beta^{1,3} + M_2. \end{aligned} \quad (\text{Б.4.2})$$

$$M_1 = \frac{2 \cdot L'_2}{1 - \beta};$$

$$M_2 = \begin{cases} 0,011 \cdot (0,75 - \beta) \cdot \left(2,8 - \frac{D}{0,0254}\right), & \text{для } D < 0,07112 \text{ м} \\ 0, & \text{для } D > 0,07112 \text{ м} \end{cases}.$$

Значение L_1 и L'_2 принимают равными:

- для трехрадиусного способа отбора давления:

$$L_1 = 1;$$

$$L'_2 = 0,47;$$

- для фланцевого способа отбора:

$$L_1 = L'_2 = \frac{0,0254}{D}.$$

Б.4.4 Значение калибровочного коэффициента F_c определяется по калибровочному листу на диафрагму.

ПРИЛОЖЕНИЕ В ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЙ ДИАФРАГМ, ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ИТ И КОЛЬЦЕВОЙ СЕКЦИИ ОТБОРА ДАВЛЕНИЯ

В.1 Определение диаметра измерительного трубопровода (ИТ) при температуре 20 °С и при рабочей температуре

В.1.1 Внутренний диаметр ИТ при температуре 20 °С определяют по формуле

$$D_{20} = \frac{D_{II}}{1 + \gamma_D \cdot (t_{II} - 20)} = \frac{D_{II}}{K_T}, \quad (\text{В.1})$$

где

t_{II} – температура окружающей среды во время измерений диаметра трубопровода, °С;

D_{II} – внутренний диаметр ИТ, измеренный при температуре t_{II} ;

γ_D – коэффициент линейного расширения материала трубопровода, 1/°С;

K_T – поправочный коэффициент на изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением t_{II} от 20 °С.

В.1.2 Диаметр ИТ при рабочей температуре t определяют по формуле

$$D = D_{20} \cdot [1 + \gamma_D \cdot (t - 20)] = D_{20} \cdot K_T, \quad (\text{В.2})$$

где

D_{20} – внутренний диаметр ИТ при 20 °С;

K_T – поправочный коэффициент на изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением t от 20 °С;

γ_D – коэффициент линейного расширения материала ИТ, 1/°С;

П р и м е ч а н и е – Завод-изготовитель нормирует неопределенность коэффициента истечения для диафрагм 1195, поставляемых в сборе с заводскими хонингованными трубными секциями ИТ из нержавеющей стали или из Hastelloy, базируясь на стандартных (номинальных) табличных значениях диаметра трубопровода $D_{20}^{ном}$ (16,8656 мм, 27,8638 мм и 39,8018 мм для типоразмеров 0,5", 1" и 1,5" соответственно) и расчетном значении диаметра отверстия $d_{20}^{расч}$. Таким образом, если в формулах расчета расхода диафрагм 1195 используется C , рассчитанное для номинального значения диаметра трубопровода и расчетного диаметра отверстия диафрагмы ($d_{20}^{расч}$), то в формуле (В.2) используется не значение D_{20} (рассчитанное по результатам измерения диаметра трубопровода по формуле (В.1)), а используется номинальное значение стандартного диаметра трубопровода $D_{20}^{ном}$, приведенное в данном разделе выше (или в документации производителя).

В.1.3 Значения температурного коэффициента линейного расширения γ_D различных материалов для диапазона температур могут быть рассчитаны по формуле

$$\gamma_D = 10^{-6} \cdot [a_0 + 10^{-3} \cdot t \cdot a_1 + 10^{-6} \cdot t^2 \cdot a_2], \quad (\text{В.3})$$

где a_0, a_1, a_2 – постоянные коэффициенты.

Значения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 и соответствующие им диапазоны температур приведены в таблице Г.1 Приложения Г, ГОСТ 8.586.1 и в таблице В.2.

В.2 Определение диаметров отверстий диафрагм при температуре 20 °С и при рабочей температуре

В.2.1 Диаметр отверстия диафрагм при температуре 20 °С d_{20} (для диафрагм 1195 и 405Р) и d_{C20} (для диафрагм 1595 и 405С) определяют по формулам

$$d_{20} = \frac{d_H}{1 + \gamma_d \cdot (t_H - 20)} = \frac{d_H}{K'_O}, \quad (\text{В.4})$$

$$d_{C20} = \frac{0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 d_{CHi}}{1 + \gamma_d \cdot (t_H - 20)} = \frac{0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 d_{CHi}}{K'_O}, \quad (\text{В.5})$$

где

t_H – температура окружающего воздуха, при которой проведены измерения диаметра отверстия, °С;

d_H – диаметр отверстия диафрагмы 1195 или 405Р, измеренный при температуре t_H ;

d_{CHi} – диаметр i – ого отверстия диафрагм 1595 или 405С, измеренный при температуре t_H ;

K'_O – поправочный коэффициент на изменение диаметров отверстий, вызванное отклонением t_H от 20 °С.

Диаметр отверстия диафрагм при рабочей температуре d (для диафрагм 1195 и 405Р) и d_C (для диафрагм 1595 и 405С) при температуре 20 °С определяют по формулам

$$d = d_{20} \cdot [1 + \gamma_d \cdot (t - 20)] = d_{20} \cdot K_O, \quad (\text{В.6})$$

$$d_C = d_{C20} \cdot [1 + \gamma_d \cdot (t - 20)] = d_{C20} \cdot K_O, \quad (\text{В.7})$$

где

K_O – поправочный коэффициент на изменение диаметра отверстия диафрагмы, вызванное отклонением t от 20 °С.

Примечания:

1. Завод-изготовитель, при калибровке стабилизирующих диафрагм, рассчитывает калибровочный коэффициент F_C , базирясь на стандартных (номинальных) табличных значениях диаметра отверстия $d_{C20}^{ном}$. Соответственно, если в формулах расчета расхода используется заводской калибровочный коэффициент F_C , то в формуле В.7 используется не значение d_{C20} (рассчитанное по результатам измерения диаметров отверстий по формуле В.5), а используется номинальное значение стандартного диаметра отверстия $d_{C20}^{ном}$ из таблицы Б.1 или из документации изготовителя.

2. Завод-изготовитель специфицирует неопределенность коэффициента истечения для диафрагм 405Р и 405С, 1595 базирясь на стандартных (номинальных) табличных значениях

$M_{ID20}^{ном}$, $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$. Соответственно, если в формулах расчета расхода диафрагм 405 и 1595, используется C_C , C_P и F_D , рассчитанные для номинальных значений размеров диафрагм ($M_{ID20}^{ном}$, $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$), то в формулах В.6 и В.7 используется не значения d_{C20} и d_{20} (рассчитанные по результатам измерений диаметра отверстий по формулам В.4 и В.5), а используются номинальные значения $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$ из таблицы В.1 или из документации изготовителя.

3. Завод-изготовитель нормирует неопределенность коэффициента истечения для диафрагм 1195, базирываясь на расчетном значении диаметра отверстия $d_{20}^{расч}$. Таким образом, если в формулах расчета расхода диафрагм 1195 используется C , рассчитанное для расчетного диаметра отверстия диафрагмы ($d_{20}^{расч}$), то в формуле В.6 используется не значение d_{20} (вычисленное по результатам измерения диаметра отверстия по формуле В.4), а используется расчетное значение диаметра отверстия $d_{20}^{расч}$, взятое из заводского листа расчета расхода по программе Instrument ToolKit.

Таблица В.1 – Номинальный диаметр отверстия диафрагм 405 и 1595 и внутренний диаметр кольцевой секции диафрагм 405

Тип СУ:	405P		405C		1595			405
β'	0,4	0,65	0,4	0,65	0,2	0,4	0,65	$M_{ID20}^{ном}$, мм
Типоразмер ИТ:	Номинальный диаметр отверстия диафрагмы, мм							
	$d_{20}^{ном}$		$d_{C20}^{ном}$					
1/2"	6,3246	10,2616	-	-	-	-	-	15,7988
1"	10,6680	17,3228	-	-	-	-	-	26,6446
1 1/2"	16,3576	26,5938	-	-	-	-	-	40,8940
2"	21,0058	34,1376	10,4902	15,748	5,2578	10,4902	15,748	52,5018
3"	31,1658	50,6476	15,5956	25,3238	7,7978	15,5956	25,3238	77,9272
4"	40,8940	66,4718	20,4470	33,2486	10,2362	20,4470	33,2232	102,2604
5"	51,2826	83,3374	25,6286	41,6560	-	-	-	128,1938
6"	61,6204	100,1268	30,8102	50,0634	15,4178	30,8102	50,0634	154,0510
8"	81,0768	131,7752	40,5384	65,8876	20,2692	40,5384	65,8876	202,7174
10"	101,8032	165,4302	50,9016	82,7278	25,4508	50,9016	82,7278	254,5080
12"	121,9200	198,1200	60,9600	99,0600	30,4800	60,9600	99,0600	304,8000
14"	-	-	-	-	33,3248	66,6750	108,3310	-
16"	-	-	-	-	38,1000	76,2000	123,8250	-
18"	-	-	-	-	42,8752	85,7250	139,3190	-
20"	-	-	-	-	47,7774	95,5548	155,2956	-
24"	-	-	-	-	57,4548	114,9350	186,7662	-

Примечание – для диафрагм 405C и 1595 с типоразмером ИТ 2", $\beta' = 0,6$.

В.2.2 Значения температурного коэффициента линейного расширения диафрагмы γ_d рассчитывают по формуле

$$\gamma_d = 10^{-6} \cdot [a_0 + 10^{-3} \cdot t \cdot a_1 + 10^{-6} \cdot t^2 \cdot a_2], \quad (\text{В.8})$$

где a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты, приведенные в таблице В.2.

Таблица В.2 – Значения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 .

Материал диафрагмы	a_0	a_1	a_2	Диапазон температур, °С
Нержавеющая сталь 316 (S31600/CF8M)	15,2	7,0	-1,1	от -184 до +871
Нержавеющая сталь 316 (S31600/CF8M)	15,6	7,1	-3,9	от -73 до +538
Hastelloy C-276	11,0	4,3	1,2	от +21 до +927
Hastelloy C-276	10,5	8,0	-4,2	от +21 до +649
Monel 400	13,0	9,1	-4,0	от -184 до +1093
Monel 400	13,1	12,7	-12,5	от -73 до +538
Нержавеющая сталь 304	15,1	5,1	2,1	от -73 до +427
Нержавеющая сталь 304	14,8	10,2	-8,0	от -268 до +538
Примечание – Таблица составлена по данным изготовителя диафрагм 1195, 405Р, 405С, 1595.				

В.3 Определение внутреннего диаметра кольцевой секции отборов для диафрагм 405С и 405Р при 20 °С и рабочей температурах

В.3.1 Результат измерений внутреннего диаметра кольцевой секции отборов для диафрагм 405С и 405Р приводят к температуре 20 °С по формуле

$$M_{ID20} = \frac{M_{IDt}}{1 + \gamma_M \cdot (t_{II} - 20)} = \frac{M_{IDt}}{K'_M}, \quad (\text{В.9})$$

где

t_{II} – температура окружающей среды во время измерений диаметра кольцевой секции, °С;

M_{IDt} – измеренный внутренний диаметр кольцевой секции отборов;

K'_M – поправочный коэффициент на изменение диаметра кольцевой секции отборов, вызванное отклонением t_{II} от 20 °С.

Внутренний диаметр кольцевой секции отборов для компактных диафрагм 405 при рабочей температуре определяют по формуле

$$M_{ID} = M_{ID20} \cdot [1 + \gamma_M \cdot (t - 20)] = M_{ID20} \cdot K_M, \quad (\text{В.10})$$

где

K_M – поправочный коэффициент на изменение диаметра кольцевой секции отборов, вызванное отклонением t от 20 °С.

П р и м е ч а н и я :

1. Завод-изготовитель при калибровке стабилизирующих диафрагм 405С, рассчитывает калибровочный коэффициент F_C , базируясь на стандартных (номинальных) табличных значениях кольцевой секции отборов $M_{ID20}^{ном}$. Соответственно, если в формулах расчета расхода диафрагм 405С используется заводской калибровочный коэффициент F_C , то в формуле В.10 используется не значение M_{ID20} (рассчитанное по результатам измерения диаметра секции по формуле В.9), а используется номинальное значение внутреннего диаметра кольцевой секции $M_{ID20}^{ном}$ из таблицы В.1 или из документации изготовителя.

2. Завод-изготовитель нормирует неопределенность коэффициента истечения для диафрагм 405Р и 405С, базируясь на стандартных (номинальных) табличных значениях $M_{ID20}^{ном}$, $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$. Соответственно, если в формулах расчета расхода диафрагм 405, используется C_C , C_P и F_D рассчитанные для номинальных значений размеров диафрагм ($M_{ID20}^{ном}$, $d_{C20}^{ном}$ и $d_{20}^{ном}$), то в формуле В.10 используется не значение M_{ID20} (рассчитанное по результатам измерений по формуле В.9), а используется номинальное значение стандартного диаметра фланцевой секции $M_{ID20}^{ном}$ из таблицы В.1 или из документации изготовителя.

В.3.2 Значения температурного коэффициента линейного расширения кольцевой секции отборов γ_M рассчитывают по формуле

$$\gamma_M = 10^{-6} \cdot [a_0 + 10^{-3} \cdot t \cdot a_1 + 10^{-6} \cdot t^2 \cdot a_2], \quad (\text{В.11})$$

где a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты, приведенные в таблице В.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г ПРЯМОЛИНЕЙНЫЕ УЧАСТКИ ДЛЯ ДИАФРАГМ

Г.1. Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 1595 и 405С

Минимальная длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 1595 и 405С приведена в таблице Г.1.

Таблица Г.1. – Минимальная длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 1595 и 405С

Типы местных сопротивлений (МС)		β'	
		0,4 и 0,2	0,65 ⁽¹⁾
Прямолинейные участки ИТ до СУ	Одиночное 90° колено или Т образный тройник ⁽²⁾	2	2
	Два или более колен в одной плоскости ⁽²⁾	2	2
	Два или более колен в разных плоскостях ⁽²⁾	2	2
	Произвольное препятствие создающее угол закрутки потока до 10°	2	2
	Конфузор	2	2
	Диффузор	6	8
	Поворотный клапан открытый от 75 до 100 %	2	5
Полностью открытый шаровой клапан или задвижка	2	2	
Прямолинейные участки ИТ для любого МС после СУ		2	2

Примечания:

(1) – для диафрагм 405С и 1595, типоразмеры 2", $\beta' = 0.6$.

(2) – отборы давления должны находиться перпендикулярно плоскости последнего изгиба.

Г.2. Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 405Р

Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 405Р определяют в соответствии с разделом 6 ГОСТ 8.586.2.

Г.3. Прямолинейные участки ИТ для диафрагм 1195

Минимальная длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 1195 приведена в таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Минимальная длина прямолинейных участков ИТ для диафрагм 1195

β	Прямолинейные участки ИТ							После СУ
	до СУ (в зависимости от типа МС) ⁽¹⁾							
	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	
< 0,2	20	22	24	25	30	22	22	10
0,40	20	22	25	27	31	22	22	10
0,50	20	23	25	28	33	23	23	10
0,60	20	25	27	31	37	25	25	10
0,70	23	28	32	35	42	28	28	10
0,75	25	30	35	38	45	30	30	10

⁽¹⁾ Типы МС

А – Конфузор

В – Диффузор

С – одно колено 90° или тройник с разветвляющимися потоками или заглушенный тройник.

D – два и более 90° колен в одной плоскости


E – два и более 90° колен в разных плоскостях

F – полностью открытая поворотная заслонка

G – полностью открытый шаровой или шиберный клапан

⁽²⁾ Длины прямых участков соответствуют ASME MFC-14M

ПРИЛОЖЕНИЕ Д ПРИМЕР РАСЧЕТНОГО ЛИСТА ДИАФРАГМЫ

ROSEMOUNT INC. 405 COMPACT PRIMARY ELEMENT CALCULATION DATA SHEET				
GENERAL DATA				
Customer:				
Project:				
S. O. No.:				
P. O. No.:				
Calc. Date:				
Model No.:	405C8080N040D90RW00C1			
Tag No.:	405C-8in-04_21(b)(8)			
PRODUCT DESCRIPTION				
Bore Type:			Tap Type:	
Nominal Beta:	0.40		Tap Location:	
Plate Type:	Conditioning Orifice Plate		Line Size:	8 in (200 mm)
Plate Material:	316 SST		Pipe Schedule:	
Meter Schedule:			Pipe Material:	Carbon Steel
Process Connection:				
INPUT DATA				
Fluid Type:	Liquid	Calibration Factor (Fc):	1.000	
Fluid Name:	WATER	Base Pressure:		
Pipe I.D.:	207,000 mm	Base Temperature:		
Pressure:	5,000 bar-a	Base Density:		
Temperature at Flow:	20,00 C	Atmospheric Pressure:	100,000 kPa-a	
Absolute Viscosity:	1,00122 cP	Compressibility at Flow:		
Isentropic Exponent:		Density at Flow:	999,8251 kg/m ³	
Flow Rates:				
Minimum:	1,00 Ton(M)/hr	—*See Warnings		
Normal:	10,00 Ton(M)/hr			
Maximum:	100,00 Ton(M)/hr			
Full Scale:	100,00 Ton(M)/hr			
CALCULATED DATA (Calculation Performed at Normal Conditions.)				
Typical Orifice Hole Size:	40,558 mm	Pipe Reynolds Number (Normal):	17065	
Calculated Orifice Bore Size:	81,077 mm	Gas Expansion Factor:	1,0000	
DP at Min Flow:	0,004 kPa	Permanent Pressure Loss		
DP at Normal Flow:	0,363 kPa	at Normal Flow:	0,31 kPa	
DP at Max Flow:	38,260 kPa	at Max Flow:	31,48 kPa	
URV (DP at Full Scale):	38,260 kPa	Velocity at Max Flow:	0,83 m/sec	
Beta:	0,4000			
Discharge Coefficient:	0,8076			
Pipe Sch Adjustment Factor:	0,989			
Pipe ID (thermally corrected)	207,000 mm	Bore Size (thermally corrected)	81,077 mm	
GUIDELINES				
Primary Element Min Limit of Use	4,07 Ton(M)/hr	Min Recommended Pipe Reynolds:	5000,0	
Max. Allow. Pressure @ Temp:	100,3 bar-a	20,00 C	Recommended Min DP:	0,062 kPa
Design Pressure/Temperature:	8,000 bar-a	20,000 C	Max. Allow. Temp.:	450,000 F
WARNINGS				
Low DP Notice at Minimum Flow (0.004 < 0.062 in kPa)				
Low Reynolds Number at Minimum Flow (Minimum Reynolds < 5000.0)				
* Flowrate is below recommended minimum value of 4,068631 Ton(M)/hr.				
NOTES				
This report is provided according to the terms and conditions of the Instrument Toolkit(TM) End-Use Customer License Agreement.				
Version: 3.0 (Build171E) Printed On:				

ПРИЛОЖЕНИЕ Е ПРИМЕР КАЛИБРОВОЧНОГО ЛИСТА ДИАФРАГМЫ

ROSEMOUNT FLOW CALIBRATION REPORT

ID Number: 04D6527687
 Lab Calibration Performed: WC
 Model: 405C

CALIBRATION REFERENCE CONDITIONS:
 Laboratory: Boulder, Colorado
 Fluid: Water
 Pipe ID: 103.2002 mm
 Beta: 0.65
 Calibration Date: 15-Sep-10
 Maximum Calibrated Flow: 1504.6 lpm

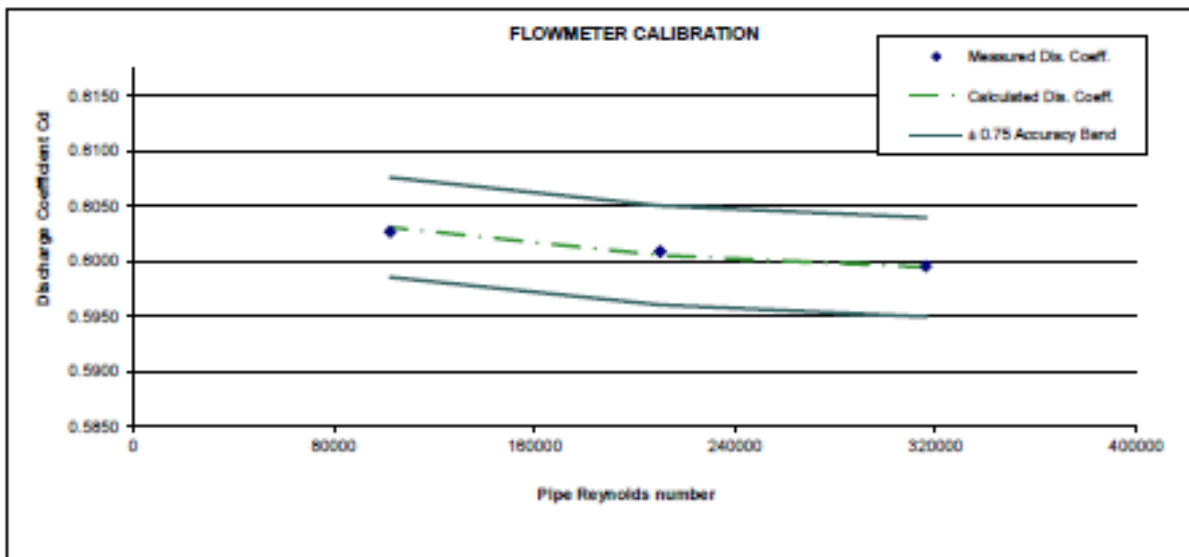
Discharge Coefficient
 Calibration Factor (F₀) 0.987

$$\text{Calculated Curve} = \left[C_d \left(Re, \beta \right) \right] * \text{Calibration Factor}$$

C_d Calculated per ISO 5167-2 (2003)

No.	Fluid Temp °C	Fluid Velocity m/sec	Fluid Viscosity cP	Fluid Density Kg/m ³	UUT* dP mm H ₂ O	Calculated Dis. Coeff. Cd	Measured Dis. Coeff. Cd	Reynolds No. Pipe	Ref. Lab Flow lpm
1	21.1	3.00	0.976	997.88	6128.83	0.5995	0.5995	316,214	1,504.6
2	21.1	1.99	0.976	997.88	2697.47	0.6006	0.6009	210,332	1,000.6
3	21.1	0.97	0.976	997.88	635.76	0.6031	0.6027	102,543	487.8

All the above results reflect the wet calibration, at lab conditions. *Unit Under Test



This calibration was performed using measuring equipment traceable to NIST, with flow rate measurement uncertainty of +/-0.25% or better.

Certified by: Jason A Smith

Date: 15-Sep-10

Rev: A8

ROSEMOUNT

www.rosemount.com

EMERSON
 Process Management

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Product Data Sheet 00813–0100–4810 rev. JA. Rosemount Compact Orifice Flowmeter Series. Лист технических данных. Серия компактных диафрагм Rosemount 405 и расходомеров Rosemount 3051SFC и Rosemount 3095MFC
- [2] Product Data Sheet 00813–0100–4686 rev. PA. Rosemount Integral Orifice Flowmeter Series. Лист технических данных. Серия встраиваемых диафрагм Rosemount 1195 и расходомеров Rosemount 3051SFP и Rosemount 3095MFP
- [3] Product Data Sheet 00813–0100–4828 rev FA. Rosemount 1595 Conditioning Orifice Plate. Лист технических данных. Стабилизирующие диафрагмы Rosemount 1595
- [4] Manual 00809–0100–4810 rev. DA. Rosemount Compact Orifice Flowmeter Series. Руководство по монтажу и эксплуатации. Серия компактных диафрагм Rosemount 405 и расходомеров Rosemount 3051SFC и Rosemount 3095MFC
- [5] Manual 00809–0100–4686 rev HA. Rosemount Integral Orifice Flowmeter Series. Руководство по монтажу и эксплуатации. Серия встраиваемых диафрагм Rosemount 1195 и расходомеров Rosemount 3051SFP и Rosemount 3095MFP
- [6] Manual 00809–0100–4828 rev EA. Rosemount 1595 Conditioning Orifice Plate. Руководство по монтажу и эксплуатации. Стабилизирующие диафрагмы Rosemount 1595
- [7] Technical Note 1595_2_01_AA (July 2004) Conditioning Orifice Plate Technology; Taking the Standard to a New Level of Capability
- [8] 405C_405P_1595_Handbook & Test Book_eng_rev DA_00821–0100–4810.pdf
- [9] 405C_1595_for Wet Gaz_Flow HandBook_Test Book_eng_rev AA.pdf
- [10] Dieterich Standard Memorandum from 2/10/98 To: 1195 Integral Orifice Project
- [11] Международный стандарт ИСО 5167–1:2003(International Standard ISO 5167–1:2003) Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 1. Общие принципы и требования (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full– part 1: general principles and requirements)
- [12] Международный стандарт ИСО 5167–2:2003(International Standard ISO 5167–2:2003) Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 2. Диафрагмы (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – part 2: orifice plates)
- [13] ИСО 5168:2005 «Измерение потока жидкости и газа. Процедура оценки неопределенностей» (ISO 5168: 2005 «Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties»)