



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Метрологія

**ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ
ТА КІЛЬКОСТІ РІДИНИ Й ГАЗУ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАНДАРТНИХ
ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

**Частина 1. Принцип методу вимірювання
та загальні вимоги
(ГОСТ 8.586.1–2005 (ISO 5167-1:2003), IDT;
ISO 5167-1:2003, NEQ)**

ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 (ISO 5167-1:2003)

Видання офіційне



Київ
ДЕРЖПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2010



ДСТУ ГОСТ 8.586 1:2009
(ИСО 5167-1:2003)

НАЦІОНАЛЬНІ СТАНДАРТИ УКРАЇНИ

Метрологія

ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ
ТА КІЛЬКОСТІ РІДИНИ Й ГАЗУ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАНДАРТНИХ
ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Частина 1. Принцип методу вимірювання
та загальні вимоги
(ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167-1:2003), IDT;
ISO 5167-1:2003, NEQ)

Видання офіційне

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2010

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО Закрите акціонерне товариство «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв» (ІЕОЕ), Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації і захисту прав споживачів» Держспоживстандарту України (ДП «Укрметртестстандарт») і Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)

ОФОРМЛЕННЯ. С. Королько

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 30 грудня 2009 р. № 486 з 2010-04-01

3 Національний стандарт відповідає ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1 Принцип метода измерений и общие требования (Державна система забезпечення єдності вимірювань Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювання та загальні вимоги)

Ступінь відповідності ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003) — ідентичний (IDT)

Ступінь відповідності ISO 5167-1:2003 — нееквівалентний (NEQ)

Цей стандарт видано на підставі «Угоди про проведення узгодженої політики у сфері стандартизації, метрології та сертифікації» від 13.03.1992 р.

4 НА ЗАМІНУ ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2007 (ИСО 5167-1:2003)

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України
Держспоживстандарт України, 2010

ЗМІСТ

	С
Національний вступ	4
ГОСТ 8.586.1–2005 (ISO 5167-1:2003)	7
Додаток НА Переклад ГОСТ 8.586.1–2005 (ISO 5167-1:2003) українською мовою	53
Додаток НБ Перелік стандартів, з'являються із міждержавними стандартами, на які є посилання у цьому стандарті	98

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є ідентичний ГОСТ 8 586 1–2005 (ИСО 5167-1 2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования (Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювання та загальні вимоги)

У цьому стандарті враховано поправку до ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167-1:2003), повідомлення про яку опубліковано на сайті МДР у системі електронного голосування за період з 12.08.2009 р. по 24.08.2009 р.

Згідно з ДСТУ 1.7:2001 ступінь відповідності цього національного стандарту міжнародному стандарту ISO 5167-1:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements (Вимірювання витрати середовища із застосуванням пристроїв змінного перепаду тиску, встановлених у заповнених трубопроводах круглого перерізу. Частина 1. Загальні принципи та вимоги) — нееквівалентний (NEQ), що обумовлено змінами в технічному змісті та структурі, які чітко не визначено і немає чіткої відповідності між національним стандартом та МС.

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 63 «Загальні норми і правила державної системи забезпечення єдності вимірювань».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

Цей стандарт уведено на заміну ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2007 (ИСО 5167-1:2003), який вирішено перевидати разом із перекладом українською мовою згідно з рішенням наради Держспоживстандарту України від 20.05.2009 р.

Переклад українською мовою і науково-технічне редагування здійснено: від ІЕОЕ — Н. Гораль; Л. Лесовой, канд. техн. наук; О. Масняк; Є. Пістун, д-р техн. наук (науковий керівник); від ДП «Укрметртестстандарт» — В. Готовкін, канд. техн. наук; В. Карташев.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- змінено назву для узгодження її з чинними національними стандартами;
- додано національні структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмова», «Зміст», «Національний вступ» та «Бібліографічні дані», оформлені згідно з вимогами національної стандартизації України;
- у «Бібліографічних даних» зазначено код класифікаційного угруповання згідно з ДК 004;
- на першій сторінці зазначено дату надання чинності цьому стандарту в Україні;
- на сторінці II в таблиці країн, що проголосували за прийняття, згідно з ИУС № 6 2007 г. додано до відповідних стовпчиків «Азербайджан», «AZ» та «Азстандарт»;
- вилучено відомості, надані в «Предисловии», пронумеровані цифрою 5, і відповідно змінено нумерацію відомостей з 6 на 5;
- вилучено інформацію щодо права розповсюдження та тиражування стандарту в Російській Федерації;
- додано національний додаток НА з перекладом тексту українською мовою (починаючи зі «Змісту»);
- додано національний додаток НБ з переліком стандартів, згармонізованих із міждержавними стандартами, на які є посилання в цьому стандарті.

Зазначені в «Нормативных ссылках» міждержавні стандарти: ГОСТ 2789–73, ГОСТ 2939–63, ГОСТ 15528–86 та наведені в [14] та [6] «Библиографии» ГОСТ 8.563.1–97 і РМГ 29–99 — чинні в Україні міждержавні стандарти.

ISO 4288:1996, на який є посилання в [7] «Библиографии», та ГОСТ 8.586.2–2005 (ИСО 5167-2:2003), ГОСТ 8.586.3–2005 (ИСО 5167-3:2003), ГОСТ 8.586.4–2005 (ИСО 5167-4:2003), ГОСТ 8.586.5–2005, на які є посилання в цьому стандарті, упроваджено в Україні як національні стандарти. Їхній перелік наведено в додатку НБ.

Замість ГОСТ 8.417–2002, на який є посилання в цьому стандарті, в Україні чинний комплекс стандартів ДСТУ 3651 із загальною назвою «Метрологія. Одиниці фізичних величин». Перелік усіх стандартів цього комплексу наведено в додатку НБ. Замість СНиП 41-03–2003, які наведено у [12] «Библиографии», в Україні чинні СНиП 2.04.14–88 (див. додаток НБ).

ISO 5168:2005 та ISO/TR 3313:1998, на які є посилання в «Библиографии», — не чинні в Україні стандарти і чинних замість них нормативних документів немає. Їхні копії можна замовити в Головному фонді нормативних документів.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
8.586.1—
2005
(ISO 5167-1:2003)

Государственная система обеспечения
единства измерений

**ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА
ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ
СТАНДАРТНЫХ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Часть 1

Принцип метода измерений и общие требования

ISO 5167-1:2003
Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in
circular cross-section conduits running full —
Part 1: General principles and requirements
(MOD)

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2007

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1 0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1 2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Отраслевой метрологический центр Газметрология» (ООО «ОМЦ Газметрология»), Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии» (ФГУП «ВНИИР»), государственным предприятием «Всеукраинский государственный научно-производственный центр стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей» Госпотребстандарта Украины (Укрметртестстандарт), Национальным университетом «Львовская политехника»

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 28 от 9 декабря 2005 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Министерство торговли и экономического развития Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Национальный институт стандартов и метрологии Кыргызской Республики
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Агентство «Узстандарт»
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 5167-1:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 1. Общие принципы и требования» (ISO 5167-1:2003 «Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements») путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту, и путем изменения его структуры.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта публикуется в указателе «Национальные стандарты».

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
3.1 Давление среды и перепад давления на сужающем устройстве	2
3.2 Сужающие устройства	2
3.3 Параметры потока и среды	3
3.4 Измерительный трубопровод	4
3.5 Неопределенность результата измерений	5
4 Обозначения и сокращения	5
4.1 Условные обозначения	5
4.2 Индексы условных обозначений величин	7
4.3 Сокращения	7
4.4 Единицы величин	7
5 Метод определения расхода среды	7
5.1 Принцип метода	7
5.2 Выбор сужающего устройства	8
5.3 Основной принцип расчета расхода среды	8
5.4 Определение физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на сужающем устройстве	8
5.5 Расчет диаметра отверстия сужающего устройства и измерительного трубопровода в рабочих условиях	9
6 Общие требования к условиям измерений	10
6.1 Требования к сужающему устройству	10
6.2 Требования к свойствам среды	10
6.3 Требования к параметрам потока	10
7 Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению	11
7.1 Общие положения	11
7.2 Минимальная длина прямолинейных участков измерительного трубопровода	13
Приложение А (справочное) Теоретические основы метода измерений	14
Приложение Б (рекомендуемое) Рекомендации по выбору типа сужающего устройства	17
Приложение В (справочное) Основные принципы решения уравнения расхода	19
Приложение Г (справочное) Температурный коэффициент линейного расширения материала	25
Приложение Д (справочное) Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов	27
Приложение Е (справочное) Конструкция устройств подготовки потока и струевыпрямителей	28
Приложение Ж (обязательное) Испытание устройств подготовки потока и струевыпрямителей	35
Приложение И (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок	38
Приложение К (справочное) Сопоставления структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта	39
Библиография	41

Введение

Комплекс межгосударственных стандартов ГОСТ 8 586 1-2005 — ГОСТ 8 586.5-2005 под общим наименованием «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств» (далее — комплекс стандартов) состоит из следующих частей.

- Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования;
- Часть 2. Диафрагмы. Технические требования;
- Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования;
- Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования;
- Часть 5. Методика выполнения измерений.

Комплекс стандартов распространяется на измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления при применении следующих типов сужающих устройств: диафрагмы, сопла ИСА 1932, эллипсного сопла¹⁾, сопла Вентури и трубы Вентури.

Комплекс стандартов устанавливает требования к геометрическим размерам и условиям применения сужающих устройств, используемых в трубопроводах круглого сечения, полностью заполненных однофазной (жидкой или газообразной) средой, скорость течения которой менее скорости звука в этой среде.

Части 1—4 комплекса стандартов являются модифицированными по отношению к международным стандартам [1]—[4].

В первой части приведены термины и определения, условные обозначения, принцип метода измерений, установлены общие требования к условиям измерений при применении всех типов сужающих устройств.

Вторая, третья и четвертая части устанавливают технические требования к конкретным типам сужающих устройств: вторая часть — к диафрагмам, третья — к соплам ИСА 1932, эллипсным соплам и соплам Вентури, четвертая — к трубам Вентури.

В пятой части приведена методика выполнения измерений с помощью указанных типов сужающих устройств.

В отличие от международного стандарта [1] в настоящий стандарт введены:

- дополнительные термины и определения;
- дополнительные требования, отражающие потребности национальной экономики государств, указанных в предисловии, и особенности изложения межгосударственных стандартов.

Введенные дополнительные требования, термины и определения выделены в стандарте путем заключения в рамки из тонких линий.

С целью облегчения практического применения настоящий стандарт дополнен приложениями А, Б, В, Г.

Раздел 8 международного стандарта [1] переработан с учетом требований [5] и перенесен в ГОСТ 8.586.5.

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок, приведены в дополнительном приложении И.

Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой указанного межгосударственного стандарта приведено в дополнительном приложении К.

¹⁾ В международном стандарте [3] эллипсные сопла названы соплами большого радиуса.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ
СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Часть 1

Принцип метода измерений и общие требования

State system for ensuring the uniformity of measurements.

Measurement of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 1. Principle of the method of measurements and general requirements

Дата введения в Украине 2010-04-01

1 Область применения

В настоящем стандарте даны определения необходимых терминов и условные обозначения, изложен принцип метода измерений с помощью стандартных сужающих устройств и расчета расхода и количества жидкостей и газов, протекающих в полностью заполненных трубопроводах круглого сечения.

Стандарт устанавливает общие требования к сужающим устройствам и их установке, измерительным трубопроводам, условиям проведения измерений расхода и количества жидкостей и газов.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 8.417—2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ 8.566—99 Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственная система данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения

ГОСТ 8.586.2—2005 (ИСО 5167-2:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования

ГОСТ 8.586.3—2005 (ИСО 5167-3:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования

ГОСТ 8.586.4—2005 (ИСО 5167-4:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования

ГОСТ 8.586.5—2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений

ГОСТ 2789—73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 2939—63 Газы. Условия для определения объема

ГОСТ 15528—86 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкостей и газа. Термины и определения

Примечание — При использовании настоящим стандартом 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 использовании настоящим стандартом 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 настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 15528 и [6], а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Давление среды и перепад давления на сужающем устройстве

3.1.1 отверстие для отбора давления: Кольцевая щель (сплошная или прерывистая), выполненная в камере усреднения, или круглое отверстие, просверленное в стенке измерительного трубопровода или во фланце.

Примечание — Отверстия для отбора давления располагают на входе сужающего устройства (далее — до сужающего устройства) и на выходе или в горловине сужающего устройства (далее — после сужающего устройства).

3.1.2 давление среды: Абсолютное давление среды, измеренное до сужающего устройства в месте расположения отверстия для отбора давления.

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

3.1.3 статическое давление среды: Абсолютное давление движущейся среды, которое может быть измерено посредством подключения средства измерений к отверстию для отбора давления.

3.1.4 перепад давления на сужающем устройстве: Разность между значениями статического давления среды до и после сужающего устройства с учетом разности высоты положения отверстий для отбора давления до и после сужающего устройства.

3.1.5 отношение значений давления среды на сужающем устройстве: Отношение статического давления среды после сужающего устройства к ее статическому давлению до сужающего устройства.

3.1.6 потеря давления среды: Часть статического давления, идущая на преодоление сил гидравлического сопротивления при прохождении среды через сужающее устройство.

3.1.7 камера усреднения: 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.

3.2 Сужающие устройства

3.2.1 сужающее устройство: Техническое устройство, устанавливаемое в измерительном трубопроводе, со сквозным отверстием для создания перепада давления среды путем уменьшения площади сечения трубопровода (сужения потока).

3.2.2 стандартное сужающее устройство: Сужающее устройство, геометрические характеристики и условия применения которого регламентированы настоящим стандартом, ГОСТ 8.586.2 — ГОСТ 8.586.4.

3.2.3 отверстие стандартного сужающего устройства: Круглое отверстие сужающего устройства, соосное трубопроводу при установке сужающего устройства в трубопровод.

3.2.4 горловина: Часть отверстия стандартного сужающего устройства (сопла ИСА 1932, эллипсного сопла, сопла Вентури и трубы Вентури), имеющая минимальную площадь поперечного сечения.

3.2.5 диафрагма: Тип стандартного сужающего устройства, выполненного в виде тонкого диска с отверстием, имеющим со стороны входа потока острую прямоугольную кромку.

3.2.6 сопло: Тип стандартного сужающего устройства, имеющего плавно сужающуюся часть на входе, переходящую на выходе в горловину.

3.2.7 сопло ИСА 1932: Сопло, у которого плавно сужающаяся часть на входе образована дугами двух радиусов, сопрягающимися по касательной.

3.2.8 эллипсное сопло: Сопло, у которого плавно сужающаяся часть на входе имеет в радиальном сечении профиль в виде четвертой части эллипса.

3.2.9 сопло Вентури: Сопло, которое состоит из входной части в виде сопла ИСА 1932, горловины и выходной части в виде расходящегося конуса (диффузора).

3.2.10 труба Вентури: Тип стандартного сужающего устройства, которое состоит из входного цилиндрического участка, сходящейся конической части (конфузора), горловины и расходящейся конической части (диффузора).

3.2.11 диаметр отверстия сужающего устройства: Диаметр части отверстия сужающего устройства, имеющей минимальную площадь поперечного сечения.

3.2.12 относительный диаметр отверстия сужающего устройства: Отношение диаметра отверстия сужающего устройства к внутреннему диаметру измерительного трубопровода перед сужающим устройством, рассчитываемое по формуле

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

Примечание — Для трубы Вентури в качестве внутреннего диаметра измерительного трубопровода перед сужающим устройством принимают внутренний диаметр цилиндрической части входного участка.

3.2.13 радиус входной кромки диафрагмы: Радиус дуги окружности, вписанной в прямой угол между образующей отверстия диафрагмы и ее входной плоскостью, являющейся огибающей профиля кромки.

3.2.14 межконтрольный интервал: Промежуток времени между двумя очередными актами контроля геометрических характеристик сужающего устройства и состояния его поверхности на соответствие требованиям настоящего стандарта, ГОСТ 8.586.2 — ГОСТ 8.586.4.

3.3 Параметры потока и среды

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

3.3.2 рабочие условия: Давление и температура среды, при которых выполняют измерение ее расхода и(или) количества.

3.3.3 объемный расход среды: Объем среды при рабочих условиях, протекающей через отверстие сужающего устройства в единицу времени.

3.3.4 массовый расход среды: Масса среды, протекающей через отверстие сужающего устройства в единицу времени.

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

3.3.6 число Рейнольдса: Отношение силы инерции к силе вязкости потока, рассчитываемое по формуле

$$Re = \frac{\bar{w} D \rho}{\mu} = \frac{4 q_m}{\pi \mu D} = \frac{4 q_v \rho_v}{\pi \mu D} = \frac{4 q_g \rho_g}{\pi \mu D}. \quad (3.2)$$

3.3.7 показатель адиабаты (изэнтропии) газа: Отношение относительного изменения давления к соответствующему относительному изменению плотности газа в процессе изменения его состояния без теплообмена с окружающей средой, рассчитываемое по формуле

$$\kappa = \frac{p}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial p} \Big|_s \quad (3.3)$$

Примечание — Значение показателя адиабаты зависит от типа газа, его температуры и давления. Показатель адиабаты используют в формулах для расчета коэффициента расширения.

3.3.8 коэффициент Джоуля-Томсона: Отношение изменения температуры среды к соответствующему изменению ее давления при постоянной энтальпии, рассчитываемое по формуле

$$\mu_{JT} = \frac{\partial T}{\partial p} \Big|_H \quad \text{или} \quad \mu_{JT} = \frac{RT^2}{Mpc_p} \frac{\partial Z}{\partial T} \Big|_p \quad (3.4)$$

3.3.9 коэффициент истечения: Отношение действительного значения расхода жидкости к его теоретическому значению, вычисляемое по формуле

$$C = \frac{q_m}{\frac{\pi}{4} d^2 E \sqrt{2 \Delta p \rho}} \quad (3.5)$$

Значение коэффициента скорости входа E определяют по формуле

$$E = 1/\sqrt{1-\beta^4} \quad (3.6)$$

Примечание — Произведение $C \cdot E$ называется «коэффициентом расхода».

3.3.10 коэффициент расширения: Поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение плотности газа, 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.

3.4 Измерительный трубопровод

3.4.1 измерительный трубопровод: Участок трубопровода, границы и геометрические характеристики которого, а также размещение на нем сужающего устройства, местных сопротивлений, средств измерений нормируются настоящим стандартом, ГОСТ 8.586.2 — ГОСТ 8.586.5.

3.4.2 среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости: Среднеарифметическое из абсолютных значений отклонения профиля от средней линии в пределах базовой длины (см. также ГОСТ 2789 и [7]).

Примечания

1 Средняя линия — линия, для которой сумма квадратов расстояний от нее до поверхности выступов и впадин шероховатости минимальна.

2 Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости измеряют профилографами или профилометрами.

3.4.3 эквивалентная шероховатость: Шероховатость, равная равномерной песочной шероховатости, по значению которой вычисляют такой же коэффициент гидравлического сопротивления, как и для фактической шероховатости.

Примечание — Значение эквивалентной шероховатости может быть определено экспериментально, взято из справочных таблиц или вычислено по приближенной формуле

$$R_{\text{ш}} = \pi R_d \quad (3.7)$$

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

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

3.4.6 высота уступа: Максимальное смещение образующих внутренних поверхностей двух секций измерительного трубопровода, расположенных в одной осевой плоскости.

3.4.7 устройство подготовки потока: Техническое устройство, позволяющее устранить закрутку потока и уменьшить деформацию элюры скоростей потока.

3.4.8 струевыпрямитель: Техническое устройство для выполнения одной из функций устройства подготовки потока — устранения закрутки потока.

3.5 Неопределенность результата измерений

3.5.1 неопределенность: Параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

3.5.2 стандартная неопределенность: Неопределенность результата измерения, выраженная как стандартное отклонение.

3.5.3 относительная стандартная неопределенность: Отношение стандартной неопределенности к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

3.5.4 суммарная стандартная неопределенность: 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.

3.5.5 относительная суммарная стандартная неопределенность: Отношение суммарной стандартной неопределенности результата измерения к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

3.5.6 расширенная неопределенность: 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.

3.5.7 относительная расширенная неопределенность: Отношение расширенной неопределенности к значению оценки измеряемой величины, выраженное в процентах.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Условные обозначения

Условные обозначения величины приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Условные обозначения величин

Обозначение	Наименование величины	Единица величины
C	Коэффициент истечения	1
c_p	Удельная теплоемкость при постоянном давлении	Дж/(кг · К)
d	Диаметр отверстия сужающего устройства при рабочей температуре среды	м
d_{20}	Диаметр отверстия сужающего устройства при температуре 20 °С	м
D	Внутренний диаметр измерительного трубопровода или входной части трубы Вентури при рабочей температуре среды	м
D_{20}	Внутренний диаметр измерительного трубопровода или входной части трубы Вентури при температуре 20 °С	м
D_i	Наружный диаметр преобразователя температуры, термометра или их защитной гильзы (при ее наличии)	м
E	Коэффициент скорости входа	1
H	Энтальпия	Дж/моль
K	Коэффициент сжимаемости	1
K_{λ}	Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы	1
K_{cy}	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия сужающего устройства, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С	1
K_r	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра трубопровода, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С	1
$K_{ш}$	Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода	1
l	Длина	м
L	Относительная длина, $L = l/D$	1

Окончание таблицы 1

Обозначение	Наименование величины	Единица величины
M	Молярная масса	кг/моль
p	Давление среды	Па
p_a	Атмосферное давление	Па
$p_{из}$	Избыточное давление среды	Па
q_v	Объемный расход среды при рабочих условиях	м³/с
q_m	Массовый расход среды	кг/с
q_c	Объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям	м³/с
r_k	Радиус входной кромки диафрагмы	м
r_n	Начальный радиус входной кромки диафрагмы	м
R_a	Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости	м
$R_{ш}$	Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода	м
R	Универсальная газовая постоянная $R = 8,31451$	Дж/(моль · К)
Re	Число Рейнольдса	1
t	Температура среды	°С
T	Абсолютная (термодинамическая) температура среды: $T = 273,15 + t$	К
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	%
w	Продольная составляющая локальной скорости среды в измерительном трубопроводе	м/с
y	Любой контролируемый параметр	Зависит от единицы величины
Z	Фактор сжимаемости	1
α_t	Температурный коэффициент линейного расширения материала	°С⁻¹
β	Относительный диаметр отверстия сужающего устройства	1
Δp	Перепад давления на сужающем устройстве	Па
$\Delta p_{пот}$	Потеря давления в устройстве подготовки потока, или в струевыпрямителе, или в сужающем устройстве	Па
ϵ	Коэффициент расширения	1
κ	Показатель адиабаты	1
λ	Коэффициент гидравлического трения	1
μ	Динамическая вязкость среды	Па · с
μ_J	Коэффициент Джоуля — Томсона	К/Па
ν	Кинематическая вязкость среды: $\nu = \mu/\rho$	м²/с
ρ	Плотность среды	кг/м³
ψ	Доля скоростного напора	1
Φ	Коэффициент Кориолиса	1
ξ	Коэффициент гидравлического сопротивления	1

Примечание — Остальные обозначения указаны непосредственно в тексте.

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.

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;

СУ — сужающее устройство;

МС — местное сопротивление;

УПП — устройство подготовки потока;

ПТ — измерительный преобразователь температуры или термометр;

СИ — средства измерений.

4.4 Единицы величин

В настоящем стандарте применены единицы Международной системы единиц (международное сокращенное наименование — SI).

Наряду 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 SI.

5 Метод определения расхода среды

5.1 Принцип метода

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

$$q_m = (\pi d^2 / 4) C E \varepsilon (2 \rho \Delta p)^{0,5}. \quad (5.1)$$

Вывод формулы (5.1) приведен в приложении А.

5.1.2 Коэффициент истечения СУ зависит от шероховатости внутренних стенок ИТ. Влияние шероховатости ИТ, выходящей за границы, установленные международными стандартами [2] и [3], учитывают с помощью поправочного коэффициента $K_{ш}$.

5.1.3 Коэффициент истечения диафрагмы зависит от радиуса входной кромки ее отверстия. Влияние радиуса входной кромки диафрагмы, превышающего границу, установленную международным стандартом [2], учитывают с помощью поправочного коэффициента $K_{п}$.

5.1.4 Массовый расход среды в общем случае с учетом поправочных коэффициентов $K_{ш}$ и $K_{п}$ рассчитывают по формуле

$$q_m = (\pi d^2 / 4) K_{ш} K_{п} C E \varepsilon (2 \rho \Delta p)^{0,5}. \quad (5.2)$$

П р и м е ч а н и е — В отличие от международных стандартов [2] и [3] введение поправочных коэффициентов $K_{ш}$ и $K_{п}$ в ГОСТ 8.586.2 и ГОСТ 8.586.3 позволяет расширить возможность измерения расхода жидкостей и газов при применении стандартных СУ.

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

$$q_m = q_v P = q_v P_c. \quad (5.3)$$

5.2 Выбор сужающего устройства

Тип СУ выбирают, используя рекомендации, приведенные в приложении Б. Основные принципы расчета внутреннего диаметра ИТ и СУ, относительного диаметра СУ, а также перепада давления на СУ приведены в приложении В.

5.3 Основной принцип расчета расхода среды

Расчет массового расхода среды q_m выполняют в соответствии с формулой (5.2) при известных значениях ее составляющих, часть из которых получают путем непосредственных измерений, другую часть — расчетным путем.

Уравнение расхода среды является неявным, т. к. коэффициент C (для СУ кроме сопел Вентури) и поправочный коэффициент $K_{ш}$ (для СУ кроме труб Вентури) зависят от числа Re , которое, в свою очередь, зависит от значения расхода среды. Такое уравнение решается итерационным методом. Руководство по выбору процедуры итераций и начальных приближений приведено в приложении В и ГОСТ 8.586.5 (раздел 8).

5.4 Определения физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на сужающем устройстве

5.4.1 Определение физических свойств среды

5.4.1.1 При измерении расхода и количества жидкости необходимо знать значения ее плотности и вязкости.

При измерении расхода и количества газа определяют его плотность, вязкость и показатель адиабаты, а в случае измерений расхода и количества газа, приведенных к стандартным условиям, дополнительно — плотность при стандартных условиях.

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).

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

Требования к методам определения и средствам определения плотности среды приведены в ГОСТ 8.586.5 (пункт 6.4.1).

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.

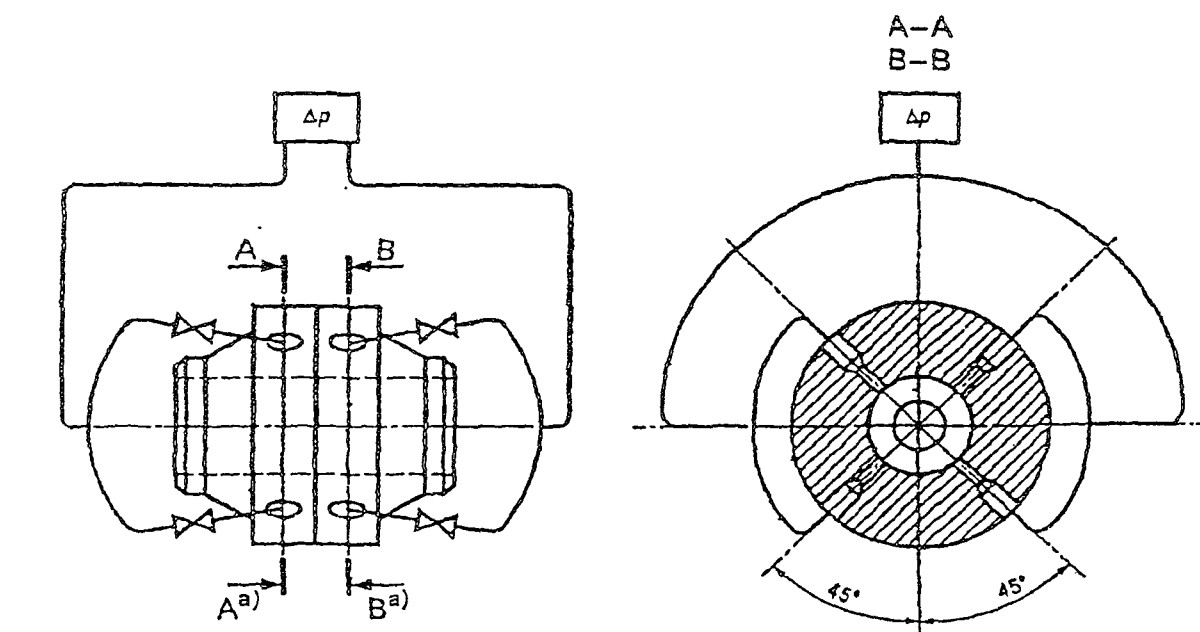
Требования к методам определения и СИ плотности газа при стандартных условиях приведены в ГОСТ 8.586.5 (пункт 6.4.2).

5.4.2 Определение давления среды и перепада давления на сужающем устройстве

5.4.2.1 Давление среды, а также перепад давления на сужающем устройстве измеряют методами и СИ, соответствующими требованиям ГОСТ 8.586.5.

5.4.2.2 Отбор статического давления выполняют с помощью либо отдельных отверстий в стенках ИТ или фланцах, либо нескольких взаимно соединенных отверстий, либо с помощью кольцевой щели (сплошной или прерывистой), выполненной в камере усреднения [см. ГОСТ 8.586.2 (подраздел 5.2); ГОСТ 8.586.3 (пункты 5.1.5 и 5.3.3); ГОСТ 8.586.4 (подраздел 5.4)].

При применении нескольких взаимно соединенных отверстий для отбора статического давления до СУ, после СУ или в горловине СУ их рекомендуется соединять по схеме (на примере стандартной диафрагмы), представленной на рисунке 1.



^{а)} Сечения А — А (до СУ) и сечение В — В (после СУ).

Рисунок 1 — Схема соединения нескольких отверстий для отбора статического давления

При измерении расхода газа давление среды рекомендуется измерять через отдельное отверстие в ИТ или в камере усреднения давления до СУ при ее наличии.

Допускается применение одного и того же отверстия для отбора статического давления с целью измерения перепада давления на СУ и измерения давления среды.

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

5.4.3 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 (подраздел 6.3).

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

Значения диаметров d и D рассчитывают по формулам:

$$d = d_{20} K_{cy}; \quad (5.4)$$

$$D = D_{20} K_T; \quad (5.5)$$

$$K_{cy} = 1 + \alpha_{t, cy}(t - 20); \quad (5.6)$$

$$K_T = 1 + \alpha_{t, T}(t - 20), \quad (5.7)$$

где $\alpha_{t, cy}$ — температурный коэффициент линейного расширения материала СУ;

$\alpha_{t, T}$ — температурный коэффициент линейного расширения материала ИТ.

Значения температурного коэффициента линейного расширения для различных материалов рассчитывают по формуле (Г.1), приведенной в приложении Г.

6 Общие требования к условиям измерений

6.1 Требования к сужающему устройству

6.1.1 СУ должно быть изготовлено, установлено и применено в соответствии с требованиями соответствующей ему части комплекса стандартов.

Если характеристики СУ или условия их применения выходят за пределы, указанные в соответствующей ему части комплекса стандартов, то следует экспериментально определить коэффициент истечения данного СУ при фактических условиях его эксплуатации.

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

6.2 Требования к свойствам среды

6.2.1 Среда может быть либо сжимаемой (газ, в том числе сухой насыщенный и перегретый пар), либо несжимаемой (жидкость).

6.2.2 Среда должна быть однофазной и однородной по физическим свойствам. Коллоидные растворы с высокой степенью дисперсности (например, молоко) допускается считать однофазными.

Примечания

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

2 Среда считается однофазной, если все ее составляющие части принадлежат к одному и тому же жидкому или газообразному состоянию.

6.3 Требования к параметрам потока

6.3.1 Расход среды должен быть постоянным или медленно изменяющимся во времени.

Допускаются пульсации потока, если выполняется условие [8] и [9]:

$$\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta p_i - \overline{\Delta p})^2 \right)^{0,5}}{\overline{\Delta p}} \leq 0,1, \quad (6.1)$$

где n — число измерений перепада давления 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).

Если условие (6.1) не выполняется, то при необходимости, определяемой заинтересованными сторонами, вводят соответствующие поправки к показаниям расходомера или рассчитывают оценку дополнительной составляющей неопределенности результата измерений количества среды, обусловленной наличием пульсаций потока, в соответствии с ГОСТ 8.586.5 (приложение Ж).

Примечание — Основные положения измерения количества среды нестационарных потоков приведены в ГОСТ 8.586.5 (приложение Ж).

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

6.3.2.1 При измерении 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.

6.3.2.2 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 T , измеренной в ИТ, рассчитывают по формуле

$$T_0 = T \left(1 - \frac{\Delta p}{p} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}. \quad (6.2)$$

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

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

6.3.4 Значения чисел Re должны находиться в диапазоне, установленном в ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4), для соответствующего типа СУ.

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

7 Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению

7.1 Общие положения

7.1.1 ИТ должен быть круглого сечения по всей длине прямолинейных участков. Выполнение данного требования контролируют визуально, за исключением участков в непосредственной близости от СУ (длиной $2D$), где такая оценка может быть дана только по результатам измерений геометрических характеристик сечения трубопровода, выполненных в соответствии с требованиями, зависящими от типа СУ.

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

7.1.3 СУ должно быть установлено между двумя прямолинейными участками ИТ, минимальная длина которых для каждого типа СУ приведена в соответствующих частях комплекса стандартов.

Участки ИТ, расположенные непосредственно до и после СУ, 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 % длины отрезка.

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

При применении составной конструкции ИТ, уступ на стыке его секций не должен превышать установленных пределов, зависящих от типа СУ и расстояния от уступа до СУ.

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 поперечного сечения ИТ с углом $\pm 30^\circ$ 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 ближайшим до него МС, если длина этого участка не более $10D$) и не менее $4D$ после СУ (после трубы Вентури — не менее $4d$), путем ее механической обработки (внутренний валик должен быть сточен).

Высота внутреннего шва прямошовной трубы, а также внутреннего валика сварного шва соединения секций ИТ не должна превышать допуска на уступ, установленного для каждого типа СУ в соответствующих ему частях комплекса стандартов.

7.1.5 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, если длина этого участка не более $10D$) и не менее $4D$ после СУ (после трубы Вентури — не менее $4d$). Для обеспечения возможности очистки внутренней поверхности ИТ рекомендуется соединения участков ИТ выполнять разъемными. Разъемное соединение должно располагаться не ближе $2D$ до СУ.

Допускаемые значения Ra для каждого типа СУ приведены в ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.2.3), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.4, 5.2.6.4), ГОСТ 8.586.4 (пункт 6.4.2). 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

$$Ra = R_{\text{ш}}/\pi, \quad (7.1)$$

где $R_{\text{ш}}$ — эквивалентная шероховатость согласно диаграмме Моуди [10]

Значение $R_{\text{ш}}$ рассчитывают, используя уравнение Коулбрука — Уайта, по значению измеренного коэффициента гидравлического трения по формуле

$$\frac{R_{\text{ш}}}{D} = 3,71 \cdot 10^{-\left(\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}\right) - \frac{9,34}{\text{Re} \sqrt{\lambda}}}. \quad (7.2)$$

Коэффициент гидравлического трения в ИТ рассчитывают по формуле

$$\lambda = \frac{2\Delta p_{\text{т}} D}{l_{\text{м}} \rho w^2}, \quad (7.3)$$

где $\Delta p_{\text{т}}$ — перепад давления в ИТ на длине прямолинейного участка $l_{\text{м}}$ до СУ.

Значение w рассчитывают по формуле

$$\overline{w} = \frac{4q_{\text{м}}}{\pi D^2} = \frac{4q_{\text{ср}}}{\pi D^2} = \frac{4q_{\text{у}}}{\pi D^2}. \quad (7.4)$$

Допускается значения $R_{\text{ш}}$ определять по таблице Д.1 (приложение Д).

Дополнительная информация о шероховатости внутренней поверхности ИТ приведена в [11]

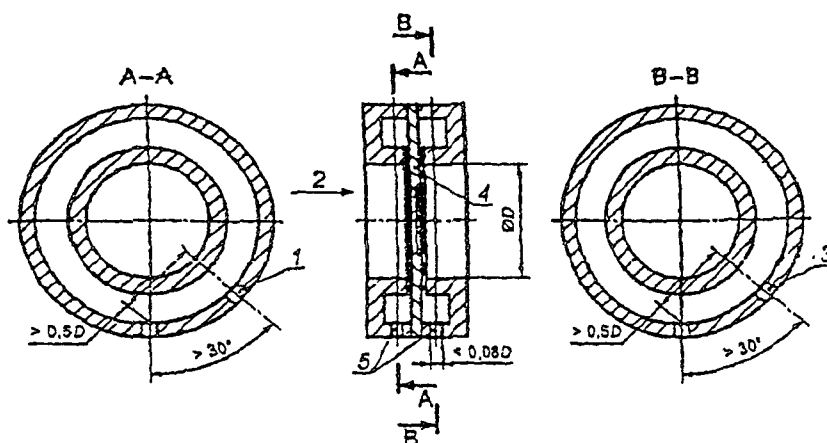
7.1.6 ИТ может быть оснащен дренажными и (или) продувочными отверстиями. Дренажные отверстия предназначены для удаления твердых отложений и накопившихся жидкостей, а продувочные — для удаления газовых пробок в жидкой среде. В процессе выполнения измерений не допускаются утечки среды через дренажные и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

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

При применении для отбора статического давления отдельных отверстий дренажные и продувочные отверстия размещают на расстоянии более $0,5D$ 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 2 приведен вариант размещения дренажных или продувочных отверстий в корпусе камер усреднения.



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

Рисунок 2 — Размещение дренажных и продувочных отверстий в камере усреднения

7.1.7 При прохождении участка трубопровода между местом размещения ПТ и СУ среда охлаждается или нагревается, в зависимости от того, холоднее или теплее она окружающего воздуха. В результате температура среды в месте расположения ПТ может отличаться от температуры в месте расположения СУ. Другая составляющая неопределенности результата измерения температуры обусловлена наличием теплообмена корпуса ПТ со стенкой ИТ за счет теплопроводности и излучения.

Для уменьшения неопределенности результата измерения температуры ИТ теплоизолируют

Если температуру измеряют до СУ, то теплоизолируют участок ИТ между сечениями трубопровода, расположенными на расстоянии $5D$ до места размещения ПТ и на расстоянии $5D$ после СУ.

Если температуру измеряют после СУ, то теплоизолируют участок ИТ между сечениями трубопровода, расположенными на расстоянии $5D$ до СУ и на расстоянии $5D$ после ПТ.

Проектирование тепловой изоляции наружной поверхности ИТ следует выполнять по допустимому изменению (снижению или повышению) температуры среды на участке ИТ, расположенном между СУ и ПТ в соответствии с [12].

Допускаемое изменение температуры среды принимают равным $\pm 0,3$ °С для газов и $\pm 1,5$ °С для жидкостей.

Обоснование отсутствия теплоизоляции ИТ проводят проектные организации.

7.2 Минимальная длина прямолинейных участков измерительного трубопровода

7.2.1 При входе в СУ поток должен быть стабилизированным. Поток считается стабилизированным, если длина прямолинейных участков ИТ соответствует требованиям раздела 6 соответствующей типу СУ части комплекса стандартов — ГОСТ 8.586.2, ГОСТ 8.586.3 или ГОСТ 8.586.4.

Длина прямолинейного участка после МС неопределенного типа может быть сокращена, если выполняются следующие условия:

- угол закрутки потока — менее 2° во всех точках поперечного сечения трубопровода;
- в каждой точке поперечного сечения ИТ, расположенного до СУ на длине $2D$, отношение местной осевой скорости потока к его максимальной осевой скорости в данном сечении отличается не более чем на $\pm 5\%$ от такого же отношения для стабилизированного турбулентного потока.

Измерение указанных величин проводят в соответствии с аттестованной методикой выполнения измерений.

7.2.2 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.

К эксплуатации допускаются УПП или струевыпрямители, которые прошли испытания в соответствии с приложением Ж. Устройства, прошедшие испытания с каким-либо конкретным типом СУ, указаны в относящейся к ним части комплекса стандартов.

Приложение А
(справочное)

Теоретические основы метода измерений

В настоящем приложении рассматривают течение реальной несжимаемой жидкости через диафрагму, схема которого приведена на рисунке А 1.

Далее по тексту для обозначения величин, относящихся к сечениям 0, 1 и 2 (см. рисунок А 1), применяют индексы, соответствующие номеру сечения.

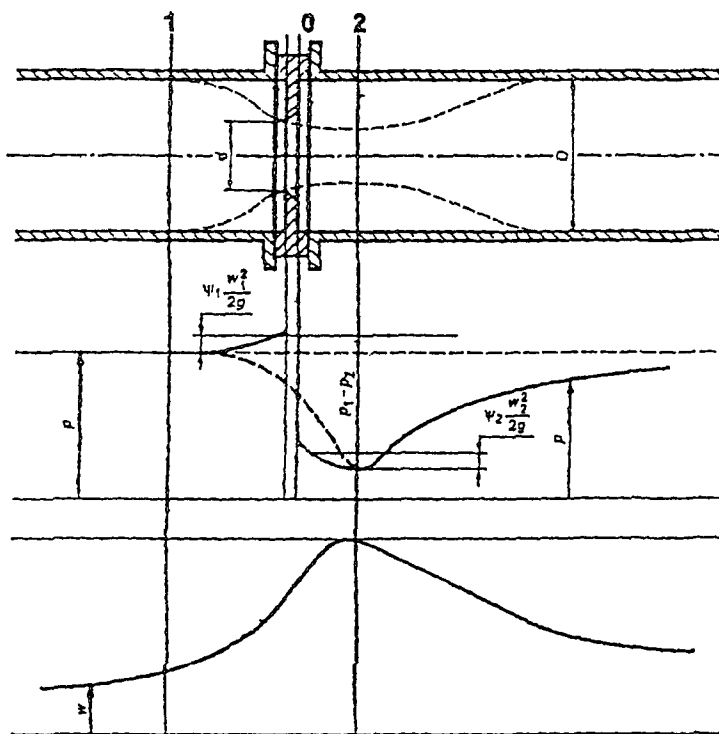


Рисунок А.1 — Схема течения несжимаемой жидкости через диафрагму

Записывают уравнение Бернулли для потока реальной несжимаемой жидкости для сечений 1 и 2 (см. рисунок А.1):

$$\frac{p_1}{\rho} + \Phi_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2} + \psi_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \Phi_2 \frac{\bar{w}_2^2}{2} + \psi_2 \frac{\bar{w}_2^2}{2} + \xi \frac{\bar{w}_2^2}{2}, \quad (\text{А.1})$$

где Φ_1, Φ_2 — коэффициенты Кориолиса, равные отношению действительной кинетической энергии потока к его средней кинетической энергии, рассчитываемые по формуле

$$\Phi = \frac{\int w^3 dF}{\bar{w}^3 F};$$

ψ_1, ψ_2 — доли скоростного напора до и после СУ, учитывающие разность значений измеренного давления от давления в сечениях 1 и 2;

ξ — коэффициент сопротивления;

F — площадь поперечного сечения.

С помощью уравнения неразрывности

$$\bar{w}_0 F_0 = \bar{w}_1 F_1 = \bar{w}_2 F_2$$

значения скорости потока \bar{w}_1 и \bar{w}_2 через скорость \bar{w}_0 в отверстии диафрагмы площадью сечения F_0 рассчитывают по формулам

$$\bar{w}_1 = \bar{w}_0 \beta^2; \quad (\text{A } 2)$$

$$\bar{w}_2 = \bar{w}_0 \beta^2; \quad (\text{A } 3)$$

где β^2 — относительная площадь отверстия диафрагмы, рассчитываемая по формуле

$$\beta^2 = F_0/F_1, \quad (\text{A } 4)$$

μ — коэффициент сужения потока, рассчитываемый по формуле

$$\mu = F_2/F_0. \quad (\text{A } 5)$$

Подставляя \bar{w}_1 и \bar{w}_2 , выраженные через скорость \bar{w}_0 , в уравнение (А.1). Решение этого уравнения относительно скорости \bar{w}_0 дает следующую зависимость для расчета массового расхода среды:

$$q_m = \rho F_0 \bar{w}_0 = F_0 \frac{\mu}{\sqrt{\Phi_2 + \Psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \Psi_1 \beta^4 \mu^2}} \sqrt{2\rho(P_1 - P_2)}. \quad (\text{A } 6)$$

Умножают и делят правую часть уравнения на коэффициент скорости входа $E = \sqrt{1 / (1 - (F_0 / F_1)^2)}$, тогда получим следующее уравнение:

$$q_m = \rho F_0 \bar{w}_0 = F_0 C E \sqrt{2\rho(P_1 - P_2)}, \quad (\text{A } 7)$$

где

$$C = \frac{\mu \sqrt{1 - \beta^4}}{\sqrt{\Phi_2 + \Psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \Psi_1 \beta^4 \mu^2}}. \quad (\text{A } 8)$$

Существующие теоретические методы расчета коэффициента истечения, как правило, не обеспечивают достаточную для практики точность. Поэтому значения коэффициентов истечения, стандартизованные в отечественных и зарубежных нормативных документах, являются результатом обработки высокоточных многочисленных экспериментальных исследований.

При выводе уравнения (А.7) было сделано допущение, что плотность среды при ее течении через СУ не изменяется. Это допущение справедливо для несжимаемых сред. Для газов такое допущение может привести к значительной неопределенности результатов измерений.

Процесс истечения газа через СУ можно считать адиабатическим (отвод или подвод тепла отсутствует). В этом случае состояние газа изменяется по адиабате:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}}. \quad (\text{A } 9)$$

Записывают уравнение сохранения энергии в дифференциальной форме:

$$d \frac{w^2}{2} + gdh + \frac{dp}{\rho} + dL_{\text{тр}} = 0, \quad (\text{A } 10)$$

где $L_{\text{тр}}$ — удельная работа, затраченная на преодоление сил трения;

h — высота положения рассматриваемых сечений над горизонтальной плоскостью, относительно которой рассматривается его положение.

После интегрирования уравнение (А.10) примет вид:

$$\frac{\bar{w}_2^2 - \bar{w}_1^2}{2} + g(h_2 - h_1) + \int_1^2 \frac{dp}{\rho} + L_{\text{тр}} = 0. \quad (\text{A } 11)$$

Интеграл в уравнении (А.11) с учетом (А.9) рассчитывают по формуле

$$\int_1^2 \frac{dp}{\rho} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{P_1}{\rho_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right].$$

Принимают $L_{\text{тр}} = 0$, $h_1 = h_2$ и учитывают уравнения неразрывности:

$$\rho_1 \bar{w}_1 = \rho_0 \bar{w}_0 \beta^2; \quad (\text{A } 12)$$

$$\rho_2 \bar{w}_2 = \rho_0 \bar{w}_0 / \mu, \quad (\text{A } 13)$$

где μ — коэффициент сужения потока для газа

Тогда получают следующее уравнение для расчета массового расхода газа:

$$q_m = \rho_0 F_0 \bar{w}_0 = F_0 E \sqrt{2\rho_1 (p_1 - p_2)} \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{\mu_r^2 (1 - \beta^4)}{1 - \beta^4 \mu_r^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right)}. \quad (\text{A.14})$$

Умножают и делят правую часть уравнения (A.14) на коэффициент истечения, тогда окончательно получают следующее уравнение:

$$q_m = F_0 C E \varepsilon \sqrt{2\rho_1 (p_1 - p_2)}, \quad (\text{A.15})$$

где

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{\mu_r}{\mu}\right)^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{(\psi_2 + \psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \psi_1 \beta^4 \mu^2)}{1 - \beta^4 \mu_r^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right)}. \quad (\text{A.16})$$

Для сопел можно допустить, что $\Phi_1 = \Phi_2 = \mu = \mu_r = 1$ и $\psi_1 = \psi_2 = \xi = 0$. При этом уравнение (A.16) примет следующий вид:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{(1 - \beta^4)}{1 - \beta^4 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right)}. \quad (\text{A.17})$$

Уравнение (A.16) применимо и для других типов СУ, но расчеты по нему возможны только при наличии информации о параметрах потока: Φ_1 , Φ_2 , μ , μ_r , ψ_1 , ψ_2 , ξ . Вычисление данных величин для диафрагм является сложным, что делает уравнение (A.16) не приемлемым для практического использования. Поэтому для диафрагм значения коэффициента расширения, приведенные в отечественных и зарубежных нормативных документах, являются результатом экспериментальных исследований.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Рекомендации по выбору типа сужающего устройства

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

Таблица Б.1 — Качественные характеристики СУ

Наименование типа СУ	Характеристика СУ	
	Достоинство	Недостаток
Диафрагма	<p>Проста в изготовлении и монтаже, может применяться в широком диапазоне чисел Re.</p> <p>Устанавливают на ИТ внутренним диаметром от 50 до 1000 мм.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения диафрагм меньше, чем у других СУ.</p> <p>Наличие небольшого содержания конденсата практически не оказывает влияния на коэффициент истечения</p>	<p>В процессе эксплуатации неизбежно притупление входной кромки диафрагмы, что приводит к дополнительной прогрессирующей неопределенности коэффициента истечения, которая может быть существенной для диафрагм, устанавливаемых в трубопроводах диаметром менее 100 мм.</p> <p>Потери давления на диафрагмах выше, чем на других СУ</p>
Сопло ИСА 1932	<p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации, потери давления на нем меньше, чем на диафрагме.</p> <p>Могут иметь относительный диаметр отверстия до 0,8.</p> <p>Меньше чем диафрагма реагирует на турбулентные пульсации потока и обладает меньшей чувствительностью к шероховатости внутренних стенок ИТ.</p> <p>В ИТ внутренним диаметром менее 100 мм может обеспечивать меньшую неопределенность результата измерения расхода среды, чем диафрагма за счет отсутствия поправки на притупление входной кромки</p>	<p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 500 мм.</p> <p>Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при $Re > 10^7$.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения больше, чем у диафрагмы</p>
Эллипсное сопло	<p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации.</p> <p>Потери давления на нем меньше, чем на диафрагме.</p> <p>Может иметь относительный диаметр отверстия до 0,8</p>	<p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 530 мм.</p> <p>Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при $Re > 10^7$.</p> <p>Неопределенность коэффициента истечения достигает 2 %</p>
Сопло Вентури	<p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации расходомера.</p> <p>Потери давления на нем значительно меньше, чем на диафрагме, сопле ИСА 1932 и эллипсном сопле.</p> <p>Коэффициент истечения не зависит от числа Re</p>	<p>Является сложным в изготовлении.</p> <p>Имеет узкий диапазон применения по числам Re.</p> <p>Имеет большую неопределенность коэффициента истечения</p>
Труба Вентури	<p>Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации.</p> <p>Потери давления на ней значительно меньше, чем на диафрагме и сопле, а в некоторых случаях и сопле Вентури. Требуется короткие прямолинейные участки ИТ.</p> <p>В проточной части отсутствуют застойные зоны, где могут скапливаться осадки.</p> <p>Допускается к применению в трубопроводах внутренним диаметром до 1200 мм</p>	<p>Является сложным в изготовлении и имеет большие размеры</p>

Б.2 На основании данных таблицы Б.1 для измерения расхода и количества среды в ИТ внутренним диаметром свыше 100 мм предпочтительно применение диафрагм. Сопла ИСА 1932 рекомендуется применять, если определяющим критерием выбора типа СУ является стабильность характеристик при длительной эксплуатации. Сопла ИСА 1932 могут обеспечивать наибольшую точность измерений относительно диафрагм в трубопроводах с небольшим внутренним диаметром. Сопла Вентури рекомендуется применять, если требуется обеспечение надежности работы расходомера и низких потерь давления в измерительных системах. Трубы Вентури рекомендуется применять для измерения расхода загрязненных потоков, а также, если наряду с надежностью и низкой потерей давления, требуются короткие прямолинейные участки ИТ до и после СУ.

Б.3 При выборе способа отбора давления на диафрагмах следует учитывать следующие положения.

а) Достоинством углового способа отбора давления являются удобство монтажа диафрагмы, а также возможность применения кольцевых камер усреднения, обеспечивающих усреднение давления, что позволяет в некоторых случаях снизить требование к эксцентриситету установки диафрагмы, уменьшить влияние МС на показание расходомера. Недостатками данного способа отбора являются зависимость измеряемого перепада давления от диаметра отверстий (или ширины щели) для отбора давления и большая, относительно других способов отбора давления, вероятность загрязнения отверстий.

б) Достоинством фланцевого и трехрадиусного способов отбора давления является меньшая степень засорения отверстий. Имеются данные, указывающие на некоторое снижение влияния шероховатости стенок трубопровода на коэффициент истечения диафрагм с фланцевым и трехрадиусным способами отбора давления. Недостатком трехрадиусного и фланцевого способов отбора является то, что без применения дополнительных специальных конструкций (см. рисунок 1) статическое давление до и после диафрагмы измеряется без их осреднения по периметру трубопровода. Кроме того, для трехрадиусного способа отбора требуется сверление стенки трубопровода.

Приложение В
(справочное)

Основные принципы решения уравнения расхода

В.1 Задачи, решаемые с помощью уравнения расхода

Решение уравнения расхода выполняют с целью выбора параметров СИ, геометрических характеристик СУ и ИТ, проверки условий применения расходомера, а также расчета расхода и количества среды.

Основные задачи, решаемые с помощью уравнения расхода:

- определение расхода среды по заданным характеристикам ИТ, СУ и параметрам среды;
- расчет диаметра отверстия СУ по перепаду давления на СУ, характеристикам среды и ИТ, параметрам потока;
- расчет перепада давления на СУ по заданным характеристикам ИТ, СУ и параметрам потока;
- расчет внутреннего диаметра ИТ и числа ИТ по заданной допускаемой скорости среды или по заданным значениям верхней границы диапазона измерений перепада давления на СУ и относительного диаметра отверстия СУ.

Ниже приведены основные принципы решения уравнения расхода.

В.2 Определение расхода среды

Коэффициент истечения СУ (кроме сопел Вентури) и поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ, зависят от числа Re и, следовательно, от значения расхода среды, поэтому уравнение расхода является неявным уравнением.

Уравнение расхода (см. 5.1.4) может быть решено методом итераций.

Итерационный процесс рекомендуется проводить по числу Re (см. ниже) или по расходу среды [см. ГОСТ 8.586.5 (раздел 8)].

Для этого уравнение расхода (см. 5.1.4) записывают в общем неявном виде относительно числа Re :

$$Re = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w, \quad (B.1)$$

где C' — коэффициент истечения, рассчитанный для значения числа Re , равного 10^6 ;

K'_w — поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ, рассчитанный при числе $Re = 10^6$;

Re^* — модифицированное число Рейнольдса, которое рассчитывают по формуле

$$Re^* = \frac{1}{D_u} d^2 C' E K'_w K_{re} (2\Delta p)^{0.5}, \quad (B.2)$$

Уравнение расхода (см. 5.1.4) с учетом формулы (B.1) может быть решено в следующей последовательности:

- а) рассчитывают C' и K'_w и, применяя формулу (B.2), вычисляют значение Re^* ;
- б) рассчитывают коэффициент истечения C , поправочный коэффициент K_w при числе $Re = Re^*$ и вычисляют первое приближение для числа Re по формуле

$$Re_1 = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w; \quad (B.3)$$

- в) рассчитывают относительную разность δ_1 значений Re_1 и Re^* по формуле

$$\delta_1 = \frac{Re_1 - Re^*}{Re_1}$$

и проверяют выполнение неравенства:

$$|\delta_1| \leq 10^{-4}. \quad (B.4)$$

Если неравенство (B.4) выполняется, то значение Re_1 принимают как решение уравнения (B.1), в другом случае определяют новое приближение для числа Re по формуле

$$Re_2 = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w, \quad (B.5)$$

где C и K_w рассчитывают при числе $Re = Re_1$;

- г) рассчитывают относительную разность δ_2 значений Re_2 и Re_1 по формуле

$$\delta_2 = \frac{Re_2 - Re_1}{Re_2}$$

и проверяют выполнение неравенства:

$$|\delta_2| \leq 10^{-4}. \quad (\text{В.6})$$

Если неравенство (В.6) выполняется, то значение Re_2 принимают как решение уравнения (В.1), в другом случае рассчитывают новое приближение для числа Re по общей формуле

$$Re_{n+1} = \frac{Re}{C'K_{ш}} CK_{ш}, \quad (\text{В.7})$$

где C и $K_{ш}$ рассчитывают при числе Re , рассчитанном на n -м цикле вычислений, или

$$Re_{n+1} = Re_n - \delta_n \frac{Re_n - Re_{n-1}}{\delta_n - \delta_{n-1}}, \quad (\text{В.8})$$

Поиск новых приближений для числа Re прекращают при выполнении неравенства:

$$\left| \frac{Re_{n+1} - Re_n}{Re_{n+1}} \right| \leq 10^{-4}; \quad (\text{В.9})$$

д) используя вычисленное значение числа Re , рассчитывают коэффициенты C и $K_{ш}$ и значение расхода среды по формуле (5.2).

В.3 Расчет диаметра отверстия СУ

Расчет диаметра отверстия СУ может быть выполнен по следующим исходным данным:

- $q_{m \min}, q_{m \max}, \Delta p, p, T, \rho, \mu$, для газа дополнительно — κ ;
- $D, R_{ш}$, для диафрагм — начальное значение радиуса входной кромки диафрагмы и межконтрольный интервал диафрагмы [см. ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.2.4)].

Расчет выполняют в следующей последовательности:

а) для газов проверяют выполнение неравенства:

$$\Delta p_a \leq 0,25 p. \quad (\text{В.10})$$

Если неравенство (В.10) не выполняется, то расчет прекращают, так как измерение расхода среды при таком режиме невозможно, или выбирают другой верхний предел измерений перепада давления, удовлетворяющий неравенству (В.10);

б) по данным соответствующей части комплекса стандартов [см. ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)] определяют значения верхней границы Re_v и нижней границы Re_n диапазона допускаемых значений Re для выбранного типа СУ;

в) рассчитывают значения верхней границы Re_{\max} и нижней границы Re_{\min} рабочего диапазона значений Re по формулам:

$$Re_{\max} = \frac{4q_{m \max}}{\pi D \mu}; \quad Re_{\min} = \frac{4q_{m \min}}{\pi D \mu}$$

и проверяют выполнение неравенств:

$$Re_v \geq Re_{\max}; \quad (\text{В.11})$$

$$Re_n \leq Re_{\min}. \quad (\text{В.12})$$

Если неравенства (В.11) и (В.12) не выполняются, то расчет прекращают или выбирают другой тип СУ, для которого неравенства (В.11) и (В.12) выполняются;

г) рассчитывают значение вспомогательной величины A по формуле

$$A = \frac{Re_{\max} \mu}{D(2p\Delta p_a)^{0,5}}; \quad (\text{В.13})$$

д) используя соответствующую часть комплекса стандартов [см. ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4)], определяют значения верхней границы β_v и нижней границы β_n диапазона допускаемых значений β для выбранного типа СУ;

е) рассчитывают значения вспомогательных величин B_1 и B_2 по формулам:

$$B_1 = E_1 C_1 K_{ш1} K_{п1} \beta_v^2 \epsilon_1; \quad (\text{В.14})$$

$$B_2 = E_2 C_2 K_{ш2} K_{п2} \beta_n^2 \epsilon_2, \quad (\text{В.15})$$

где E_1, E_2 — коэффициенты скорости входа при β_v и β_n , соответственно;

C_1 — коэффициент истечения при Re_{\max} и β_v ;

C_2 — коэффициент истечения при Re_{\max} и β_n ;

$K_{п1}$ — поправочный коэффициент K_n для диафрагм при β_v (для остальных СУ $K_{п1} = 1$);

K_{n2} — поправочный коэффициент K_n для диафрагм при β_n (для остальных СУ $K_{n2} = 1$);
 K_{w1} — поправочный коэффициент K_w при Re_{max} и β_n (для труб Вентури $K_{w1} = 1$);
 K_{w2} — поправочный коэффициент K_w при Re_{max} и β_n (для труб Вентури $K_{w2} = 1$);
 ϵ_1 — коэффициент расширения при β_n , Δp_n , κ и p ;
 ϵ_2 — коэффициент расширения при β_n , Δp_n , κ и p

Рассчитывают значения вспомогательных величин δ_1 и δ_2 по формулам:

$$\delta_1 = (B_1 - A)/A;$$

$$\delta_2 = (B_2 - A)/A.$$

Если величины δ_1 и δ_2 имеют одинаковый знак, то расчет прекращают, так как в диапазоне допускаемых значений β не существует значения, удовлетворяющего исходным данным.

Если величины δ_1 и δ_2 имеют разные знаки, то расчет продолжают;

ж) относительно неизвестной величины β решают следующее уравнение:

$$A = ECK_w K_n \beta^2 \epsilon. \quad (B.16)$$

Решение уравнения (B.16) может быть выполнено любым итерационным методом. При применении метода бисекции решение уравнения выполняют в следующей последовательности:

- рассчитывают значение β по формуле

$$\beta = (\beta_n + \beta_n)/2; \quad (B.17)$$

- для значения β рассчитывают значение вспомогательной величины B по формуле

$$B = ECK_w K_n \beta^2 \epsilon, \quad (B.18)$$

где расчет C и K_w выполняют при Re_{max} , а значение ϵ вычисляют при Δp_n , κ и p ;

- проверяют выполнение неравенства:

$$\delta = |(B - A)/A| < 5 \cdot 10^{-5}. \quad (B.19)$$

Если неравенство (B.19) не выполняется, то рассчитывают новое значение β по формуле (B.17), в которой, если выполняется неравенство $B < A$, принимают $\beta_n = \beta$, рассчитанное на первом шаге итерации, в другом случае принимают $\beta_n = \beta$.

Для нового значения β по формуле (B.18) рассчитывают значение B и проверяют неравенство (B.19). Если неравенство не выполняется, то продолжают выбор новых значений β , используя для замены β_n и β_n в формуле (B.17) значение β , рассчитанное на предыдущем шаге итерации.

Выбор значений β осуществляют до выполнения неравенства (B.19);

и) для найденного значения β , используя соответствующую часть комплекса стандартов [см. ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)], определяют верхнее (Re_n) и нижнее (Re_n) значения допускаемого диапазона значений чисел Re и проверяют неравенства (B.11) и (B.12). Если неравенства выполняются, то значение β , рассчитанное в соответствии с перечислением ж), принимают как окончательное, в другом случае расчет диаметра отверстия СУ при заданных исходных данных невозможен;

к) используя значение β , найденное по перечислению ж), вычисляют диаметр отверстия СУ по формуле

$$d_{20} = \beta D / K_{cy}. \quad (B.20)$$

П р и м е ч а н и е — При расчете внутреннего диаметра отверстия диафрагмы дополнительно проверяют, что d_{20} находится в диапазоне допустимых значений [см. ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1)]. Если данное условие выполняется, то значение d_{20} считается найденным.

В.4 Расчет диапазона изменений перепада давления на СУ

Расчет диапазона изменений перепада давления на СУ может быть выполнен по следующим исходным данным:

- $q_{m \min}$, $q_{m \max}$, p , ρ , μ , для газов дополнительно — κ ;
- β , d , D , R_w , для диафрагм — начальное значение радиуса входной кромки диафрагмы и межконтрольный интервал [см. ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.2.4)].

Расчет выполняют в следующей последовательности:

а) рассчитывают значения верхней границы Re_{max} и нижней границы Re_{min} рабочего диапазона значений Re по формулам:

$$Re_{max} = \frac{4q_{m \max}}{\pi D \mu}; \quad Re_{min} = \frac{4q_{m \min}}{\pi D \mu}$$

и проверяют выполнение неравенств:

$$Re_n \geq Re_{max}; \quad (B.21)$$

$$Re_n \leq Re_{min}. \quad (B.22)$$

где Re_{\max} и Re_{\min} — наибольшее и наименьшее допускаемые значения числа Re , для выбранного типа СУ и значений β [см. ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)].

Если неравенства (В.21) и (В.22) не выполняются, то расчет прекращают или выбирают другой тип СУ, для которого выполняются данные неравенства;

б) рассчитывают значение вспомогательной величины S по формуле

$$S = \frac{8}{\rho} \left(\frac{q_{\max}}{\pi C E K_d K_{\psi} d^2} \right)^2, \quad (\text{В.23})$$

где C и K_{ψ} рассчитывают при Re_{\max} :

в) если среда — жидкость, то принимают верхнюю границу диапазона изменений перепада давления на СУ равной значению S . Если среда — газ, то относительно неизвестной величины Δp решают следующее уравнение:

$$\Delta p = S \varepsilon^{-2}. \quad (\text{В.24})$$

Решение уравнения (В.24) может быть выполнено итерационным методом:

- рассчитывают значение Δp_1 по формуле

$$\Delta p_1 = S / 0,9409;$$

- проводят вычисления на первом шаге итерации

$$\Delta p_2 = S \varepsilon_1^{-2},$$

где ε_1 — коэффициент расширения при $\Delta p = \Delta p_1$;

- проводят вычисления на втором шаге итерации

$$\Delta p_3 = S \varepsilon_2^{-2},$$

где ε_2 — коэффициент расширения при $\Delta p = \Delta p_2$;

- рассчитывают верхнюю границу диапазона изменений перепада давления на СУ по формуле

$$\Delta p_4 = \Delta p_3 + \frac{(\Delta p_1 - \Delta p_2)^2}{(2\Delta p_2 - \Delta p_3 - \Delta p_1)}; \quad (\text{В.25})$$

г) рассчитывают вспомогательную величину S_1 по формуле

$$S_1 = \frac{8}{\rho} \left(\frac{q_{\min}}{\pi C E K_d K_{\psi} d^2} \right)^2, \quad (\text{В.26})$$

где C и K_{ψ} рассчитывают при Re_{\min} ;

д) если среда — жидкость, то нижнюю границу диапазона изменений перепада давления на СУ принимают равной значению S_1 . Если среда — газ, то относительно неизвестной величины Δp решают следующее уравнение:

$$\Delta p = S_1 \varepsilon^{-2}. \quad (\text{В.27})$$

Решение уравнения (В.27) может быть выполнено методом, изложенным выше [см. перечисление в)]. За нижнюю границу диапазона изменений перепада давления на СУ принимают результат расчета.

В.5 Расчет внутреннего диаметра ИТ и числа ИТ

В.5.1 Расчет внутреннего диаметра и числа ИТ по заданной допускаемой скорости среды

В.5.1.1 Исходными данными для расчета являются тип СУ и следующие параметры потока и среды: \bar{w}_{\max} ,

q_{\min} , q_{\max} , ρ и μ .

Расчет выполняют в следующей последовательности.

Вспомогательные параметры A_{\min} , A_{\max} , C рассчитывают по формулам:

$$A_{\min} = \frac{4q_{\min}}{\pi \mu}; \quad (\text{В.28})$$

$$A_{\max} = \frac{4q_{\max}}{\pi \mu}; \quad (\text{В.29})$$

$$C = \frac{4q_{\max}}{w_{\max} \rho}. \quad (\text{В.30})$$

Значения верхних и нижних границ диапазона допускаемых значений Re , β , D и d для выбранного типа СУ определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Для диафрагм принимают $Re_{\min} = 5000$, для сопел ИСА 1932 принимают два значения $Re_{\min} = 70000$ и $Re_{\min} = 20000$.

В.5.1.2 Для диафрагм с фланцевым способом отбора давления проверяют условие

$$Re \leq \sqrt{A_{\min}/(1,7 \cdot 10^{-5} \cdot C)}. \quad (B.31)$$

Если неравенство (B.31) не выполняется — расчет невозможен, необходимо изменить исходные данные
 В 5.1.3 Параметры N_n , N_s , N_n^* рассчитывают по формулам:

$$N_n = C/D_n^2; \quad (B.32)$$

$$N_s = C/D_s^2; \quad (B.33)$$

$$N_n^* = (1/C)(A_{\max}/Re_n)^2. \quad (B.34)$$

Для всех СУ, кроме сопел ИСА 1932, дополнительно рассчитывают параметр N_s^* по формуле

$$N_s^* = (1/C)(A_{\min}/Re_n)^2. \quad (B.35)$$

Для сопел ИСА 1932 дополнительно рассчитывают параметры N_{s1}^* , N_{s2}^* по формулам:

$$N_{s1}^* = (1/C)(A_{\min}/Re_{n1})^2; \quad (B.36)$$

$$N_{s2}^* = (1/C)(A_{\min}/Re_{n2})^2. \quad (B.37)$$

Значения параметров, рассчитанных по формулам (B.32) — (B.37), с индексом «н» округляют до ближайшего большего целого, а с индексом «в» округляют до ближайшего меньшего целого числа.

В 5.1.4 Начальное приближение N для числа ИТ и значения их внутреннего диаметра D рассчитывают по формулам:

$$N = N_{\min} = \max(N_n, N_n^*); \quad (B.38)$$

$$D = \sqrt{C/N}. \quad (B.39)$$

В 5.1.5 Для сопел ИСА 1932 допускаемые границы для β определяются условиями:

$$N \leq N_{\max 1} = \min(N_s, N_{s1}^*); \quad (B.40)$$

$$N < N_{\max 2} = \min(N_s, N_{s2}^*), \quad (B.41)$$

$0,3 \leq \beta < 0,44$ — при выполнении условия (B.40);

$0,3 \leq \beta < 0,80$ — при одновременном выполнении условий (B.40) и (B.41).

При нарушении двух условий решение невозможно, необходимо изменить исходные данные.

В 5.1.6 Для труб и сопел Вентури, эллипсных сопел и диафрагм проверяют условие:

$$N \leq N_{\max} = \min(N_s, N_s^*). \quad (B.42)$$

Если условие (B.42) не выполняется — расчет невозможен, необходимо изменить исходные данные.

При выполнении условия (B.42) для труб Вентури и эллипсных сопел расчет закончен, для сопел Вентури и диафрагм дополнительно проверяют выполнение условия:

$$\max(\beta_n D, d_n) \leq \beta_s D. \quad (B.43)$$

Если условие (B.43) выполняется, то расчет закончен.

Если условие (B.43) не выполняется, то увеличивают N , рассчитывают новое значение D по формуле (B.39) и повторяют процесс, начиная с проверки условия (B.42).

В 5.2 Расчет внутреннего диаметра и числа ИТ по заданным значениям верхней границы диапазона измерений перепада давления на СУ и относительного диаметра отверстия СУ

В 5.2.1 Исходными данными для расчета являются — тип СУ, β , p , Δp , $q_{m \max}$, $q_{m \min}$, ρ , μ , для газов дополнительно — κ .

Расчет выполняют в следующей последовательности.

Значения верхних и нижних границ диапазона допускаемых значений Re , D и d для выбранного типа СУ определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Для диафрагм с фланцевым способом отбора давления принимают $Re_n = 5000$.

Вспомогательный параметр A рассчитывают по формуле

$$A = E\varepsilon(\pi\beta^2/4)\sqrt{2\rho\Delta p}. \quad (B.44)$$

В 5.2.2 По формулам (B.28), (B.29) определяют вспомогательные параметры: A_{\min} и A_{\max} .

В 5.2.3 Значения верхней границы D_s^* и нижней границы D_n^* диапазона допускаемых значений внутреннего диаметра ИТ рассчитывают по формулам:

$$D_n^* = \max(D_n; d_n/\beta); \quad (B.45)$$

$$D_s^* = D_s. \quad (B.46)$$

В 5.2.4 Параметры рассчитывают по формулам:

$$N_H = A_{\max} / (Re_H D_H^5); \quad (B.47)$$

для всех типов СУ, кроме диафрагм с фланцевым способом отбора давления

$$N_H = A_{\min} / (Re_H D_H^5); \quad (B.48)$$

для диафрагм с фланцевым способом отбора давления

$$N_H = \min (N_{H1}; N_{H2}), \quad (B.49)$$

где $N_{H1} = A_{\min} / (Re_H D_H^5)$; $N_{H2} = (A_{\min} / 170000) / (\beta D_H^5)^2$.

Значения N_H и N_H округляют в соответствии с В.5.1.3.

При $N_H < N_H$ решение невозможно, необходимо изменить исходные данные.

В.5.2.5 При $N_H \leq N_H$ принимают число ИТ, удовлетворяющее условию:

$$N_H \leq N \leq N_H. \quad (B.50)$$

В.5.2.6 При условии $D_H^* \leq D \leq D_H^*$ относительно D решают уравнение

$$F = (q_{m \max}^* - q_{m \max}) / q_{m \max} = 0, \quad (B.51)$$

где

$$q_{m \max}^* = ANCK_{\text{ш}} K_{\eta} D^2. \quad (B.52)$$

Значения C , $K_{\text{ш}}$, K_{η} в зависимости от выбранного типа СУ определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.2.), ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.2, 5.1.6.4, 5.2.6.2, 5.3.4.2), ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Число Re при этом рассчитывают по формуле

$$Re = A_{\max} / (DN). \quad (B.53)$$

В.5.2.7 Для решения уравнения (B.51) рекомендуется следующий алгоритм:

а) принимают $D_1 = D_H^*$; $D_2 = D_H^*$, рассчитывают соответствующие значения $q_{m \max 1}$, $q_{m \max 2}$ — по формуле (B.52) и F_1 , F_2 — по формуле (B.51);

б) принимают

$$D^* = (D_1 + D_2) / 2$$

и рассчитывают соответствующие значения $q_{m \max}^*$ — по формуле (B.52), F^* — по формуле (B.51);

при $|F^*| < 0,001$ полученное значение D^* принимают в качестве окончательного, иначе процесс продолжают с перечисления в);

в) при условии $F^* \cdot F_1 > 0$, принимают $D_1 = D^*$ и $F_1 = F^*$;

при условии $F^* \cdot F_1 < 0$, принимают $D_2 = D^*$ и $F_2 = F^*$;

переходят к выполнению перечисления б).

Приложение Г
(справочное)

Температурный коэффициент линейного расширения материала

Значения температурного коэффициента линейного расширения материала СУ и ИТ могут быть рассчитаны в зависимости от температуры по формуле, полученной на основе данных [13] и [14]:

$$\alpha_t = 10^{-6} [a_0 + a_1(t/1000) + a_2(t/1000)^2], \quad (\text{Г.1})$$

где a_0 , a_1 , a_2 — постоянные коэффициенты, определяемые в соответствии с таблицей Г.1.

Т а б л и ц а Г.1 — Значения постоянных коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 и границы области применения формулы (Г.1)

Марка стали	Значения постоянных коэффициентов			Границы области применения формулы (Г.1)	
	a_0	a_1	a_2	t_{\min}	t_{\max}
35Л	10,260	14,000	0	− 40	700
45Л	11,600	0	0	− 40	100
20ХМЛ	9,830	18,812	−14,191	− 40	600
12Х18Н9ТЛ	16,466	5,360	3,000	− 40	700
15К, 20К	10,800	10,000	0	− 40	600
22К	9,142	34,340	− 43,526	− 40	400
16ГС	9,903	20,561	−15,675	− 40	600
09Г2С	10,680	12,000	0	− 40	500
10	10,800	9,000	− 4,200	− 200	700
15	11,100	7,900	− 3,900	− 200	700
20	11,100	7,700	− 3,400	− 200	700
30,35	10,200	10,400	− 5,600	− 200	700
40,45	10,821	17,872	−1 0,986	− 40	700
10Г2	9,940	22,667	0	− 40	400
38ХА	12,345	5,433	5,360	− 40	600
40Х	10,819	15,487	− 9,280	− 40	700
15ХМ	11,448	12,638	− 7,137	− 200	700
30ХМ, 30ХМА	10,720	14,667	0	− 200	500
12Х1МФ	10,000	9,600	− 6,000	− 200	700
25Х1МФ	10,235	18,640	− 13,000	− 40	600
25Х2М1Ф	12,020	8,000	0	− 40	600
15Х5М	10,100	2,700	0	− 200	700
18Х2Н4МА	11,065	11,224	− 5,381	− 40	600
38ХН3МФА	11,446	9,574	− 4,945	− 40	700
08Х13	9,971	9,095	− 4,115	− 40	800
12Х13	9,557	11,067	− 5,000	− 40	800
20Х13	9,520	11,333	0	− 40	600
30Х13	9,842	9,600	− 4,472	− 40	600

Ограничение таблицы Г.1

Марка стали	Значения постоянных коэффициентов			Границы области применения формулы (Г.1)	
	a_0	a_1	a_2	t_{min}	t_{max}
10X14Г14Н4Т	15,220	13,000	0	– 40	900
08X18Н10	15,325	11,250	0	– 40	500
12X18Н9Т	15,600	8,300	– 6,500	– 200	700
12X18Н10Т, 12X18Н12Т	16,206	6,571	0	– 40	900
08X18Н10Т	15,470	10,500	0	– 40	700
08X22Н6Т	6,400	60,000	0	– 40	300
37X12Н8Г8МФБ	15,800	0	0	– 40	100
31X19Н9МВБТ	16,216	6,400	0	– 40	1000
06ХН28МДТ	9,153	30,944	– 26,478	– 40	600
20Л	11,660	9,000	0	– 40	700
25Л	10,750	12,500	0	– 40	500

Дополнительная информация о значениях температурного коэффициента линейного расширения для марок стали, не приведенных в таблице Г.1, приведена в [13].

Приложение Д
(справочное)

Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов

Т а б л и ц а Д.1 — Значения эквивалентной шероховатости $R_{\text{ш}}$, среднеарифметического отклонения профиля шероховатости Ra и относительной расширенной неопределенности $U_{R_{\text{ш}}}$

Вид труб и материал	Состояние поверхности стенки ИТ и условия эксплуатации	Значения		
		$R_{\text{ш}} \cdot 10^3, \mu\text{м}$	$Ra \cdot 10^3, \mu\text{м}$	$U_{R_{\text{ш}}}$
Цельнотянутые трубы из латуни, меди, алюминия, пластмассы	Технически гладкая, без отложений	0,03	0,01	100
Стеклянные	Чистая	0,01	0,003	100
Трубы из нержавеющей стали	Новая	0,03	0,01	100
Цельнотянутые стальные: - холоднотянутые - горячотянутые - прокатные	Новая	0,03	0,01	100
		0,10	0,03	100
		0,10	0,03	100
Цельно сварные стальные: - прямошовные - со спиральным швом	Новая	0,10	0,03	100
		0,10	0,03	100
Стальные трубы	С незначительным налетом ржавчины	0,15	0,045	33
	Ржавая	0,25	0,08	20
	Покрытая накипью	1,25	0,375	60
	Сильно покрытая накипью	2	0,6	100
	Битумизированная, новая	0,04	0,0125	20
	Битумизированная, бывшая в эксплуатации	0,15	0,045	33
	Оцинкованная	0,13	0,04	100
Чугун	Новая, не бывшая в эксплуатации	0,25	0,08	100
	Ржавая	1,25	0,4	25
	Покрытая накипью	1,5	0,5	100
	Битуминизированная, новая	0,04	0,0125	20
Асбестоцемент	Покрытая и непокрытая, новая	0,03	0,01	100
	Непокрытая, бывшая в эксплуатации	0,05	0,015	100

Приложение Е
(справочное)

Конструкция устройства подготовки потока и струевыпрямителей

Е.1 Общие положения

Е.1.1 В настоящем приложении приведена конструкция наиболее распространенных УПП и струевыпрямителей.

Включение УПП или струевыпрямителя в настоящее приложение не означает, что данное устройство прошло испытания в соответствии с приложением Ж.

Информация о УПП или струевыпрямителях, прошедших испытания, и методах их монтажа на ИТ приведена в ГОСТ 8.586.2 (пункт 6.3.1).

Допускается применение других конструкций УПП и струевыпрямителей, не указанных в настоящем приложении, если они прошли испытания в соответствии с приложением Ж.

Е.1.2 Коэффициент гидравлического сопротивления УПП и струевыпрямителей определяют по формуле

$$\xi = \frac{\Delta p}{0,5 \rho v^2}, \quad (\text{Е.1})$$

где Δp — потеря давления в струевыпрямителе или УПП.

Е.2 Струевыпрямители**Е.2.1 Общее описание**

Струевыпрямитель представляет собой устройство, ликвидирующее или значительно уменьшающее завихрения, но не обеспечивающее устранение осесимметричных или асимметричных деформаций эпюры скоростей потока.

Примерами данных устройств являются трубчатые струевыпрямители «AMCA» и «Etoile».

Е.2.2 Трубчатый струевыпрямитель

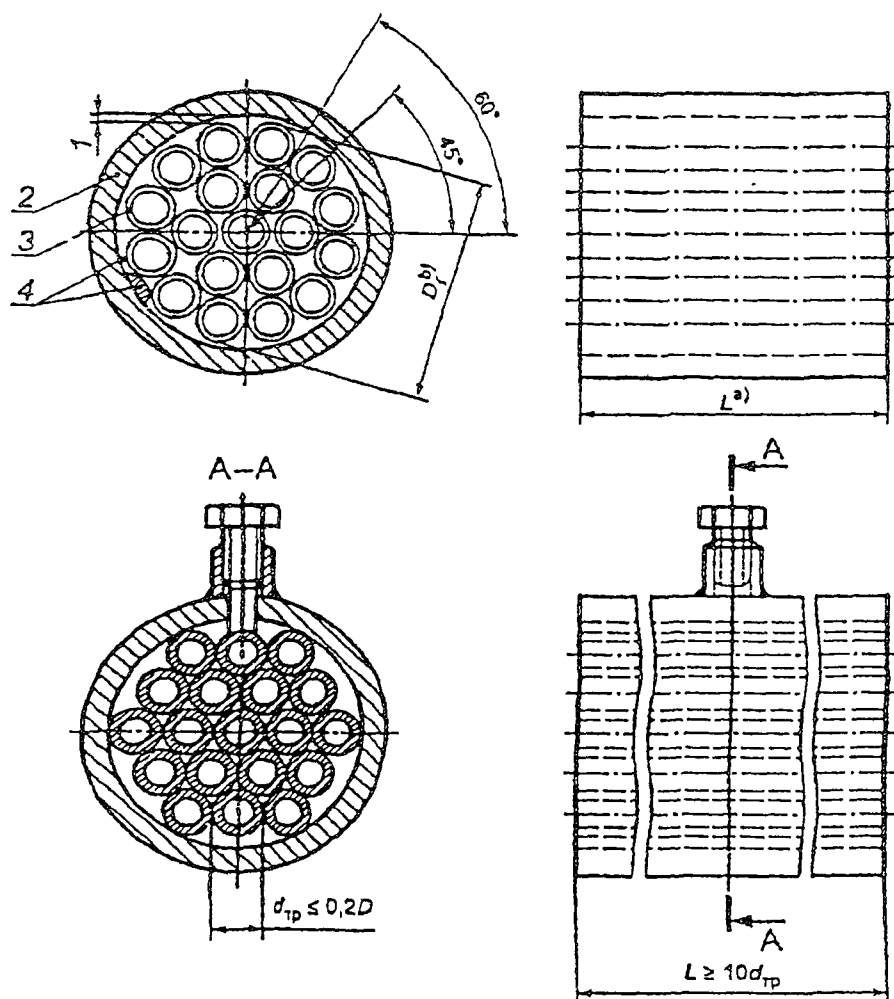
Конструкция трубчатого струевыпрямителя приведена на рисунке Е.1.

Струевыпрямитель состоит из связки параллельных и касающихся друг друга трубок, установленных в ИТ.

Число трубок должно быть не менее 19, а их длина не менее $10d_{\text{тр}}$, где $d_{\text{тр}}$ — наружный диаметр трубки. Трубки соединяют вместе и помещают связку в ИТ. При этом оси трубок должны быть параллельны оси ИТ.

Конструкция трубчатого струевыпрямителя, состоящего из связки 19 трубок, приведена в ГОСТ 8.586.2 (пункт 6.3.2).

Коэффициент гидравлического сопротивления трубчатого струевыпрямителя зависит от числа трубок, толщины их стенок. Для трубчатого струевыпрямителя, состоящего из 19 трубок, толщина стенки которых менее $0,025D$, коэффициент гидравлического сопротивления равен 0,75.



а) Длина L трубок должна быть в пределах от $2D$ до $3D$, предпочтительно насколько возможно ближе к $2D$.

б) Наружный диаметр струевыпрямителя, $0,95D \leq D_f \leq D$.

1 — минимизированный зазор; 2 — стенка ИТ; 3 — толщина стенки трубки (меньше $0,025D$); 4 — дополнительные центрирующие прокладки — обычно в четырех местах

Рисунок Е.1 — Трубчатый струевыпрямитель

В альтернативной конструкции трубчатого струевыпрямителя трубки закреплены к фланцу с помощью их наружного обода, слегка выступающего в ИТ.

Е.2.3 Струевыпрямитель «АМСА»

Струевыпрямитель «АМСА» имеет сотовую конструкцию с квадратными ячейками, размеры которых приведены на рисунке Е.2. Ребра должны быть как можно более тонкими, имея при этом достаточную прочность.

Коэффициент гидравлического сопротивления в струевыпрямителе «АМСА» может быть принят равным 0,25.

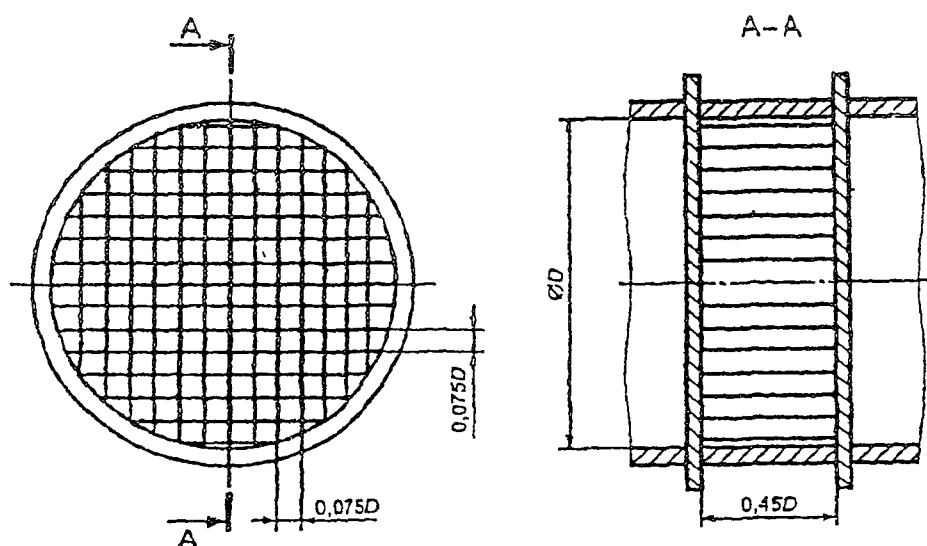


Рисунок Е.2 — Струевыпрямитель «АМСА»

Е.2.4 Струевыпрямитель «Etoile»

Конструкция струевыпрямителя «Etoile» приведена на рисунке Е.3. Струевыпрямитель состоит из восьми радиальных лопастей, расположенных под равными углами. Длина лопастей равна удвоенному диаметру ИТ. Лопasti рекомендуется изготовлять настолько тонкими при достаточной прочности.

Коэффициент гидравлического сопротивления струевыпрямителя «Etoile» может быть принят равным 0,25.

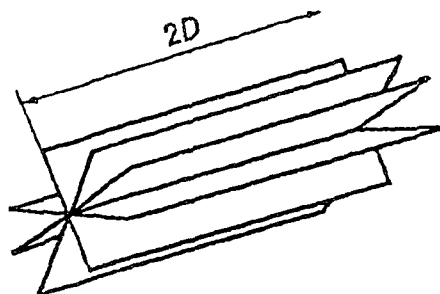


Рисунок Е.3 — Струевыпрямитель «Etoile»

Е.3 Устройства подготовки потока**Е.3.1 Общее описание**

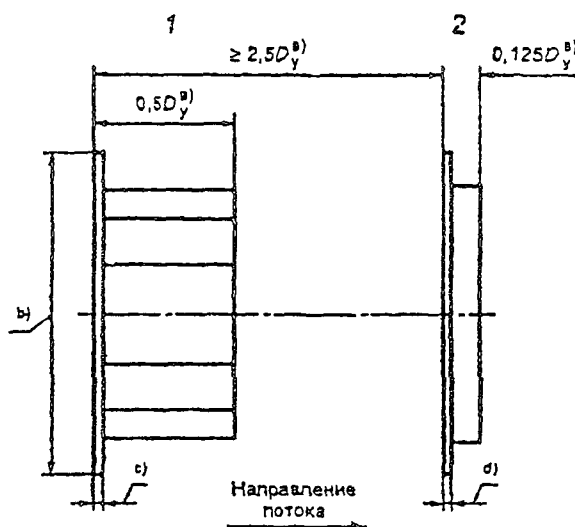
УПП представляет собой устройство, которое ликвидирует или значительно уменьшает вихри в потоке, а также устраняет полностью или частично осесимметричные и асимметричные деформации эпюры скоростей потока.

Примерами данных устройств могут служить УПП «Gallagher», «K-Lab NOVA», «NEL (Sprentman)», «Sprinkle» и «Zanker».

Е.3.2 Устройство подготовки потока «Gallagher»

УПП «Gallagher» защищено патентом. Оно состоит из антивихревого устройства, отстойника и профильного устройства, приведенных на рисунках Е.4 и Е.5.

Коэффициент гидравлического сопротивления УПП «Gallagher» зависит от технических условий на его изготовление и может быть принят равным двум



- а) Условный диаметр трубопровода.
 б) Длина, равная диаметру наружного диаметра фланца УПП.
 в) 3,2 мм при D_y от 50 до 75 мм, 6,4 мм при D_y от 100 до 450 мм, 12,7 мм при D_y от 500 до 600 мм, 12,7 мм при D_y от 50 до 300 мм, 17,1 мм при D_y от 350 до 600 мм.
 г) 3,2 мм при D_y от 50 до 75 мм, 6,4 мм при D_y от 100 до 450 мм, 12,7 мм при D_y от 500 до 600 мм.

1 — антивихровое устройство; 2 — профильное устройство

Рисунок Е.4 — Схема УПП «Gallagher»

1 — антивихровое устройство — вариант трубчатого типа: однородная концентрическая связка из 19 трубок (возможно установленных на штифтах); 2 — антивихровое устройство — вариант лопастного типа: 8 лопастей длиной от $0,125D$ до $0,25D$, концентрических с трубой (устройство может быть помещено на входе в ИТ); 3 — профильное устройство: схема 3—8—16 (см. примечание)

Примечание — Схема профильного устройства включает в себя:

3 отверстия, центры которых расположены на окружности диаметром от $0,15D$ до $0,155D$. Диаметр отверстий выбирают так, чтобы суммарная площадь отверстий составляла от 3 % до 5 % площади сечения ИТ;

8 отверстий, центры которых расположены на окружности диаметром от $0,44D$ до $0,48D$. Диаметр отверстий выбирают так, чтобы их суммарная площадь составляла от 19 % до 21 % площади сечения ИТ;

16 отверстий, центры которых расположены на окружности диаметром от $0,81D$ до $0,85D$. Диаметр отверстий выбирают так, чтобы суммарная площадь отверстий составляла от 25 % до 29 % площади сечения трубопровода.

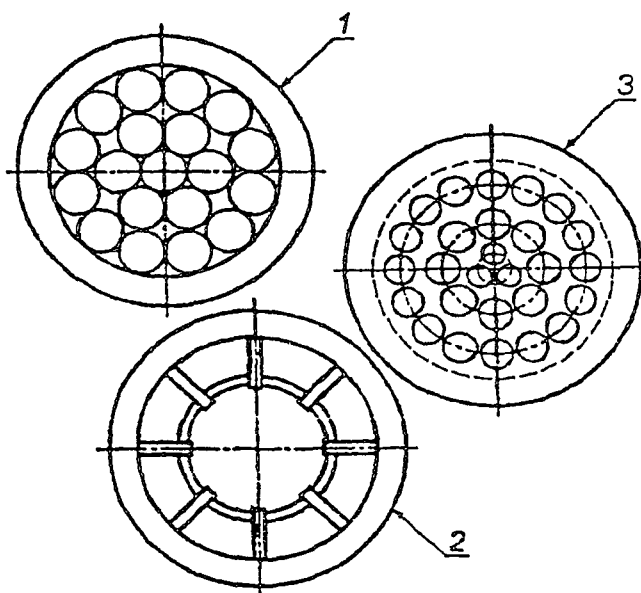


Рисунок Е.5 — Типичные компоненты УПП «Gallagher» (вид спереди)

Е.3.3 Устройство подготовки потока «K-Lab NOVA»

Перфорированный диск K-Lab конструкции NOVA, известной как УПП «K-Lab NOVA», защищен патентом. Устройство состоит из диска с 25 просверленными отверстиями, расположенными по симметричной круговой схеме, приведенной на рисунке Е.6. Толщина перфорированного диска должна находиться в пределах от $0,125D$ до $0,15D$.

Толщина, наружный диаметр и лицевая поверхность фланца зависят от его типа и применения. Размеры отверстий являются функцией внутреннего диаметра трубопровода и числа Re .

При условии $Re \geq 8 \cdot 10^5$ изготавливают:

центральное отверстие диаметром $(0,18629 \pm 0,00077)D$;

8 отверстий диаметром $(0,163 \pm 0,00077)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,5D \pm 0,5$ мм;

16 отверстий диаметром $(0,1203 \pm 0,00077)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,85D \pm 0,5$ мм.

При условии $8 \cdot 10^5 > Re \geq 10^5$ изготавливают:

центральное отверстие диаметром $(0,22664 \pm 0,00077)D$;

8 отверстий диаметром $(0,16309 \pm 0,00077)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,5D \pm 0,5$ мм;

16 отверстий диаметром $(0,12422 \pm 0,00077)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,85D \pm 0,5$ мм.

Коэффициент гидравлического сопротивления УПП «K-Lab NOVA» может быть принят равным двум.

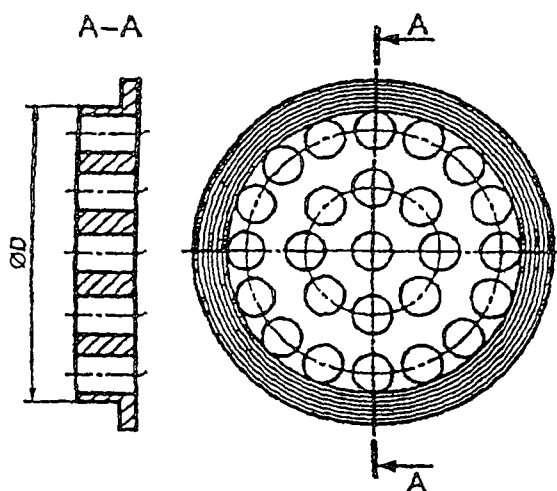


Рисунок Е.6 — Схема УПП «K-Lab NOVA»

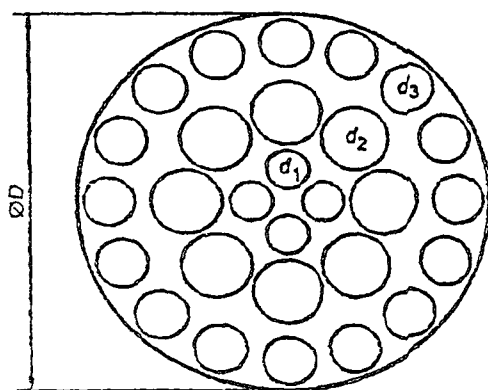


Рисунок Е.7 — Схема УПП «NEL (Spearman)»

Е.3.4 Устройство подготовки потока «NEL (Spearman)»

УПП «NEL (Spearman)» приведено на рисунке Е.7. Размеры отверстий являются функцией внутреннего диаметра ИТ. Данные по отверстиям следующие:

4 отверстия (d_1) диаметром $0,10D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,18D$;

8 отверстий (d_2) диаметром $0,16D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,48D$;

16 отверстий (d_3) диаметром $0,12D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,86D$.

Толщина перфорированной пластины равна $0,12D$.

Коэффициент гидравлического сопротивления УПП «NEL (Spearman)» может быть принят равным 3,2.

Е.3.5 Устройство подготовки потока «Sprinkle»

Конструкция УПП «Sprinkle» приведена на рисунке Е.8

УПП «Sprinkle» состоит из трех перфорированных пластин, расположенных последовательно на расстоянии $(1 \pm 0,1)D$ друг от друга

Для уменьшения потерь давления рекомендуется, чтобы отверстия имели фаску под углом 45° со стороны входа потока, а общая площадь отверстий в каждой пластине должна быть более 40 % площади поперечного сечения ИТ.

Отношения толщины пластины к диаметру отверстий должно быть не менее единицы, а диаметр отверстий — не более $0,05D$ (см. рисунок Е.8)

Пластины соединяют друг с другом прутками или шпильками, расположенными по периферии просвета ИТ и имеющими как можно меньший диаметр, но создающими достаточно прочное крепление.

Коэффициент гидравлического сопротивления УПП «Sprinkle» принимают равным 11, если входные кромки отверстий имеют фаски, или 14 — при их отсутствии.

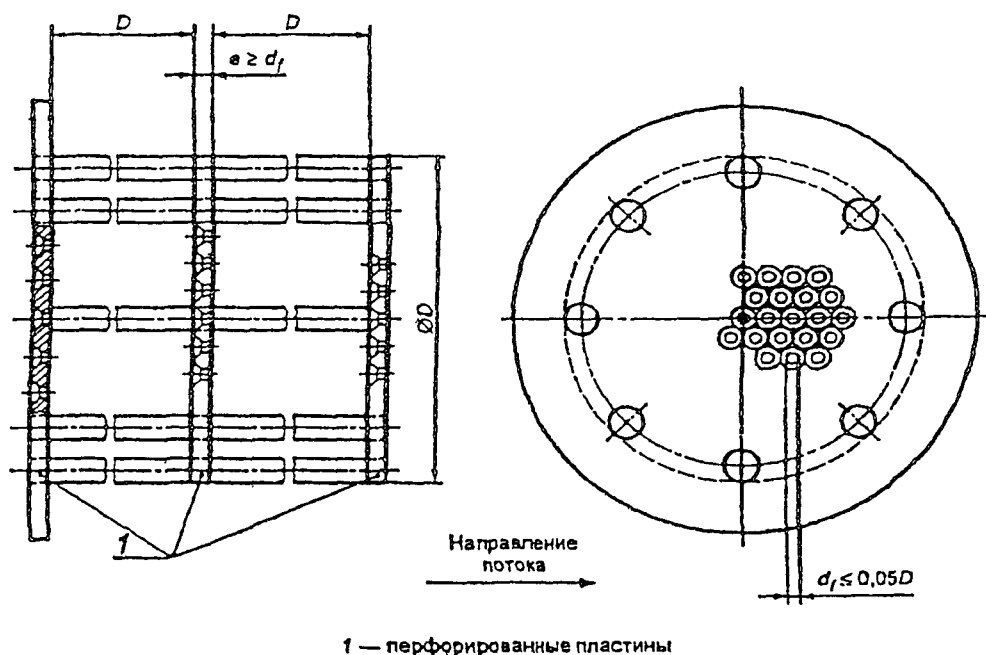


Рисунок Е.8 — Схема УПП «Sprinkle»

Е.3.6 Устройство подготовки потока «Zanker»

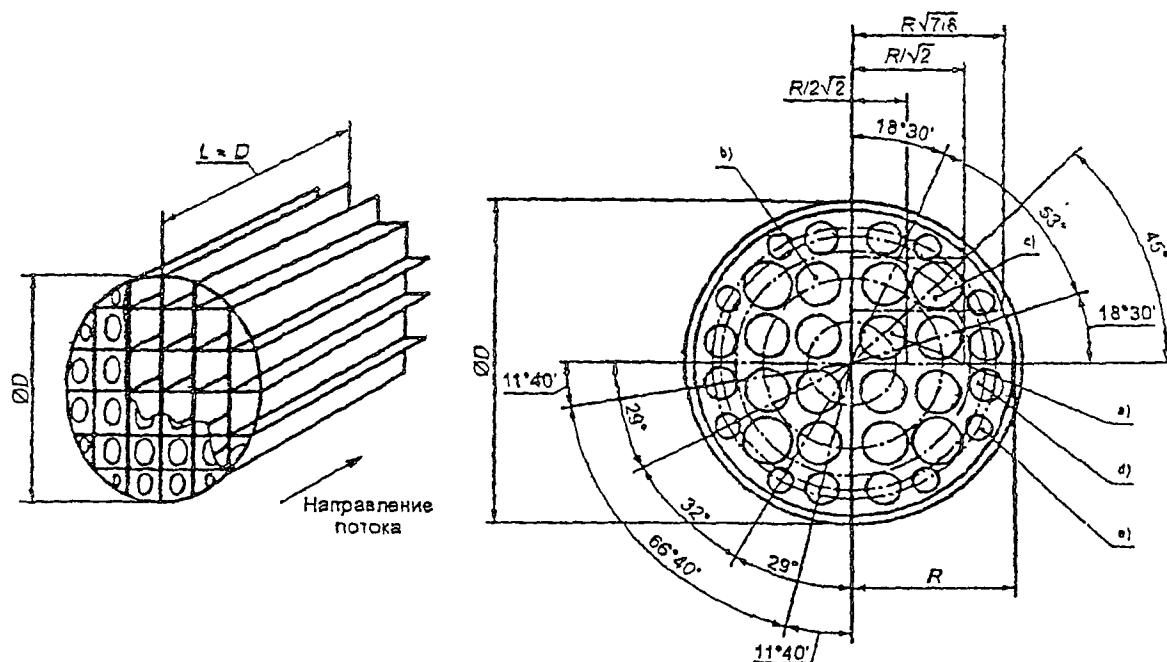
Конструкция УПП «Zanker» приведена на рисунке Е.9.

УПП «Zanker» состоит из перфорированной пластины с отверстиями, за которыми расположены каналы (по одному на каждое отверстие), образованных пересечением ряда пластин (см. рисунок Е.9). Пластины должны иметь как можно меньшую толщину, но обеспечивать достаточную прочность.

Коэффициент гидравлического сопротивления УПП «Zanker» может быть принят равным пяти.

Е.3.7 Дисковое устройство подготовки потока «Zanker»

Дисковое УПП «Zanker» является развитием конструкции УПП, описанной в Е.3.6. У нового устройства имеется такое же распределение отверстий, но увеличена толщина пластины до $0,15D$ и отсутствует сотовая структура каналов, прикрепленных к пластине.



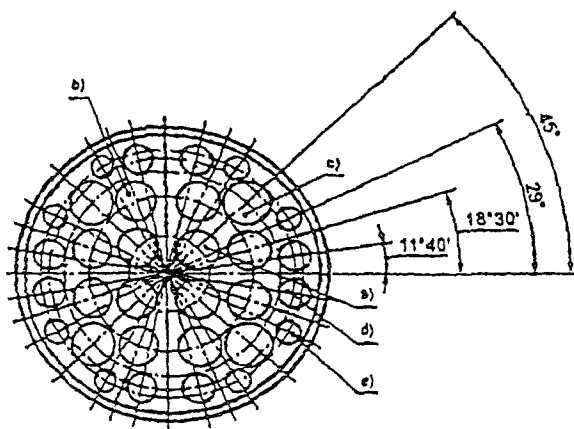
- a) 4 отверстия диаметром $0,141D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,25D$.
- b) 8 отверстий диаметром $0,139D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,56D$.
- c) 4 отверстия диаметром $0,1365D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,75D$.
- d) 8 отверстий диаметром $0,11D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,85D$.
- e) 8 отверстий диаметром $0,077D$, центры которых расположены на окружности диаметром $0,90D$.

Рисунок Е.9 — УПП «Zanker»

Дисковое УПП «Zanker» включает 32 просверленных отверстия, расположенных по симметричной круговой схеме. Размеры отверстий зависят от внутреннего диаметра ИТ и приведены на рисунке Е.10.

Допуск на диаметр каждого отверстия равен $\pm 0,1$ мм при $D < 100$ мм.

Толщина перфорированной пластины, l_n , такова, что $0,12D \leq l_n \leq 0,15D$. Толщина фланцев зависит от применения; наружный диаметр и лицевые поверхности фланцев зависят от их типа и применения.



- a) 4 центральных отверстия диаметром $(0,141 \pm 0,001)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $(0,25 \pm 0,002)D$.
- b) 8 отверстий диаметром $(0,139 \pm 0,001)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $(0,56 \pm 0,005)D$.
- c) 4 отверстия диаметром $(0,1365 \pm 0,001)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $(0,75 \pm 0,0075)D$.
- d) 8 отверстий диаметром $(0,110 \pm 0,001)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $(0,85 \pm 0,085)D$.
- e) 8 отверстий диаметром $(0,077 \pm 0,001)D$, центры которых расположены на окружности диаметром $(0,90 \pm 0,009)D$.

Рисунок Е.10 — Схема дискового УПП «Zanker»

Коэффициент гидравлического сопротивления дискового УПП «Zanker» может быть принят равным трем.

Приложение Ж
(обязательное)

Испытание устройств подготовки потока и струевыпрямителей

Ж.1 Испытания УПП и струевыпрямителей, применяемых для любого типа местного сопротивления

Ж.1.1 Если УПП или струевыпрямитель прошли испытания на соответствие требованиям Ж.1.2 — Ж.1.5 с конкретным типом СУ, то они могут быть установлены после любого типа МС с СУ того же типа, относительный диаметр отверстия которого не более 0,67.

Если УПП или струевыпрямитель прошли дополнительные испытания на соответствие требованиям Ж.1.6, то они могут быть установлены с СУ при β более 0,67.

Если УПП или струевыпрямитель прошли испытания и при их установке на ИТ соблюдены положения, изложенные в Ж.1.7, то нет необходимости увеличивать неопределенность коэффициента истечения.

Ж.1.2 Необходимо проверить, что определенные с помощью испытательного оборудования коэффициенты истечения применяемых СУ, при наличии достаточной длины прямолинейных участков ИТ, исключая влияния МС на поток в СУ, находятся в пределах неопределенности коэффициентов истечения, рассчитанных по формулам, приведенным:

- в ГОСТ 8.586.2 (подпункты 5.3.2.1 и 5.3.3.1) — для диафрагмы;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.2 и 5.1.7.1) — для сопла ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.2.6.2 и 5.2.7.1) — для эллипсного сопла;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.3.4.2 и 5.3.5.1) — для сопла Вентури;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2 и 5.7.1) — для труб Вентури с литой необработанной входной конической частью;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.3 и 5.7.2) — для труб Вентури с обработанной входной конической частью;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.4 и 5.7.3) — для труб Вентури со сварной входной конической частью из листовой стали.

Ж.1.3 Испытания УПП или струевыпрямителей проводят с применением СУ, имеющих значение β , равное 0,67. Результаты испытания считают положительными, если отклонение коэффициента истечения СУ, полученное в процессе испытаний, от значения коэффициента истечения, полученного при проведении испытаний по Ж.1.2, менее 0,23 %, при следующих вариантах установки УПП или струевыпрямителя:

- а) перед УПП или струевыпрямителем имеется достаточной длины прямолинейный участок ИТ, обеспечивающий отсутствие деформации потока сечения (минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ допускается определять по ГОСТ 8.586.2 (столбец А таблицы 4) в соответствии с видом МС перед УПП или струевыпрямителем при значении β , равном 0,67);
- б) УПП или струевыпрямитель установлены после задвижки, закрытой на 50 %, или сегментной диафрагмы, перекрывающей половину сечения ИТ;
- в) УПП или струевыпрямитель установлены после устройства, создающего закрутку потока (максимальный угол закрутки потока в сечении ИТ на расстоянии $18D$ от устройства должен быть не менее 24° , а на расстоянии $30D$ — не менее 20°). Закрутку потока следует создавать завихрителем или другими способами. Примером завихрителя может служить завихритель «Chevron», приведенный на рисунке Ж.1.

Перед МС, указанными в перечислениях б) и в), должен находиться прямолинейный участок ИТ, имеющий достаточную длину, чтобы это МС не оказывало влияние на СУ. Минимальную необходимую длину этого прямолинейного участка допускается определять по ГОСТ 8.586.2 (столбец А таблицы 4) в соответствии с видом МС при значении β , равном 0,67.

П р и м е ч а н и е — Эти испытания требуются для подтверждения того, что устройство подготовки потока или струевыпрямитель:

- не оказывают влияния на коэффициент истечения СУ;
- является эффективным в асимметричном потоке;
- является эффективным в закрученном потоке.

Дополнительная информация по указанным испытаниям и завихрителю «Chevron» содержится в [15] и [16].

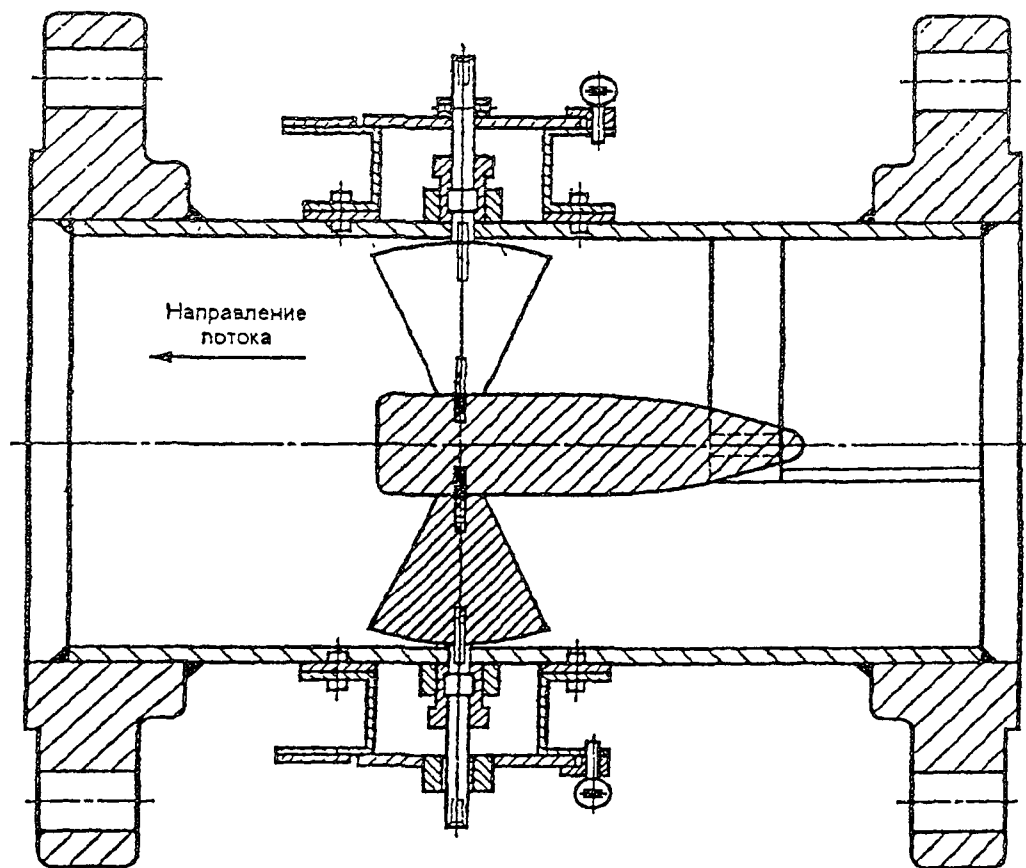


Рисунок Ж.1 — Завихритель «Chevron»

Ж.1.4 Испытания УПП или струеисправителей проводят также с применением СУ, имеющих значение β , равное 0,4. При этом испытания выполняют в соответствии с требованиями Ж.1.3 только для варианта установки УПП или струеисправителя, указанного в перечислении в) Ж.1.3.

Ж.1.5 С целью обеспечения возможности применения УПП или струеисправителя при любых числах Re , необходимо установить, что они не только удовлетворяют требованиям Ж.1.3 и Ж.1.4 для одного числа Re , но также соответствуют требованиям, приведенным в перечислениях а) или б), или в) Ж.1.3 для второго числа Re .

Числа Re , при которых проводят испытания, должны удовлетворять следующим условиям:

$$10^4 \leq Re_1 \leq 10^6 \text{ и } Re_2 > 10^6 \quad (\text{Ж.1})$$

и

$$\lambda_1 - \lambda_2 \geq 0,0036, \quad (\text{Ж.2})$$

где λ_1, λ_2 — коэффициенты трения ИТ, рассчитанные при числах Re_1 и Re_2 , соответственно, которые могут быть получены по диаграмме Моуди [10] или рассчитаны по формуле

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2 \log_{10} \left(\frac{2R_{\text{ш}}}{D} + \frac{18,7}{Re \sqrt{\lambda}} \right). \quad (\text{Ж.3})$$

Если УПП или струеисправитель будет применяться только при условии $Re > 3 \cdot 10^6$, испытания по пунктам Ж.1.3 и Ж.1.4 достаточно провести при одном значении числа Re , значение которого более $3 \cdot 10^6$.

Если УПП или струеисправитель будет применяться с трубой Вентури или соплом Вентури, то испытания по пунктам Ж.1.3 и Ж.1.4 достаточно провести при одном значении числа Re , выбранного из допускаемого диапазона чисел Re для данного типа СУ.

С целью обеспечения применения УПП или струеисправителя на трубопроводах с любыми значениями внутреннего диаметра ИТ необходимо установить, что он не только удовлетворяет требованиям Ж.1.3 и Ж.1.4 при одном

значении D , но также соответствует требованиям, приведенным в перечислениях а) или б), или в) Ж.1.3 при любом значении D .

Внутренние диаметры ИТ при проведении испытаний должны удовлетворять следующим условиям:

$$D_1 \leq 0,11 \text{ м}; \quad (\text{Ж.4})$$

$$D_2 \geq 0,19 \text{ м}. \quad (\text{Ж.5})$$

Ж.1.6 Если УПП или струевыпрямитель предполагается использовать с СУ, относительный диаметр которого превышает 0,67, то сначала проверяют выполнение требования пунктов Ж.1.2 — Ж.1.5. Затем проводят испытания, описанные в Ж.1.2 — Ж.1.5, при максимальном значении β_{\max} , при котором УПП или струевыпрямитель предполагается использовать. Допускаемое отклонение коэффициента истечения СУ принимают равным $(0,63\beta_{\max} - 0,192) \%$.

Числа Re , при которых проводят испытания по Ж.1.5, должны удовлетворять следующим условиям:

$$10^4 \leq Re_1 \leq 10^6 \text{ и } Re_2 > 10^6 \quad (\text{Ж.6})$$

и

$$\lambda_1 - \lambda_2 \geq \frac{0,0024 \beta_{\max} - 0,000735}{\beta_{\max}^{3,5}}. \quad (\text{Ж.7})$$

Если УПП или струевыпрямитель удовлетворяет требованиям, приведенным в Ж.1.2 — Ж.1.6, то его допускают к применению с СУ при $\beta \leq \beta_{\max}$.

Ж.1.7 Длины прямолинейных участков ИТ, при которых проводились испытания УПП или струевыпрямителя, в условиях их эксплуатации являются:

- необходимыми (с указанием допуска) для участка ИТ между УПП (или струевыпрямителем) и СУ;
- минимальными допускаемыми для участка ИТ между МС и УПП (или струевыпрямителем).

Длины должны быть представлены в относительном виде.

Ж.2 Испытания УПП и струевыпрямителей, применяемых для конкретной установки

В случае применения УПП или струевыпрямителя только для конкретной установки выполняют сокращенные испытания.

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если для заданных СУ, МС, УПП или струевыпрямителя и места их размещения на ИТ отклонение значения коэффициента истечения данного СУ от значения коэффициента истечения, полученного при проведении испытаний по Ж.1.2, меньше 0,23 %.

Допускаемое отклонение коэффициента истечения может быть увеличено до $(0,63\beta - 0,192) \%$ при $\beta > 0,67$.

При положительных результатах испытаний значение неопределенности коэффициента истечения СУ принимают равным значениям, приведенным:

- в ГОСТ 8.586.2 (подпункты 5.3.2.1 и 5.3.3.1) — для диафрагмы;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.2 и 5.1.7.1) — для сопла ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.2.6.2 и 5.2.7.1) — для эллипсного сопла;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.3.4.2 и 5.3.5.1) — для сопла Вентури;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.2 и 5.7.1) — для труб Вентури с литой необработанной входной конической частью;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.3 и 5.7.2) — для труб Вентури с обработанной входной конической частью;
- ГОСТ 8.586.4 (пункты 5.5.4 и 5.7.3) — для труб Вентури со сварной входной конической частью из листовой стали.

Приложение И
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок

Таблица И.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта и условное обозначение степени его соответствия ссылочному межгосударственному стандарту
ГОСТ 8 417—2002	—
ГОСТ 8 566—99	—
ГОСТ 8.586.2—2005	ISO 5167-3:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 2. Диафрагмы» (MOD)
ГОСТ 8.586.3—2005	ISO 5167-3:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 3. Сопла и сопла Вентури» (MOD)
ГОСТ 8.586.4—2005	ISO 5167-4:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 4. Трубы Вентури» (MOD)
ГОСТ 8.586.5—2005	—
ГОСТ 2789—73	—
ГОСТ 2939—63	—
ГОСТ 15528—86	—
<p>Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:</p> <p>- MOD — модифицированные стандарты.</p>	

Приложение К
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица К.1

Структура международного стандарта ИСО 5167-1:2003	Структура настоящего стандарта
1 Область применения	1 Область применения
2 Нормативные ссылки	2 Нормативные ссылки
3 Термины и определения	3 Термины и определения
4 Условные обозначения и индексы	4 Обозначения и сокращения
4.1 Условные обозначения	4.1 Условные обозначения
4.2 Индексы	4.2 Индексы условных обозначений величин
—	4.3 Сокращения
—	4.4 Единицы величин
5 Принципы методов измерения и расчета	5 Метод определения расхода среды
5.1 Принципы метода измерения	5.1 Принцип метода
5.2 Метод определения относительного диаметра выбранного стандартного первичного устройства	
—	5.2 Выбор сужающего устройства
5.3 Расчет расхода потока	5.3 Основной принцип расчета расхода среды
5.4 Определение плотности, давления и температуры	5.4 Определение физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на сужающем устройстве
—	5.5 Расчет диаметра отверстия сужающего устройства и измерительного трубопровода в рабочих условиях
6 Общие требования к измерениям	6 Общие требования к условиям измерений
6.1 Первичное устройство	6.1 Требования к сужающему устройству
6.2 Свойства текучей среды	6.2 Требования к свойствам среды
6.3 Условия в потоке	6.3 Требования к параметрам потока
7 Требования к установке	7 Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению
7.1 Общие положения	7.1 Общие положения
7.2 Минимальные длины прямолинейных участков до и после стандартного первичного устройства	7.2 Минимальная длина прямолинейных участков измерительного трубопровода
7.3 Общие требования к условиям потока в первичном устройстве	
7.4 Устройства подготовки потока (см. также приложение С)	
8 Неопределенности при измерении расхода потока	
8.1 Определение неопределенности	
8.2 Практический расчет неопределенности	

Окончание таблицы К.1

Структура международного стандарта ИСО 5167-1 2003	Структура настоящего стандарта
Приложение А (информативное) Итерационные расчеты	
—	Приложение А (справочное) Теоретические основы метода измерений
—	Приложение Б (рекомендуемое) Рекомендации по выбору типа сужающего устройства
—	Приложение В (справочное) Основные принципы решения уравнения расхода
—	Приложение Г (справочное) Температурный коэффициент линейного расширения материала
Приложение В (информативное) Примеры значений однородной эквивалентной шероховатости стенки трубы, k	Приложение Д (справочное) Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов
Приложение С (информативное) Устройства кондиционирования потока и струевыпрямители потока	Приложение Е (справочное) Конструкция устройств подготовки потока и струевыпрямителей
—	Приложение Ж (обязательное) Испытание устройств подготовки потока и струевыпрямителей
—	Приложение И (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта
* Данный подраздел исключен, и его положения размещены в других подразделах настоящего стандарта.	
** Данный раздел исключен, и его положения размещены в ГОСТ 8.586.5 (раздел 10).	

Библиография

- [1] 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)
- [2] 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)
- [3] Международный стандарт ИСО 5167-3:2003
(International Standard ISO 5167-3:2003) Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 3. Сопла и сопла Вентури
(Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 3: Nozzles and Venturi nozzles)
- [4] Международный стандарт ИСО 5167-4:2003
(International Standard ISO 5167-4:2003) Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 4. Трубы Вентури
(Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes)
- [5] Международный стандарт ИСО 5168:2005
(International Standard ISO 5168:2005) Измерение потока жидкости и газа. Процедуры оценки неопределенностей.
(Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties)
- [6] Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29—99 Метрология. Основные термины и определения
- [7] Международный стандарт ИСО 4288:1996
(International Standard ISO 4288:1996) Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Определение и параметры структуры
(Geometrical Product Specification (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture)
- [8] 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
(Measurement of fluid flow in closed conduits — Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments)
- [9] Studzinski, W. and Bowen, J. White Paper on *Dynamic Effects on Orifice Measurement*, Washington D.C., American Petroleum Institute, 1997
- [10] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Перевод с немецкого. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука» — М., 1969
- [11] Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям /Под ред. М.О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.
- [12] СНиП 41-03—2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов
- [13] Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали. Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981. — 391 с.
- [14] ГОСТ 8.563.1—97 ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Диафрагмы, сопла ИСА 1932 и трубы Вентури, установленные в заполненных трубопроводах круглого сечения. Технические условия
- [15] Studzinski, W., Karnik, U., Lanasa, P., Morrow, T., Goodson, D., Husaln, Z. and Gallagher, J. White paper on *Orifice Meter Installation Configurations with and without Flow Conditioners*, Washington D.C., American Petroleum Institute, 1997
- [16] Shen, J.J.S. *Characterization of Swirling Flow and its Effects on Orifice Metering*. SPE 22865, Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, 1991

ДОДАТОК НА
ПЕРЕКЛАД ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003) УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ
(довідковий)

ЗМІСТ

1	Сфера застосування.....	1
2	Нормативні посилання.....	1
3	Терміни та визначення понять	2
3.1	Тиск середовища й перепад тиску на звужувальному пристрої.....	2
3.2	Звужувальні пристрої	3
3.3	Параметри потоку й середовища	4
3.4	Вимірювальний трубопровід	5
3.5	Невизначеність результату вимірювань.....	6
4	Позначки та скорочення	6
4.1	Умовні позначки.....	6
4.2	Індекси умовних позначок величин	8
4.3	Скорочення	8
4.4	Одиниці величин.....	8
5	Метод визначення витрати середовища	8
5.1	Принцип методу.....	8
5.2	Вибір звужувального пристрою.....	9
5.3	Основний принцип обчислення витрати середовища	9
5.4	Визначення фізичних характеристик, тиску й температури середовища, перепаду тиску на звужувальному пристрої.....	9
5.5	Розрахунок діаметрів отвору звужувального пристрою та вимірювального трубопроводу в робочих умовах.....	11
6	Загальні вимоги до умов вимірювання.....	11
6.1	Вимоги до звужувального пристрою.....	11
6.2	Вимоги до характеристик середовища	11
6.3	Вимоги до параметрів потоку.....	11
7	Вимоги до вимірювального трубопроводу та його оснащення	12
7.1	Загальні положення.....	12
7.2	Мінімальна довжина прямолінійних ділянок вимірювального трубопроводу	14
Додаток	А Теоретичні основи методу вимірювання.....	16
Додаток	Б Рекомендації щодо вибору типу звужувального пристрою	19
Додаток	В Основні принципи розв'язання рівняння витрати	21
Додаток	Г Температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу	28
Додаток	Д Шорсткість внутрішньої поверхні трубопроводів	30
Додаток	Е Конструкція пристроїв підготовки потоку та струминовипрямлячів.....	31
Додаток	Ж Випробування пристроїв підготовки потоку та струминовипрямлячів...	39
	Бібліографія	42

МІЖДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ

Державна система забезпечення єдності вимірювань

Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювань та загальні вимоги

State system for ensuring the uniformity of measurements

Measurements of liquid and gas flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 1.
Principle method of the of measurements general requirements

Дата введення в Україні 2010-04-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

У цьому стандарті наведено визначення необхідних термінів та умовні позначки, викладено принцип методу вимірювання за допомогою стандартних звужувальних пристроїв і розрахунку витрати та кількості рідини і газу, що протікають у повністю заповнених трубопроводах круглого перерізу.

Стандарт встановлює загальні вимоги до звужувальних пристроїв і до їхнього встановлення, вимірювальних трубопроводів, умов проведення вимірювання витрати та кількості рідини і газу.

Стандарт застосовують до звужувальних пристроїв, для яких було проведено експериментальні дослідження, кількість і якість яких забезпечує їхнє застосування з прогнозованою невизначеністю їхніх характеристик без індивідуального градування.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі міждержавні стандарти:

- ГОСТ 8.417–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин
- ГОСТ 8.566 – 99 Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственная система данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения
- ГОСТ 8.586.2–2005 (ISO 5167-2:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования
- ГОСТ 8.586.3–2005 (ISO 5167-3:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования
- ГОСТ 8.586.4–2005 (ISO 5167-4:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования
- ГОСТ 8.586.5–2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений
- ГОСТ 2789 – 73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики
- ГОСТ 2939 – 63 Газы. Условия для определения объема
- ГОСТ 15528 – 86 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкостей и газа. Термины и определения

Національне пояснення

ГОСТ 8.417-2002 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Одиниці величин

ГОСТ 8.566-99 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Міждержавна система даних про фізичні константи та характеристики речовин і матеріалів. Основні положення

ГОСТ 8.586.2-2005 (ІСО 5167-2:2003) Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 2. Діафрагми. Технічні вимоги

ГОСТ 8.586.3-2005 (ІСО 5167-3:2003) Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 3. Сопла та сопла Вентурі. Технічні вимоги

ГОСТ 8.586.4-2005 (ІСО 5167-4:2003) Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 4. Труби Вентурі. Технічні вимоги

ГОСТ 8.586.5-2005 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань

ГОСТ 2789 – 73 Шорсткість поверхні. Параметри та характеристики

ГОСТ 2939 – 63 Гази. Умови для визначення об'єму

ГОСТ 15528 – 86 Засоби вимірювань витрати, об'єму або маси рідини і газу, що протікають. Терміни та визначення

Примітка. Користуючись цим стандартом, доцільно перевірити дію стандартів (і класифікаторів), на які є посилання, на території держави за інформаційним покажчиком стандартів (і класифікаторів), який складено станом на 1 січня поточного року, і за відповідними інформаційними покажчиками, які опубліковано в поточному році. Якщо документ, на який є посилання, замінено (змінено), то, користуючись цим стандартом, треба керуватися заміненим (зміненим) стандартом. Якщо документ, на який є посилання, відмінений без заміни, то положення, у якому наведено посилання на нього, застосовується в частині, що не стосується цього посилання.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті застосовано терміни за ГОСТ 15528 і [6], а також наведені нижче терміни з відповідними визначеннями понять.

3.1 Тиск середовища й перепад тиску на звужувальному пристрої

3.1.1 отвір для відбирання тиску (*отверстие для отбора давления*)

Кільцева щілина (суцільна або переривчаста), виконана в камері усереднення, або круглий отвір, просвердлений в стінці вимірювального трубопроводу чи у фланці

Примітка. Отвори для відбирання тиску розташовують на вході звужувального пристрою (далі – до звужувального пристрою) і на виході або в горловині звужувального пристрою (далі – після звужувального пристрою).

3.1.2 тиск середовища (*давление среды*)

Абсолютний тиск середовища, вимірюваний до звужувального пристрою в місці розташування отвору для відбирання тиску

Примітка. Частина абсолютного тиску середовища, яка перевищує атмосферний тиск, називають надлишковим тиском середовища.

3.1.3 статичний тиск середовища (*статическое давление среды*)

Абсолютний тиск рухомого середовища, який може бути виміряно за допомогою під'єднання засобу вимірювання до отвору для відбирання тиску

3.1.4 перепад тиску на звужувальному пристрої (*перепад давления на сужающем устройстве*)

Різниця між значеннями статичного тиску середовища до звужувального пристрою і після нього з врахуванням різниці висоти положення отворів для відбирання тиску до звужувального пристрою і після нього

3.1.5 відношення значень тиску середовища на звужувальному пристрої (*отношение значений давления среды на сужающем устройстве*)

Відношення статичного тиску середовища після звужувального пристрою до його статичного тиску до звужувального пристрою

3.1.6 втрата тиску середовища (потеря давления среды)

Частина статичного тиску, яка йде на подолання сил гідравлічного опору під час проходження середовища через звужувальний пристрій

3.1.7 камера усереднення (камера усреднения)

Порожнина, призначена для усереднення тиску, яку з'єднано, з одного боку, через кільцеву щілину (суцільну або переривисту) з порожниною трубопроводу, а з іншого – через круглий отвір із засобом вимірювання тиску або перепаду тиску на звужувальному пристрої.

Примітка. Камери усереднення можуть бути кільцевими або у вигляді колектора, який з'єднується з окремими отворами для відбирання тиску.

3.2 Звужувальні пристрої

3.2.1 звужувальний пристрій (сужающее устройство)

ЗП

Технічний пристрій, який встановлюють у вимірювальному трубопроводі, з наскрізним отвором для створення перепаду тиску середовища через зменшення площі перерізу трубопроводу (звуження потоку)

3.2.2 стандартний звужувальний пристрій (стандартное сужающее устройство)

Звужувальний пристрій, геометричні характеристики і умови застосування якого регламентовано цим стандартом та ГОСТ 8.586.2 – ГОСТ 8.586.4

3.2.3 отвір стандартного звужувального пристрою (отверстие стандартного сужающего устройства)

Круглий отвір звужувального пристрою, співвісний трубопроводу у разі встановлення звужувального пристрою в трубовід

3.2.4 горловина (горловина)

Частина отвору стандартного звужувального пристрою (сопла ИСА 1932, еліпсного сопла, сопла Вентурі і труби Вентурі), яка має мінімальну площу поперечного перерізу

3.2.5 діафрагма (диафрагма)

Тип стандартного звужувального пристрою, виконаного у вигляді тонкого диска з отвором, який має із боку входу потоку гострий прямокутний кант

3.2.6 сопло (сопло)

Тип стандартного звужувального пристрою, який має на вході частину, що плавно звужується і переходить на виході в горловину

3.2.7 сопло ИСА 1932 (сопло ИСА 1932)

Сопло, в якого частина на вході, що плавно звужується, утворена дугами двох радіусів, які спряжено по дотичній

3.2.8 еліпсне сопло (эллипсное сопло)

Сопло, в якого частина на вході, що плавно звужується, має в радіальному перерізі профіль у вигляді четвертої частини еліпса

3.2.9 сопло Вентурі (сопло Вентури)

Сопло, яке складається з вхідної частини у вигляді сопла ИСА 1932, горловини і вихідної частини у вигляді розбіжного конуса (дифузора)

3.2.10 труба Вентурі (труба Вентури)

Тип стандартного звужувального пристрою, який складається з вхідної циліндричної ділянки, збіжної конічної частини (конфузора), горловини і розбіжної конічної частини (дифузора)

3.2.11 діаметр отвору звужувального пристрою (диаметр отверстия сужающего устройства)

Діаметр частини отвору звужувального пристрою, який має мінімальну площу поперечного перерізу

3.2.12 відносний діаметр отвору звужувального пристрою (относительный диаметр отверстия сужающего устройства)

Відношення діаметра отвору звужувального пристрою до внутрішнього діаметра вимірювального трубопроводу перед звужувальним пристроєм, обчислене за формулою:

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

Примітка. Для труби Вентурі внутрішнім діаметром вимірювального трубопроводу перед звужувальним пристроєм вважають внутрішній діаметр циліндричної частини вхідної ділянки.

3.2.13 радіус вхідного канта діафрагми (радиус входной кромки диафрагмы)

Радіус дуги кола, вписаного в прямий кут між твірною отвору діафрагми та її вхідною площиною, яка є обвідною профіля канта

3.2.14 міжконтрольний інтервал (межконтрольный интервал)

Проміжок часу між двома черговими актами контролю геометричних характеристик звужувального пристрою і стану його поверхні на відповідність вимогам цього стандарту, ГОСТ 8.586.2 – ГОСТ 8.586.4.

3.3 Параметри потоку й середовища

3.3.1 середовище (среда)

Середовище, що рухається по вимірювальному трубопроводу (рідина або газ, зокрема суха насичена або перегріта пара), витрату і/або кількості якого треба визначити

3.3.2 робочі умови (рабочие условия)

Тиск і температура середовища, за яких виконують вимірювання його витрати і/або кількості

3.3.3 об'ємна витрата середовища (объемный расход среды)

Об'єм середовища за робочих умов, що протікає через отвір звужувального пристрою за одиницю часу

3.3.4 масова витрата середовища (массовый расход среды)

Маса середовища, що протікає через отвір звужувального пристрою за одиницю часу

3.3.5 об'ємна витрата середовища, приведена до стандартних умов (объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям)

Об'ємна витрата середовища, приведена до умов згідно з ГОСТ 2939 – абсолютний тиск 0,101325 МПа, температура 20 °С (далі – стандартні умови)

3.3.6 число Рейнольдса (число Рейнольдса)

Відношення сили інерції до сили в'язкості потоку, яке визначають за формулою:

$$Re = \frac{wD\rho}{\mu} = \frac{4q_m}{\pi\mu D} = \frac{4q_v\rho}{\pi\mu D} \quad (3.2)$$

3.3.7 показник адіабати (ізоентропії) газу (показатель адиабаты (изоэнтропии) газа)

Відношення відносної зміни тиску до відповідної відносної зміни густини газу під час змінення його стану без теплообміну з навколишнім середовищем, яке визначають за формулою:

$$\kappa = \frac{\rho}{p} \frac{\partial p}{\partial \rho} \bigg|_s \quad (3.3)$$

Примітка. Показник адіабати залежить від типу газу, його температури та тиску. Показник адіабати застосовують у формулах для розрахунку коефіцієнта розширення.

3.3.8 коефіцієнт Джоуля-Томсона (коэффициент Джоуля-Томсона)

Відношення зміни температури середовища до відповідної зміни його тиску за сталої ентальпії, яке обчислюють за формулою:

$$\mu_J = \frac{\partial T}{\partial p} \bigg|_h \quad \text{або} \quad \mu_J = \frac{RT^2}{Mpc_p} \frac{\partial Z}{\partial T} \bigg|_p \quad (3.4)$$

3.3.9 коефіцієнт витікання (коэффициент истечения)

Відношення дійсного значення витрати рідини до її теоретичного значення, яке обчислюють за формулою:

$$C = \frac{q_m}{\frac{\pi}{4} d^2 E \sqrt{2 \Delta p \rho}} \quad (3.5)$$

Значення коефіцієнта швидкості входження E обчислюють за формулою:

$$E = 1 / \sqrt{1 - \beta^4} \quad (3.6)$$

Примітка. Добуток $C \cdot E$ називається "коефіцієнтом витрати".

3.3.10 коефіцієнт розширення (коэффициент расширения)

Поправковий коефіцієнт, який враховує зменшення густини газу, зумовлене зменшенням його статичного тиску після звужувального пристрою або в його горловині.

Примітка. Коефіцієнт розширення дорівнює одиниці, якщо вимірюване середовище – рідина, і є меншим за одиницю, якщо вимірюване середовище – газ.

3.4 Вимірювальний трубопровід

3.4.1 вимірювальний трубопровід (измерительный трубопровод)

ВТ

Ділянка трубопроводу, межі і геометричні характеристики якого, а також розміщення на ньому звужувального пристрою, місцевих опорів, засобів вимірювань, унормовано цим стандартом та ГОСТ 8.586.2 – ГОСТ 8.586.5.

3.4.2 середній арифметичний відхил профілю шорсткості (среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости)

Середнє арифметичне з абсолютних значень відхилів профілю від середньої лінії в межах базової довжини (див. також ГОСТ 2789 і [7])

Примітка 1. Середню лінію визначають як лінію, для якої сума квадратів відстаней від неї до поверхні виступів і впадин шорсткості є мінімальна.

Примітка 2. Середній арифметичний відхил профілю шорсткості вимірюють профілографами або профілометрами.

3.4.3 еквівалентна шорсткість (эквивалентная шероховатость)

Шорсткість, яка дорівнює рівномірній пісочній шорсткості, за значенням якої обчислюють такий самий коефіцієнт гідравлічного опору, як і для фактичної шорсткості

Примітка. Еквівалентну шорсткість можна визначити експериментально, взяти з довідкових таблиць або обчислити за наближеною формулою:

$$R_{\text{ш}} = \pi R_a \quad (3.7)$$

3.4.4 місцевий опір (местное сопротивление)

Трубопровідна арматура або інший елемент трубопроводу, який змінює кінематичну структуру потоку (засувка, кран, коліно, дифузор тощо)

3.4.5 уступ (уступ)

Зміщення внутрішніх поверхонь двох секцій вимірювального трубопроводу в місці їхнього стику, зумовлене зміщенням осей цих секцій і (або) відмінністю значень їх внутрішнього діаметра

3.4.6 висота уступу (высота уступа)

Максимальне зміщення твірних внутрішніх поверхонь двох секцій вимірювального трубопроводу, які лежать в одній осьовій площині

3.4.7 пристрій підготовки потоку (устройство подготовки потока)

ППП

Технічний пристрій, який дає змогу усунути закручування потоку і зменшити деформацію епюри значень швидкості потоку

3.4.8 струминовипрямляч (струевыпрямитель)

Технічний пристрій для виконання однієї з функцій пристрою підготовки потоку – усунення закручування потоку.

3.5 Невизначеність результату вимірювань

3.5.1 невизначеність (неопределенность)

Параметр, пов'язаний з результатом вимірювань і який характеризує розсіяння значень, що могли б бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині

3.5.2 стандартна невизначеність (стандартная неопределенность)

Невизначеність результату вимірювань, виражена як стандартний відхил

3.5.3 відносна стандартна невизначеність (относительная стандартная неопределенность)

Відношення стандартної невизначеності до значення оцінки вимірюваної величини, виражене у відсотках

3.5.4 сумарна стандартна невизначеність (суммарная стандартная неопределенность)

Стандартна невизначеність результату вимірювань, коли результат отримують зі значень ряду інших величин, дорівнює додатному квадратному кореню зі суми членів, причому члени є дисперсіями або коваріаціями цих інших величин, оціненими відповідно до того, як результат вимірювання змінюється залежно від зміни цих величин

3.5.5 відносна сумарна стандартна невизначеність (относительная суммарная стандартная неопределенность)

Відношення сумарної стандартної невизначеності результату вимірювань до значення оцінки вимірюваної величини, виражене у відсотках

3.5.6 розширена невизначеність (расширенная неопределенность)

Величина, яка визначає інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого, можна очікувати, міститься більша частина розподілу значень, які з достатньою підставою могли би бути приписані вимірювальній величині

3.5.7 відносна розширена невизначеність (относительная расширенная неопределенность)

Відношення розширеної невизначеності до значення оцінки вимірюваної величини, виражене у відсотках.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

4.1 Умовні позначки

Умовні позначки величин наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Умовні позначки величин

Позначки	Назва величини	Одиниця величини
C	Коефіцієнт витікання	1
c_p	Питома теплоємність за сталого тиску	Дж/(кг·К)
d	Діаметр отвору звужувального пристрою за робочої температури середовища	м
d_{20}	Діаметр отвору звужувального пристрою за температури 20 °C	м
D	Внутрішній діаметр вимірювального трубопроводу або вхідної частини труби Вентурі за робочої температури середовища	м
D_{20}	Внутрішній діаметр вимірювального трубопроводу або вхідної частини труби Вентурі за температури 20 °C	м
D_t	Зовнішній діаметр перетворювача температури, термометра або їх захисної гільзи (за її наявності)	м
E	Коефіцієнт швидкості входження	1
H	Ентальпія	Дж/моль
K	Коефіцієнт стисливості	1

Продовження таблиці 1

Позначки	Назва величини	Одиниця величини
K_n	Поправковий коефіцієнт, який враховує притуплення вхідного канта діафрагми	1
K_T	Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра трубопроводу, спричинену відхиленням температури середовища від 20 °C	1
K_w	Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні вимірювального трубопроводу	1
l	Довжина	м
L	Відносна довжина, $L = l/D$	1
M	Молярна маса	кг/моль
p	Тиск середовища	Па
p_a	Атмосферний тиск	Па
p_u	Надлишковий тиск середовища	Па
q_v	Об'ємна витрата середовища за робочих умов	м³/с
q_m	Масова витрата середовища	кг/с
q_c	Об'ємна витрата середовища, приведена до стандартних умов	м³/с
r_k	Радіус вхідного канта діафрагми	м
r_n	Початковий радіус вхідного канта діафрагми	м
R_a	Середній арифметичний відхил профілю шорсткості	м
R_w	Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні вимірювального трубопроводу	м
R	Універсальна газова стала $R = 8,31451$	Дж/(моль·К)
Re	Число Рейнольдса	1
t	Температура середовища	°C
T	Абсолютна (термодинамічна) температура середовища: $T = 273,15 + t$	К
u_y	Стандартна невизначеність результату вимірювань величини y	Залежить від одиниці величини
u'_y	Відносна стандартна невизначеність результату вимірювань величини y	%
U_y	Розширена невизначеність величини y	Залежить від одиниці величини
U'_y	Відносна розширена невизначеність величини y	%
w	Поздовжній складник локальної швидкості середовища y вимірювальному трубопроводі	м/с
y	Будь-який контрольований параметр	Залежить від одиниці величини
Z	Фактор стисливості	1
α_t	Температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу	°C ⁻¹
β	Відносний діаметр-отвору звужувального пристрою	1
Δp	Перепад тиску на звужувальному пристрої	Па
$\Delta \omega$	Втрата тиску в пристрої підготовки потоку або в струминнопрямлячі, або в звужувальному пристрої	Па
ϵ	Коефіцієнт розширення	1
κ	Показник адіабати	1
λ	Коефіцієнт гідрравлічного тертя	1
ν	Динамічна в'язкість середовища	Па·с

Кінець таблиці 1

Позначки	Назва величини	Одиниця величини
μ_t	Коефіцієнт Джоуля–Томсона	К/Па
ν	Кінематична в'язкість середовища: $\nu = \mu / \rho$	м ² /с
ρ	Густина середовища	кг/м ³
ψ	Частка швидкісного напору	1
ϕ	Коефіцієнт Коріоліса	1
ξ	Коефіцієнт гідравлічного опору	1
Примітка. Решту позначок наведено безпосередньо в тексті.		

4.2 Індеси умовних познач величин

Індеси в умовних позначках величин означають таке:

- в – верхня межа вимірювань
- н – нижня межа вимірювань
- с – стандартні умови
- max – максимальне значення величини
- min – мінімальне значення величини.

Знак «—» (риска над позначкою величини) – середнє значення величини або значення величини, розраховане за середніми значеннями величин.

4.3 Скорочення

В цьому стандарті застосовано такі скорочення:

- ВТ – вимірювальний трубопровід;
- ЗП – звужувальний пристрій;
- МО – місцевий опір;
- ППП – пристрій підготовки потоку;
- ПТ – вимірювальний перетворювач температури або термометр;
- ЗВ – засоби вимірювання.

4.4 Одиниці величин

У цьому стандарті застосовують одиниці Міжнародної системи величин (міжнародна скорочена назва – SI).

Разом з одиницями Міжнародної системи величин за ГОСТ 8.417 допускається застосовувати інші одиниці, які широко застосовують в практиці, їх поєднання з одиницями SI, а також десяткові кратні й часткові одиниці SI.

5 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ СЕРЕДОВИЩА

5.1 Принцип методу

5.1.1 Витрату середовища визначають методом змінного перепаду тиску.

Метод ґрунтується на створенні у ВТ за допомогою ЗП місцевого звуження потоку, частина потенціальної енергії якого переходить в кінетичну енергію, середня швидкість потоку в місці його звуження підвищується, а статичний тиск стає меншим за статичний тиск до ЗП. Різниця тиску (перепад тиску) є тим більшою, чим більша витрата середовища, і, отже, вона може бути мірою витрати.

Масову витрату середовища при цьому обчислюють за формулою:

$$q_m = (\pi d^2 / 4) C E \varepsilon (2 \rho \Delta p)^{0.5} \quad (5.1)$$

Виведення формули (5.1) наведено в додатку А.

5.1.2 Коефіцієнт витікання ЗП залежить від шорсткості внутрішніх стінок ВТ. Вплив шорсткості ВТ, яка виходить за межі, встановлені міжнародними стандартами [2] і [3], враховують за допомогою поправкового коефіцієнта K_w .

5.1.3 Коефіцієнт витікання діафрагми залежить від радіуса вхідного канта її отвору. Вплив радіуса вхідного канта діафрагми, який перевищує межу, встановлену міжнародним стандартом [2], враховують за допомогою поправкового коефіцієнта K_d .

5.1.4 Масову витрату середовища у загальному випадку з врахуванням поправкових коефіцієнтів K_w і K_d обчислюють за формулою:

$$q_m = (\pi d^2/4) K_w K_d C E \epsilon (2\rho\Delta p)^{0.5} \quad (5.2)$$

Примітка. На відміну від міжнародних стандартів [2] і [3], введення поправкових коефіцієнтів K_w і K_d в ГОСТ 8.586.2 і ГОСТ 8.586.3 дає змогу розширити можливість вимірювання витрати рідин і газів за допомогою стандартних ЗП.

5.1.5 Зв'язок масової витрати середовища, об'ємної витрати середовища за робочих умов і об'ємної витрати середовища, приведеної до стандартних умов, встановлює така формула:

$$q_m = q_v \rho = q_c \rho_c \quad (5.3)$$

5.2 Вибір звужувального пристрою

Тип ЗП вибирають, використовуючи рекомендації, наведені в додатку Б. Основні принципи розрахунку внутрішнього діаметра ВТ і ЗП, відносного діаметра ЗП, а також перепаду тиску на ЗП наведено в додатку В.

5.3 Основний принцип обчислення витрати середовища

Розрахунок масової витрати середовища q_m виконують відповідно до формули (5.2) за відомих значень її складників, частину з яких отримують безпосередніми вимірюваннями, іншу частину – розрахунком за відповідними рівняннями.

Рівняння витрати середовища є неявним, оскільки коефіцієнт C (для ЗП, крім сопел Вентурі) і поправковий коефіцієнт K_w (для ЗП, крім труб Вентурі) залежать від числа Re , яке, своєю чергою, залежить від значення витрати. Таке рівняння розв'язують ітераційним методом. Вказівки щодо вибору процедури ітерацій і початкових наближень наведено в додатку В і ГОСТ 8.586.5 (розділ 8).

5.4 Визначення фізичних характеристик, тиску й температури середовища, перепаду тиску на звужувальному пристрої

5.4.1 Визначення фізичних характеристик середовища

5.4.1.1 Вимірюючи витрату та кількість рідини, необхідно знати значення її густини та в'язкості.

Вимірюючи витрату та кількість газу, визначають його густину, в'язкість і показник адіабати, а під час вимірювань витрати та кількості газу, приведених до стандартних умов, додатково – густину за стандартних умов.

Фізичні характеристики середовища може бути визначено прямими вимірюваннями або непрямим методом на основі даних, атестованих як стандартні довідкові дані категорій СТД або СД (див. ГОСТ 8.566).

5.4.1.2 Густину середовища, показник адіабати і в'язкість середовища визначають для умов (температури й тиску) в площині отворів, призначених для вимірювання статичного тиску до ЗП.

Вимоги до методів визначення і засобів визначення густини середовища наведено в ГОСТ 8.586.5 (6.4.1).

За відсутності довідкових даних про значення показника адіабати або методів його розрахунку замість показника адіабати може бути використано значення відношення питомої теплоємності за сталого тиску до питомої теплоємності за сталого об'єму.

В'язкість середовища може бути безпосередньо виміряно або розраховано за допомогою емпіричних або теоретичних рівнянь чи визначено графоаналітичним методом.

Вимоги до методів визначення і ЗВ густини газу за стандартних умов наведено в ГОСТ 8.586.5 (6.4.2).

5.4.2 Визначення тиску середовища та перепаду тиску на звужувальному пристрої

5.4.2.1 Тиск середовища, а також перепад тиску на ЗП вимірюють методами і ЗВ, які відповідають вимогам ГОСТ 8.586.5.

5.4.2.2 Відбір статичного тиску виконують за допомогою або окремих отворів в стінках ВТ чи у фланцях, або декількох взаємно з'єднаних отворів, або за допомогою кільцевої щілини (суцільної або переривчастої), виконаної в камері усереднення [див. ГОСТ 8.586.2 (5.2); ГОСТ 8.586.3 (5.1.5 і 5.3.3); ГОСТ 8.586.4 (5.4)].

У разі застосування декількох взаємно з'єднаних отворів для відбирання статичного тиску до ЗП, після ЗП або в горловині ЗП, їх рекомендовано з'єднувати за схемою (на прикладі стандартної діафрагми), яку зображено на рисунку 1.

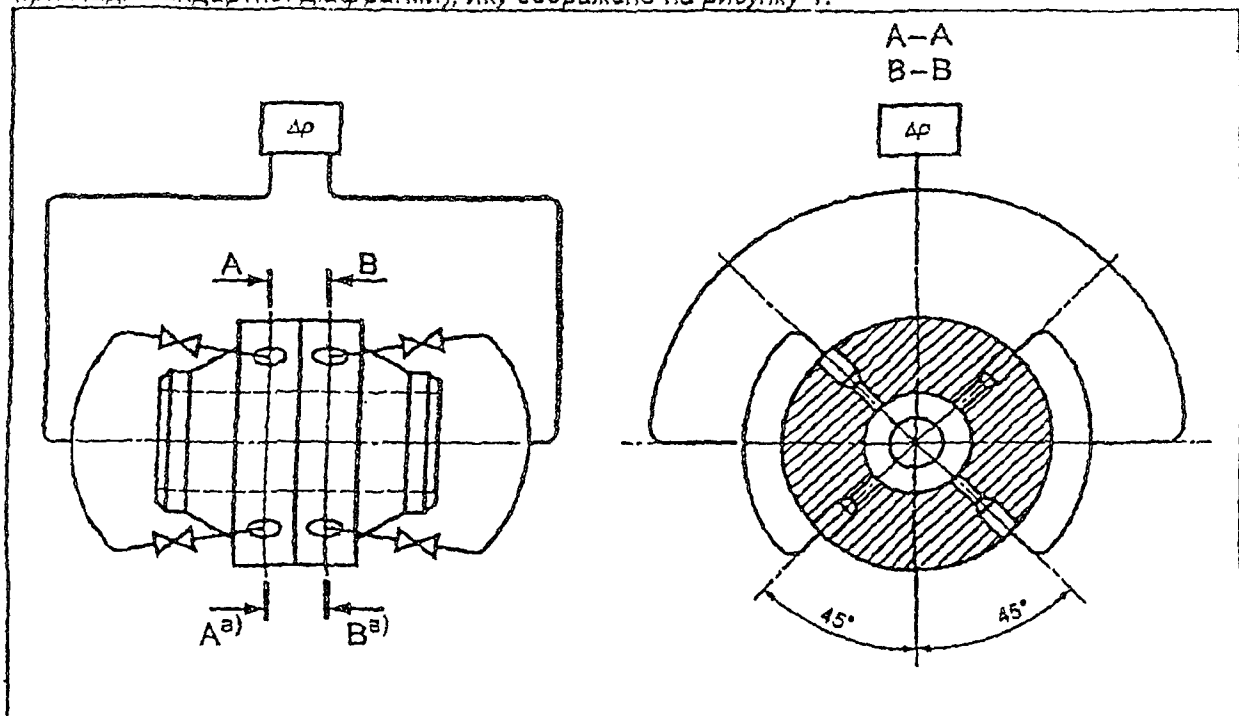


Рисунок 1 – Схема з'єднання декількох отворів для відбирання статичного тиску

Під час вимірювання витрати газу тиск середовища рекомендовано вимірювати через окремий отвір у ВТ або в камері усереднення тиску до ЗП, за її наявності.

Допускається застосовувати той самий отвір для відбирання статичного тиску, щоб виміряти перепад тиску на ЗП і тиск середовища.

Вимоги до ЗВ тиску середовища й перепаду тиску та їх монтажу наведено в ГОСТ 8.586.5 (6.2).

5.4.3 Визначення температури середовища

Для розрахунку фізичних характеристик середовища необхідна інформація про його температуру до ЗП в перерізі ВТ, призначеному для відбирання статичного тиску. Для виключення впливу ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) на розподіл швидкості потоку в цьому перерізі його розміщують до або після ЗП на деякій відстані від ЗП.

Вимоги до ЗВ температури та розміщення ПТ на ВТ, з врахуванням забезпечення малої різниці температури в перерізі для відбирання тиску і перерізі, вибраному для її вимірювання, наведено в ГОСТ 8.586.5 (6.3).

* Переріз А – А (до ЗП) і переріз В – В (після ЗП)

5.5 Розрахунок діаметрів отвору звужувального пристрою та вимірювального трубопроводу в робочих умовах

Діаметри d і D обчислюють за формулами:

$$d = d_{20} K_{cy}; \quad (5.4)$$

$$D = D_{20} K_T; \quad (5.5)$$

$$K_{cy} = 1 + \alpha_{cy}(t - 20); \quad (5.6)$$

$$K_T = 1 + \alpha_T(t - 20), \quad (5.7)$$

де α_{cy} – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ЗП;

α_T – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ВТ.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення для різних матеріалів обчислюють за формулою (Г.1), наведеною в додатку Г.

6 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО УМОВ ВИМІРЮВАННЯ

6.1 Вимоги до звужувального пристрою

6.1.1 ЗП має бути виготовлено, встановлено й застосовано згідно з вимогами відповідної йому частини комплексу стандартів.

Якщо характеристики ЗП або умови їх застосування виходять за межі, зазначені у відповідній йому частині комплексу стандартів, то слід експериментально визначити коефіцієнт витікання даного ЗП у фактичних умовах його експлуатації.

6.1.2 ЗП має бути виготовлено з ерозієстійкого і корозієстійкого щодо середовища матеріалу, температурний коефіцієнт лінійного розширення якого є відомий в діапазоні зміни температури середовища.

6.2 Вимоги до характеристик середовища

6.2.1 Середовище може бути або стискуваним (газ, зокрема суха насичена і перегріта пара), або нестискуваним (рідина).

6.2.2 Середовище повинно бути однофазним і однорідним за фізичними характеристиками. Колоїдні розчини з високим ступенем дисперсності (наприклад, молоко) допускається вважати однофазними.

Примітка 1. Середовище вважають однорідним, якщо його характеристики (склад, густина, тиск тощо) змінюються в просторі неперервно.

Примітка 2. Середовище вважають однофазним, якщо всі його складники належать до того самого рідинного або газоподібного стану.

6.3 Вимоги до параметрів потоку

6.3.1 Витрата середовища повинна бути сталою або повільно змінною в часі.

Допускаються пульсації потоку, якщо виконано умову [8] і [9]:

$$\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta p_i - \overline{\Delta p})^2 \right)^{0.5}}{\overline{\Delta p}} \leq 0,1, \quad (6.1)$$

де n – кількість вимірювань перепаду тиску за проміжок часу, прийнятий для оцінки пульсації потоку;

i – номер вимірювання;

Δp_i – значення перепаду тиску на ЗП за i -го вимірювання;

$\overline{\Delta p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta p_i$ – середнє значення перепаду тиску на ЗП.

Цю умову перевіряють згідно з ГОСТ 8.586.5 (додаток Ж).

Якщо умову (6.1) не виконано, то, за необхідності, яка визначається зацікавленими сторонами, вводять відповідні поправки до показів витратоміра або розраховують оцінку

додаткового складника невизначеності результату вимірювань кількості середовища, зумовлену наявністю пульсацій потоку, згідно з ГОСТ 8.586.5 (додаток Ж).

Примітка. Основні положення вимірювання кількості середовища нестационарних потоків наведено в ГОСТ 8.586.5 (додаток Ж).

6.3.2 Під час протікання середовища через ЗП його фазовий стан не повинен змінюватися.

6.3.2.1 Під час вимірювання витрати рідини мінімальний статичний тиск середовища в отворі ЗП повинен бути більшим за тиск насиченої пари середовища.

За наявності небезпеки зміни фазового стану слід збільшити діаметр отвору ЗП і/або робочий тиск.

6.3.2.2 Під час вимірювання витрати газу його температура в отворі ЗП повинна бути вищою за температуру точки роси за вологою і температуру конденсації газу.

Температуру газу в отворі ЗП T_0 за температурою газу T , виміряною у ВТ, обчислюють за формулою:

$$T_0 = T \left(1 - \frac{\Delta p}{p} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \quad (6.2)$$

За наявності небезпеки порушення цієї умови слід підвищити температуру газу і/або знизити його тиск.

6.3.3 Якщо середовище є газом, то відношення перепаду тиску на ЗП до тиску середовища повинно бути не більшим, ніж 0,25.

6.3.4 Значення чисел Re повинні бути в діапазонах, згідно з ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.5.2, 5.5.3, 5.5.4), для відповідного типу ЗП.

6.3.5 Швидкість середовища повинна бути меншою за швидкість звуку в цьому середовищі.

7 ВИМОГИ ДО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ ТА ЙОГО ОСНАЩЕННЯ

7.1 Загальні положення

7.1.1 ВТ повинен бути круглого перерізу по всій довжині прямолінійних ділянок. Виконання цієї вимоги контролюють візуально, за винятком ділянок у безпосередній близькості від ЗП (довжиною $2D$), де таку оцінку може бути дано лише за результатами вимірювань геометричних характеристик перерізу трубопроводу, виконаних відповідно до вимог, які залежать від типу ЗП.

7.1.2 ВТ може бути розташовано горизонтально, вертикально та похило. При цьому ВТ має бути повністю заповнено середовищем.

7.1.3 ЗП має бути встановлено між двома прямолінійними ділянками ВТ, мінімальну довжину яких для кожного типу ЗП наведено у відповідних частинах комплексу стандартів.

Ділянки ВТ, які розташовано безпосередньо до ЗП і після нього, вважають прямолінійними, якщо відхили лінії, утвореної зовнішньою поверхнею трубопроводу і будь-яким поперечним перерізом, від прямої лінії на будь-якому відрізку ділянки ВТ не перевищує 0,4 % від довжини відрізка.

Ділянку ВТ між двома МО до ЗП вважають прямолінійною, якщо відхили від прямолінійності візуально не виявляється.

У разі застосування збірної конструкції ВТ, уступ на стику його секцій не повинен перевищувати встановлених меж, які залежать від типу ЗП і відстані від уступу до ЗП.

7.1.4 Якщо для виготовлення ВТ використано прямошовні труби і для відбирання статичного тиску застосовують один окремий отвір, то шов труби на ділянці завдовжки не менше ніж $0,5D$, яка міститься безпосередньо перед отвором для відбирання тиску, не повинен бути розташований в секторі поперечного перерізу ВТ з кутом $\pm 30^\circ$ від осі цього отвору. Якщо для відбирання статичного тиску використовують кільцеву щілину або декілька взаємно з'єднаних отворів, то шов може бути розташований в будь-якому секторі.

У разі застосування труб із спіральним зварним швом має бути забезпечено гладку внутрішню поверхню ВТ на довжині $10D$ до ЗП (або на всій ділянці між ЗП і найближчим до

нього МО, якщо довжина цієї ділянки не більше $10D$ і не менше $4D$ після ЗП (після труби Вентурі – не менше $4d$), за допомогою її механічного оброблення (внутрішній валик має бути сточено).

Висота внутрішнього шва прямошовної труби, а також внутрішнього валика зварного шва з'єднання секцій ВТ не повинна перевищувати допуску на уступ, встановленого для кожного типу ЗП у відповідних йому частинах комплексу стандартів.

7.1.5 На внутрішній поверхні ВТ не повинні накопичуватися осади у вигляді піску, пилу, металевої окалини та інших забруднень. Внутрішня поверхня ВТ повинна бути чистою впродовж всього часу вимірювань, всі дефекти поверхні має бути усунено на довжині не менше ніж $10D$ до ЗП (або на всій ділянці між ЗП і найближчим до нього МО, якщо довжина цієї ділянки не більше ніж $10D$) і не менше ніж $4D$ після ЗП (після труби Вентурі – не менше ніж $4d$). Для забезпечення можливості очищення внутрішньої поверхні ВТ рекомендовано з'єднання ділянок ВТ виконувати рознімним. Рознімне з'єднання має бути не ближче ніж $2D$ до ЗП.

Допустимі значення R_a для кожного типу ЗП наведено в ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.3), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.4, 5.2.6.4), ГОСТ 8.586.4 (6.4.2). Шорсткість внутрішньої поверхні ВТ слід вимірювати приблизно на тих самих ділянках трубопроводу, які використовували для визначення та перевірки внутрішнього діаметра ВТ. Під час визначення R_a слід використовувати прилад для вимірювання шорсткості поверхні з електронним усередненням, що має крок відсічки не менше ніж $0,75$ мм і діапазон вимірювання, достатній для вимірювання R_a внутрішньої поверхні ВТ. Результатом вимірювання R_a вважають середнє значення результатів не менше чотирьох вимірів.

Шорсткість може змінюватися з часом, що слід враховувати під час вибору частоти очищення ВТ або під час перевірки значень R_a .

Середній арифметичний відхил профілю шорсткості R_a допускається обчислювати за формулою:

$$R_a = R_w / \pi, \quad (7.1)$$

де R_w – еквівалентна шорсткість згідно з діаграмою Моуді [10].

Еквівалентну шорсткість R_w обчислюють, застосовуючи рівняння Коулбрука–Уайта, за значенням вимірюного коефіцієнта гідравлічного тертя за формулою:

$$\frac{R_w}{D} = 3,71 \cdot 10^{-\left(\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}\right)} - \frac{9,34}{Re\sqrt{\lambda}}. \quad (7.2)$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя у ВТ обчислюють за формулою:

$$\lambda = \frac{2\Delta p_r D}{l_m \rho w^2}, \quad (7.3)$$

де Δp_r – перепад тиску у ВТ на довжині прямолінійної ділянки l_m до ЗП.

w обчислюють за формулою:

$$\bar{w} = \frac{4q_m}{\rho \pi D^2} = \frac{4q_c \rho_c}{\rho \pi D^2} = \frac{4q_v}{\pi D^2}. \quad (7.4)$$

Допускається визначати R_w за таблицею Д.1 (додаток Д).

Додаткову інформацію про шорсткість внутрішньої поверхні ВТ наведено в [11].

7.1.6 ВТ може бути оснащено дренажними і/або продувними отворами. Дренажні отвори призначено для видалення твердих відкладень і накопичених рідин, а продувні – для видалення газових пробок у рідинному середовищі. Під час виконання вимірювань не допускаються витікання середовища через дренажні та продувні отвори.

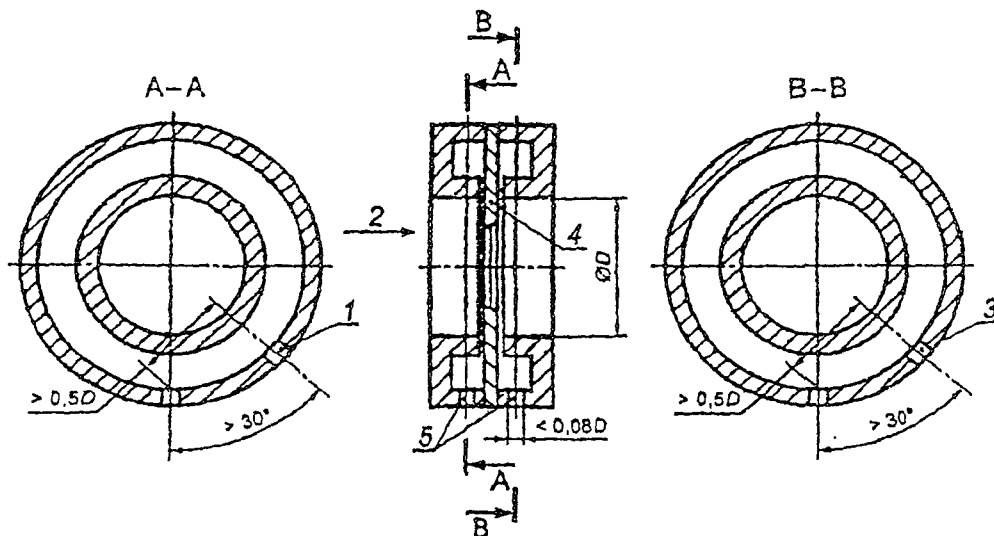
Діаметр дренажних та продувних отворів повинен бути не більшим, ніж $0,08D$.

У разі застосування окремих отворів для відбирання статичного тиску, дренажні та продувні отвори розміщують на відстані, більшій, ніж $0,5D$ від отвору для відбирання тиску. Відстань вимірюють по прямій лінії між центрами кожного з цих отворів і центром отвору для відбирання тиску, розташованого з тієї самої сторони ЗП. Площини, кожна з яких проходить

через вісь одного з вказаних отворів і вісь трубопроводу, повинні бути відносно одна одної під кутом не менше 30° .

У разі застосування кільцевих щілин для відбирання статичного тиску, обмеження на відстань між кожним з отворів і кільцевою щілиною не накладається.

Допускається дренажні і/або продувні отвори виконувати в корпусі камер усереднення. На рисунку 2 показано варіант розміщення дренажних або продувних отворів у корпусі камер усереднення.



1 – для відбирання тиску до ЗП; 2 – напрям потоку; 3 – для відбирання тиску після ЗП; 4 – діафрагма; 5 – дренажні та (або) продувні отвори

Рисунок 2 – Розміщення дренажних і продувних отворів в камері усереднення

7.1.7 Під час проходження ділянки трубопроводу між місцем розміщення ПТ і ЗП середовище охолоджується або нагрівається, залежно від того, холоднішим чи теплішим воно є від навколишнього повітря. У результаті температура середовища в місці розташування ПТ може відрізнитися від температури в місці розташування ЗП. Інший складник невизначеності результату вимірювань температури зумовлено наявністю теплообміну корпусу ПТ зі стінкою ВТ внаслідок теплопровідності та випромінювання.

Для зменшення невизначеності результату вимірювань температури ВТ теплоізолюють.

Якщо температуру вимірюють до ЗП, то теплоізолюють ділянку ВТ між перерізами трубопроводу, розташованими на відстані $5D$ до місця розміщення ПТ і на відстані $5D$ після ЗП.

Якщо температуру вимірюють після ЗП, то теплоізолюють ділянку ВТ між перерізами трубопроводу, розташованими на відстані $5D$ до ЗП і на відстані $5D$ після ПТ.

Проектування теплової ізоляції зовнішньої поверхні ВТ слід виконувати за допустимою зміною (зниженням або підвищенням) температури середовища на ділянці ВТ, розташованій між ЗП і ПТ відповідно до [12].

Допустиму зміну температури середовища вважають такою, яка дорівнює: $\pm 0,3^\circ\text{C}$ для газів і $\pm 1,5^\circ\text{C}$ для рідин.

Обґрунтування відсутності теплоізоляції ВТ проводять проектні організації.

7.2 Мінімальна довжина прямолінійних ділянок вимірювального трубопроводу

7.2.1 Під час входження в ЗП потік повинен бути стабілізованим. Потік вважають стабілізованим, якщо довжина прямолінійних ділянок ВТ відповідає вимогам розділу 6 відповідної типу ЗП частини комплексу стандартів – ГОСТ 8.586.2, ГОСТ 8.586.3 або ГОСТ 8.586.4.

Довжину прямолінійної ділянки після "МО невизначеного типу" може бути скорочено, якщо виконано такі умови:

- кут закручування потоку є меншим, ніж 2° у всіх точках поперечного перерізу трубопроводу;
- у кожній точці поперечного перерізу ВТ, розташованого до ЗП на довжині $2D$, відношення місцевої осьової швидкості потоку до його максимальної осьової швидкості в цьому перерізі відрізняється не більше ніж на $\pm 5\%$ від такого самого відношення для стабілізованого турбулентного потоку.

Вимірюють зазначені величини за відповідною атестованою методикою виконання вимірювань.

7.2.2 Встановлення ППП або струминовипрямляча до ЗП в регламентованому місці між МО і ЗП дає змогу застосовувати коротші прямолінійні ділянки ВТ.

Опис конструкції ряду типів ППП і струминовипрямлячів наведено в додатку Е.

До експлуатації допускаються ППП або струминовипрямлячі, які пройшли випробування відповідно до додатку Ж. Пристрої, які пройшли випробування з будь-яким конкретним типом ЗП, наведено в частині комплексу стандартів, яка стосується цього типу ЗП.

ДОДАТОК А
(довідковий)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ

В цьому додатку досліджують протікання реальної нестискуваної рідини через діафрагму, схему якої зображено на рисунку А.1.

Далі по тексті для позначення величин, які належать до перерізів 0, 1 і 2 (див. рисунок А.1), застосовують індекси, що відповідають номеру перерізу.

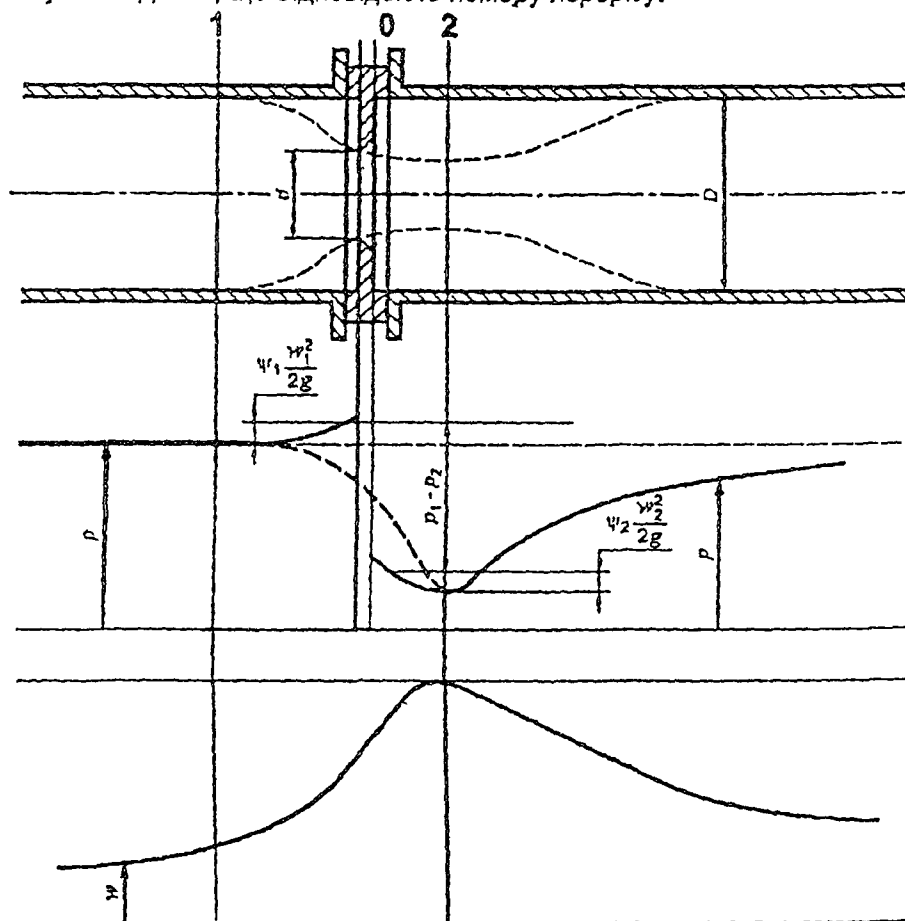


Рисунок А.1 – Схема протікання нестискуваної рідини через діафрагму

Запишемо рівняння Бернуллі для потоку реальної нестискуваної рідини для перерізів 1 і 2 (див. рисунок А.1):

$$\frac{p_1}{\rho} + \Phi_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2} + \psi_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \Phi_2 \frac{\bar{w}_2^2}{2} + \psi_2 \frac{\bar{w}_2^2}{2} + \xi \frac{\bar{w}_2^2}{2}, \quad (\text{A.1})$$

де Φ_1, Φ_2 – коефіцієнти Коріоліса, які дорівнюють відношенню дійсної кінетичної енергії потоку до його середньої кінетичної енергії:

$$\Phi = \frac{\int w^3 dF}{\bar{w}^3 F};$$

ψ_1, ψ_2 – частки швидкісного напору до 3П і після нього, що враховують різницю значень вимірюваного тиску від тиску в перерізах 1 і 2;

ξ – коефіцієнт опору;

F – площа поперечного перерізу.

За допомогою рівняння нерозривності

$$\bar{w}_0 F_0 = \bar{w}_1 F_1 = \bar{w}_2 F_2$$

швидкості потоку \bar{w}_1 і \bar{w}_2 через швидкість \bar{w}_0 в отворі діафрагми з площею перерізу F_0 обчислюють за формулами:

$$\bar{w}_1 = \bar{w}_0 \beta^2; \quad (\text{A.2})$$

$$\bar{w}_2 = \bar{w}_0 / \beta^2, \quad (\text{A.3})$$

де β^2 – відносна площа отвору діафрагми, яку обчислюють за формулою

$$\beta^2 = F_0 / F_1, \quad (\text{A.4})$$

μ – коефіцієнт звуження потоку, який обчислюють за формулою

$$\mu = F_2 / F_0. \quad (\text{A.5})$$

Підставимо \bar{w}_1 і \bar{w}_2 , виражені через швидкість \bar{w}_0 , в рівняння (A.1). Розв'язання цього рівняння відносно швидкості \bar{w}_0 дає таку залежність для розрахунку масової витрати середовища:

$$q_m = \rho F_0 \bar{w}_0 = F_0 \frac{\mu}{\sqrt{\Phi_2 + \Psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \Psi_1 \beta^4 \mu^2}} \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}. \quad (\text{A.6})$$

Помножимо і розділимо праву частину рівняння на коефіцієнт швидкості входження $E = \sqrt{1/(1 - (F_0/F_1)^2)}$, тоді отримаємо рівняння

$$q_m = \rho F_0 \bar{w}_0 = F_0 C E \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}, \quad (\text{A.7})$$

де

$$C = \frac{\mu \sqrt{1 - \beta^4}}{\sqrt{\Phi_2 + \Psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \Psi_1 \beta^4 \mu^2}} \quad (\text{A.8})$$

Наявні теоретичні методи розрахунку коефіцієнта витікання, зазвичай, не забезпечують достатньої для практики точності. Тому значення коефіцієнтів витікання, стандартизовані у вітчизняних і зарубіжних нормативних документах, є результатом опрацювання високоточних численних експериментальних досліджень.

При виведенні рівняння (A.7) було зроблено припущення, що густина середовища, у разі його протікання через ЗП, не змінюється. Це припущення справедливе для нестискуваних середовищ. Для газів таке припущення може привести до значної невизначеності результатів вимірювань.

Протікання газу через ЗП можна вважати адіабатичним (відведення або підведення тепла немає). В цьому разі стан газу змінюється за адіабатою:

$$p_2 = p_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \quad (\text{A.9})$$

Рівняння збереження енергії в диференціальній формі:

$$d \frac{w^2}{2} + g dh + \frac{dp}{\rho} + dL_{\text{тр}} = 0, \quad (\text{A.10})$$

де $L_{\text{тр}}$ – питома робота, затрачена на подолання сил тертя;

h – висота положення перерізів над горизонтальною площиною, відносно якої досліджують його положення.

Після інтегрування рівняння (A.10) набуває вигляду:

$$\frac{\bar{w}_2^2 - \bar{w}_1^2}{2} + g(h_2 - h_1) + \int_1^2 \frac{dp}{\rho} + L_{\text{тр}} = 0. \quad (\text{A.11})$$

Інтеграл в рівнянні (A.11) з врахуванням (A.9) обчислюють за формулою:

$$\int_1^2 \frac{dp}{\rho} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{p_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right].$$

Вважаючи, що $L_{\text{тр}} = 0$, $h_1 = h_2$ і враховуючи рівняння нерозривності

$$p_1 \bar{w}_1 = p_0 \bar{w}_0 \beta^2 \quad \text{та} \quad (\text{A.12})$$

$$p_2 \bar{w}_2 = p_0 \bar{w}_0 / \mu_r, \quad (\text{A.13})$$

де μ_r – коефіцієнт звуження потоку для газу.

Отримують рівняння для розрахунку масової витрати газу:

$$q_m = p_0 F_0 \bar{w}_0 = F_0 E \sqrt{2 p_1 (p_1 - p_2)} \times \\ \times \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{\mu_r^2 (1 - \beta^4)}{1 - \beta^4 \mu_r^2 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right)}. \quad (\text{A.14})$$

Помноживши й розділивши праву частину рівняння (A.14) на коефіцієнт витікання, остаточно отримують рівняння:

$$q_m = F_0 C E \varepsilon \sqrt{2 p_1 (p_1 - p_2)}, \quad (\text{A.15})$$

де

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{\mu_r}{\mu} \right)^2 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{(\Phi_2 + \Psi_2 + \xi - \Phi_1 \beta^4 \mu^2 - \Psi_1 \beta^4 \mu^2)}{1 - \beta^4 \mu_r^2 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right)}. \quad (\text{A.16})$$

Для сопел можна припустити, що $\Phi_1 = \Phi_2 = \mu = \mu_r = 1$ і $\Psi_1 = \Psi_2 = \xi = 0$. При цьому формула (A.16) набуває такого вигляду:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{p_1}{(p_1 - p_2)} \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} \frac{(1 - \beta^4)}{1 - \beta^4 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}}} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right)}. \quad (\text{A.17})$$

Формулу (A.16) може бути застосовано і для інших типів ЗП, але розрахунки за нею можливі тільки за наявності інформації про параметри потоку: Φ_1 , Φ_2 , μ , μ_r , Ψ_1 , Ψ_2 , ξ . Обчислення цих величин для діафрагм є досить складним, що робить формулу (A.16) неприйнятною для практичного застосування. Тому для діафрагм значення коефіцієнта розширення, наведені у вітчизняних і зарубіжних нормативних документах, є результатом експериментальних досліджень.

ДОДАТОК Б
(рекомендований)

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ТИПУ ЗВУЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Б.1 При виборі типу ЗП необхідно враховувати їх якісні характеристики, які наведено в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Якісні характеристики ЗП

Тип ЗП	Характеристика ЗП	
	Переваги	Недоліки
Діафрагма	Проста у виготовленні й монтажі. Можна застосовувати в широкому діапазоні чисел Re . Встановлюють на трубопроводах з внутрішнім діаметром від 50 до 1000 мм. Невизначеність коефіцієнта витікання діафрагм є меншою, ніж у інших ЗП. Наявність невеликого вмісту конденсату практично не впливає на коефіцієнт витікання.	Під час експлуатації неминучим є притуплення вхідного канта діафрагми, що призводить до додаткової прогресуючої невизначеності коефіцієнта витікання, яка може бути значною для діафрагм, встановлених в трубопроводах з діаметром, менше 100 мм. Втрати тиску на діафрагмах є більшими, ніж на інших ЗП.
Сопло ІСА 1932	Має стабільні характеристики у разі тривалої експлуатації, втрати тиску на ньому є менші, ніж на діафрагмі. Може мати відносний діаметр отвору до 0,8. Менше ніж діафрагми реагує на турбулентні пульсації потоку і має меншу чутливість до шорсткості внутрішніх стінок ВТ. У ВТ з внутрішнім діаметром, меншим, ніж 100 мм, може забезпечувати меншу невизначеність результату вимірювання витрати середовища, ніж діафрагма, внаслідок відсутності поправки на притуплення вхідного канта.	Складне у виготовленні. Застосовують лише ВТ з внутрішнім діаметром, не більшим, ніж 500 мм. Немає експериментальних даних його дослідження за $Re > 10^7$. Невизначеність коефіцієнта витікання є більшою, ніж у діафрагми.
Еліпсне сопло	Має стабільні характеристики під час тривалої експлуатації. Втрати тиску на ньому є менші, ніж на діафрагмі. Може мати відносний діаметр отвору до 0,8.	Складне у виготовленні. Застосовують лише на ВТ з внутрішнім діаметром, не більшим, ніж 630 мм. Немає експериментальних даних його дослідження за $Re > 10^7$. Невизначеність коефіцієнта витікання досягає 2 %.

Кінець таблиці Б.1

Тип ЗП	Характеристика ЗП	
	Переваги	Недоліки
Сопло Вентурі	Має стабільні характеристики під час тривалої експлуатації витратоміра. Втрати тиску на ньому є значно менші, ніж на діафрагмі, соплі ИСА 1932 і еліпсному соплі. Коефіцієнт витікання не залежить від числа Re.	Складне у виготовленні. Має вузький діапазон застосування по числах Re. Має велику невизначеність коефіцієнта витікання.
Труба Вентурі	Має стабільні характеристики під час тривалої експлуатації. Втрати тиску на ній є значно менші, ніж на діафрагмі й соплі, а в деяких випадках – і соплі Вентурі. Потребує коротких прямолінійних ділянок ВТ. У проточній частині немає застійних зон, де може накопичуватися осад. Допускається до застосування в трубопроводах з внутрішнім діаметром до 1200 мм.	Складна у виготовленні й має великі розміри.

Б.2 На основі даних таблиці Б.1 для вимірювання витрати та кількості середовища у ВТ з внутрішнім діаметром понад 100 мм перевагу надають застосуванню діафрагм. Сопла ИСА 1932 рекомендовано застосовувати в тих випадках, де визначальним критерієм вибору типу ЗП є стабільність характеристик під час тривалої експлуатації. Сопла ИСА 1932 можуть забезпечити найбільшу точність вимірювань відносно діафрагм у трубопроводах з невеликим внутрішнім діаметром. Сопла Вентурі рекомендовано застосовувати в умовах, де потрібні надійність роботи витратоміра й низькі втрати тиску у вимірювальних системах. Труби Вентурі рекомендовано застосовувати для вимірювання витрати забруднених потоків. Їх також може бути вибрано для випадку, де разом з надійністю й низькою втратою тиску визначальним критерієм є наявність коротких довжин прямої ділянки до ЗП і після нього.

Б.3 Вибираючи спосіб відбирання тиску на діафрагмах слід враховувати такі положення:

а) Перевагою кутового способу відбирання тиску є зручність монтажу діафрагми, а також можливість застосування кільцевих камер усереднення, які забезпечують усереднення тиску, що дає змогу в деяких випадках понизити вимогу до ексцентриситету встановлення діафрагми, зменшити вплив МО на покази витратоміра. Недоліками цього способу відбирання є залежність вимірюваного перепаду тиску від діаметра отворів (або ширини щілини) для відбирання тиску і більша, щодо інших способів відбирання тиску, імовірність забруднення отворів.

б) Перевагою фланцевого і трирадіусного способів відбирання тиску є менший ступінь засмічення отворів. Є дані, що свідчать про деяке зменшення впливу шорсткості стінок трубопроводу на коефіцієнт витікання діафрагм з фланцевим і трирадіусним способами відбирання тиску. Недоліком трирадіусного і фланцевого способів відбирання є те, що без застосування додаткових спеціальних конструкцій (див. рисунок 1) статичний тиск до діафрагми і після неї вимірюють без їх усереднення по периметру трубопроводу. Крім того, для трирадіусного способу відбирання потрібно просвердлити стінки трубопроводу.

ДОДАТОК В
(довідковий)

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯННЯ ВИТРАТИ

В.1 Задачі, розв'язувані за допомогою рівняння витрати

Розв'язання рівняння витрати виконують, щоб вибрати параметри ЗВ, геометричні характеристики ЗП і ВТ, перевірити умови застосування витратоміра, а також обчислити витрату та кількість середовища.

Основні задачі, які розв'язують за допомогою рівняння витрати:

- визначення витрати середовища за заданими характеристиками ВТ, ЗП і параметрами середовища;
- обчислення діаметра отвору ЗП за перепадом тиску на ЗП, характеристиками середовища і ВТ, параметрами потоку;
- обчислення перепаду тиску на ЗП за заданими характеристиками ВТ, ЗП і параметрами потоку;
- обчислення внутрішнього діаметра ВТ та кількості ВТ за заданою допустимою швидкістю середовища або за заданими значеннями верхньої межі діапазону вимірювання перепаду тиску на ЗП і відносного діаметра отвору ЗП.

Нижче наведено основні принципи розв'язання рівняння витрати.

В.2 Визначення витрати середовища

Коефіцієнт витікання ЗП (крім сопел Вентурі) і поправковий коефіцієнт, що враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ, залежать від числа Re і, отже, від витрати середовища, тому рівняння витрати є неявним рівнянням.

Рівняння витрати (див. 5.1.4) може бути розв'язано методом ітерацій.

Ітераційний процес рекомендовано проводити за числом Re (див. нижче) або за витратою середовища [див. ГОСТ 8.586.5 (розділ 8)].

Для цього рівняння витрати (див. 5.1.4) записують в загальному неявному вигляді відносно числа Re :

$$Re = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w, \quad (B.1)$$

де C' – коефіцієнт витікання, розраховано для значення числа Re , яке дорівнює 10^6 ;
 K'_w – поправковий коефіцієнт, що враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ, обчислено за числа $Re=10^6$;

Re^* – модифіковане число Рейнольдса, яке обчислено за формулою:

$$Re^* = \frac{1}{D_\mu} d^2 C' E K'_w K_\varepsilon (2\Delta p p)^{0.5}. \quad (B.2)$$

Рівняння витрати (див. 5.1.4) з врахуванням формули (B.1) може бути розв'язано в такій послідовності:

а) обчислюють C' і K'_w і, застосовуючи формулу (B.2), обчислюють Re^* ;

б) обчислюють коефіцієнт витікання C , поправковий коефіцієнт K_w за числа $Re=Re^*$ і визначають перше наближення для числа Re за формулою:

$$Re_1 = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w. \quad (B.3)$$

в) обчислюють відносну різницю δ_1 значень Re_1 і Re^* за формулою:

$$\delta_1 = \frac{Re_1 - Re^*}{Re_1}$$

і перевіряють виконання нерівності

$$|\delta_1| \leq 10^{-4}. \quad (\text{В.4})$$

Якщо нерівність (В.4) виконується, то значення Re_1 вважають розв'язком рівняння (В.1), в іншому разі визначають нові наближення для числа Re за формулою:

$$Re_2 = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w, \quad (\text{В.5})$$

де C і K_w розраховують за числа $Re = Re_1$;

г) обчислюють відносну різницю δ_2 значень Re_2 і Re_1 за формулою:

$$\delta_2 = \frac{Re_2 - Re_1}{Re_2}$$

і перевіряють виконання нерівності:

$$|\delta_2| \leq 10^{-4}. \quad (\text{В.6})$$

Якщо нерівність (В.6) виконується, то значення Re_2 вважають розв'язком рівняння (В.1), в іншому разі обчислюють нове наближення для числа Re , застосовуючи загальну формулу:

$$Re_{n+1} = \frac{Re^*}{C'K'_w} CK_w, \quad (\text{В.7})$$

де C і K_w визначають за числа Re , що обчислено на n -му циклі обчислень, або

$$Re_{n+1} = Re_n - \delta_n \frac{Re_n - Re_{n-1}}{\delta_n - \delta_{n-1}}. \quad (\text{В.8})$$

Пошук нових наближень для числа Re припиняють під час виконання нерівності:

$$\left| \frac{Re_{n+1} - Re_n}{Re_{n+1}} \right| \leq 10^{-4}; \quad (\text{В.9})$$

д) застосовуючи обчислене значення числа Re , обчислюють коефіцієнти C і K_w і витрату середовища за формулою (5.2).

В.3 Розрахунок діаметра отвору ЗП

Обчислення діаметра отвору ЗП може бути виконано за такими вхідними даними:

- $q_{m \min}, q_{m \max}, \Delta p_s, \rho, T, \mu$, для газу додатково - κ ;
 - D, R_w , для діафрагм - початкове значення радіуса вхідного канта діафрагми і міжконтрольний інтервал діафрагми [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.4)].

Обчислення виконують у такій послідовності:

а) для газів перевіряють виконання нерівності

$$\Delta p_s \leq 0,25p. \quad (\text{В.10})$$

Якщо нерівність (В.10) не виконується, то розрахунок припиняють, оскільки вимірювання витрати за такого режиму є неможливе, або вибирають іншу верхню границю вимірювань перепаду тиску, що задовольняє нерівність (В.10);

б) за даними відповідної частини комплексу стандартів [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)] визначають верхню межу Re_u і нижню межу Re_n діапазону допустимих значень Re для вибраного типу ЗП;

в) обчислюють максимальне значення Re_{\max} і мінімальне значення Re_{\min} робочого діапазону значень Re за формулами:

$$Re_{\max} = \frac{4q_{m \max}}{\pi D \mu}; \quad Re_{\min} = \frac{4q_{m \min}}{\pi D \mu}$$

і перевіряють виконання нерівностей

$$Re_s \geq Re_{max}; \quad (B.11)$$

$$Re_n \leq Re_{min}. \quad (B.12)$$

Якщо нерівності (B.11) і (B.12) не виконуються, то обчислення припиняють або вибирають інший тип ЗП, для якого нерівності (B.11) і (B.12) виконуються;

г) обчислюють допоміжну величину

$$A = \frac{Re_{max} \mu}{D(2\rho \Delta p_s)^{0.5}}; \quad (B.13)$$

д) використовуючи відповідну частину [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.1.2, 5.1.3, 5.1.4)], визначають значення верхньої межі β_s і нижньої межі β_n діапазону допустимих значень β для вибраного типу ЗП;

е) обчислюють допоміжні величини B_1 і B_2 за формулами:

$$B_1 = E_1 C_1 K_{ш1} K_{п1} \beta_s^2 \varepsilon_1; \quad (B.14)$$

$$B_2 = E_2 C_2 K_{ш2} K_{п2} \beta_n^2 \varepsilon_2. \quad (B.15)$$

де E_1, E_2 – коефіцієнти швидкості входження за β_s і β_n , відповідно;

C_1 – коефіцієнт витікання за Re_{max} і β_s ;

C_2 – коефіцієнт витікання за Re_{max} і β_n ;

$K_{п1}$ – поправковий коефіцієнт K_p за β_s (для решти ЗП $K_{п1} = 1$);

$K_{п2}$ – поправковий коефіцієнт K_p за β_n (для решти ЗП $K_{п2} = 1$);

$K_{ш1}$ – поправковий коефіцієнт $K_{ш}$ за Re_{max} і β_s (для труб Вентурі $K_{ш1} = 1$);

$K_{ш2}$ – поправковий коефіцієнт $K_{ш}$ за Re_{max} і β_n (для труб Вентурі $K_{ш2} = 1$);

ε_1 – коефіцієнт розширення за β_s , Δp_s , κ і ρ ;

ε_2 – коефіцієнт розширення за β_n , Δp_s , κ і ρ .

Обчислюють допоміжні величини δ_1 і δ_2 за формулами:

$$\delta_1 = (B_1 - A) / A,$$

$$\delta_2 = (B_2 - A) / A.$$

Якщо величини δ_1 і δ_2 мають однаковий знак, то обчислення припиняють, оскільки в діапазоні допустимих значень β не існує значення, яке задовольняє вихідні дані.

Якщо величини δ_1 і δ_2 мають різні знаки, то обчислення продовжують;

є) відносно невідомої величини β розв'язують таке рівняння:

$$A = ECK_{ш}K_{п}\beta^2\varepsilon. \quad (B.16)$$

Розв'язання рівняння (B.16) може бути виконано будь-яким методом ітерацій. У разі застосування методу бісекції рівняння розв'язують у такій послідовності:

- обчислюють значення

$$\beta = (\beta_s + \beta_n) / 2, \quad (B.17)$$

- за значенням β обчислюють

$$B = ECK_{ш}K_{п}\beta^2\varepsilon, \quad (B.18)$$

де C і $K_{ш}$ обчислюють за Re_{max} , а ε обчислюють за Δp_s , κ і ρ ;

- перевіряють виконання нерівності:

$$\delta = |(B - A) / A| < 5 \cdot 10^{-5}. \quad (B.19)$$

Якщо нерівність (B.19) не виконується, то обчислюють нове β за формулою (B. 17), в якій, якщо виконується нерівність $B < A$, вважають, що $\beta_n = \beta$, обчислене на першому кроці ітерації, в іншому випадку вважають, що $\beta_s = \beta$.

Для нового значення β за формулою (B.18) обчислюють B і перевіряють виконання нерівності (B.19). Якщо нерівність не виконується, то продовжують вибір нових значень β , використовуючи для заміни β_s і β_n у формулі (B.17) значення β , обчислене на попередньому кроці ітерації.

Вибирають значення β до виконання нерівності (B.19);

ж) для знайденого значення β , застосовуючи відповідну частину комплексу стандартів [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.5.2, 5.5.3,

5.5.4)], визначають верхнє (Re_s) і нижнє (Re_n) значення допустимого діапазону значень чисел Re і перевіряють нерівності (В.11) і (В.12). Якщо нерівності виконано, то значення β , обчислене відповідно до переліку ϵ , вважають остаточним, в іншому випадку обчислення діаметра отвору ЗП за заданих вихідних даних є неможливий;

з) застосовуючи значення β , знайдене за переліком ϵ , обчислюють діаметр отвору ЗП:

$$d_{20} = \beta D / K_{\epsilon} . \quad (B.20)$$

Примітка. Обчислюючи внутрішній діаметр отвору діафрагми, додатково перевіряють, що d_{20} міститься в діапазоні допустимих значень [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.1)]. Якщо цю умову виконано, то значення d_{20} вважають знайденим.

В.4 Обчислення діапазону змін перепаду тиску на звужувальному пристрої

Обчислення діапазону змін перепаду тиску на ЗП можна виконати за такими вхідними даними:

- $q_{m \min}$, $q_{m \max}$, p , ρ , μ , для газу додатково – κ ;
- β , d , D_{20} , R_w , для діафрагм – початкове значення радіуса вхідного канта діафрагми і проміжок часу експлуатації діафрагми [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.4)].

Обчислення виконують у такій послідовності:

а) обчислюють верхню межу Re_{\max} і нижню межу Re_{\min} робочого діапазону значень Re за формулами:

$$Re_{\max} = \frac{4q_{m \max}}{\pi D \mu}; \quad Re_{\min} = \frac{4q_{m \min}}{\pi D \mu}$$

і перевіряють виконання нерівностей

$$Re_s \geq Re_{\max}; \quad (B.21)$$

$$Re_n \leq Re_{\min}, \quad (B.22)$$

де Re_s і Re_n – найбільше і найменше допустиме значення числа Re для вибраного типу ЗП і значення β [див. ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)].

Якщо нерівності (В.21) та (В.22) не виконано, то розрахунок припиняють або вибирають інший тип ЗП, для якого виконано ці нерівності;

б) обчислюють допоміжну величину S за формулою:

$$S = \frac{8}{\rho} \left(\frac{q_{m \max}}{\pi C E K_n K_w d^2} \right)^2, \quad (B.23)$$

де C і K_w обчислюють за Re_{\max} :

в) якщо середовище – рідина, то вважають верхню межу діапазону змін перепаду тиску на ЗП такою, що дорівнює значенню S . Якщо середовище – газ, то відносно невідомої величини Δp розв'язують таке рівняння:

$$\Delta p = S \epsilon^{-2}. \quad (B.24)$$

Розв'язання рівняння (В.24) може бути виконано методом ітерацій:

- обчислюють Δp_1 за формулою:

$$\Delta p_1 = S / 0,9409;$$

- обчислюють на першому кроці ітерації

$$\Delta p_2 = S \epsilon_1^{-2},$$

де ϵ_1 – коефіцієнт розширення за $\Delta p = \Delta p_1$;

- обчислюють на другому кроці ітерації

$$\Delta p_3 = S \epsilon_2^{-2},$$

де ϵ_2 – коефіцієнт розширення за $\Delta p = \Delta p_2$.

- обчислюють верхню межу діапазону змін перепаду тиску на ЗП за формулою:

$$\Delta p_3 = \Delta p_2 + \frac{(\Delta p_3 - \Delta p_2)^2}{(2\Delta p_2 - \Delta p_3 - \Delta p_1)}; \quad (\text{В.25})$$

г) обчислюють допоміжну величину

$$S_1 = \frac{8}{\rho} \left(\frac{q_{m \min}}{\pi C E K_\pi K_\psi d^2} \right)^2, \quad (\text{В.26})$$

де C і K_ψ обчислюють за Re_{\min} ;

д) якщо середовище – рідина, то нижню межу діапазону змін перепаду тиску на ЗП вважають такою, яка дорівнює значенню S_1 . Якщо середовище – газ, то відносно невідомої величини Δp розв'язують таке рівняння:

$$\Delta p = S_1 \varepsilon^{-2}. \quad (\text{В.27})$$

Розв'язання рівняння (В.27) може бути виконано методом, викладеним вище (див. перелік в). Результат обчислення вважають нижньою межею діапазону змін перепаду тиску на ЗП.

В.5 Обчислення внутрішнього діаметра вимірювального трубопроводу та кількості вимірювальних трубопроводів

В.5.1 Обчислення внутрішнього діаметра та кількості вимірювальних трубопроводів за заданою допустимою швидкістю середовища

В.5.1.1 Вхідними даними для розрахунку є тип ЗП і такі параметри потоку і середовища:

\bar{w}_{\max} , $q_{m \min}$, $q_{m \max}$, ρ і μ .

Обчислення виконують у наведеній нижче послідовності.

Обчислюють допоміжні параметри A_{\min} , A_{\max} за формулами:

$$A_{\min} = \frac{4q_{m \min}}{\pi \mu}; \quad (\text{В.28})$$

$$A_{\max} = \frac{4q_{m \max}}{\pi \mu}; \quad (\text{В.29})$$

$$C = \frac{4q_{m \max}}{\bar{w}_{\max} \pi \rho}. \quad (\text{В.30})$$

Значення верхніх і нижніх меж діапазону допустимих значень Re , β , D і d для вибраного типу ЗП визначають згідно з ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Для діафрагм вважають, що $Re_k = 5000$, для сопел ИСА 1932 вважають, що $Re_{k1} = 70000$ і $Re_{k2} = 20000$.

В.5.1.2 Для діафрагм з фланцевим способом відбирання тиску перевіряють умову

$$\beta_k \leq \sqrt{A_{\min} / (1,7 \cdot 10^5 \cdot C)}. \quad (\text{В.31})$$

Якщо умову (В.31) не виконано, то обчислення є неможливим, і необхідно змінити вихідні дані.

В.5.1.3 Параметри N_k , N_β , N^*_k обчислюють за формулами:

$$N_k = C / D^2; \quad (\text{В.32})$$

$$N_\beta = C / D^2_k; \quad (\text{В.33})$$

$$N^*_k = (1/C) (A_{\max} / Re_k)^2. \quad (\text{В.34})$$

Для всіх ЗП, крім сопел ИСА 1932, обчислюють додатково параметр N^*_β :

$$N^*_\beta = (1/C) (A_{\min} / Re_k)^2. \quad (\text{В.35})$$

Для сопел ИСА 1932 додатково обчислюють параметри $N^*_{\beta 1}$ і $N^*_{\beta 2}$:

$$N^*_{\beta 1} = (1/C) (A_{\min} / Re_{k1})^2; \quad (\text{В.36})$$

$$N^*_{\beta 2} = (1/C) (A_{\min} / Re_{k2})^2. \quad (\text{В.37})$$

Значення параметрів, обчислених за формулами (B.32)–(B.37), з індексом "н" округлюють до найближчого більшого цілого, а з індексом "в" округлюють до найближчого меншого цілого числа.

B.5.1.4 Початкове наближення N для кількості ВТ і їх діаметра D обчислюють за формулами:

$$N = N_{\min} = \max(N_n, N_v) ; \quad (B.38)$$

$$D = \sqrt{C/N} . \quad (B.39)$$

B.5.1.5 Для сопел ИСА 1932 допустимі межі для β визначено умовами

$$N \leq N_{\max 1} = \min(N_{\beta 1}, N_{\beta 1}^*) \quad (B.40)$$

або

$$N \leq N_{\max 2} = \min(N_{\beta 2}, N_{\beta 2}^*), \quad (B.41)$$

$0,3 \leq \beta < 0,44$ – у разі виконання умови (B.40);

$0,3 \leq \beta \leq 0,80$ – у разі одночасного виконання умов (B.40) і (B.41).

У разі порушення двох умов обчислення є неможливим, і необхідно змінити вихідні дані.

B.5.1.6 Для труб і сопел Вентурі, еліптичних сопел і діафрагм перевіряють умову

$$N \leq N_{\max} = \min(N_{\beta}, N_{\beta}^*) . \quad (B.42)$$

Якщо умову (B.42) не виконано, то обчислення є неможливим, і необхідно змінити вихідні дані.

У разі виконання умови (B.42) для труб Вентурі і еліптичних сопел обчислення є завершеним, а для сопел Вентурі і діафрагм додатково перевіряють умову

$$\max(\beta_n D, d_n) \leq \beta_s D. \quad (B.43)$$

Якщо умову (B.43) виконано, то обчислення є завершеним.

Якщо умову (B.43) не виконано, то збільшують N , за (B.39) обчислюють нове D і повторюють процес, починаючи з перевірки умови (B.42).

B.5.2 Обчислення внутрішнього діаметра і кількості вимірювальних трубопроводів за заданими значеннями верхньої межі діапазону вимірювання перепаду тиску на ЗП і відносного діаметра отвору ЗП

B.5.2.1 Вхідними даними для розрахунку є: тип ЗП, β , ρ , Δp , $q_{m \max}$, $q_{m \min}$, ρ , μ , для газів додатково – κ .

Обчислення виконують відповідно до наведеної нижче послідовності.

Значення верхніх і нижніх меж діапазону допустимих значень Re , D і d для вибраного типу ЗП визначають згідно з ГОСТ 8.586.2 (5.3.1), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1, 5.2.6.1, 5.3.4.1), ГОСТ 8.586.4 (5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Для діафрагм з фланцевим способом відбирання тиску вважають $Re_n = 5000$.

Допоміжний параметр обчислюють за формулою:

$$A = E \epsilon (\pi \beta^2 / 4) \sqrt{2 \rho \Delta p} . \quad (B.44)$$

B.5.2.2 За формулами (B.28) і (B.29) обчислюють допоміжні параметри: A_{\min} і A_{\max} .

B.5.2.3 Верхню межу D^* , і нижню межу D_* , діапазону допустимих значень внутрішнього діаметра ВТ обчислюють за формулами:

$$D_n^* = \max(D_n ; d_n / \beta) ; \quad (B.45)$$

$$D_v^* = D_s . \quad (B.46)$$

B.5.2.4 Обчислюють параметри

$$N_n = A_{\max} / (Re_n D_n^*) ; \quad (B.47)$$

для всіх типів ЗП, крім діафрагм з фланцевим способом відбирання тиску,

$$N_v = A_{\min} / (Re_n D_v^*) ; \quad (B.48)$$

для діафрагм з фланцевим способом відбирання тиску

$$N_{\beta} = \min(N_{\beta 1} ; N_{\beta 2}) , \quad (B.49)$$

де $N_{\beta 1} = A_{\min} / (Re_n D_{\beta 1}^*)$; $N_{\beta 2} = (A_{\min} / 170000) / (\beta D_{\beta 2}^*)^2$.

Значення N_n і N_{β} округлюють відповідно до B.5.1.3.

Якщо $N_{\beta} < N_n$ – обчислення є неможливим, і необхідно змінити вихідні дані.

B.5.2.5 За $N_n \leq N_{\beta}$ вважають кількість ВТ, що задовольняє умову

$$N_n \leq N \leq N_{\beta} . \quad (B.50)$$

B.5.2.6 За умови $D_n^* \leq D \leq D_v^*$, відносно D розв'язують рівняння:

$$F = (q_{m \max} - q_{m \max}) / q_{m \max} = 0, \quad (B.51)$$

де

$$q_{m\max}^* = ANCK_\psi K_n D^2. \quad (B.52)$$

Коефіцієнти C , K_ψ , K_n , залежно від вибраного типу ЗП, обчислюють згідно з ГОСТ 8.586.2 (5.3.2), ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.2, 5.1.6.4, 5.2.6.2, 5.3.4.2), ГОСТ 8.586.4 (5.5.2, 5.5.3, 5.5.4)

Число Рейнольдса при цьому обчислюють за формулою:

$$Re = A_{\max} / (DN). \quad (B.53)$$

B.5.2.7 Для розв'язання рівняння (B.51) рекомендовано такий алгоритм:

а) вважаючи, що $D_1 = D^*$; $D_2 = D^*$, обчислюють відповідні $q_{m\max 1}$, $q_{m\max 2}$ – за (B.52) і F_1 , F_2 – за (B.51);

б) вважаючи, що

$$D^* = (D_1 + D_2) / 2$$

розраховують відповідні $q_{m\max}^*$ – за формулою (B.52), F^* – за формулою (B.51);

за $|F^*| < 0,001$ отримане значення D^* вважають остаточним, інакше процес продовжують з переліку в);

в) якщо $F^* \cdot F_1 > 0$, то вважають, що $D_1 = D^*$ і $F_1 = F^*$;

якщо $F^* \cdot F_1 < 0$, то вважають, що $D_2 = D^*$ і $F_2 = F^*$;

переходять до виконання переліку б).

ДОДАТОК Г
(довідковий)

ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ЛІНІЙНОГО РОЗШИРЕННЯ МАТЕРІАЛУ

Температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ЗП і ВТ може бути розраховано залежно від температури за формулою, отриманою на основі даних [13] і [14]

$$\alpha_t = 10^{-6} [a_0 + a_1(t/1000) + a_2(t/1000)^2] \quad (Г.1)$$

де a_0 , a_1 , a_2 – сталі коефіцієнти, які визначають відповідно до таблиці Г.1.

У таблиці Г.1 наведено рекомендовані робочі умови застосування матеріалів, з яких виготовляють ЗП і ВТ.

Таблиця Г.1 – Значення сталих коефіцієнтів a_0 , a_1 , a_2 та межі застосування формули (Г.1)

Марка сталі	Значення постійних коефіцієнтів			Межі застосування формули (Г.1)	
	a_0	a_1	a_2	t_{\min}	t_{\max}
35Л	10,260	14,000	0	-40	700
45Л	11,600	0	0	-40	100
20ХМЛ	9,830	18,812	-14,191	-40	600
12Х18Н9ТЛ	16,466	5,360	3,000	-40	700
15К, 20К	10,800	10,000	0	-40	600
22К	9,142	34,340	-43,526	-40	400
16ГС	9,903	20,561	-15,675	-40	600
09Г2С	10,680	12,000	0	-40	500
10	10,800	9,000	-4,200	-200	700
15	11,100	7,900	-3,900	-200	700
20	11,100	7,700	-3,400	-200	700
30, 35	10,200	10,400	-5,600	-200	700
40, 45	10,821	17,872	-10,986	-40	700
10Г2	9,940	22,667	0	-40	400
38ХА	12,345	5,433	5,360	-40	600
40Х	10,819	15,487	-9,280	-40	700
15ХМ	11,448	12,638	-7,137	-200	700
30ХМ, 30ХМА	10,720	14,667	0	-200	500
12Х1МФ	10,000	9,600	-6,000	-200	700
25Х1МФ	10,235	18,640	-13,000	-40	600
25Х2М1Ф	12,020	8,000	0	-40	600
15Х5М	10,100	2,700	0	-200	700
18Х2Н4МА	11,065	11,224	-5,381	-40	600
38ХН3МФА	11,446	9,574	-4,945	-40	700
08Х13	9,971	9,095	-4,115	-40	800

Кінець таблиці Г.1.

Марка сталі	Значення постійних коефіцієнтів			Межі застосування формули (Г.1)	
	a_0	a_1	a_2	t_{min}	t_{max}
12X13	9,557	11,067	-5,000	-40	800
20X13	9,520	11,333	0	-40	600
30X13	9,642	9,600	-4,472	-40	800
10X14Г14Н4Т	15,220	13,000	0	-40	900
08X18Н10	15,325	11,250	0	-40	500
12X18Н9Т	15,600	8,300	-6,500	-200	700
12X18Н10Т, 12X18Н12Т	16,206	6,571	0	-40	900
08X18Н10Т	15,470	10,500	0	-40	700
08X22Н6Т	6,400	60,000	0	-40	300
37X12Н8Г8МФБ	15,800	0	0	-40	100
31X19Н9МВБТ	16,216	6,400	0	-40	1000
06ХН28МДТ	9,153	30,944	-26,478	-40	600
20Л	11,660	9,000	0	-40	700
25Л	10,750	12,500	0	-40	500

Довідкову інформацію про значення температурного коефіцієнта лінійного розширення для марок сталі, не наведених в таблиці Г.1, наведено в [13].

ДОДАТОК Д
(довідковий)

ШОРСТКІСТЬ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБОПРОВОДІВ

Таблиця Д.1 — Значення еквівалентної шорсткості $R_{ш}$, середньоарифметичного відхилю профілю шорсткості R_a і відносної розширеної невизначеності $U'_{R_{ш}}$

Вид труб і матеріал	Стан поверхні стінки ВТ і умови експлуатації	Значення		
		$R_{ш} \cdot 10^3, \mu\text{м}$	$R_a \cdot 10^3, \mu\text{м}$	$U'_{R_{ш}}$
Ціліснотягнуті труби з латуні, міді, алюмінію, пластмаси	Технічно гладка, без відкладень	0,03	0,01	100
Скляні	Чиста	0,01	0,003	100
Труби із нержавіючої сталі	Нова	0,03	0,01	100
Ціліснотягнуті сталеві: - холоднотягнуті - гарячетягнуті - прокатні	Нова	0,03	0,01	100
		0,10	0,03	100
		0,10	0,03	100
Ціліснозварні сталеві: - прямошовні - зі спіральним швом	Нова	0,10	0,03	100
		0,10	0,03	100
Сталеві труби	Із незначним нальотом іржі	0,15	0,045	33
	Іржава	0,25	0,08	20
	Покрита накипом	1,25	0,375	60
	Сильно покрита накипом	2	0,6	100
	Бітумінізована, нова	0,04	0,0125	20
	Бітумінізована, яка була в експлуатації	0,15	0,045	33
	Оцинкована	0,13	0,04	100
Чавун	Нова, яка не була в експлуатації	0,25	0,08	100
	Іржава	1,25	0,4	25
	Покрита накипом	1,5	0,5	100
	Бітумінізована, нова	0,04	0,0125	20
Азбестоцемент	Покрита і непокрита, нова	0,03	0,01	100
	Непокрита, яка була в експлуатації	0,05	0,015	100

ДОДАТОК Е
(довідковий)КОНСТРУКЦІЯ ПРИСТРОЇВ ПІДГОТОВЛЕННЯ ПОТОКУ ТА
СТРУМИНОВИПРЯМЛЯЧІВ

Е.1 Загальні положення

Е.1.1 В цьому додатку наведено конструкцію найпоширеніших ППП і струминовипрямлячів.

Включення ППП або струминовипрямляча в цей додаток не означає, що ці пристрої пройшли випробування відповідно до додатка Ж.

Інформацію про ППП або струминовипрямлячі, які пройшли випробування, і методи їх монтування на ВТ подано у ГОСТ 8.586.2 (6.3.1).

Допускається застосовувати інші конструкції ППП і струминовипрямлячів, не зазначених в цьому додатку, якщо вони пройшли випробування відповідно до додатка Ж.

Е.1.2 Коефіцієнт гідравлічного опору ППП і струминовипрямлячів визначається за формулою:

$$\xi = \frac{\Delta\omega}{0,5\rho\bar{w}^2}, \quad (\text{Е.1})$$

де $\Delta\omega$ – втрата тиску в струминовипрямлячі або ППП.

Е.2 Струминовипрямлячі

Е.2.1 Загальний опис

Струминовипрямляч – це пристрій, який ліквідує або значно зменшує завихрення, але не усуває осесиметричні або асиметричні деформації епюри швидкості потоку.

Прикладами цих пристроїв є трубчаті струминовипрямлячі «АМСА» і «Etoile».

Е.2.2 Трубчатий струминовипрямляч

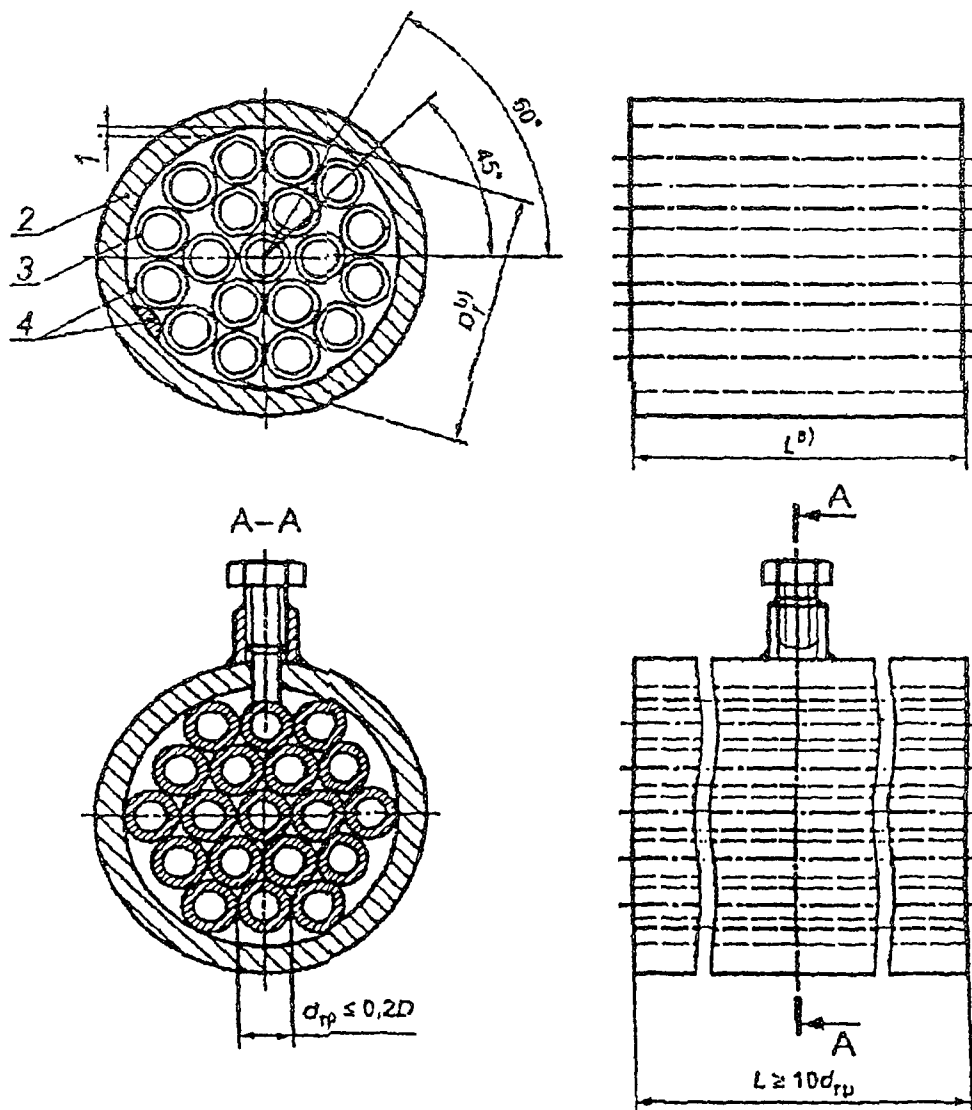
Конструкцію трубчатого струминовипрямляча зображено на рисунку Е.1.

Струминовипрямляч потоку складається з пучка паралельних і дотичних одна до одної трубок, встановлених у ВТ.

Необхідно, щоб було не менше ніж 19 трубок. Їх довжина повинна бути не меншою, ніж $10d_{\text{тр}}$, де $d_{\text{тр}}$ – зовнішній діаметр трубки. Трубки з'єднують разом і поміщають пучок у ВТ. При цьому осі повинні бути паралельні до осі ВТ.

Конструкція трубчатого струминовипрямляча, який складається з пучка з 19 трубок, наведено в ГОСТ 8.586.2 (6.3.2).

Коефіцієнт гідравлічного опору трубчатого струминовипрямляча залежить від кількості трубок і товщини їх стінок. Для трубчатого струминовипрямляча, який складається з 19 трубок, товщина стінки яких є меншою, ніж $0,025D$, коефіцієнт гідравлічного опору дорівнює 0,75.



1 – мінімізований зазор; 2 – стінка ВТ; 3 – товщина стінки трубки (менше ніж $0,025D$); 4 – додаткові центрувальні прокладки – зазвичай в 4 місцях;

Рисунок Е.1 – Трубчатий струминівипрямляч

В альтернативній конструкції трубчатого струминівипрямляча трубки прикріплено до фланця за допомогою їх зовнішнього обода, який дещо виступає у ВТ.

Е.2.3 Струминівипрямляч «АМСА»

Струминівипрямляч «АМСА» має стільникову конструкцію з квадратними комітками, розміри яких показано на рисунку Е.2. Ребра повинні бути якомога тоншими за достатньої міцності.

Коефіцієнт гідравлічного опору струминівипрямляча «АМСА» можна вважати таким, що дорівнює 0,25.

¹⁾ Довжина, L , трубок повинна бути в межах від $2D$ до $3D$, переважно наскільки можливо ближче до $2D$.

²⁾ Зовнішній діаметр струминівипрямляча потоку, $0,95D \leq D_i \leq D$.

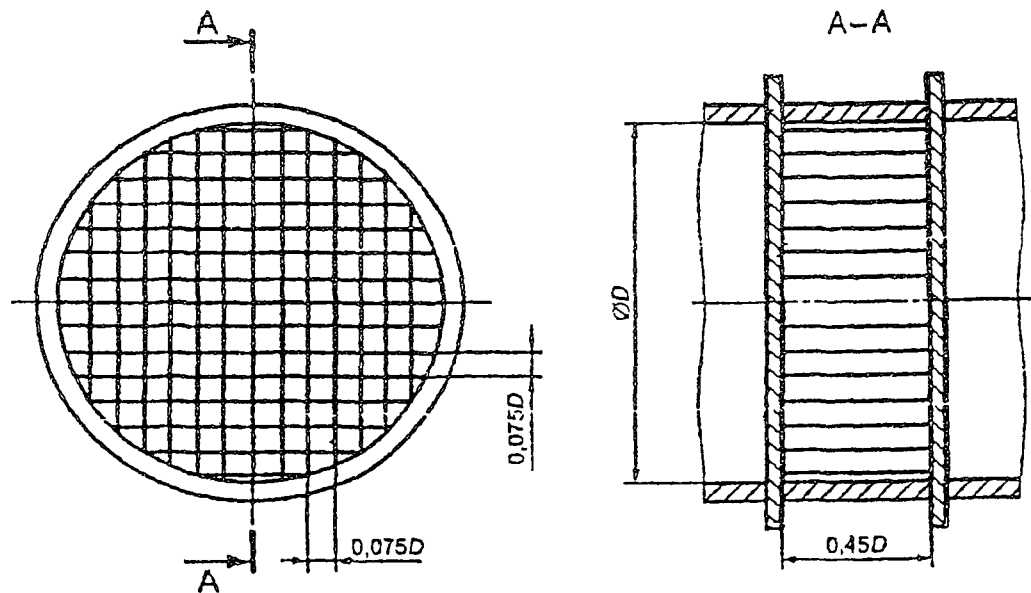


Рисунок Е.2 — Струминовипрямляч «АМСА»

Е.2.4 Струминовипрямляч «Etoile»

Конструкцію струминовипрямляча «Etoile» подано на рисунку Е.3. Струминовипрямляч «Etoile» складається з восьми радіальних лопатей, розташованих під однаковими кутами. Довжина лопатей дорівнює подвоєному діаметру ВТ. Лопаті рекомендовано виготовляти якомога тоншими за достатньої міцності.

Коефіцієнт гідравлічного опору струминовипрямляча «Etoile» можна вважати таким, що дорівнює 0,25.

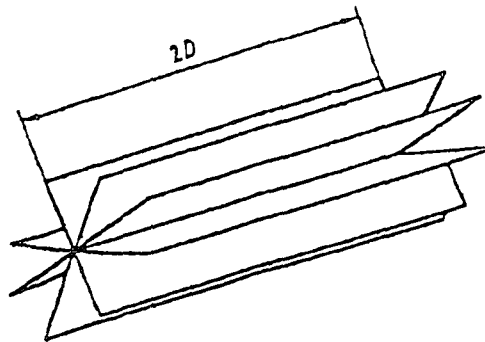


Рисунок Е.3 — Струминовипрямляч «Etoile»

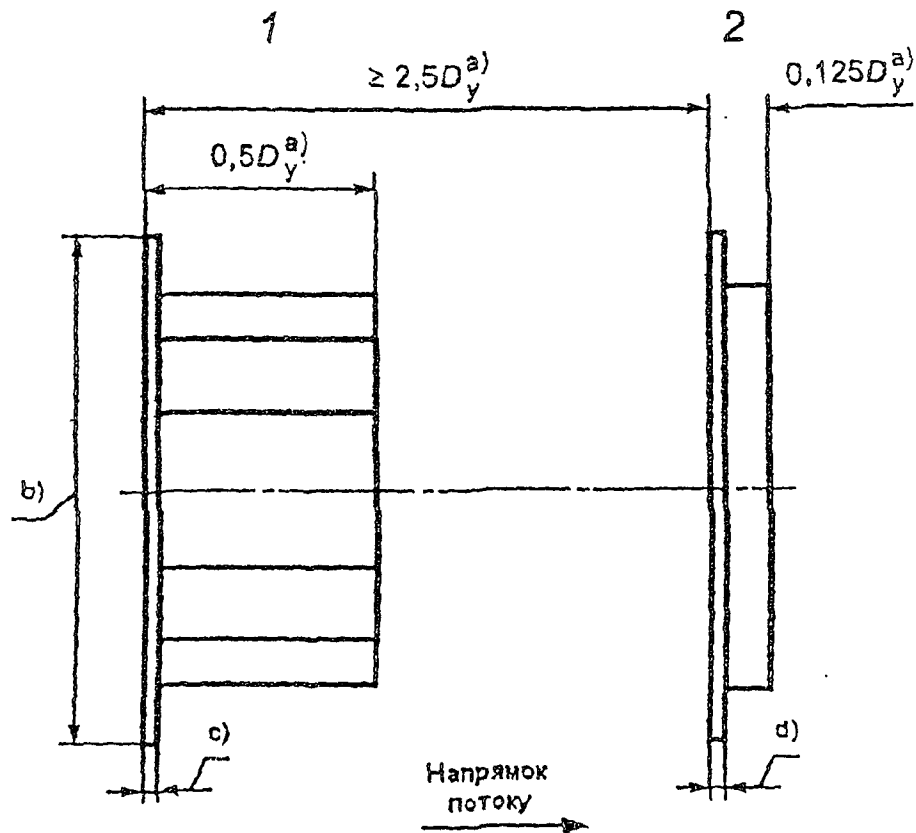
Е.3 Пристрої підготовки потоку**Е.3.1 Загальний опис**

ППП — це пристрій, який ліквідує або значно зменшує вихори в потоці, а також повністю або частково усуває осесиметричні і асиметричні деформації епюри швидкості потоку.

Прикладами цих пристроїв можуть бути ППП «Gallagher», «K-Lab NOVA», «NEL (Spearman)», «Sprinkle» і «Zanker».

Е.3.2 Пристрій підготовки потоку «Gallagher»

ППП «Gallagher» захищено патентом. Він складається з антивихрового пристрою, відстійника та профільного пристрою, як показано на рисунках Е.4 і Е.5.



1 – антивихровий пристрій; 2 – профільний пристрій
Рисунок Е.4 –Схема ППП «Gallagher»

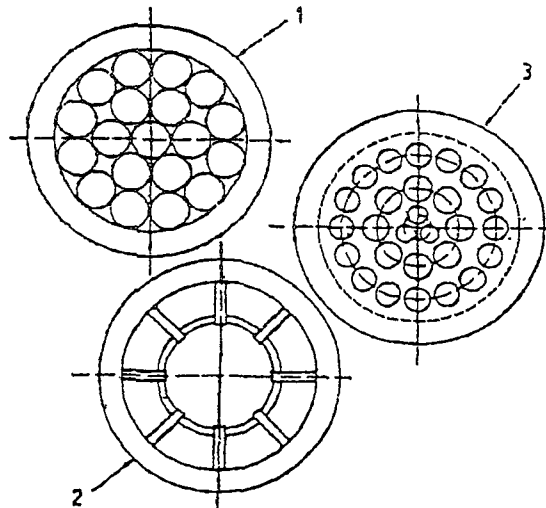
Коефіцієнт гідравлічного опору ППП «Gallagher» залежить від технічних умов на його виготовлення і можна вважати таким, що дорівнює 2.

^{a)} D_y – умовний діаметр трубопроводу.

^{b)} Довжина, що дорівнює діаметру рельєфної сторони.

^{c)} 3,2 мм за D_y від 50 до 75 мм; 6,4 мм за D_y від 100 до 450 мм; 12,7 мм за D_y від 500 до 600 мм; 12,7 мм за D_y від 50 до 300 мм; 17,1 мм за D_y від 350 до 600 мм.

^{d)} 3,2 мм за D_y від 50 до 75 мм; 6,4 мм за D_y від 100 до 450 мм; 12,7 мм за D_y від 500 до 600 мм.



1 – антивихровий пристрій – варіант трубчатого типу: однорідний концентричний пучок з 19 трубок (можливо встановлених на штифтах); 2 – антивихровий пристрій – варіант лопатевого типу: 8 лопатей завдовжки від $0,125 D$ до $0,25 D$, концентричних з трубою (пристрій може бути поміщено на вході у ВТ); 3 – профільний пристрій: схема 3-8-16 (див. примітку).

Примітка. Схема профільного пристрою містить:

- 3 отвори, центри яких розташовано на колі діаметром від $0,15 D$ до $0,155 D$. Діаметр отворів вибирають таким, щоб сумарна площа отворів становила від 3 % до 5 % від площі перерізу ВТ;
- 8 отворів, центри яких розташовано на колі діаметром від $0,44 D$ до $0,48 D$. Діаметр отворів вибирають таким, щоб їх сумарна площа становила від 19 % до 21 % від площі перерізу ВТ;
- 16 отворів, центри яких розташовано на колі діаметром від $0,81 D$ до $0,85 D$. Діаметр отворів вибирають таким, щоб їх сумарна площа становила від 25 % до 29 % від площі перерізу трубопроводу.

Рисунок Е.5 — Типові компоненти ППП «Gallagher» (вигляд спереду)

Е.3.3 Пристрій підготовки потоку «K-Lab NOVA»

Перфорований диск K-Lab конструкції NOVA, відомої як ППП «K-Lab NOVA», захищено патентом. Пристрій складається з диска з 25 просвердленими отворами, розташованими за симетричною круговою схемою, показаною на рисунку Е.6. Товщина перфорованого диска повинна задовольняти умову:

$$0,125 D \leq l \leq 0,15 D.$$

Товщина фланця, його зовнішній діаметр і лицьова поверхня залежать від його типу і застосування. Розміри отворів залежать від внутрішнього діаметра трубопроводу і числа Re .

За умови, що $Re \geq 8 \times 10^5$ роблять:

- центральний отвір діаметром $(0,18629 \pm 0,00077) D$;
- 8 отворів з діаметром $(0,163 \pm 0,00077) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,5 D \pm 0,5$ мм;
- 16 отворів з діаметром $(0,1203 \pm 0,00077) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,85 D \pm 0,5$ мм.

За умови, що $10^5 \leq Re < 8 \cdot 10^5$ роблять:

- центральний отвір діаметром $(0,22664 \pm 0,00077) D$;
- 8 отворів діаметром $(0,16309 \pm 0,00077) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,5 D \pm 0,5$ мм;
- 16 отворів діаметром $(0,12422 \pm 0,00077) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,85 D \pm 0,5$ мм.

Коефіцієнт гідравлічного опору ППП «K-Lab NOVA» можна вважати таким, що дорівнює 2.

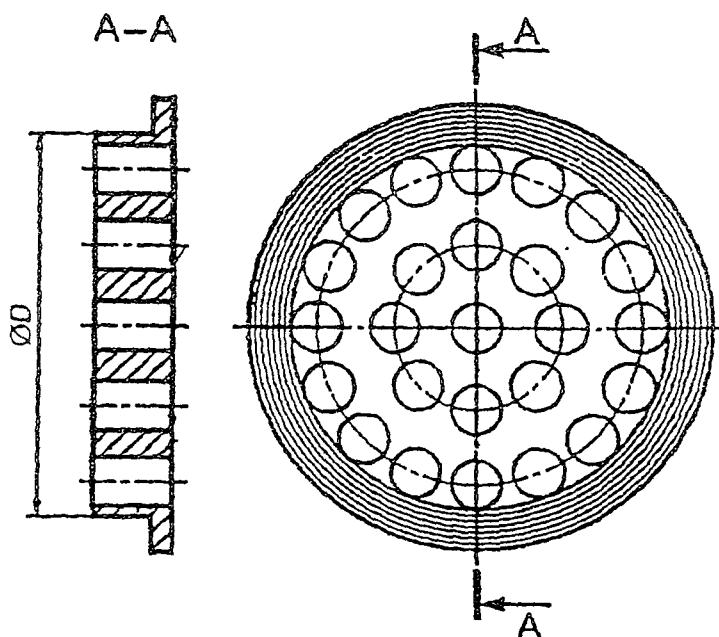


Рисунок Е.6 — Схема ППП «K-Lab NOVA»

Е.3.4 Пристрій підготовки потоку «NEL (Spearman)»

ППП «NEL (Spearman)» показано на рисунку Е.7. Розміри отворів залежать від внутрішнього діаметра ВТ. Дані стосовно отворів наведено нижче:

- отвори (d_1) діаметром $0,10 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,18 D$;
- 8 отворів (d_2) діаметром $0,16 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,48 D$;
- 16 отворів (d_3) з діаметром $0,12 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,86 D$.

Товщина перфорованої пластини дорівнює $0,12 D$.

Коефіцієнт гідравлічного опору ППП «NEL (Spearman)» можна вважати таким, що дорівнює 3,2.

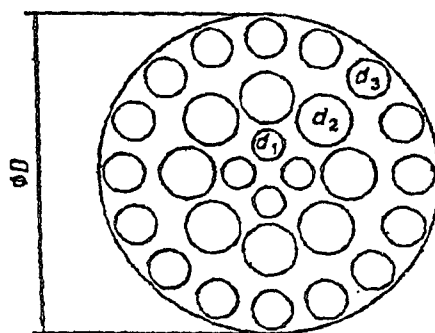


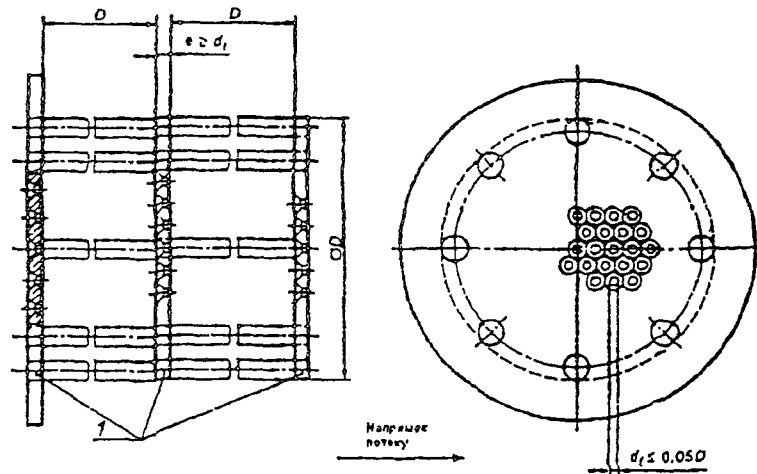
Рисунок Е.7 — Схема ППП «NEL (Spearman)»

Е.3.5 Пристрій підготовки потоку «Sprinkle»

ППП «Sprinkle» складається з трьох перфорованих пластин, розташованих послідовно на відстані $D \pm 0,1 D$ одна від одної.

Для зменшення втрат тиску рекомендовано, щоб отвори мали фаску під кутом 45° з боку входу потоку, а загальна площа отворів у кожній пластині повинна перевищувати 40 % від площі поперечного перерізу ВТ.

Відношення товщини пластини до діаметра отворів повинно бути не меншим ніж 1, а діаметр отворів – не більшим, ніж $0,05 D$ (див. рисунок Е.8).



1 – перфоровані пластини

Рисунок Е.8 – Схема ППП «Sprinkle»

Пластини з'єднують одна з одною за допомогою прутиків або шпильок, розташованих по периферії просвіту ВТ, які мають якомога менший діаметр, але створюють достатньо міцне кріплення.

Коефіцієнт гідравлічного опору ППП «Sprinkle» вважають таким, що дорівнює 11, якщо вхідні канти отворів мають фаски, або 14 – якщо їх немає.

Е.3.6 Пристрій підготовки потоку «Zanker»

Конструкцію ППП «Zanker» зображено на рисунку Е.9.

ППП «Zanker» складається з перфорованої пластини з отворами, за якими розташовано канали (по одному на кожен отвір), утворені перетином ряду пластин. Пластини повинні мати якомога меншу товщину, але забезпечувати достатню міцність.

Коефіцієнт гідравлічного опору ППП «Zanker» можна вважати таким, що дорівнює 5.

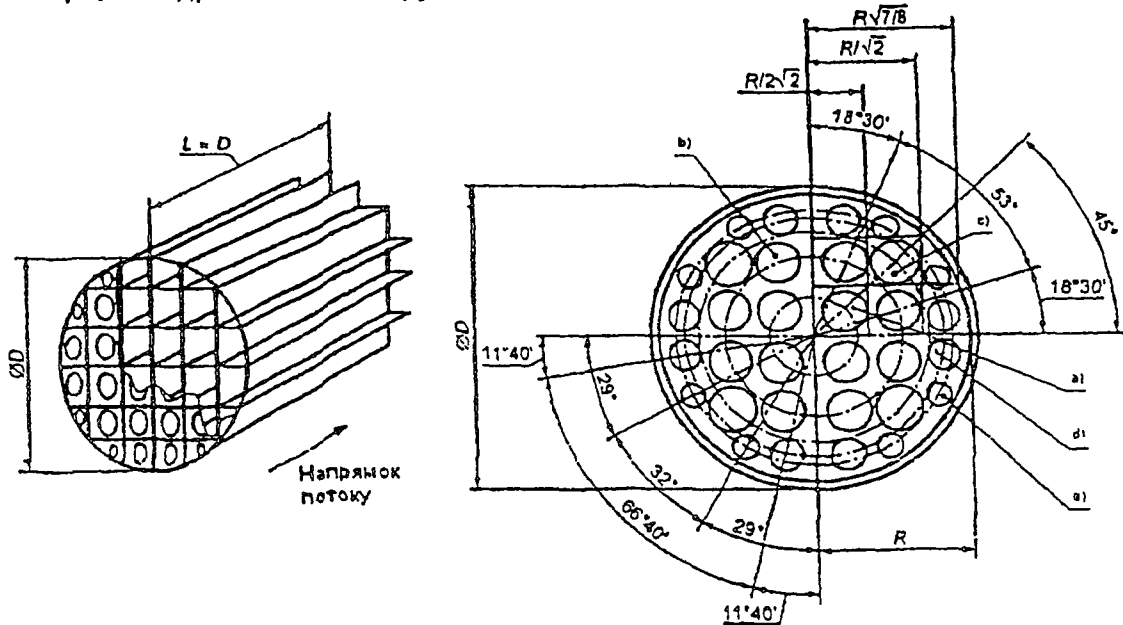


Рисунок Е.9 — Схема ППП «Zanker»

- ^{a)} 4 отвори діаметром $0,141 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,25 D$.
- ^{b)} 8 отворів діаметром $0,139 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,56 D$.
- ^{c)} 4 отвори діаметром $0,1365 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,75 D$.
- ^{d)} 8 отворів діаметром $0,11 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,85 D$.
- ^{e)} 8 отворів діаметром $0,077 D$, центри яких розташовано на колі діаметром $0,90 D$.

Е.3.7 Дисковий пристрій підготовки потоку «Zanker»

Дисковий ППП «Zanker» є розвитком конструкції ППП, описаної в Е 3.6. У новому пристрої є такий самий, як раніше, розподіл отворів, але товщину пластини збільшено до $0,15 D$ і немає стільникової структури каналів, прикріплених до пластини.

Дисковий ППП «Zanker» містить 32 просвердлені отвори, розташовані за симетричною круговою схемою. Розміри отворів залежать від внутрішнього діаметра ВТ і наведені на рисунку Е.10.

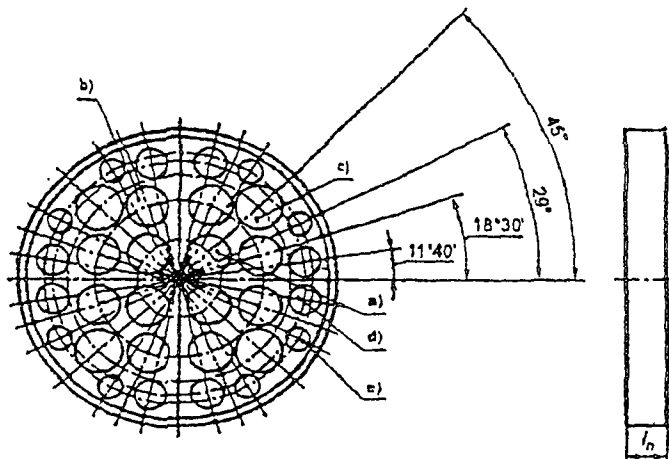


Рисунок Е.10 – Схема дискового ППП «Zanker»

Допуск на діаметр кожного отвору дорівнює $\pm 0,1$ мм за $D < 100$ мм.

Товщина перфорованої пластини, l_n , така, що $0,12 D \leq l_n \leq 0,15 D$. Товщина фланців залежить від застосування; зовнішній діаметр і лицьові поверхні фланців залежать від їх типу і застосування.

Коефіцієнт гідравлічного опору дискового ППП «Zanker» можна вважати таким, що дорівнює 3.

- ^{a)} 4 отвори діаметром $(0,141 \pm 0,001) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,25 \pm 0,002) D$.
^{b)} 8 отворів діаметром $(0,139 \pm 0,001) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,56 \pm 0,005) D$.
^{c)} 4 отвори діаметром $(0,1365 \pm 0,001) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,75 \pm 0,0075) D$.
^{d)} 8 отворів діаметром $(0,11 \pm 0,001) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,85 \pm 0,0085) D$.
^{e)} 8 отворів діаметром $(0,077 \pm 0,001) D$, центри яких розташовано на колі діаметром $(0,90 \pm 0,009) D$.

ДОДАТОК Ж
(обов'язковий)

ВИПРОБУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПІДГОТОВЛЕННЯ ПОТОКУ ТА СТРУМИНОВИПРЯМЛЯЧІВ

Ж.1 Випробування пристроїв підготовки потоку та струминовипрямлячів, застосовуваних для будь-якого типу місцевого опору

Ж.1.1 Якщо ППП або струминовипрямляч пройшли випробування на відповідність вимогам Ж.1.2 – Ж.1.5 з конкретним типом ЗП, то їх може бути встановлено після будь-якого типу МО із ЗП того самого типу, відносний діаметр отвору якого не перевищує 0,67.

Якщо ППП або струминовипрямляч пройшли додаткові випробування на відповідність вимогам Ж.1.6, то їх може бути встановлено із ЗП за β , більшого, ніж 0,67.

Якщо ППП або струминовипрямляч пройшли випробування і під час їх встановлення на ВТ дотримано положень, викладених в Ж.1.7, то немає необхідності збільшувати невизначеність коефіцієнта витікання.

Ж.1.2 Необхідно перевірити, чи визначені за допомогою випробувального устаткування коефіцієнти витікання застосованих ЗП, за наявності достатньої довжини прямолинійних ділянок ВТ, що унеможливають впливи МО на потік в ЗП, перебувають в межах невизначеності, наведених в:

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.1 і 5.3.3.1) – для діафрагми;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.2 і 5.1.7.1) – для сопла ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.2.6.2 і 5.2.7.1) – для еліпсного сопла;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.4.2 і 5.3.5.1) – для сопла Вентурі;
- ГОСТ 8.586.4 (5.5.2 і 5.7.1) – для труб Вентурі з литою необробленою вхідною кінцевою частиною;
- ГОСТ 8.586.4 (5.5.3 і 5.7.2) – для труб Вентурі з обробленою вхідною кінцевою частиною;

- ГОСТ 8.586.4 (5.5.4 і 5.7.3) – для труб Вентурі із зварною вхідною кінцевою частиною.

Ж.1.3 Випробування ППП або струминовипрямляча проводять, застосовуючи ЗП, що має значення β , яке дорівнює 0,67. Результати випробування вважають позитивними, якщо відхил коефіцієнта витікання ЗП, отриманий під час випробувань, від значення коефіцієнта витікання, отриманого під час випробувань за Ж.1.2, є меншим, ніж 0,23 %, за таких варіантів встановлення ППП або струминовипрямляча:

а) перед ППП або струминовипрямлячем є прямолинійна ділянка ВТ достатньої довжини, яка забезпечує відсутність деформації потоку середовища (мінімальну необхідну довжину прямолинійної ділянки ВТ допускається визначати відповідно до ГОСТ 8.586.2 (колонка А таблиці 4) відповідно до виду МО перед ППП або струминовипрямлячем, якщо значення β становить 0,67);

б) ППП або струминовипрямляч встановлено після засувки, закритої на 50 %, або сегментної діафрагми, яка перекриває половину перерізу ВТ;

в) ППП або струминовипрямляч встановлено після пристрою, що створює закручення потоку (максимальний кут закручення потоку в перерізі ВТ на відстані $18 D$ від пристрою повинен бути не менше 24° , а на відстані $30 D$ – не менше 20°). Закручення потоку треба створювати завихрювачем або іншими способами. Прикладом завихрювача може бути завихрювач «Chevron», який зображено на рисунку Ж.1.

Перед МО, вказаними в переліках б) і в), повинна бути прямолинійна ділянка ВТ, яка має достатню довжину, щоб цей МО не впливав на ЗП (мінімальну необхідну довжину цієї прямолинійної ділянки допускається визначати відповідно до ГОСТ 8.586.2 (колонка А таблиці 4) відповідно до виду МО, якщо значення β становить 0,67).

Примітка. Ці випробування потрібні для підтвердження того, що пристрій підготовки потоку або струминовипрямляч:

- не впливає на коефіцієнт витікання ЗП;
- є ефективним в асиметричному потоці;
- є ефективним в закрученому потоці.

Додаткову інформацію щодо аказаних випробувань і завихрювача «Chevron» наведено в [15] і [16].

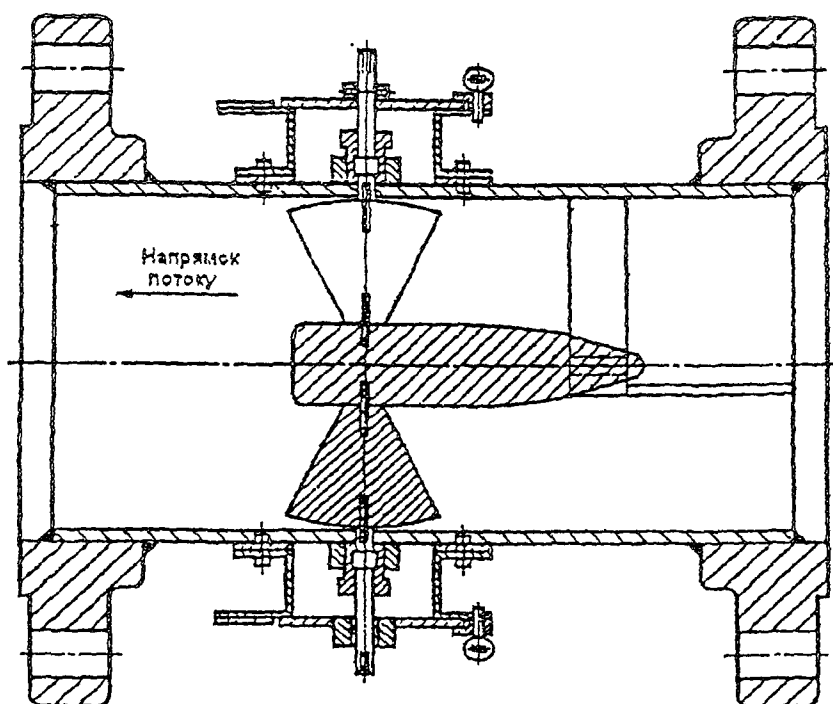


Рисунок Ж.1 – Схема завихрювача «Chevron»

Ж.1.4 Випробування ППП або струминовипрямляча проводять також, застосовуючи ЗП, який має значення β , що дорівнює 0,4. При цьому випробування виконують відповідно до вимог Ж.1.3 лише для варіанта встановлення ППП або струминовипрямляча, зазначеного в переліку в) Ж.1.3.

Ж.1.5 Для забезпечення застосування ППП або струминовипрямляча за будь-яких чисел Re необхідно встановити, що вони не лише задовольняють вимоги Ж.1.3 і Ж.1.4 для одного числа Re , але також задовольняють вимоги а) або б), або в) Ж.1.3 для іншого числа Re .

Числа Re , за яких проводять випробування, повинні задовольняти такі критерії:

$$10^4 \leq Re_1 \leq 10^5 \text{ і } Re_2 > 10^5 \quad (\text{Ж.1})$$

і

$$\lambda_1 - \lambda_2 \geq 0,0036, \quad (\text{Ж.2})$$

де λ_1, λ_2 – коефіцієнти тертя ВТ, розраховані за чисел Re_1 і Re_2 , відповідно, які може бути отримано з діаграми Моуді [10] або обчислено за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2 \log_{10} \left(\frac{2R_w}{D} + \frac{18,7}{Re\sqrt{\lambda}} \right). \quad (\text{Ж.3})$$

Якщо ППП або струминовипрямляч буде застосовано лише за $Re > 3 \cdot 10^5$, то випробування за Ж.1.3 і Ж.1.4 достатньо провести за одного значення числа Re , більшого, ніж $3 \cdot 10^5$.

Якщо ППП або струминовипрямляч буде застосовано з трубою Вентурі або соплом Вентурі, то випробування за Ж.1.3 і Ж.1.4 достатньо провести за одного значення числа Re , вибраного з допустимого діапазону чисел Re для цього типу ЗП.

Для застосування ППП або струминовипрямляча на трубопроводах з будь-якими значеннями внутрішнього діаметра ВТ необхідно встановити, що він не лише задовольняє вимоги Ж.1.3 і Ж.1.4 за одного значення D , але також задовольняє вимоги а) або б), або в) Ж.1.3 за іншого значення D .

Внутрішні діаметри ВТ, за яких проводять випробування, повинні задовольняти такі умови:

$$D_1 \leq 110 \text{ мм}, \quad (\text{Ж.4})$$

$$D_2 \geq 190 \text{ мм}. \quad (\text{Ж.5})$$

Ж.1.6 Якщо ППП або струминовипрямляч передбачається використовувати із ЗП, відносний діаметр якого перевищує 0,67, то спочатку перевіряють виконання вимог Ж 1.2–Ж.1.5. Потім проводять випробування, описані в Ж.1.2–Ж.1.5 за максимального значення β_{\max} за якого передбачається використовувати ППП або струминовипрямляч. Допустимий відхил коефіцієнта витікання ЗП вважають таким, що дорівнює $(0,63\beta_{\max} - 0,192) \%$.

Числа Re , за яких проводять випробування за Ж.1.5, повинні задовольняти такі критерії:

$$10^4 \leq Re_1 \leq 10^6 \text{ і } Re_2 > 10^6 \quad (Ж 6)$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 \geq \frac{0,00241\beta_{\max} - 0,000735}{\beta_{\max}^{3,5}} \quad (Ж.7)$$

Якщо ППП або струминовипрямляч задовольняє всі наведені вище вимоги, то його допускають до застосування із ЗП за $\beta \leq \beta_{\max}$.

Ж.1.7 Довжини прямолінійних ділянок ВТ, за яких проводили випробування ППП або струминовипрямлячів, в умовах їх експлуатації є:

- необхідними (із зазначеними допустимими відхилами) для ділянки ВТ між ППП (або струминовипрямлячем) і ЗП;
- мінімальними допустимими для ділянки ВТ між МО і ППП (або струминовипрямлячем).

Ці довжини має бути виражено у відносному вигляді.

Ж.2 Випробування пристроїв підготовки потоку та струминовипрямлячів, застосовуваних для конкретної установки

Під час застосування ППП або струминовипрямляча лише для конкретної установки проводять скорочені випробування.

Результати випробувань вважають задовільними, якщо для заданих ЗП, МО, ППП або струминовипрямляча та місця їх розміщення на ВТ встановлено, що відхилення значення коефіцієнта витікання цього ЗП, отриманого під час випробувань, від значення коефіцієнта витікання, отриманого під час випробувань за Ж.1.2, є меншим, ніж 0,23 %.

Допустимий відхил коефіцієнта витікання може бути збільшено до $(0,63\beta - 0,192) \%$ за $\beta > 0,67$.

За позитивних результатів випробувань значення невизначеності коефіцієнта витікання ЗП вважають такими, що дорівнюють значенням, встановленим у :

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.1 і 5.3.3.1) – для діафрагми;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.2 і 5.1.7.1) – для сопла ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.2.6.2 і 5.2.7.1) – для еліпсного сопла;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.4.2 і 5.3.5.1) – для сопла Вентурі;
- ГОСТ 8.586.4 (5.5.2 і 5.7.1) – для труб Вентурі з литою необробленою вхідною кінцевою частиною;
- ГОСТ 8.586.4 (5.5.3 і 5.7.2) – для труб Вентурі з обробленою кінцевою частиною;
- ГОСТ 8.586.4 (5.5.4 і 5.7.3) – для труб Вентурі із зварною вхідною кінцевою частиною із листової сталі.

БІБЛІОГРАФІЯ

- [1] ISO 5167-1:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - part 1: general principles and requirements
(Вимірювання витрати середовища за допомогою пристроїв змінного перепаду тиску, поміщених в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 1. Загальні принципи і вимоги)
- [2] ISO 5167-2:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - part 2: orifice plates
(Вимірювання витрати середовища за допомогою пристроїв змінного перепаду тиску, поміщених в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 2. Діафрагми)
- [3] ISO 5167-3:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - part 3: Nozzles and Venturi nozzles
(Вимірювання витрати середовища за допомогою пристроїв змінного перепаду тиску, поміщених в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 3. Сопла і сопла Вентурі)
- [4] ISO 5167-4:2003 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - part 4: Venturi tubes
(Вимірювання витрати середовища за допомогою пристроїв змінного перепаду тиску, поміщених в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 4. Труби Вентурі)
- [5] ISO 5168: 2005 Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties
(Вимірювання витрати рідини і газу. Процедури оцінки невизначеностей)
- [6] Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29–99 Метрология. Основные термины и определения
(Метрологія. Основні терміни та визначення)
- [7] ISO 4288:1996 Geometrical Product Specification (GPS) - Surface texture: Profile method - Rules and procedures for the assessment of surface texture
(Геометричні характеристики виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Правила та процедури оцінки структури поверхні)
- [8] ISO/TR 3313:1998 Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments
(Вимірювання витрати рідини в закритих трубопроводах. Керівні вказівки щодо впливу пульсацій потоку на прилади, що вимірюють витрату)
- [9] Studzinski, W. and Bowen, J. White Paper on *Dynamic Effects on Orifice Measurement*, Washington D.C., American Petroleum Institute, 1997
- [10] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя; Перевод с немецкого. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1969.
- [11] Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям /Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
- [12] СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (Теплова

ізоляція обладнання та трубопроводів)

- [13] Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справочник. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 С.
- [14] ГОСТ 8 563.1-97 ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Диафрагмы, сопла ИСА 1932 и трубы Вентури, установленные в заполненных трубопроводах круглого сечения. Технические условия (ДСВ.Вимірювання витрати й кількості рідин і газів методом змінного перепаду тиску. Діафрагми, сопла ИСА 1932 і труби Вентурі, встановлені в заповнених трубопроводах круглого сечення. Технічні умови)
- [15] Studzinski, W., Karnik, U., Lanasa, P., Morrow, T., Goodson, D., Husain, Z. and Gallagher, J. *White paper on Orifice Meter Installation Configurations with and without Flow Conditioners*, Washington D.C., American Petroleum Institute, 1997
- [16] Shen, J.J.S. *Characterization of Swirling Flow and its Effects on Orifice Metering*. SPE 22865, Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, 1991

ДОДАТОК НБ
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК СТАНДАРТІВ, ЗГАРМОНІЗОВАНИХ ІЗ МІЖДЕРЖАВНИМИ СТАНДАРТАМИ,
НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ У ЦЬОМУ СТАНДАРТІ**

ДСТУ ISO 4288-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Правила і процедури оцінювання (ISO 4288:1996, IDT)

ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009 (ISO 5167-2:2003) Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 2. Діафрагми. Технічні вимоги (ГОСТ 8.586.2-2005 (ISO 5167-2:2003), IDT; ISO 5167-2:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.3:2009 (ISO 5167-3:2003) Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 3. Сопла та сопла Вентурі. Технічні умови (ГОСТ 8.586.3-2005 (ISO 5167-3:2003), IDT; ISO 5167-3:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.4:2009 (ISO 5167-4:2003) Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 4. Труби Вентурі. Технічні вимоги (ГОСТ 8.586.4-2005 (ISO 5167-4:2003), IDT; ISO 5167-4:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань (ГОСТ 8.586.5-2005, IDT)

ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення

ДСТУ 3651.1-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення

ДСТУ 3651.2-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Фізичні сталі та характеристичні числа. Основні положення, позначення, назви та значення

СНІП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

Код УКНД 17.120.10

Ключові слова: измерение, расход, диафрагмы, эллипсные сопла, общие требования, количество, метод, среда, сопла Вентури, сопла ИСА 1932, трубы Вентури.

Підписано до друку 17.02.2010. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арх. 11,16. Зам. **266** Ціна договірна.

Виконавець

Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святосинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006, серія ДК, № 1647