ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.902.1— 2015

Государственная система обеспечения единства измерений

МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СУЖАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Часть 1

Принцип метода измерений и общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии» (ФГУП «ВНИИР»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 24 «Метрологическое обеспечение добычи и учета углеводородов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2015 г. № 1972-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения и сокращения 3
4.1 Условные обозначения 3
4.2 Индексы 4
4.3 Сокращения 4
4.4 Единицы величин 4
5 Принцип метода измерения 5
5.1 Принцип метода 5
5.2 Выбор сужающего устройства 5
6 Определение параметров потока и сужающего устройства в рабочих условиях 5
6.1 Определение физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на СУ . . 5
6.2 Расчет диаметра отверстия сужающего устройства и измерительного трубопровода в рабочих условиях 6
7 Общие требования к условиям проведения измерений 6
7.1 Общие требования 6
7.2 Условия применения средств измерений, обработки результатов измерений 6
7.3 Измеряемая среда 7
8 Состав и общие требования к узлу измерений 9
9 Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению 10
Приложение А (рекомендуемое) Рекомендации по выбору типа сужающего устройства 15
Библиография 16

Введение

Комплекс национальных стандартов ГОСТ Р под общим наименованием «Государственная система обеспечения единства измерений. Метод переменного перепада давления. Специальные сужающие устройства» (далее — комплекс стандартов) состоит из следующих частей:

- Часть 1 Принцип метода измерений и общие требования;
- Часть 2 Технические требования;
- Часть 3 Методика измерений.

Комплекс стандартов распространяется на измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления при применении следующих типов специальных сужающих устройств:

- стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм;
- диафрагмы с коническим входом;
- износоустойчивые диафрагмы;
- двойные диафрагмы;
- сегментные диафрагмы;
- эксцентричные диафрагмы;
- цилиндрические сопла;
- сопла «четверть круга».

Комплекс стандартов устанавливает требования к геометрическим размерам и условиям применения специальных сужающих устройств, используемых в трубопроводах круглого сечения, полностью заполненных средой.

В первой части приведены термины и определения, условные обозначения, принцип метода измерений и установлены общие требования к условиям измерений при применении всех типов специальных сужающих устройств. Комплекс стандартов максимально согласован с ГОСТ 8.586(1-5), также в него введены положения [1] в части эксцентричных диафрагм.

Вторая часть устанавливает технические требования к конкретным типам сужающих устройств.

В третьей части приведена методика измерений расхода и количества среды с помощью указанных типов сужающих устройств.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СУЖАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Часть 1

Принцип метода измерений и общие требования

State system of ensuring the uniformity of measurements. Variable pressure drop technique. Special orifices. Part 1. Principle of measurement technique and general requirements

Дата введения — 2017—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает определения необходимых терминов и условные обозначения, принцип метода измерений расхода и количества жидкостей газов с помощью специальных сужающих устройств (далее — сужающих устройств), установленных в полностью заполненном средой трубопроводе круглого сечения.

1.2 Стандарт устанавливает общие требования к сужающим устройствам и их установке, измерительным трубопроводам, условиям проведения измерений расхода и количества среды, а также к выбору типа сужающего устройства, в зависимости от условий эксплуатации.

1.3 В настоящем стандарте объемный расход и объем газов, измеряемых при рабочих условиях, приводят к стандартным условиям по ГОСТ 2939.

1.4 Стандарт распространяется на сужающие устройства, для которых были проведены экспериментальные исследования, число и качество которых обеспечивают их применение с прогнозируемой неопределенностью их характеристик без индивидуальной градуировки.

1.5 Измеряемая (рабочая) среда:

- однокомпонентные газы, смеси газов, в том числе природный (горючий) газ и нефтяной попутный газ, водяной пар (далее — газ);
- однокомпонентные жидкости, смеси жидкостей, в том числе нефтепродукты (далее жидкость).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.417 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ 8.566 Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственная система данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения

ГОСТ 8.586.1 (ИСО 5167-1:2003) ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования

ГОСТ 8.586.2 (ИСО 5167-2:2003) ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования

ГОСТ 8.586.3 (ИСО 5167-3:2003) ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования

ГОСТ 8.586.4 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования

Издание официальное

ГОСТ 8.586.5 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений

ГОСТ 2789 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 2939 Газы. Условия для определения объема

ГОСТ 15528 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 15528, ГОСТ 8.586.1, [2], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **абсолютная шероховатость:** Среднее арифметическое из абсолютных значений расстояний между любой точкой профиля поверхности и средней линией в пределах базовой длины. Средняя линия — линия, для которой сумма квадратов расстояний от нее до поверхности выступов и впадин шероховатости минимальна (см. также ГОСТ 2789).

3.2 **двойная диафрагма:** Тип специального сужающего устройства, представляющего собой комбинацию двух стандартных диафрагм, разнесенных между собой и имеющих разные диаметры отверстий.

3.3 **диафрагма с коническим входом:** Тип специального сужающего устройства, выполненного в виде тонкого диска с центрованным отверстием круглой формы, имеющим со стороны движения потока среды конической вход.

3.4 **износоустойчивая диафрагма:** Стандартная диафрагма со снятой фаской на входной кромке отверстия.

3.5 **коэффициент расхода:** Отношение действительного значения расхода среды к его теоретическому значению.

3.6 **отверстие специального сужающего устройства:** Отверстие сужающего устройства круглой или иной формы, соосное трубопроводу, в котором установлено сужающие устройство.

3.7 **относительный диаметр отверстия специального сужающего устройства:** Отношение диаметра отверстия d сужающего устройства к внутреннему диаметру D измерительного трубопровода перед сужающим устройством, рассчитываемое по формуле

$$\beta = \frac{d}{D}. \qquad (3.1)$$

3.8 **сегментная диафрагма:** Тип специального сужающего устройства, выполненный в виде тонкого диска с отверстием сегментной формы, расположенном в верхней или нижней части диска.

3.9 **сопло «четверть круга»:** Тип специального сужающего устройства, выполненного в виде сопла, у которого профиль сужающей части образован дугой одного радиуса.

3.10 **специальное сужающее устройство:** Сужающее устройство, конструкция и геометрические характеристики, условия применения которого регламентированы комплексом стандартов.

3.11 **цилиндрическое сопло:** Тип специального сужающего устройства, выполненного в виде сопла с цилиндрической горловиной.

3.12 **эксцентричная диафрагма:** Стандартная диафрагма с эксцентрично расположенным отверстием.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Условные обозначения

Основные условные обозначения, применяемые в настоящем стандарте, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Условные обозначения величин

Обозначение	Наименование величины	Единица величины
q_v	Объемный расход при рабочих условиях	$м^3/с$
q_c	Объемный расход газа, приведенный к стандартным условиям	$м^3/с$
q_m	Массовый расход	кг/с
V	Объем среды при рабочих условиях	$м^3$
V_c	Объем газа, приведенный к стандартным условиям	$м^3$
M	Масса среды	кг(т)
d	Диаметр отверстия СУ при рабочей температуре	м
d_{20}	Диаметр отверстия СУ при температуре 20 °С	м
D	Внутренний диаметр ИТ при рабочей температуре	м
D_{20}	Внутренний диаметр сечения ИТ при температуре 20 °С	м
D_N	Условный внутренний диаметр (условный проход)	м
C_α	Коэффициент расхода	1
P	Абсолютное давление среды	МПа
P_u	Избыточное (статическое) давление	МПа
P_a	Атмосферное давление	МПа
P_c	Стандартное давление, равное 0,101325	МПа
t	Температура среды	°С
T	Термодинамическая (абсолютная) температура среды: $T = t + 273{,}15$	К
T_c	Стандартная температура, равная 293,15	К
Δp	Перепад давления на СУ	Па
β	Относительный диаметр отверстия СУ	1
K_{cy}	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра СУ, вызванное отклонением температуры от 20 °С	1
K_T	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры от 20 °С	1
K	Коэффициент сжимаемости	1
Re	Число Рейнольдса	1
ε	Коэффициент расширения	1
κ	Показатель адиабаты	1
μ	Динамическая вязкость среды	Па · с
ρ	Плотность среды при рабочих условиях	$кг/м^3$
ρ_c	Плотность среды при стандартных условиях	$кг/м^3$
$\rho_{нп}$	Плотность насыщенного водяного пара во влажном газе при температуре t	$кг/м^3$

Окончание таблицы 1

Обозначение	Наименование величины	Единица величины
l	Длина	м
L	Относительная длина, $L = l/D$	1
u_y	Стандартная неопределенность результата измерений величины y	Зависит от единицы величины
u'_y	Относительная стандартная неопределенность результата измерений величины y	%
U_y	Расширенная неопределенность величины y	Зависит от единицы величины
U'_y	Относительная расширенная неопределенность величины y	%
y	Любой контролируемый параметр	Зависит от единицы величины
Z	Фактор сжимаемости	1
δ_y	Относительная погрешность измерений величины y	%
Δy	Абсолютная погрешность величины y	Зависит от единицы величины
γ_y	Приведенная погрешность измерений величины y	%
τ	Время	с
$\Delta\tau$	Интервал дискретизации, времени измерений	с
Примечание — Остальные обозначения указаны непосредственно в тексте.		

4.2 Индексы

Индексы, входящие в условные обозначения величин, обозначают следующее:

в — верхний предел измерений;

н — нижний предел измерений;

с — стандартные условия;

max — максимальное значение величины;

min — минимальное значение величины;

знак «–» (черта над обозначением величины) — среднее значение величины или значение величины, рассчитанное по средним значениям величин.

4.3 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ИТ — измерительный трубопровод;

МС — местное сопротивление;

СИ — средство измерения;

СУ — сужающее устройство;

ПТ — преобразователь температуры или термометр;

ТЗ — техническое задание;

ТТ — технические требования;

УИ — узел измерения.

4.4 Единицы величин

В настоящем стандарте применены единицы Международной системы единиц СИ по ГОСТ 8.417. Совместно с единицами Международной системы единиц СИ допускается применять другие единицы, нашедшие широкое применение на практике, их сочетания с единицами СИ, а также десятичные кратные и дольные единицы СИ.

5 Принцип метода измерения

5.1 Принцип метода

Расход среды определяют методом переменного перепада давления. Описание метода переменного перепада давления приведено в разделе 5 ГОСТ 8.586.1.

Примечание — Теоретические основы данного метода приведены в приложении А ГОСТ 8.586.1.

Расход среды для специальных сужающих устройств определяют по формулам:

- для стандартных диафрагм с $D < 50$ мм, износоустойчивых диафрагм, диафрагм с коническим входом, эксцентрических диафрагм, цилиндрических сопел, сопел четверть круга

$$q_V = \frac{\pi d^2}{4} C_\alpha \varepsilon \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}; \tag{5.1}$$

$$q_m = \frac{\pi d^2}{4} C_\alpha \varepsilon \sqrt{2\Delta p \rho}. \tag{5.2}$$

Примечание — для сегментных диафрагм значение d определяется по формуле

$$d = 2\sqrt{\frac{f}{\pi}}, \tag{5.3}$$

где f — площадь отверстия сегментной диафрагмы.

5.2 Выбор сужающего устройства

5.2.1 Тип СУ выбирают, используя рекомендации, приведенные в приложении А. Основные принципы расчета D, d, а также пределов изменения Δp на СУ приведены в ГОСТ 8.586.1 (приложение В).

5.2.2 Расчет объемного и массового расхода выполняют в соответствии с формулами (5.1—5.4) при известных значениях их составляющих, часть из которых получают путем непосредственных измерений, другую часть — расчетным путем.

В отличие от уравнений расхода среды по ГОСТ 8.586 (1-5), которые являются неявными, т. е. коэффициент истечения (расхода) зависит от числа Re, который в свою очередь зависит от значения расхода среды и параметров потока, в настоящем стандарте принято, что значения коэффициентов расхода постоянны в определенном диапазоне чисел Re.

Примечание — В связи с тем, что в настоящем стандарте наложены ограничения на шероховатость внутренней поверхности ИТ, в применяемых уравнениях расхода, в отличие от ГОСТ 8.586, отсутствует коэффициент $K_ш$, учитывающий шероховатость ИТ.

Связь массового расхода среды, объемного расхода среды при рабочих условиях и объемного расхода среды, приведенного к стандартным условиям, устанавливает следующая формула

$$q_m = q_V \rho = q_c \rho_c. \tag{5.4}$$

Расчет количества среды выполняют путем дискретного интегрирования значений расхода по времени за отчетное время.

6 Определение параметров потока и сужающего устройства в рабочих условиях

6.1 Определение физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на СУ

6.1.1 Определение физических свойств среды

6.1.1.1 Теплофизические характеристики и физико-химические показатели среды, необходимые для расчета расхода и количества среды, могут быть определены путем прямых измерений или косвенным расчетным методом с использованием стандартных справочных данных категорий СТД или СД по ГОСТ 8.566.

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

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 графо-аналитическим методом.

6.1.2 Определение давления среды и перепада давления на сужающем устройстве

6.1.2.1 Давление среды, а также перепад давления на сужающем устройстве измеряют методами и СИ, соответствующими требованиям действующей нормативно-технической документации.

6.1.2.2 Отбор статического давления выполняют угловым способом отбора давления с помощью отдельных цилиндрических отверстий в стенках ИТ или фланцах либо с помощью кольцевой щели (сплошной или прерывистой), выполненной в камере усреднения, в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (п. 5.2.3).

Требования к СИ давления среды и перепада давления и их монтажу приведены в ГОСТ 8.586.5 (п. 6.2).

6.1.3 Определение температуры среды

Для расчета физических свойств среды необходима информация о ее температуре до СУ в сечении ИТ, предназначенном для отбора статического давления. Для исключения влияния ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) на распределение скоростей потока в этом сечении его размещают до или после СУ на некотором расстоянии от СУ.

Требования к СИ температуры и размещению ПТ на ИТ с учетом обеспечения малой разности температуры в сечении для отбора давления и сечении, выбранном для ее измерения, приведены в ГОСТ 8.586.5 (п. 6.3).

6.2 Расчет диаметра отверстия сужающего устройства и измерительного трубопровода в рабочих условиях

Значения диаметров d и D рассчитывают по формулам:

$$d = d_{20}K_{\text{су}}, \tag{6.1}$$

$$D = D_{20}K_{\text{т}}, \tag{6.2}$$

$$K_{\text{су}} = 1 + \alpha_{t\text{су}}(t - 20), \tag{6.3}$$

$$K_{\text{т}} = 1 + \alpha_{tT}(t - 20), \tag{6.4}$$

где $\alpha_{t\text{су}}$ — температурный коэффициент линейного расширения материала СУ;

α_{tT} — температурный коэффициент линейного расширения материала ИТ.

Значения температурного коэффициента линейного расширения для различных материалов рассчитывают в соответствии с ГОСТ 8.586.5 (приложение Г), [3]

7 Общие требования к условиям проведения измерений

7.1 Общие требования

В общем случае измерение расхода и (или) количества среды осуществляют с помощью узла измерений, требования к которому приведены в разделе 8.

7.2 Условия применения средств измерений, обработки результатов измерений

7.2.1 При применении СИ, средств обработки результатов измерений и вспомогательных устройств условия окружающей среды должны соответствовать требованиям, установленным их изготовителем.

7.2.2 Напряженность постоянных и переменных электромагнитных полей, а также уровень индустриальных радиопомех не должны превышать пределов, установленных изготовителем для применяемых СИ, средств обработки результатов измерений и вспомогательных устройств.

7.2.3 Характеристики электроснабжения СИ, средств обработки результатов измерения и вспомогательных устройств должны соответствовать требованиями их эксплуатационной документации.

7.2.4 СИ следует размещать вдали от источников вибрации и/или применять другие меры по ее минимизации.

7.3 Измеряемая среда

7.3.1 Среда должна быть однородной по физическим свойствам.

Примечание — Среда считается однородной, если ее свойства (состав, плотность, давление и др.) изменяются в пространстве непрерывно.

7.3.2 Допускается наличие примесей в среде.

Значения объемного относительного содержания примесей определяется по формуле

$$H = \frac{V_{\text{п}}}{V}, \tag{7.1}$$

где $V_{\text{п}}$ — объем примеси в рабочих условиях;

V — объем измеряемой среды в рабочих условиях.

Допускаемые значения относительного содержания примесей для жидкости и газа приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Допускаемые значения примесей

Измеряемая среда	Примесь	Допускаемое значение H
Газ	Жидкость	$H \le 0{,}05\frac{\rho}{\rho_{\text{п}}}$
	Твердые частицы	
Жидкость	Газ	$H \le \frac{0{,}003}{1-\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho}}$
	Твердые частицы	$\frac{0{,}003}{\left\lvert\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho}-1\right\rvert} \le H \le 0{,}0015$

В таблице $\rho_{\text{П}}$ обозначает плотность примеси, значение которой определяют по отборам проб среды в физико- химической лаборатории.

7.3.3 Расход среды в ИТ должен быть постоянным или медленно изменяющимся во времени.

Допускаются пульсации потока, если выполняется условие

$$\frac{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\Delta p_i - \overline{\Delta p})^2\right)^{0,5}}{\overline{\Delta p}} \le 0{,}1, \tag{7.2}$$

где n — число измерений перепада за интервал времени, принятый для оценки пульсаций потока;

i — номер измерения;

Δp_i — значение перепада давления на СУ при i-м измерении;

$\overline{\Delta p} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta p_i$ — среднее значение перепада давления на СУ. Проверку данного условия выполняют в соответствии с ГОСТ 8.586.5 (приложение Ж).

Примечания

1 Решение о необходимости проверки выполнения условия (7.1) отражается в ТЗ на УИ.

2 Для учета количества среды в условиях наличия пульсаций расхода, превышающих требование по 7.3.3, разрабатывают индивидуальную методику измерений расхода и количества среды.

3 При разработке методики измерений рекомендуется учитывать положения приложения Ж ГОСТ 8.586.5 и информацию, приведенную в [4—6].

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

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

При наличии опасности изменения фазового состояния следует увеличить диаметр отверстия СУ и (или) рабочее давление.

7.3.4.2 При измерении расхода газа его температура T_0 в отверстии СУ должна быть выше температуры точки росы по влаге и температуры конденсации газа.

Температуру газа T_0 в отверстии СУ по температуре газа T, измеренной в ИТ, рассчитывают по формуле

$$T_0 = T\left(1-\frac{\Delta p}{p}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}. \qquad (7.3)$$

При наличии опасности нарушения данного условия следует повысить температуру газа и (или) понизить его давление.

7.3.4.3 Если измеряемой средой являются смеси углеводородных газов (например, природный или нефтяной газ), то должны отсутствовать условия для образования гидратов.

7.3.5 Температура и давление среды и, дополнительно для многокомпонентного газа, концентрации его компонентов не должны выходить за диапазоны, установленные для применяемых методов расчета теплофизических свойств среды (плотности и вязкости при рабочих условиях, фактора и коэффициента сжимаемости).

7.3.6 Значения чисел *Re* должны находиться в диапазоне для соответствующего типа СУ.

7.3.7 При выборе и расчете СУ, дополнительно к требованию 7.3.6, необходимо учитывать следующие требования к значению перепада давления на СУ

7.3.7.1 В случае измерения расхода газа отношение перепада давлений к абсолютному давлению на входе сужающего устройства должно быть:

- для цилиндрических сопел

$$\frac{\Delta p}{p} \le 0{,}29; \qquad (7.4)$$

- для эксцентричных диафрагм

$$\frac{\Delta p}{p} \le 0{,}25; \qquad (7.5)$$

- для остальных сужающих устройств

$$\frac{\Delta p}{p} \le 0{,}5. \qquad (7.6)$$

7.3.7.2 В случае измерения расхода жидкости отношение перепада давления к абсолютному давлению на входе сужающего устройства с целью устранения возникновения кавитации в горле СУ должно быть:

- для цилиндрических сопел

$$\frac{\Delta p}{p} \le 0{,}57(1 - C_L); \qquad (7.7)$$

- для остальных сужающих устройств

$$\frac{\Delta p}{p} \le (1 - C_L). \qquad (7.8)$$

Величину коэффициента C_L определят по формулам:

$$C_L = \frac{2A}{\sqrt{B^2 - 4AG} - B}, \qquad (7.9)$$

$$A = 2\left(1 - F_0\frac{\kappa}{\kappa-1}\right)F_0 - (1-\beta^4)\left(\frac{P_{нп}}{p} - F_0\right)^2, \qquad (7.10)$$

$$B = 4F_0\left(F_0\frac{\kappa}{\kappa-1} - 1\right) + 2(1-\beta^4)(1-F_0)\left(\frac{P_{нп}}{p} - F_0\right), \qquad (7.11)$$

$$G = 2F_0\left(1 - F_0\frac{\kappa}{\kappa - 1}\right) - (1-\beta^4)(1-F_0)^2, \quad (7.12)$$

где к — показатель адиабаты для воздуха;

$P_{нп}$ — давление насыщенных паров, определяемое в соответствии с 6.1.1.

Если плотность жидкости $\rho \le 1000$ кг/м^3, то значение коэффициента F_0 рассчитывают по формуле

$$F_0 = 2{,}068\exp(-\rho/500) - 0{,}259. \quad (7.13)$$

Если $\rho \ge 1000$ кг/м^3, то значение коэффициента F_0 принимают равным $F_0 = 0{,}02$.

7.4 Допустимые диапазоны значений диаметров ИТ и диаметров отверстий сужающих устройств, в также относительных диаметров β должны находиться в пределах, указанных в таблице 3.

Таблица 3 — Допускаемые значения β, D, d сужающих устройств

Тип диафрагмы	D, мм	β	d, мм
Стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм	14,0—50,0	0,22—0,8	7,0—40,0
Диафрагмы с коническим входом	12,5—100,0	0,1—0,5	6,0—50,0
Износоустойчивые диафрагмы	30,0—1000,0	0,22—0,8	16,0—800,0
Двойные диафрагмы	40,0—100,0	0,32—0,7	12,7—70,5
Сегментные диафрагмы	50,0—1000,0	0,32—0,7	—
Эксцентричные диафрагмы	100,0—1000,0	0,46—0,84	46,0—840,0
Цилиндрические сопла	25,0—100,0	0,1—0,7	2,5—70,0
Сопла «четверть круга»	25,0—100,0	0,22—0,7	5,5—70,0

8 Состав и общие требования к узлу измерений

8.1 Состав узла измерений среды определяется сферой его применения, измеряемой средой, производительностью и условиями эксплуатации и необходимой степенью автоматизации.

8.2 В зависимости от пропускной способности (производительности) узлы измерений могут быть одно или многониточными.

Примечание — Многониточную схему УИ в основном используют в случаях, когда:
- технологически затруднительно реализовать однониточную схему, например, для ИТ большого диаметра;
- необходимо осуществить измерение расхода и количества среды в большом диапазоне измерений расхода;
- необходимо уменьшить пульсации расхода в ИТ.

8.3 В общем случае в состав УИ входят:
- специальное СУ;
- средства измерения параметров потока на СУ (перепада давления, давления, температуры);
- измерительный(е) трубопровод(ы) с прямыми участками, расположенными между СУ и местными сопротивлениями;
- СИ плотности и СИ компонентного состава или СИ компонентного состава (хроматограф), если измерения компонентного состава и плотности производят непосредственно на УИ;
- пробоотборное устройство, если определение параметра среды производят в химико-аналитической лаборатории;
- средства обработки результатов измерений (вычислитель, ИВК);
- дополнительные устройства (фильтры, конденсатоотборники, регуляторы расхода и давления и т. д.).

8.4 Требования к составу УИ и его отдельных элементов, блоков, в также к их функциям должны содержаться в ТЗ на УИ.

8.5 Состав и схему УИ, а также требования к ним устанавливают в ТЗ или ТТ на проектирование УИ.

Форма и содержание ТЗ (ТТ) на проектирование УИ должны отвечать положениям соответствующих нормативно-технических документов.

8.6 Состав комплекта документов при вводе в эксплуатацию УИ должен включать в себя:

- пакет проектной документации:

1) ТЗ или ТТ на узел измерений;

2) рабочий проект на УИ с пояснительной запиской;

- пакет документов на УИ:

1) паспорт УИ;

2) паспорт СУ;

3) акт изменений внутреннего диаметра каждого ИТ и определения шероховатости внутренней поверхности ИТ;

4) акт установки СУ;

- пакет документов на средства измерений:

1) паспорта и/или руководства по эксплуатации СИ:

2) свидетельства о поверке (калибровке) СИ параметров потока (в зависимости от распространения на УИ сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, в соответствии с Федеральным законом [8]);

- акт ввода в эксплуатацию УИ;

- расчет неопределенности измерений расхода и количества среды.

9 Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению

9.1 Положения настоящего раздела устанавливают требования к прямолинейным участкам (секциям) ИТ.

9.2 Прямолинейные участки ИТ могут быть изготовлены из одной или нескольких секций.

Требуемые прямолинейные участки (секции) ИТ должны быть цилиндрическими и иметь круглое сечение.

ИТ считают прямолинейным, если при визуальном осмотре на длине требуемых прямолинейных участков не наблюдаются изгибы ИТ и соединения секций ИТ.

Средний внутренний диаметр сечений секций ИТ определяют как среднее арифметическое результатов измерений, выполненных не менее чем в четырех диаметральных направлениях, расположенных приблизительно под одинаковым углом друг к другу.

На участке длиной $2D$, расположенном непосредственно перед СУ, требование к цилиндричности и округлости сечения ИТ считают выполненным, если любой результат измерений внутреннего диаметра, выполненных в сечениях непосредственно перед СУ и на расстоянии $2DN$ до него, не отличается более чем на 1 % от среднего внутреннего диаметра этого участка.

ИТ после СУ и на участке перед СУ, расположенном на расстоянии более $2D$ от СУ, считают цилиндрическим и имеющим круглое сечение, если это подтверждается визуальным осмотром.

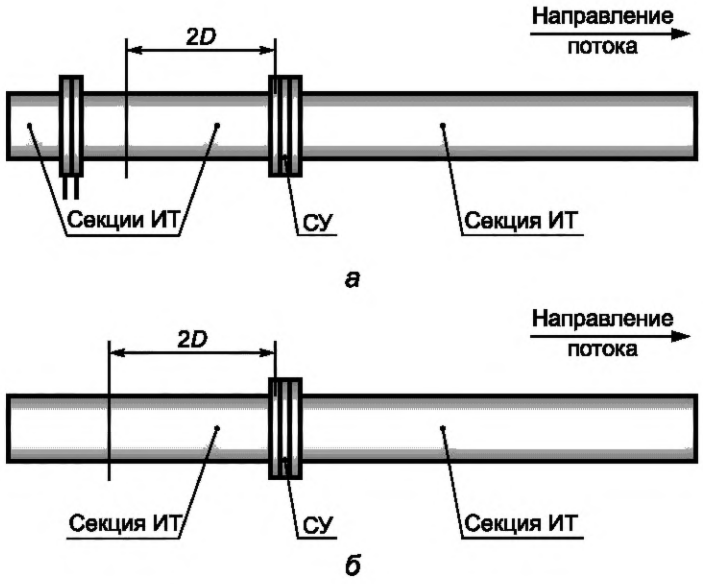
Если ИТ перед СУ изготовлен из нескольких секций, то выполняют следующие требования: за пределами участка ИТ длиной $2D$, расположенного непосредственно перед СУ, на необходимой длине прямолинейного участка ИТ разница средних внутренних диаметров сечений секций ИТ в местах их соединения не должна превышать 3 %, при этом высота уступа в месте соединения секций ИТ не должна превышать 2 % среднего арифметического значения их диаметров.

Сечения, в которых необходимо проводить измерения внутренних диаметров ИТ, приведены на рисунке 2.

9.3 Средний внутренний диаметр участка длиной $2D$, расположенного непосредственно перед СУ, определяют как среднее арифметическое результатов измерений среднего внутреннего диаметра сечений ИТ, расположенных на концах этого участка, показанных на рисунке 1.

9.4 За пределами участков ИТ длиной $2D$, расположенных непосредственно перед и после СУ, допускается применение конусных переходов для стыковки секций, разница диаметров которых в месте их соединения превышает 3 %.

В местах соединения конусного перехода с секциями ИТ разница их внутренних диаметров не должна превышать 1 %. Сечения, в которых необходимо проводить измерения внутренних диаметров ИТ в случае применения конусных переходов, приведены на рисунке 2.



а — прямолинейный участок ИТ изготовлен из нескольких секций;
б — прямолинейный участок ИТ изготовлен из одной секции

Рисунок 1 — Сечения, в которых выполняют измерения внутреннего диаметра ИТ

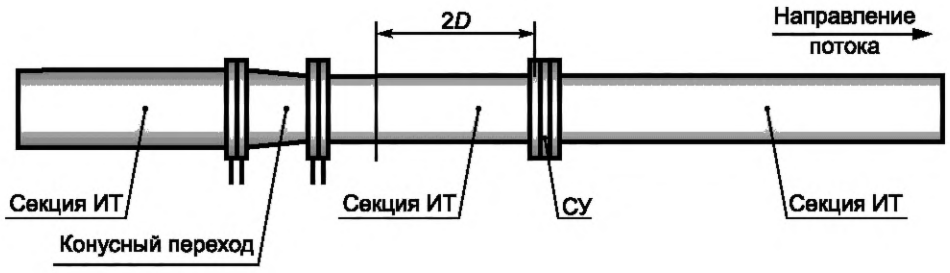


Рисунок 2 — Сечения, в которых выполняют измерения внутреннего диаметра ИТ в случае применения конусных переходов

Размеры конусных переходов должны соответствовать следующим условиям:

$$1 < \frac{D_2}{D_1} \le 1{,}1; \tag{9.1}$$

$$0 < \frac{D_2 - D_1}{l_K} \le 0{,}2; \tag{9.2}$$

где D_1 и D_2 — больший и меньший средние внутренние диаметры конусного перехода, соответственно, м;
l_K — длина конусного перехода, м.

Конусные переходы, соответствующие вышеуказанным условиям, не считают МС.

9.5 Неопределенность измерений внутренних диаметров ИТ в каждом диаметральном направлении не должна превышать 0,3 %.

Внутренний диаметр ИТ допускается измерять непосредственно или определять путем его вычисления по результатам измерений наружного диаметра и толщины стенки ИТ.

Результаты измерений внутреннего диаметра ИТ приводят к температуре 20 °С по формуле

$$D_{20} = \frac{D}{1 + \alpha_t (t - 20)}, \tag{9.3}$$

где α_t — температурный коэффициент линейного расширения материала ИТ;
t — температура, при которой проводились измерения внутреннего диаметра ИТ.

Погрешность измерительных инструментов при измерении наружного диаметра ИТ и толщины стенки выбирают, исходя из необходимости соблюдения условия

$$\sqrt{\left(\frac{D_н}{D_в}\right)^2 \delta^2_{D_н} + 4\left(\frac{h}{D_в}\right)^2 \delta^2_h} \le 0{,}3\%, \qquad (9.4)$$

где $D_н$ — наружный диаметр ИТ, м;

$D_в$ — внутренний номинальный диаметр ИТ, м;

h — номинальная толщина стенки ИТ, м;

$\delta_{Dн}$, δ_h — относительная погрешность СИ, применяемых для определения наружного диаметра и толщины ИТ, соответственно.

По результатам измерений и расчетов, выполненных в соответствии с требованиями 9.2—9.5, составляют акт, в котором указывают:

- наименование предприятия владельца узла измерений;
- наименование объекта, на котором размещен узел измерений;
- место установки СУ при наличии нескольких измерительных линий на узле измерений;
- применяемые СИ внутреннего диаметра;
- сечения, в которых осуществлялись измерения;
- результаты измерений и расчетов;
- должность, инициалы, фамилию представителей предприятия-владельца и организации-контрагента;
- дату составления акта.

Акт составляется при монтаже СУ перед пуском узла измерений в эксплуатацию и заверяется подписями представителей и печатями предприятия-владельца узла измерений и организации-контрагента.

9.6 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 поперечного сечения ИТ с углом 30° от оси данного отверстия. Если для отбора статического давления используют кольцевую щель или несколько взаимно соединенных отверстий, то шов может быть расположен в любом секторе.

При применении труб со спиральным сварным швом должна быть обеспечена гладкая внутренняя поверхность ИТ на длине 10D до СУ (или на всем участке между СУ и ближайшем до него МС, если длина этого участка не более 10D) и не менее 4D после СУ, путем ее механической обработки (внутренний валик должен быть сточен).

9.7 На внутренней поверхности ИТ не должны скапливаться осадки в виде песка, пыли, 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 10D до СУ (или на всем участке между СУ и ближайшим до него МС).

Для обеспечения возможности очистки внутренней поверхности ИТ рекомендуется соединения участков ИТ выполнять разъемными. Разъемное соединение должно располагаться не ближе 2D до СУ.

9.8 Специальные СУ допускаются к применению только на гидравлически гладких ИТ. ИТ считается гладким, если средняя относительная шероховатость внутренней поверхности Ra/D прямого участка 10DN до СУ не превышает значений, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 — Относительная шероховатость внутренней поверхности Ra/D прямого участка 10DN до СУ

β	$Ra/D \cdot 10^4$	β	$Ra/D \cdot 10^4$	β	$Ra/D \cdot 10^4$
≤ 0,3	25,0	0,37	8,3	0,6	4,2
0,32	18,1	0,39	7,1	0,7	4,0
0,35	12,9	0,45	5,6	≥ 0,8	3,9
0,36	10,0	0,5	4,9		

Промежуточные значения *Ra/D* в зависимости от относительного диаметра β сужающего устройства определяют по формуле

$$Ra/D = \left[\left(\frac{\beta - \beta_n}{\beta_{n+1} - \beta_n}\right) \cdot \left(Ra/D_{n+1} - Ra/D_n\right)\right] + Ra/D_n, \quad (9.5)$$

где β_n, Ra/D_n — ближайшее меньшее к указанному в таблице 4 значению относительного диаметра сужающего устройства, и соответствующее ему число *Ra*/*D*;

β_{n+1}, Ra/D_{n+1} — ближайшее большее к указанному в таблице 4 значению относительного диаметра сужающего устройства и соответствующее ему число *Ra*/*D*.

Шероховатость внутренней поверхности ИТ следует измерять приблизительно на тех же участках трубопровода, которые использовались для определения и проверки внутреннего диаметра ИТ. При определении *Ra* следует использовать прибор для измерения шероховатости поверхности с электронным усреднением, имеющий шаг отсечки не менее 0,75 мм и диапазон измерений, достаточный для измерения значений *Ra* внутренней поверхности ИТ. В качестве результата измерений *Ra* принимают среднее значение результатов не менее четырех измерений.

Шероховатость может изменяться со временем, что следует учитывать при выборе частоты чистки ИТ или проверки значений *Ra*.

Значение *Ra* допускается рассчитывать по формуле

$$Ra = R_ш/\pi, \quad (9.6)$$

где $R_ш$ — эквивалентная шероховатость согласно диаграмме Моуди [9].

Допускается значение $R_ш$ определять по ГОСТ 8.586.1 (приложение Д).

Дополнительная информация о шероховатости внутренней поверхности ИТ приведена в ГОСТ 2789.

9.9 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.

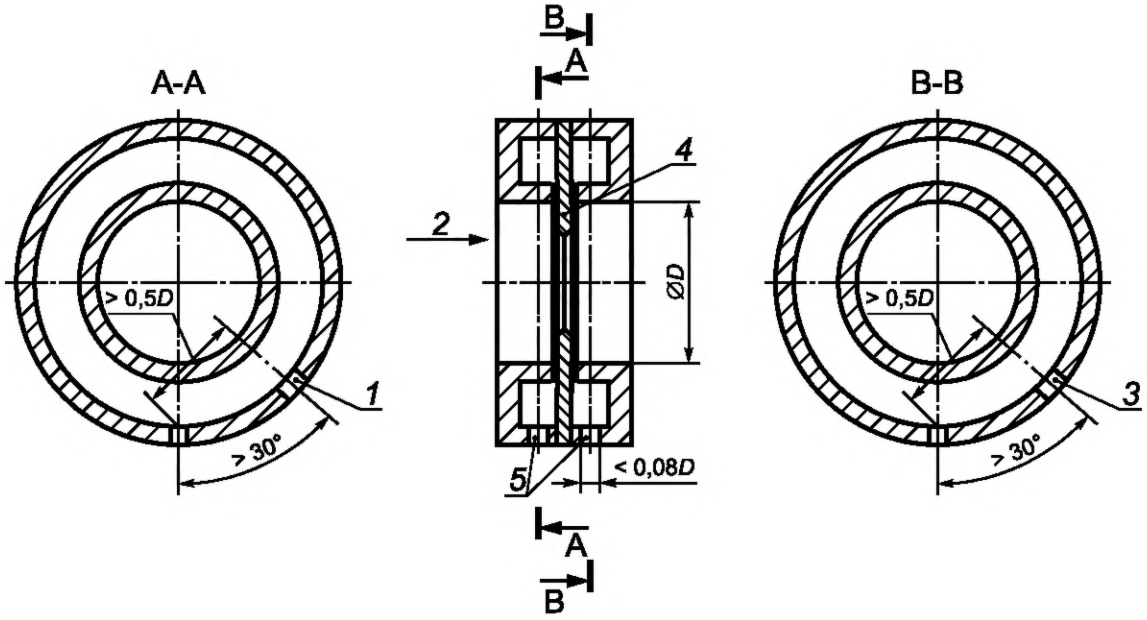
Диаметр дренажных и продувочных отверстий должен быть не более 0,08*D*.

При применении для отбора статического давления отдельных отверстий дренажные и продувочные отверстия размещают на расстоянии более 0,5*D* от отверстия для отбора давления. Расстояние определяют 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°.

При применении кольцевых щелей для отбора статического давления ограничение на расстояние между каждым из отверстий и кольцевой щелью не накладывается.

Допускается дренажные и (или) продувочные отверстия выполнять в корпусе камер усреднения. На рисунке 3 приведен вариант размещения дренажных или продувочных отверстий в корпусе камер усреднения.

9.10 При входе в СУ поток среды должен быть стабилизированным.



1 — отбор давления до СУ; *2* — направление потока ; *3* — отбор давления после СУ; *4* — диафрагма; *5* — дренажные и(или) продувочные отверстия

Рисунок 3 — Размещение дренажных и продувочных отверстий в камере усреднения

Приложение А
(рекомендуемое)

Рекомендации по выбору типа сужающего устройства

А.1 При выборе типа СУ необходимо учитывать их качественные характеристики, приведенные в таблице А.1

Таблица А.1 — Основные качественные характеристики СУ

Наименование типа СУ	Характеристика СУ	
	Достоинства	Недостатки
Стандартная диафрагма	Относительная простота в изготовлении и монтаже. Устанавливают на ИТ с внутренним диаметром менее 50 мм. Рекомендуется для расходов газа менее 50 $м^3/ч$ и расходов жидкости менее 5 $м^3/ч$, обладающей кинематической вязкостью менее $1 \cdot 10^{-6}$ $м^2/с$	В процессе эксплуатации возможно притупление входной кромки диафрагмы, что приводит к возникновению неучтенной дополнительной составляющей неопределенности измерения расхода. При определении наличия притупления рекомендуется производить замену диафрагмы, а у замененной диафрагмы подправить кромку
Износоустойчивая диафрагма	Сохранение профиля проходной части при длительной эксплуатации, что увеличивает срок ее службы. Остальные достоинства характеристик аналогичны стандартным диафрагмам	Является более сложной и дорогостоящей при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами
Диафрагма с коническим входом	При одних и тех же значениях β в одном и том же диапазоне расходов перепад давления и потеря давления меньше, чем у стандартных и износоустойчивых диафрагм	Является более сложной и дорогостоящей при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами
Двойная диафрагма	Обладает стабильными характеристиками при эксплуатации. Меньше чем остальные СУ, реагирует на пульсации расхода и обладает меньшей чувствительностью к изменению шероховатости внутренней поверхности ИТ	Является более сложной и дорогостоящей при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами. Склонна к накоплению осадков перед второй диафрагмой
Эксцентричная диафрагма	Рекомендуется для учета загрязненных жидкостей и газов, а также жидкостей, из которых могут выделяться газы	Является более сложной и дорогостоящей при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами
Сегментная диафрагма	Рекомендуется для учета загрязненных жидкостей и газов, а также жидкостей, из которых могут выделяться газы	Является более сложной и дорогостоящей при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами
Цилиндрическое сопло	Рекомендуются использовать для учета среды при малых числах *Re*, что имеет практическое значение в случаях установки СУ в ИТ малого диаметра вязких жидкостей и горячих газов	Является более дорогостоящим при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами
Сопло четверть круга	Рекомендуются использовать для учета среды при малых числах *Re*, что имеет практическое значение в случаях установки СУ в ИТ малого диаметра вязких жидкостей и горячих газов Профиль проточной части сохраняется при длительной эксплуатации, что увеличивает срок службы	Является более сложным и дорогостоящим при изготовлении по сравнению со стандартными диафрагмами

Библиография

[1]	ISO/TR15377:2007[1)]	Измерение расхода жидкости с помощью устройств дифференциального давления. Руководящие указания по определению характеристик диафрагм, сопел и трубок Вентури, выходящих за рамки ISO 5167
[2]	РМГ 29—2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
[3]	Журавлев В.Н., Николаева О.И.	Машиностроительные стали. Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М: Машиностроение, 1981. — 391 с.
[4]	Отчет ИСО 3313:1998 (ISO/TR 3313:1998)	Измерение потока текучей среды в закрытых каналах. Руководящие указания по воздействию пульсаций потока на приборы, измеряющие расход
[5]	Studzinki, W. and Bowen, J.	Официальный доклад по динамическим эффектам при измерении диафрагмой, Вашингтон, Американский нефтяной институт, 1997
[6]	Федоров А.В., Санников М.С.	Режимы течения потока среды в стандартных сужающих устройствах./Измерительная техника. — 2006. — № 4. — С. 45—49
[7]	Санников М.С., Федоров А.В.	Исследования пульсаций перепада давления на стандартной диафрагме измерительных комплексов природного газа. / Измерительная техника. — 2006. — № 6. — С. 44—49
[8]		Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
[9]	Идельчик И.Е.	Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М.О. Штейнберга. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.

[1)] Действует ISO/TR 15377:2018.

УДК 681.122:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: расход, количество, среда, измерение, диафрагмы, стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм, диафрагмы с коническим входом, износоустойчивые диафрагмы, двойные диафрагмы, сегментные диафрагмы, эксцентричные диафрагмы, цилиндрические сопла, сопла «четверть круга»

Редактор *Е.И. Мосур*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 12.03.2019. Подписано в печать 10.04.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru